

Homepage

Einleitung

Physik

DPG-Beiträge

Kritik

Masse

Wellen

Pygmalion-Effekt

Erkenntnis

Ernst Mach

Die Zeit

Zufall+Notwend.

Gottes Urknall

Zwischenbilanz

Geschichten

Links

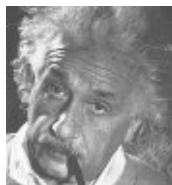
Der Autor

Zur Grundlagenkrise der Physik.

Und andere wissenschaftskritische Themen.

Der ansatzweise (und völlig unsystematische) Versuch einer logischen, methodologischen und erkenntnistheoretischen Analyse der Physik.

Der Glaube an eine vom wahrnehmenden Subjekt unabhängige Außenwelt liegt aller Naturwissenschaft zugrunde. Da die Sinneswahrnehmungen jedoch nur indirekte Kunde von dieser Außenwelt bzw. vom "Physikalisch-Realen" geben, so kann dieses nur auf spekulativem Weg von uns erfasst werden. Daraus geht hervor, dass unsere Auffassungen vom Physikalisch-Realen niemals endgültige sein können. Wir müssen stets bereit sein, diese Auffassungen, d.h. das axiomatische Fundament der Physik zu verändern, um den Tatsachen der Wahrnehmungen auf eine logisch möglichst vollkommene Weise gerecht zu werden.



Albert Einstein

Die Sichtung des aktuellen Erkenntnisstandes der Physik stimmt nachdenklich. Besonders die Entwicklung der Physik im Verlauf der letzten 100 Jahre wirft m.E. mehr Fragen auf, als man glaubt beantwortet zu haben. Und die Antworten auf die bislang gestellten Fragen legen die Vermutung nahe, dass man möglicherweise bis heute - mehr oder weniger erfolglos - irrelevante Fragen zu beantworten versucht. Diese Fragen sind entstanden im bisher etwa 400 Jahre andauernden physikalischen Erkenntnisprozess, welche, von historisch gegebenen Grundhaltungen ausgehend, den Prozess bis heute vollständig bestimmten. Diese „historische und gesellschaftliche Determiniertheit des Erkenntnisprozesses“ bildet meiner Überzeugung nach das Haupthindernis für einen wahren Erkenntnisfortschritt.

Mit Urteil vom 12. Mai 1998 hat das Landgericht Hamburg entschieden, dass man durch die Ausbringung eines Links die Inhalte der verlinkten Seite ggf. mit zu verantworten hat. Dies kann - so das Landgericht - nur dadurch verhindert werden, dass man sich ausdrücklich von diesen Inhalten distanziert. Ich habe auf dieser und den folgenden Seiten Links zu anderen Seiten im Internet gelegt. Für all diese Links gilt: Ich möchte ausdrücklich betonen, daß ich keinerlei Einfluß auf die Gestaltung und die Inhalte der gelinkten Seiten habe. Deshalb distanzieren ich mich hiermit ausdrücklich von allen Inhalten aller gelinkten Seiten auf dieser Homepage und mache mir ihre Inhalte nicht zueigen, sofern ich nicht die Erlaubnis bekomme diese Inhalte zu nutzen. Diese Erklärung gilt für alle auf meiner Homepage ausgebrachten Links.

Hier die Web-Site (Neundorf.pdf) im PDF-Format



Hier ein Szenenausschnitt aus Faust I mit Gustaf Gründgens (Hamburg 1960) als Mephisto.

Video (MPEG1-Datei, ca. 4,8 MB)

[Seitenanfang]

Homepage

Einleitung

Physik

DPG-Beiträge

Kritik

Masse

Wellen

Pygmalion-Effekt

Erkenntnis

Ernst Mach

Die Zeit

Zufall+Notwend.

Gottes Urknall

Zwischenbilanz

Geschichten

Links

Der Autor

“Habe Mut, dich deines eigenen Verstandes zu bedienen!”

**Immanuel
Kant**

1724 - 1804



Aufklärung ist der Ausgang des Menschen aus seiner selbst verschuldeten Unmündigkeit. Unmündigkeit ist das Unvermögen, sich seines Verstandes ohne Leitung eines anderen zu bedienen. Selbstverschuldet ist diese Unmündigkeit, wenn die Ursache derselben nicht am Mangel des Verstandes, sondern der Entschliebung und des Mutes liegt, sich seiner ohne Leitung eines anderen zu bedienen. Sapere aude! **Habe Mut, dich deines eigenen Verstandes zu bedienen!** ist also der Wahlspruch der Aufklärung.

**Isaac
Newton**

1643 - 1727



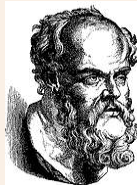
Was wir wissen ist ein Tropfen - was wir nicht wissen ein Ozean.

Ich weiß nicht, wie ich der Welt erscheinen mag, aber mir selber komme ich nur wie ein Junge vor, der am Meeresstrande spielt und sich darüber freut, dass er ab und zu ein ungewöhnlich buntes Steinchen oder eine rote Muschel findet, während sich der große Ozean der Wahrheit in seiner unermesslichen Unerforschtheit vor ihm ausdehnt.

Sokrates
470 - 399
v. Ch.

&

**Karl
Popper**
1902 - 1994



Ich weiß, dass ich nichts weiß



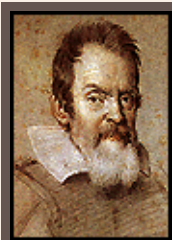
Ich weiß, dass ich nichts weiß - und kaum das.

Die Krise der Physik

Die Physik in der Krise - oder die Krise der Physik. Das Thema kann auf ein stolzes Alter von etwa einhundert Jahren zurückblicken. Und weil dieses Thema so betagt ist, ist es auch kein Thema mehr - jedenfalls kein aktuelles.

Oder etwa doch?

Frage: Konnte die Krise der Physik, so es denn eine gab, überwunden werden? Irgendwie gelten die Wissenschaften als etwas, was manch naive Seele mit dem rationalen Denken assoziiert. Tatsächlich jedoch haben die Wissenschaften - und damit vor allem die Physik - in Wahrheit mehr mit Autoritäten zu tun. Diese Aussage ist so umwerfend neu nun auch wieder nicht, trotzdem sei mir vergönnt, auf diesen Umstand auch an dieser Stelle hinzuweisen. Doch zunächst ein kleiner Abstecher in die Vergangenheit. Ein paar Jahre liegt dies derweil schon zurück. So beschrieb Galileo **Galilei** 1632 eine recht interessante Begebenheit.



Galileo Galilei
1564 - 1642

*“Ich befand mich eines Tages im Hause eines in Venedig sehr angesehenen Arztes, wohin öfters Leute kamen, teils aus Neugier, um eine Leichensektion von der Hand eines ebenso wahrhaft gelehrten, wie sorgfältigen und geschickten Anatomen ausführen zu sehen. Diesen Tag nun geschah es, dass man den Ausgangspunkt der Nerven aufsuchte, welches eine berühmte Streitfrage zwischen den Ärzten aus der Schule des Galen und den Peripatetikern ist. Als nun der Anatom zeigte, wie der Hauptstamm der Nerven, vom Gehirn ausgehend, den Nacken entlang zieht, sich durch das Rückgrad erstreckt und durch den ganzen Körper verzweigt, und wie nur ein ganz feiner Faden von Zirnsdicke zum Herzen gelangt, wendete er sich an einen Edelmann, der ihm als Peripatetiker bekannt war und um dessentwillen er mit außerordentlicher Sorgfalt alles bloßgelegt und hatte, mit der Frage, ob er nun zufrieden sei und sich überzeugt habe, dass die Nerven im Gehirn ihren Ursprung nehmen und nicht im Herzen. Worauf unser Philosoph, nachdem er ein Weilchen in Gedanken dagestanden, erwiderte: **Ihr habt mir das alles so klar, so augenfällig gezeigt - stünde nicht der Text des Aristoteles entgegen, der***

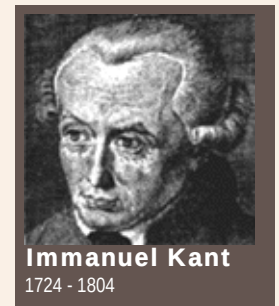
deutlich besagt, der Nervenursprung liege im Herzen, man sähe sich zu dem Zugeständnis gezwungen, dass Ihr Recht habt”.

[Hervorhebung W.N.]

Diese Anekdote hat einiges für sich. Man kann sich so schön darüber lustig machen, wie grenzenlos autoritätsgläubig - sogar intelligente und gebildete - Menschen seinerzeit gewesen sein mussten. Wir stehen **über** den Dingen, weil uns die Wahrheit zur Selbstverständlichkeit wurde. Für die Probleme der Geistesgrößen von vor einigen hundert Jahren, haben wir nur ein erhaben-mitleidiges Lächeln übrig.

Man kann jedoch auch etwas nachdenklicher reagieren. Denn es ist nicht auszuschließen, dass unsere Nachkommen dereinst unsere heutige Ignoranz recht amüsant finden könnten. Es liegt nämlich die Vermutung nahe, dass unsere Überlegenheit gegenüber den Menschen der Vergangenheit eine dermaßen gigantische Überlegenheit in Wahrheit eben **nicht** ist. Zwar **wissen** wir ein klein wenig mehr als man vor 400 Jahren wusste; aber mehr **begriffen** haben wir möglicherweise nicht. Mit solchen und ähnlich gelagerten Inhalten möchte ich mich in den folgenden Texten etwas näher befassen. Doch zunächst ein weiteres Zitat. Diese Zeilen stammen von Immanuel **Kant**:

Es ist eben nicht so was Unerhörtes, dass, nach langer Bearbeitung einer Wissenschaft, wenn man wunder denkt, wie weit man schon darin gekommen sei, endlich sich jemand die Frage einfallen lässt: ob und wie überhaupt eine solche Wissenschaft möglich sei. Denn die menschliche Vernunft ist so baulustig, dass sie mehrmalen schon den Turm ausgeführt, hernach aber wieder abgetragen hat, um zu sehen, wie das Fundament desselben wohl beschaffen sein möchte. Es ist niemals zu spät, vernünftig und weise zu werden; es ist aber jederzeit schwerer, wenn die Einsicht spät kommt, sie in Gang zu bringen.“



Diese Aussagen muten doch recht aktuell an. Oder?

Ignoranz war mit Sicherheit nicht das Privileg der Menschen vergangener Jahrhunderte. Und die Autoritätsgläubigkeit ersetzt auch heute oft das eigene Denken. Das ist einfach und bequem. Hier nämlich gibt es ein weiteres Problem: Jede „gesellschaftliche Struktur“ hat ihren (ihre) „Säulenheilige(n)“. **Den** „Heiligen“ der Physiker kennt wohl jeder. Wie auch immer man zu dessen Leistungen stehen möge - kein Mensch ist unfehlbar, und **Einstein** war ein solcher -, so gibt es doch einige Besonderheiten in seiner Biographie, die aus heutiger Sicht stutzig machen müssten. **Einsteins** Verhalten war nie sonderlich karrierebewusst. Auf eine Assistentenstelle hoffte er zunächst vergebens. So war er denn froh, als er im Patentamt in Bern eine Anstellung fand. Und jetzt stelle man sich vor, dass ein unbekannter Angestellter eines Patentamtes es wagte, einen Aufsatz in einem renommierten Publikationsorgan der hehren Wissenschaft Physik veröffentlichen zu wollen! Und nun stelle man sich ebenfalls das schier Unvorstellbare vor (heutzutage undenkbar), ihm gelang das Vorhaben, ab 1903 in den „Annalen der Physik“ einige Aufsätze zu veröffentlichen zu veröffentlichen! Insbesondere waren es die drei Beiträge des Jahres 1905, die wesentlich den Verlauf der Entwicklung der Physik bestimmen sollten (Damit wird absolut nichts über die Qualität dieser Arbeiten ausgesagt.) Tatsache ist: **Einstein** hätte heute, unter vergleichbaren Bedingungen, möglicherweise nicht die geringste Chance, auch nur eine Zeile zu publizieren! Gerade ihm werden - ob immer zu Recht oder auch nicht, das sei dahingestellt - Eigenschaften zugesprochen, die ihm heutzutage jegliche „seriöse“ wissenschaftliche Betätigung unmöglich machen würden. Der Aufsatz „**Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt**“ (Ann. d. Phys. (1905) 132) würde heute in keiner Fachzeitschrift erscheinen! Das ist so gut wie sicher! Ist das nicht seltsam?!

Und dies war auch die Arbeit, für die **Einstein** mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurde. Korrekt: **“für seine Verdienste um die theoretische Physik und insbesondere für seine Entdeckung des Gesetzes für den photoelektrischen Effekt.”**

Zugegeben, das ist Spekulation. Jedoch bin ich in der Lage, eindeutig die Frage danach zu beantworten, was bei der physikalischen Forschung herauskommen wird, wenn es dort weiterhin so zugeht, wie es heutzutage nun einmal in einer Wissenschaft zugeht. Der Aufwand wird immer größer und die Ergebnisse werden immer bescheidener, so man überhaupt noch von Ergebnissen im Sinne von Erkenntnissen sprechen kann. Der bekannte „kreißende Berg, der eine Maus gebiert“, gibt, damit verglichen, das Musterbeispiel ab für einen überaus effizienten Vorgang. Um solches aber belegen zu können, muss man sich mit einigen konkreten Problemen befassen. Daraus ergeben sich beispielsweise folgende Fragen:

1. Was eigentlich ist Erkenntnis?
2. Welche Wahrheitskriterien objektiver Art überhaupt können für Hypothesen und Theorien herangezogen werden?
3. Welchen objektiven Gesetzmäßigkeiten unterliegt der Erkenntnisprozess selbst? Nähern wir uns tatsächlich der Wahrheit? Was bedeutet „Wahrheit“ im wissenschaftlichen Sinne?
4. Bildet der heutige Aufwand in der Forschung wirklich die objektiven Erfordernisse ab?
5. Betrachten wir den Verlauf der historischen Entwicklung der Physik, so drängt sich die Frage auf: Ist dieser konkrete Verlauf tatsächlich auch ein Spiegelbild der objektiven Beziehungen; oder sind andere Verläufe mit anderen Ausgangspositionen und anderen Ergebnissen überhaupt denkbar?
6. Bilden unsere bisherigen Kenntnisse überhaupt die *Voraussetzung*, die empirischen Befunde der Experimentalphysik einigermaßen sinnvoll interpretieren zu können?

Die Erfolge der Physik

Auf große Erfolge können Wissenschaft und Technik wahrhaft verweisen. Und man ist stolz auf diese Erfolge. Wäre dem nicht so, dann müsste man schließlich keinen einzigen Gedanken darauf verschwenden, wie es um die Physik als Wissenschaft denn eigentlich bestellt sei. Letztendlich um jenes Problem geht es, zu bewerten, ob der zur Zeit betriebene Aufwand in der physikalischen Grundlagenforschung irgendwie sinnvoll ist - sinnvoll in jenem Sinne, dass der damit einhergehende Erkenntnisgewinn tatsächlich auch als solcher bezeichnet werden darf. Allgemeiner gefragt: Welche Wahrheitskriterien für die Bewertung von Erkenntnissen gelten in der Physik, und welche Aussagen dürfen als Erkenntnisse angesehen werden. Sind empirische (quantitative) Verifizierbarkeit von Hypothesen und Theorien sowie deren praktische Nutzananwendungen in Technik und Gesellschaft bereits **hinreichende** Wahrheitskriterien, oder sind sie bestenfalls **notwendige**? - Für den Pragmatiker („Die Hauptsache ist der Effekt“) sind solche Fragen irrelevant.

Nehmen wir als Beispiel die gigantischen Anlagen der Hochenergiephysik, mit denen die Physiker immer wieder neue „Teilchen“ entdecken werden und neue „Gesetzmäßigkeiten“ über die „Bausteine der Materie“ herauszufinden erhoffen. Schon die **Frage** nach Sinn und Unsinn solcher Vorhaben wird durch die **bloße Existenz** dieser Anlagen selbst als sinnlos erkannt. Allein die Tatsache, dass Teilchenbeschleuniger und Speicherringe tatsächlich **existieren** und auch wirklich **funktionieren**, lässt jeden Zweifel an den bestehenden physikalischen Theorien als ganz und gar unbegründet, abwegig und völlig überflüssig erscheinen! Um solches Experimentiergerät überhaupt bauen zu können, ist ein enormes physikalisches Wissen erforderlich, welches zudem in einem technologischen Know-how („Handlungsanweisungen“) mündet, das kein halbwegs vernünftiger Mensch infrage stellen **kann**. Und auf dem bereits als unumstößlich richtig erkannten Wissen bauen alle neuen Fragen auf, die durch neue und immer aufwendigere Experimente beantwortet werden sollen.

Für denjenigen, der einen derartigen pragmatistischen Standpunkt einnimmt, ist dieser Text nicht gedacht. Argumente haben bei solchen Leuten nicht die geringste Chance! Wenn man bedenkt, dass der kleinste Hinweis auf die Fragwürdigkeit auch nur **einer einzigen** physikalischen Aussage unüberschaubare Konsequenzen hat, so ist es durchaus verständlich, dass diejenigen, die voll in Lehre und Forschung integriert sind, solche Hinweise ignorieren **„müssen“**. (Ich unterstelle nicht einmal bösen Willen.) Die gesellschaftlichen Auswirkungen wären katastrophal, jedenfalls für diejenigen, die es mittel- und unmittelbar betrifft. Der „Industriezweig“ Lehre und Forschung mit allen „Zulieferern“ und „Konsumenten“ wäre betroffen und die Folgen unabsehbar. Zweifel ist erlaubt - aber nur solange keine Einzel- und Gruppeninteressen tangiert werden! Dies kann durchaus als Binsenweisheit gelten. Auch die Geschichte lehrt uns - wenn wir denn überhaupt Lehren annehmen wollen und können -, dass „gesellschaftliche Strukturen“ irgendwann nicht mehr beherrschbar sind. Die Vernunft können wir dann vergessen! Das Irrationale gewinnt die Oberhand. Hier unterscheiden sich religiöse, wirtschaftliche, politische und sonstige Systeme überhaupt nicht voneinander. Auch die institutionalisierte Wissenschaft verfolgt nur ein einziges objektives Ziel: die Tätigkeit derer, die Bestandteil solcher „gesellschaftlichen Strukturen“ sind, zu legitimieren (womit über die individuelle Motivation des Einzelnen absolut kein Urteil gefällt wird).

Die Wissenschaft **dient** - objektiv - nicht mehr dem **Zweck** der Erkenntnisgewinnung, sondern nur noch sich selbst! In diesem Zusammenhang darf man es mit der Logik und dem Rationalen nicht mehr gar zu genau nehmen. Und dass dies zu allem Überfluß auch noch die Physik als **die** fundamentale exakte Naturwissenschaft - Vorbild für alle anderen Naturwissenschaften - betrifft, ist Grund genug - für einen Außenstehenden jedenfalls - sich gehörig darüber zu wundern.

Homepage

Einleitung

Physik

DPG-Beiträge

Kritik

Masse

Wellen

Pygmalion-Effekt

Erkenntnis

Ernst Mach

Die Zeit

Zufall+Notwend.

Gottes Urknall

Zwischenbilanz

Geschichten

Links

Der Autor

**Genau zu definieren, was Physik denn eigentlich sei, ist überhaupt nicht einfach.
Darum versuche ich es gar nicht erst.**



Was der gute alte **Goethe** mit Physik zu tun hat? - Nun ja, erstens hielt er sich selbst für einen bedeutenderen Naturforscher denn Dichter (worin er möglicherweise irrte). Zweitens hatte er sich unter anderem auch mit konkreten

naturwissenschaftlichen Fragen befasst. Die Farbenlehre beispielsweise konnte sich zwar nicht so recht durchsetzen, aber uninteressant waren seine Gedanken mit Sicherheit nicht. Und drittens gelangte das Musterbeispiel eines "Deutschen Dichters und Denkers" durchaus zu Einsichten, die alles andere als überholt sind.

Und sie laufen! Nass und nässer
wird's im Saal und auf den Stufen:
Welch entsetzliches Gewässer!
Herr und Meister! hör mich rufen! -
Ach, da kommt der Meister!
Herr, die Not ist groß!
Die ich rief die Geister
werd' ich nun nicht los

Goethe, aus "Der Zauberlehrling"

Gebraucht der Zeit, sie geht so schnell von hinnen,
doch Ordnung lehrt Euch Zeit gewinnen.
Mein teurer Freund, ich rat' Euch drum
zuerst Collegium Logicum.
Da wird der Geist Euch wohl dressiert,
in spanische Stiefeln eingeschnürt,
dass er bedächtiger so fortan,
hinschleiche die Gedankenbahn,
und nicht etwa die Kreuz und Quer,
irrlichteliere hin und her.
Dann lehret man Euch manchen Tag,
das, was Ihr sonst auf einen Schlag
getrieben, wie Essen und Trinken frei,
Eins! Zwei! Drei! Dazu nötig sei.
Zwar ist's mit der Gedankenfabrik
wie mit einem Webermeisterstück,
wo ein Tritt tausend Fäden regt,

die Schiffelein herüber und hinüber schießen,
die Fäden ungesehen fließen,
ein Schlag tausend Verbindungen schlägt.
Der Philosoph, der tritt herein
und beweist Euch, es müsst' so sein:
Das Erst' wär' so, das Zweite so,
und drum das Dritt' und Vierte so,
und wenn das Erst' und Zweit' nicht wär',
das Dritt' und Viert' wär' nimmermehr.
Das preisen die Schüler allerorten,
sind aber keine Weber geworden.
Wer will was Lebendigs erkennen und beschreiben,
sucht erst den Geist herauszutreiben,
dann hat er die Teile in seiner Hand,
fehlt leider! nur das geistige Band.

Goethe, aus "Faust I"



Hier ein Szenenausschnitt mit Gustaf Gründgens (Hamburg 1960) als Mephisto.

Einmal als Video (MPEG1-Datei, ca. 12 MB) und

einmal als Audiodatei im MP3-Format (ca. 1MB).

Im Folgenden versuche ich, mich an die grundlegende Problematik ganz langsam heranzutasten. Die weiteren Textabschnitte werden sich mit der Basis der Physik befassen. Und diese Basis nun einmal bildet die Newtonsche Mechanik mit all ihren explizit formulierten Prämissen sowie ebenso den unausgesprochenen Voraussetzungen. Meiner Meinung nach finden hier die fundamentalen Fehleinschätzungen ihren Ursprung. In den vorangegangenen Texten befasste ich mich mit speziellen Problemen sowie einem meiner Überzeugung nach grundlegenden erkenntnistheoretischen Problem.

Physik - was ist das?

Befindet die Physik sich in der Sackgasse?

Eine provokante Frage. Führt der bisherige **Weg** der Gewinnung von Erkenntnissen nicht zum **Ziel** des immer besseren Verständnisses der Gesetze der Natur? - Allein solch eine Fragestellung erscheint anmaßend und ungerechtfertigt. Nur, Fragen wohl dürfen erlaubt sein. Genau diese Angelegenheit ist Gegenstand der vorliegenden Arbeit - und die Antworten im Ansatz auch. Um Fragen dabei geht es, die längst eindeutige Antworten erfuhren und solche, die bislang niemand stellte.

Nichts Spannenderes gibt es als die Physik. Natürlich räume ich ein, der eine oder andere teilt diese Meinung nicht in vollem Umfang. Sich für Physik interessieren, heißt neugierig sein. Wer schon ist nicht neugierig. Albert **Einstein** sprach von der „göttlichen“ oder „heiligen“ Neugier. Neugierig sein

bedeutet Fragen stellen. Auch ganz dumme. Wer aber urteilt darüber, was dumm ist und was weniger? - Darüber befinden sehr kluge Menschen, die alles ganz genau wissen.

Sagen wir, **fast** alles und **fast** ganz genau: über die Natur und deren Gesetze, nach denen alle Vorgänge sich angeblich zu richten haben.

Nicht vordergründig um die Darstellung des aktuellen Erkenntnisstandes der Physik geht es hier (den aufzuzeigen, wäre ohnehin eine recht schwierige, eigentlich kaum lösbare, Aufgabe - von mir schon gar nicht), sondern um das Stellen sehr dummer Fragen. Dinge gibt es, die so selbstverständlich sind, dass es schon einiger Naivität bedarf, diese hinterfragen zu wollen. Dabei wird festzustellen sein, dass nicht alle geläufigen Antworten nur dadurch richtig sein müssen, weil viele sie kennen und man sich an sie gewöhnt hat. Trotz des genannten Hauptanliegens gehört es naturgemäß dazu, auf die historische Entwicklung der Physik in groben Umrissen einzugehen. Aus jenem Grund schon, weil bei genauem Hinsehen, die Physik als vollständig sich bestimmt erweist von allem, was in den letzten drei bis vier Jahrhunderten - so etwa - als richtig (an)erkannt wurde. Das Schulwissen übersteigende physikalische Kenntnisse sind für die Lektüre dieses Textes nicht erforderlich. Auch wurde auf die Anwendung mathematischer Hilfsmittel praktisch verzichtet, was für die Darstellung physikalischer Zusammenhänge schwer nur realisierbar scheint. Da es aber nicht um das Vermitteln physikalischen Fachwissens geht (dafür gibt es ohnehin genügend Fach- und Sachliteratur), sondern „lediglich“ das Finden qualitativer Zusammenhänge das Ziel ist, kann man damit recht gut leben. Das allerdings setzt in der Tat voraus, dass man das Vorhandensein von Zusammenhängen erst einmal akzeptiert.

Das wesentliche Thema ist die kritische Analyse der Basis des sehr umfangreichen und komplexen und kaum noch überschaubaren Theorien-Gebäudes der Physik. Bei solch Vorhaben sind Unvoreingenommenheit und ein gewisses Maß an Naivität alles andere als hinderlich. Sollte versehentlich hier und dort ein etwas polemischer Ton sich eingeschlichen haben, so darf man dies nicht überbewerten.

Wichtiger ist die Tatsache des Versuches der Rehabilitation des in Verruf geratenen so genannten gesunden Menschenverstandes.

Die ausgesprochene Seltsamkeit der modernen Physik, die Erkenntnis nur noch in Gestalt abstrakter mathematischer Modelle akzeptiert (auch dagegen richtet sich diese Polemik), weil anscheinend anders es nicht geht, muss dem unbefangenen Betrachter wahrlich recht eigenwillig vorkommen. Das gerade macht es aus, das Elitäre dieser Wissenschaft. Betrachtet man hingegen die Physik aus einer etwas größerer Distanz, so verschwinden einige Ungereimtheiten fast von selbst. Und das ohne extreme geistige Klimmzüge - und ohne Mathematik!

Erkauft werden muss dieser - ja, man kann es durchaus so nennen - Fortschritt mit dem Verzicht auf althergebrachte Anschauungen von **Raum, Zeit, Wechselwirkung** und vielem anderen mehr. Vorstellungen werden entwickelt, welche einerseits so umwerfend neu und so originell vom Ansatz her nicht in jedem Falle sind. „Nur“ die Darstellung der Zusammenhänge und Beziehungen als auch die Konsequenzen sind in der hier gezeigten Form sicherlich ohne Vorbild.

Andererseits gibt es dennoch ein Problem. Ein gewaltiges sogar. Mit Putzarbeiten an der Fassade des Gebäudes der Physik ist es meiner Meinung nach nicht mehr getan. Auch irgendwelche Um- und Anbauten verfehlen mit Sicherheit ihren Zweck. Um dessen Grundfesten geht es. Und diese stehen stabil und unzerstörbar vor uns. Seit Jahrhunderten schon. Keine neue Idee, und sei sie noch so exotisch und bizarr, war in der Lage, dieses Fundament auch nur anzukratzen. Eher umgekehrt: **Weil** das Fundament der Physik sich dermaßen unerschütterlich zeigte, wurden geradezu abenteuerlich anmutende Hypothesen und Vorstellungen provoziert, die zu einer neuen Form des „Wunderglaubens“ führten. Dagegen kommt man - so scheint es - mit rationalen Argumenten nicht an.

In vorliegender Arbeit unter anderem wird der Versuch unternommen, folgende ungeheuerliche Behauptung zu beweisen: So „verrückt“, wie die Welt sich im Licht der modernen Physik uns anscheinend gegenübertritt, ist sie vielleicht doch nicht. Das könnte ein Trost sein. Und dann noch etwas:

Die Welt ist konkret - und die Physik ebenfalls !

Die Physik als Wissenschaft entfernt sich von der Alltagserfahrung um so weiter, je grundlegender ihre Aussagen sind. Das lässt sich vollends nicht vermeiden, erschwert aber den Zugang zu dieser Materie; und aus dem Nichtverstehen wird Langeweile. Mit etwas gutem Willen jedoch lässt sich sogar bei recht abstrakt scheinenden Themenkomplexen eine Beziehung zum Alltäglichen ohne weiteres herstellen. Dies muss auch sein, da man sonst den Boden unter den Füßen völlig verliert. Meiner Meinung nach ist dieser Fall längst eingetreten. Dieses „längst“ meint die „Krise der Physik“ Ausgang des 19.

Jahrhunderts. Ein Argument der Physiker, geht es um die Unverständlichkeit der Aussagen der modernen Physik, zielt darauf ab, diese Tatsache einfach als gegeben hinzunehmen, weil unser Verstand prinzipiell nicht in der Lage ist, jene Dinge erfassen zu können. Die mathematischen Modelle ersetzen das Verstehen.

Doch vielleicht ist das ein Irrtum. Vielleicht - und dies ist wichtig - entpuppt „lediglich“ der konkrete Weg der konkreten Erkenntnisgewinnung sich als konkrete Sackgasse.

Vielleicht - gehen wir ein Stück des Weges zurück - erweist ein anderer Weg sich, bisher unentdeckt geblieben, als Aus-Weg.

Vielleicht - wen eigentlich dürfte dies verwundern - gab es bereits Wissenschaftler, die mögliche Alternativen sahen und in eine andere Richtung wiesen. Allein, einen Weg **sehen** reicht bei weitem nicht. **Gehen** muss man diesen schon, und sei es bis zum „bitteren Ende“.

Vielleicht - es könnte ja sein - lag Ernst **Mach** (ein für uns noch große Bedeutung erlangender Physiker) mit bestimmten Aussagen, die bereits genannten Grundfesten der Physik angehend, gar nicht so falsch.

Dem - unter anderem - gehen wir nach.

Was kann die Physik?

Schon viele Jahre ist es her. Mein Großvater weihte mich ein in sein Geheimnis. Er erzählte mir, er hatte vor Machtübernahme Hitlers Vorbereitungen getroffen für die Auswanderung nach Amerika. Zu diesen Vorbereitungen gehörte seinen Aussagen nach die Beschaffung von Gold im Wert von 10.000 US-Dollar. Ich hörte aufmerksam und skeptisch zu.

Mit der Auswanderung wurde es nichts. Aus verschiedenen Gründen. Und somit brachte er seinen Goldschatz erfolgreich in Sicherheit, indem er ihn im Keller vergrub. Zum Problem allerdings wurde: Er war **zu** erfolgreich und fand nach dem Krieg das Gold selbst nicht mehr.

Ich hörte **sehr** aufmerksam und **sehr** skeptisch zu.

Ob ich nicht „eine Wünschelrute bauen“ könne, fragte eines Tages er mich. Erhaben über solcherlei Unsinn mit meinen 16 Jahren unternahm ich nicht einmal den Versuch, den alten Herrn - immerhin über 60 war der schon - von seinem Aberglauben zu heilen. Es wäre zwecklos gewesen. Darum führte ich, in Gedanken zunächst, eine Transformation durch: Aus der „Wünschelrute“ wurde ein „Metallsuchgerät mit Induktionsschleife“. Ausrutscher ins Okkulte waren inakzeptabel. Für einen halbwegs naturwissenschaftlich und technisch gebildeten Jugendlichen gleich gar. Die Suche mit dem wenige Tage später fertiggestellten Gerät verlief ergebnislos. Das Gold wurde nie gefunden. Die Angelegenheit geriet nach dem Tod meines Großvaters in Vergessenheit. Vielleicht deshalb, weil die Sache niemand so recht ernst nehmen wollte, was möglicherweise ein Fehler war.

(Diese Geschichte stimmt wirklich.)

Was Denken, was abstrakt ist - daß dies jeder Anwesende wisse, wird in guter Gesellschaft vorausgesetzt, und in solcher befinden wir uns. Die Frage ist allein danach, wer es sei, der abstrakt denke.

(...)

Wer denkt abstrakt? Der ungebildete Mensch, nicht der gebildete. Die gute Gesellschaft denkt darum nicht abstrakt, weil es zu leicht ist, weil es zu niedrig ist, niedrig nicht dem äußeren Stande nach, nicht aus einem leeren Vornehmtun, das sich über das wegzusetzen stellt, was es nicht vermag, sondern wegen der inneren Geringheit der Sache. Das Vorurteil und die Achtung für das abstrakte Denken ist so groß, daß feine Nasen hier eine Satire oder Ironie zum Voraus wittern werden; allein, da sie Leser des Morgenblattes sind, wissen sie, daß auf eine Satire ein Preis gesetzt ist und daß ich also ihn lieber zu verdienen glauben und darum konkurrieren als hier schon ohne weiteres meine Sachen hergeben würde.

[Hegel: Wer denkt abstrakt?, S. 5. Digitale Bibliothek Band 2: Philosophie, S. 39673 (vgl. Hegel-W Bd. 2, S. 576 f)]



Alle Erscheinungen sind, das weiß fast jeder, prinzipiell natürlichen Ursprunges. Übernatürliche Phänomene haben in einer von Wissenschaft und Technik geprägten Welt nichts verloren. Der Richter, welcher entscheidet, was als natürlich zu gelten habe und was nicht heißt: Physik. Die Physik ist die

grundlegendste Naturwissenschaft, die mit den fundamentalen Gesetzmäßigkeiten der Materie sich befasst. Nicht alles ist physikalisch erklärbar, aber alles, was diesen elementaren Gesetzmäßigkeiten widerspricht, kann es nicht geben.

Die Physik kann nicht immer zeigen, was möglich ist, jedoch „weiß“ sie ganz genau - so im Verständnis der Physiker -, was nicht sein kann.

Und so beispielsweise verhält es sich mit der Wünschelrute. Kein physikalischer Effekt ist bekannt, mit dessen Hilfe dieses Phänomen interpretierbar wäre.

Ein anderes Beispiel für den Ausschluss von Vorgängen liefert der Satz von der Erhaltung der Energie, erstmals in voller Tragweite wohl erkannt im Jahr 1842 vom Arzt und „Amateurphysiker“ Julius Robert **Mayer** (1814-1878) aus Heilbronn. Nur ein unverbesserlicher Ignorant noch würde versuchen, ein perpetuum mobile zu konstruieren, eine Maschine also, die in der Lage wäre, Arbeit zu verrichten, ohne dass ihr Energie zugeführt werden müsste. Andererseits erlaubt die Quantenphysik Vorgänge, bei denen eine „vorübergehende“ Verletzung des Energiesatzes zulässig ist. Ohne näher darauf einzugehen, seien die Begriffe **Tunneleffekt** und virtuelle Teilchen sowie **Heisenbergsche** Unschärferelation genannt.

Diese zwei Beispiele sollen die Negativ-Indikation im Zusammenhang mit bestimmten physikalischen Gesetzen demonstrieren, jedoch immer in Hinblick darauf, diesen Gesetzmäßigkeiten keinen uneingeschränkten Geltungsbereich zubilligen zu dürfen. Und dennoch existieren Unterschiede zwischen beiden Beispielen. Im zweiten Fall gibt es tatsächlich genau formulierte Gesetze, welche Rahmenbedingungen schaffen für das real mögliche. Im Falle des Wünschelruten-Effektes stellt die Angelegenheit sich schon als etwas schwieriger dar. Denn eigentlich kann man nur formulieren: „Es sind keine physikalischen Vorgänge **bekannt**, die solcherart Phänomene zulassen“. Ist etwas „nicht bekannt“, heißt dies längst noch nicht, dieses Etwas „gibt es nicht“. Aber genau so verfährt man in der Physik. Da der Physiker - und nicht nur er - glaubt, sich und die Welt gegen unwissenschaftliche Hirngespinnste verteidigen zu müssen, versucht er, solche Phänomene als Betrug, Scharlatanerie oder bestenfalls als unbewusste Irrtümer auf unterbewusster Ebene zu entlarven und/oder ignoriert sie. Und hilft dies alles nicht, so springt der Zufall in die Bresche. Genügend Beispiele mag es geben, auf welche die genannten Fakten mit Sicherheit zutreffen. Ein Rest Unsicherheit jedoch verbleibt. Aber nicht bei dem Wissenschaftler (sprich Physiker), sondern bei dem hinlänglich verunsicherten fachunkundigen Publikum. Polemiken und Attacken gegen unwissenschaftlichen Humbug besitzen recht wenig Überzeugungskraft, gerade bei denen, gegen bzw. an die sie gerichtet sind. Dies genau aus nämlichen Grund, weil sachbezogene Argumente für den Laien nicht mehr nachvollziehbar sind - es nicht sein können.

Und einen anderen - gewichtigeren - Grund noch gibt es:

Die Wissenschaft konnte nicht das halten, was sie vollmundig versprach. Dies führte zu einem erheblichen Vertrauensverlust.

Als ein Beispiel (und wirklich nur als Beispiel) sei das Energieproblem genannt, das mit Hilfe der **Kernenergie** endgültig lösbar schien. Lösbar war es schon, das Problem der Energiegewinnung. Aber die Folgen, aus der technischen Nutzung der Kernspaltung resultierend, warfen mehr Probleme auf, als geklärt werden konnten. Natürlich ist jede technische Realisierung mit Gefahren verbunden. Man nimmt sie als kalkulierbares Restrisiko in Kauf, obwohl hier, bezogen auf den Einzelfall, eine Spur von Zynismus sich nicht verbergen lässt. „Kalkulierbares Risiko“ auch heißt „abgrenzbares Risiko“. Und genau dies ist bei der **Kernenergie** nicht mehr der Fall. Es gibt nicht die lokale Kernkraftwerks-Katastrophe, bei der „schlimmstenfalls“ das Leben von ein paar Tausend Menschen und/oder deren Gesundheit auf dem Spiel stehen. Jeder Störfall besitzt prinzipiell globalen Charakter. Wer glaubt dann noch den Beteuerungen derer, die „alles ganz genau wissen“ und Hunderttausend Beweise dafür erbringen, dass alle Warnung vor Gefahren in Wahrheit nur Panikmache ist, um die „unwissenden Massen“ zu verunsichern.

Es gab wirklich eine Zeit, zu der die Gefahren aus Unkenntnis und Mangel an Erfahrung unterschätzt wurden. Die Technik ist den Wissenschaftlern entglitten. Und erst 1963 vereinbarten die beiden damaligen Atommächte, keine Atombombenversuche in der Atmosphäre und dem erdnahen Raum mehr durchzuführen, welche vordem vorrangig (aber nicht ausschließlich) militärischen, sondern auch wissenschaftlichen Zwecken dienten.

Anspruch und Realität - hier soll, um nicht allzusehr vom Thema abzuleiten, nur auf die Physik hingewiesen werden - der Wissenschaft stimmen leider nicht (mehr?) überein. Die absolut unbestreitbaren Erfolge von Naturwissenschaft und Technik führten gerade deshalb auch zu deren Überschätzung. Man kann hier durchaus von einem „Zauberlehrlings-Effekt“ sprechen. Nur, welcher „Hexenmeister“ hilft uns aus einer Misere, in die wir uns in maßloser Arroganz

und Selbstüberschätzung durchaus bringen könnten? (Oder schon gebracht haben?!)

Hier soll nicht gegen den wissenschaftlich technischen Fortschritt polemisiert werden. Dies erstens ist sowieso sinnlos und liegt zweitens nicht im Interesse der gesellschaftlichen - was immer das ganz genau sein mag - Weiterentwicklung, die kein Mensch ernsthaft stoppen will und kann. Und drittens wäre es mehr als unfair, den technischen Fortschritt für die gesellschaftlichen Probleme verantwortlich zu machen, die es zweifelsohne gab, gibt und immer geben wird. Dieser Fortschritt ist irreversibel. Letztlich ist es kein wissenschaftlich-technisches, sondern ein gesellschaftliches Problem. Aber alles, was mit der genannten Angelegenheit im Zusammenhang steht, sind Aspekte dieser gesellschaftlichen Prozesse. Und - darauf gehen wir mehrmals noch ein - es gibt nicht „die Wissenschaft“ und auch nicht „die Physik“, sondern mit Menschen haben wir es zu tun, die jene Dinge **betreiben**. Und diese Leute sind Bestandteile „gesellschaftlicher Strukturen“. Ist auch „die Wissenschaft“ nicht für bestimmte Schwierigkeiten verantwortlich, so war sie auf der anderen Seite jedoch nicht in der Lage, gesellschaftliche Probleme zu lösen oder bei deren Lösung behilflich zu sein. Auch dies gehörte einst zu deren Anspruch.

Physik ebenfalls ist das Wissen um Gesetze, die in der Technik die entscheidenden Faktoren sind. Von der ersten Dampfmaschine bis zur heute eingesetzten Gasturbine; von der mechanischen Rechenmaschine eines Blaise **Pascal** (1623-1662) bis zum Supercomputer. All dies wäre ohne die - als richtig erkannten - (Grund-)Gesetze der Physik undenkbar.

An die Informationsübertragung mittels elektromagnetischer Wellen in Rundfunk und Fernsehen sowie Fernsprech- und Datennetze haben wir uns gleichermaßen gewöhnt, wie auch die Bereitstellung von Elektroenergie in jedem Haushalt, in quasi unbegrenzter Menge, zu den Selbstverständlichkeiten unseres Lebens gehört, über die nachzudenken im allgemeinen wir uns nicht bemüht fühlen.

Die friedliche Nutzung der **Kernenergie**, deren Beherrschung sich als weitaus schwieriger herausstellte (s.o.), als angenommen, und somit **so friedlich nicht war und ist**, als auch der Schrecken nuklearer Vernichtungswaffen sind gleichfalls Seiten allgegenwärtiger technisch scheinbar perfekt umgesetzter physikalischer Erkenntnisse. Die Aufzählung ließe sich fortsetzen, ohne wirklich neue Einsichten zu vermitteln.

Ein wesentliches Argument für oder wider eine gegebene Art der Energiegewinnung besteht in deren Umweltverträglichkeit. Im weitesten Sinne des Wortes verstanden. Hinzu kommt die Erschöpflichkeit der fossilen Brennstoffe. Als Ausweg schien die Kernenergie sich anzubieten. Die geradezu euphorische Zuwendung zur Kernspaltung mit der in Aussicht gestellten künftigen Realisierung der friedlichen Nutzung der Kernfusion musste einer Ernüchterung weichen. Die erste Spielart barg zu viele Sicherheitsrisiken, war mithin alles andere als umweltfreundlich; und die technische Realisierung der zweiten Variante verschob sich nach und nach in immer fernere Zukunft. Noch in den Fünfziger Jahren des 20. Jahrhunderts wurde die Beherrschung der Fusion in „dreißig bis vierzig Jahren“ in Aussicht gestellt. Heute, diese Zeitspanne ist längst verstrichen, hat rein zahlenmäßig an jener Prognose sich nichts geändert. Dies heißt nicht, in den vergangenen Jahren wäre nichts geleistet worden. Im Gegenteil. Die im zurückliegenden Zeitraum gewonnenen Erkenntnisse zeigen nur, wie sehr die tatsächlichen Probleme seinerzeit **unterschätzt** wurden. Irgendwie scheinen wir an eine Grenze des technisch sinnvoll Machbaren zu gelangen. Möglich ist vieles. Aber je gewaltiger die Dimensionen wurden, die wir schufen, um so ohnmächtiger waren wir unseren eigenen Schöpfungen in der Endkonsequenz auch ausgeliefert („**Zauberlehrlings-Effekt**“).

Unser Handeln reichte weiter als unser Wissen, Können und Verstehen.

Nur gut, dass die Überschätzung der eigenen Fähigkeiten endgültig der Vergangenheit angehört. - Tatsächlich?

Worum es geht?

Die Physik genau bietet jene Möglichkeiten an, die wirklich verfolgt werden. Als derzeit praktikable bzw. angestrebte Energiequellen kennen wir nur die sekundäre Sonnenenergie in Gestalt der fossilen Brennstoffe als chemische Energieträger und jene zwei Formen der Nutzung der Nuklearenergie, welche ich gerade erwähnte. Sind mit beiden letztgenannten Varianten bereits alle Möglichkeiten ausgeschöpft?

Die praktizierte Physik liefert ein eindeutiges „ja“. Doch ist letzter Satz nicht korrekt, denn die dazu gehörende **Frage** wird überhaupt nicht gestellt, und damit erübrigt sich auch deren gerade genannte **Beantwortung**.

Ein Narr nur kann zweifeln an der prinzipiellen Richtigkeit dessen, was die Physik an Wahrheiten bereitstellt. Zwar: Vieles gibt es noch zu tun, und manche Dinge bleiben ungeklärt, doch - und das ist das Entscheidende - der **Weg der Erkenntnis** zu immer tieferem Wissen über die Natur ist der richtige und wird, wann auch immer, zu einem zur Zeit nicht einmal genau definierbaren Ziel führen.

Jedoch: „Zum Ziel **führen**“ bedeutet längst nicht, diesem Ziel in endlicher Zeit sich auch nur zu nähern oder gar es zu **erreichen**.

Diese Haltung aber ist nicht neu und war in der Vergangenheit schon des öfteren die Quelle für Fehleinschätzungen. Immer war alles klar. Fast alles. Bis auf ein paar Kleinigkeiten. Und gerade jene „Kleinigkeiten“ zwangen, einiges in Frage zu stellen. Diese „Kleinigkeiten“ erwiesen nachträglich immer als mächtiger sich, als das allseits Bekannte und Anerkannte.

Physik zu allem Überfluss ist die Wissenschaft der unantastbaren Autoritäten und damit der zählebigen Irrtümer.

In keiner anderen Wissenschaft vielleicht herrscht eine vergleichbare Autoritätsgläubigkeit. Diese ergibt sich zwangsläufig aus den mitunter schwer oder überhaupt nicht verständlichen Aussagen der modernen Physik. Diese sind, wie bemerkt, für den Laien nicht mehr nachvollziehbar und, mit etwas Ehrlichkeit, für jeden wirklichen und vermeintlichen Fachmann gleichfalls nicht in vollem Umfang.

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

[Homepage](#)[Einleitung](#)[Physik](#)[DPG-Beiträge](#)[Kritik](#)[Masse](#)[Wellen](#)[Pygmalion-Effekt](#)[Erkenntnis](#)[Ernst Mach](#)[Die Zeit](#)[Zufall+Notwend.](#)[Gottes Urknall](#)[Zwischenbilanz](#)[Geschichten](#)[Links](#)[Der Autor](#)

Tagungsbeiträge (Kurzvorträge) auf den Frühjahrstagungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft - Fachverband Didaktik der Physik

[Tagung 1998](#)[Tagung 1999](#)[Tagung 2000](#)

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V. (DPG) ist weltweit die älteste und mit mehr als 42.000 Mitgliedern die zweitgrößte physikalische Fachgesellschaft. Die Namen der Mitglieder - sowohl jetzt als auch in der Vergangenheit - gleichen einem "Who is Who" der Physik. Unter ihren ehemaligen Präsidenten finden sich zahlreiche weltberühmte Forscher, darunter auch Max Planck und Albert Einstein.

Seit 1977 ist das international angesehene Physikzentrum in Bad Honnef Sitz der Geschäftsstelle. Hier treffen sich Physiker und Physikerinnen aus aller Welt zum Erfahrungsaustausch, ein idealer Umschlagplatz für neueste physikalische Erkenntnisse und Entdeckungen. (...) Die DPG verfolgt als gemeinnütziger Verein keine wirtschaftlichen Interessen.

Zitat: Homepage der [DPG](#)

Inhalt

1. [Der Massenbegriff - Beispiel eines der undefiniert verwendeten Begriffe in der Physik](#)
2. [Anschaulichkeit - ein Missverständnis in der Physik?](#)
3. [Zur Dominanz der Elektrodynamik bei der Erarbeitung der Quantenphysik](#)

[Homepage](#)[Tagung 1998](#)[Tagung 1999](#)[Tagung 2000](#)[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

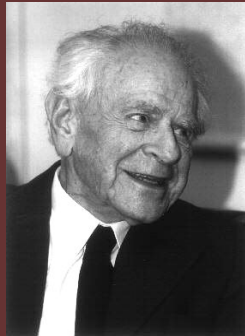


Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Wissenschaft und Kritik

Hier werden einige kleine Texte zu verschiedenen Themen der Wissenschaften - nicht nur der Physik - vorgestellt. Es sind Gedanken, die vielleicht unter dem Oberbegriff **Wissenschaftskritik** zusammengefasst werden könnten, aber es geht wenig systematisch zu. Vielleicht enthalten diese Zeilen dennoch einige Anregungen, die über das spezielle Thema **Physik** hinausgehen.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges
Karl Popper
1902 - 1994



Es gibt keine Autorität der Wissenschaft. Die Wissenschaft ist etwas Wunderbares. Trotzdem wissen wir nichts. Das heißt, in unserer Wissenschaft stecken viele Irrtümer. Das war immer so. Der wissenschaftliche Fortschritt besteht darin, diese Irrtümer zu finden und durch etwas Besseres zu ersetzen: durch eine bessere Hypothese. Er besteht darin, Irrtümer losloszuwerden.

Karl Popper

Wissenschaft und Kritik

Wissenschaftskritik

30.07.2001

Wer Kritik - als Kritiker oder Kritisierte - ausschließlich destruktiv begreift, begreift manches vielleicht nicht völlig richtig. Kritik ist immer etwas Unangenehmes und Sinnloses. Jedenfalls für denjenigen, der Zielscheibe einer Kritik ist. Und Kritik ist immer ungerecht. So sehen es die Kritisierten. Noch schwieriger wird es, wenn sich eine Kritik nicht gegen Einzelpersonen, sondern gegen Institutionen richtet. In der Politik heißen die kritisierenden Parteien **Opposition**. Das sind jene Parteien, die gerade mal nicht die Regierungsmacht innehaben (oder noch nie gehabt haben) und **dagegen sind** - gegen was auch immer. Meist gegen Vorschläge und Entscheidungen der Regierungspartei(en). Wie das "parteiliche Gezänk" beim Wähler auch ankommen mag, Kritik (oder Opposition) sind schon deshalb notwendig und inhärenter Bestandteil jedweder parlamentarischen Demokratie, weil Machtmissbrauch und Korruption, grundsätzlich nie völlig vermeidbar, andernfalls ganz besonders gut gedeihen würden.

Mit Wissenschaft, so scheint es, hat das recht wenig zu tun. Denn die Wissenschaften, so die allgemein übliche Auffassung, kritisieren und korrigieren sich selbst, sodass eine "Kritik von außen" weder notwendig, sinnvoll noch überhaupt sachlich möglich ist.

Doch kann man dies auch ein wenig anders sehen. Erinnern wir uns doch eines Interviews, welches Karl **Popper** (1902-1994, siehe Foto) der Zeitung **DIE WELT** am 29. Januar 1990 gab (1991 veröffentlicht als Taschenbuch bei Ullstein unter dem Titel **"Ich weiß, daß ich nichts weiß - und kaum das"**):

Popper: Wir Intellektuellen haben schauerliche Dinge gemacht, wir sind eine große Gefahr. Wir bilden uns viel ein - wir wissen nicht, wie wenig wir wissen. Und wir Intellektuellen sind nicht nur anmaßend, sondern auch bestechlich.

WELT: Materiell bestechlich?

Popper: Ich meine nicht nur mit Geld, sondern auch bestechlich durch Ansehen, Macht, Einfluß und so weiter. Das ist leider so. Man müßte auch hier eine neue Mode schaffen. Ich hoffe, daß es für Intellektuelle einmal modern werden wird, bescheiden zu sein. Das ginge schon. Natürlich bin ich nicht der beste Mann, um eine neue Mode zu kreieren.

WELT: Welchen "Modetrend" erkennen Sie heute bei den Intellektuellen?

Popper: Sie machen aus Theorien Ideologien. Selbst in der Physik und in der Biologie gibt es leider viele Ideologien. (...) Überall, auch in diesen Fachbereichen, gibt es einen Dogmatismus, gegen den es schwierig ist, sich durchzusetzen. (...) Die Intellektuellen sind unkritisch und gehen mit den Moden, und es gibt einen starken Druck. Das heißt: Wer nicht mit der Mode geht, der steht bald außerhalb des Kreises derer, die ernst genommen werden.

WELT : Würden Sie so weit gehen und sagen daß durch diesen Anpassungsdruck die Wissenschaft gefährdet ist?

Popper: Ich bin ein begeisterter Anhänger der Wissenschaft. Physik und Biologie sind für mich großartige Wissenschaften, und ich halte die meisten Physiker und Biologen für sehr gescheit und gewissenhaft. Aber: Sie stehen unter Druck. Diesen Druck gibt es erst seit dem zweiten Weltkrieg, seitdem so viel Geld für die Wissenschaft ausgegeben wird.

Diese Aussagen sind aktueller denn je. Gerade weil **Popper** alles andere als ein Wissenschaftsgegner und Technikfeind war, sollte man seine Aussagen durchaus ernst nehmen. Denn er erkannte eine Entwicklung - im und nach dem Zweiten Weltkrieg einsetzend, wie er bemerkte -, die sich letztlich nicht unbedingt als förderlich für den wahren Erkenntnisfortschritt herausstellte.

Wenn es also um Wissenschaftskritik geht, so sind vielleicht bestimmte Gesichtspunkte zu beachten. Hier einige mögliche Schwerpunkte:

1. Erkenntnistheoretische und methodologische Aspekte,
2. gesellschaftliche Implikationen im Rahmen von Lehre und Forschung einschließlich deren Finanzierung,
3. Ziele und "unumstößliche Wahrheiten" der Wissenschaften im Verein mit deren praktischen Auswirkungen, Risiken und den möglichen Missbrauch wissenschaftlicher Erkenntnisse eingeschlossen,
4. der Autoritätsanspruch der Wissenschaften respektive den der Wissenschaftler.

In diesem Sinne soll diese Kritik auch verstanden werden, wenngleich in dem Bewusstsein vorgetragen, dass damit natürlich kein Einfluss ausgeübt werden kann. Selbst der Einfluss eines Karl **Poppers** ist recht bescheiden im Hinblick auf die konkreten naturwissenschaftlichen Forschungstätigkeiten. Die Kluft zwischen Geistes- und Naturwissenschaften (ein durchaus interessantes Thema) wurde nicht nur nicht überbrückt, sondern eher noch vertieft. Wie auch immer, vielleicht bieten einige der hier formulierten Gedanken Anlass zum **eigenen** kritischen Nachdenken (dies war ja einst der Anspruch der Aufklärung) über die (aber nicht nur) aktuellen Forschungsaktivitäten.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Die Masse zählt zu den grundlegenden Begriffen der Physik - und zu den völlig ungeklärten ebenso. Seit Newton hat sich daran nichts geändert.

Gravitation
Masse+Raum
Masse+Trägheit

**Sir Isaac
Newton**
1643 - 1727



Erklärung 1: Die Größe der Materie wird durch ihre Dichtigkeit und ihr Volumen vereint gemessen.
Erklärung 3: Die Größe der Bewegung wird durch die Geschwindigkeit und die Größe der Materie vereint gemessen.
Erklärung 4: Die Materie besitzt das Vermögen zu widerstehen; deshalb verharrt jeder Körper, soweit es an ihm ist, in einem Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung

Isaac Newton, Principia mathematica, 1686

Die Masse

23.12.2000

Einer der sowohl grundlegenden als auch der ungeklärten Begriffe in der Physik ist der Begriff der Masse.

Im Heft 12/2000 der **Physikalischen Blätter** fand ich eine interessante Rezension. Das Buch "Concepts of Mass in Contemporary Physics and Philosophie" von Max **Jammer** , Princeton University, ist Objekt dieser Rezension, in der es u.a. heißt:

Während die Begriffe Raum und Zeit zumindest im Rahmen der Allgemeinen Relativitätstheorie eine wohldefinierte Rolle spielen, gibt der Begriff der Masse - und damit der Energie - weiter Rätsel auf. (...) Der Ursprung der Massen in der Elementarteilchenphysik gilt noch immer als zentrales, ungelöstes Problem.

Nun denn, ungelöste Probleme sind dazu da, - endlich - gelöst zu werden. Doch weiter im Text der Rezension.

*Im Unterschied zu seinem vor vierzig Jahren erschienenen Werk "**Der Begriff der Masse in der Physik**" geht Max Jammer in dem vorliegenden Band weniger historisch als vielmehr begrifflich vor, dabei die Entwicklungen seit 1960 betonend.*

Jetzt wird es interessant. Weniger deshalb, weil ich das neue Buch von **Jammer** einmal durcharbeiten möchte, was mir aufgrund meiner mangelhaften Englischkenntnisse sehr schwer fallen würde. Aber ich kenne das 1964 auf deutsch erschienene Buch besagten Autors. Und immerhin wurde dieses Werk anno 1960 von der **Amerikanischen Akademie der Künste und Wissenschaften** mit dem Physik-Preis ausgezeichnet. Folgendes Zitat (vgl. den entsprechenden DPG-Beitrag) finde ich besonders interessant (Max Jammer, Der Begriff der Masse in der Physik, Darmstadt 1964):

Obwohl die Newtonsche Mechanik die einfachste Theorie ist, die die Physik je aufgestellt hat, und obwohl für gewöhnliche physikalische Objekte mittlerer Größe die Mechanik den höchsten Grad von Verifizierbarkeit besitzt, scheint ihre logische Struktur allen Versuchen einer vollständigen Analyse zu trotzen, wenn man annimmt, dass eine solche Analyse explizite Definitionen der zu Grunde liegenden Begriffe in sich bergen muss. Angesichts dieser Situation lässt es sich wohl rechtfertigen, wenn wir nicht auf genauen Definitionen der fundamentalen Begriffe bestehen, die der Theorie vorausgehen, sondern eher den Bedeutungsinhalt dieser Begriffe durch den Aufbau der Theorie gewinnen. Im Unterschied zu einer rein hypothetisch-deduktiven Theorie (...) müssen in der Mechanik semantische Regeln oder Korrelationen mit der Erfahrung erwogen werden, und ein zu Definierendes - selbst wenn es durch eine implizite Definition definiert wird - muss letzten Endes in seinen quantitativen Aspekten durch Rückgriff auf experimentelle Messungen determinierbar werden.

Vierzig Jahre also ist dies her. Gehen wir jedoch weiter in die Vergangenheit zurück, so stoßen wir - es lässt sich kaum vermeiden - Ende des 19. Jahrhunderts auf einen österreichischen Autor: Ernst Mach. Auch hier ein Zitat (Ernst Mach, Die Mechanik in Ihrer Entwicklung, Leipzig 1933 - 1. Auflage 1883 - Nachdruck Darmstadt 1991):

Sobald wir also, durch die Erfahrung aufmerksam gemacht, die Existenz eines besonders beschleunigungsbestimmenden Merkmals der Körper erschaut haben, ist unsere Aufgabe mit der Anerkennung und unzweideutigen Bezeichnung dieser Tatsache erledigt. Über die Anerkennung dieser Tatsache kommen wir nicht hinaus, und jedes Hinausgehen über dieselbe führt nur Unklarheiten herbei. Jede Unbehaglichkeit verschwindet, sobald wir uns klar gemacht haben, dass in dem Massenbegriff keinerlei Theorie, sondern eine Erfahrung liegt. Der Begriff hat sich bisher bewährt. Es ist sehr unwahrscheinlich, aber nicht unmöglich, dass er in der Zukunft erschüttert wird, ...

In den Wissenschaften gibt es viele ungelösten Rätsel. Das ist nun einmal so.
Sonst wären sie überflüssig.
Die Wissenschaften.

Doch dass eine solch "einfache" Angelegenheit wie die Masse zu eben jenen bislang ungelösten Rätseln gehört, sollte stutzig machen. Und skeptisch. Sehr skeptisch all jenen Spekulationen gegenüber, die sich das Universum und dessen Entstehung zum Gegenstand gemacht haben. Auch von der "dunklen Materie" ist die Rede.

Gravitation	Masse+Raum	Masse+Trägheit
-------------	------------	----------------

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Welle oder Teilchen?

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Welle oder Teilchen? - Die Frage ist doch längst geklärt! Wie auch immer, irgendwie hat man sich im Laufe der vergangenen 100 Jahre arrangiert. Man ist in Physikerkreisen nicht mehr gewillt, "dumme Fragen" zu akzeptieren.

Teilchen

Prozesse

**Werner
Heisenberg**

1901 - 1976



In den Monaten, die auf diese Diskussion folgten, führte schließlich ein intensives Studium all der Fragen, die mit der Deutung der Quantenmechanik zu tun haben, in Kopenhagen zu einer vollständigen und, wie viele Physiker glauben, befriedigenden Klärung der ganzen Situation. Aber es war keine Lösung, die man leicht annehmen konnte. Ich erinnere mich an viele Diskussionen mit Bohr, die bis spät in die Nacht dauerten und fast in Verzweiflung endeten. Und wenn ich am Ende solcher Diskussionen noch allein einen kurzen Spaziergang im benachbarten Park unternahm, wiederholte ich mir immer und immer wieder die Frage, ob die Natur so absurd sein könne, wie sie uns in diesen Atomexperimenten erschien - **Werner Heisenberg, 1955**

Es ist schwierig, sich des folgenden Themas überhaupt unvoreingenommen zu nähern und "blöde" Fragen zu stellen. Seit hundert Jahren - etwa - kämpft man mit Problemen, und hat sich letztendlich darüber geeinigt, dass diese Probleme nur Scheinprobleme sind. Die Quantenphysik ist eben abstrakt und unanschaulich! Damit werden Fragen nach logischer Widersprüchlichkeit im Keime erstickt. Aber: Wo Fragen "verboten" sind, stimmt etwas nicht. Zumindest ist etwas an der begrifflichen Grundlage nicht in ganz Ordnung. Auf einige der Schwerpunkte sollen die folgenden Texte hinweisen. Wichtig: Es wird keine "alternative Hypothese" aufgestellt, sondern nach logischen Zusammenhängen wird gefahndet! Einerseits kann die Bedeutung der Mathematik von Seiten der Physiker nie hoch genug bewertet werden, doch andererseits fristet die Logik nur noch ein Schatten-Dasein. Und dabei ist es gerade die Mathematik, deren zweiter Aspekt - neben der Handhabung der quantitativen Relationen - eben in der Formalisierung logischer Abhängigkeiten zu finden ist. Wenn die mathematischen Formalismen oft als "schlauer" empfunden werden als deren Schöpfer, so liegt dies eben an den logischen Implikationen innerhalb der modellierten Zusammenhänge, die durch "reines Nachdenken" nicht bewusst erfasst werden können. Wenn man hier die "Grenzen unseres Verstandes" vermuten würde, läge man sicherlich nicht völlig falsch. Es ist somit keine Frage der Anschaulichkeit, sondern ein Problem der Logik!

In diesen Rahmen vielleicht sind die Äußerungen Karl Poppers (weiter unten) einzuordnen, wenn jener von einem "deprimierenden und antirationalen Einfluss" sprach.

Welle oder Teilchen

In einem Interview mit der Zeitung „DIE WELT“ äußerte Karl **Popper** 1987 u.a. Folgendes:

Karl Popper



Ich kenne mehrere Lehrer der Quantentheorie, die ihren Schülern sagen: Versucht nicht, diese Theorie zu verstehen. Die Theorie ist unverstehbar. Ihr könnt nur lernen, wie man die Theorie anwendet, aber verstehen könnt ihr sie nicht. Das hat meiner Meinung nach einen deprimierenden und antirationalen Einfluss gehabt. Man kann überhaupt nicht mehr rational über diese Dinge diskutieren. Das scheint mir eine ungeheure Gefahr für die Wissenschaft zu sein.

Diese Aussagen sind in vielerlei Hinsicht absolut bemerkenswert, sodass es schon interessant sein könnte, sich eingehender mit jener Problematik zu befassen.

Viele Dinge gelten heute als völlig geklärt; und die technische Nutzenanwendung der gegebenen Formalismen scheint Fragen nach dem Ursprung der bekannten Denkschwierigkeiten als überflüssig und sinnlos erscheinen. (Mit einigen Seiten dieser Angelegenheit hatte ich mich in meinen DPG-Beiträgen, der Jahre 1999 und 2000 auseinandergesetzt.)

Bei genauerem Hinsehen muss man erkennen, dass es sich um Probleme handelt, die ihren Ursprung finden u.a. darin, dass die in der Physik verwendeten Begriffe völlig undefiniert - durch die Gewöhnung im Laufe der Zeit scheinbar legitimiert - verwendet werden. Als Beispiel konnte bin ich bereits auf den den Massenbegriff verweisen. Auch im Bereich der Elektrodynamik und der Quantenphysik stoßen wir auf das Problem der undefinierten Begriffe: Hier handelt es sich z.B. um den Begriff der **Welle** und den des **Teilchens (Massepunkt)**. Im folgendem Texte gehe ich andeutungsweise auf diese Problematik ein. Auch möchte ich betonen, dass es sich dabei "lediglich" um eine **Analyse** handelt. Mit konkreten physikalischen Hypothesen setze ich mich im Rahmen meiner Darlegungen - das sei wiederholt - nicht auseinander. Aus einem ganz einfachen Grund: Ich kann keine solchen vorweisen. Nochmals: Mir geht es um die relevanten **Fragestellungen** und (noch) nicht um deren **Beantwortung**. Man sollte wirklich nicht den zweiten Schritt vor dem ersten gehen.

Teilchen	Prozesse
--------------------------	--------------------------

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Homepage

Einleitung

Physik

DPG-Beiträge

Kritik

Masse

Wellen

Pygmalion-Effekt

Erkenntnis

Ernst Mach

Die Zeit

Zufall+Notwend.

Gottes Urknall

Zwischenbilanz

Geschichten

Links

Der Autor

oder

Wenn Bilder zu leben beginnen

Abbilder

Zeit

Kraft

Raum

Begriffe



Georg Bernhard Shaw
1856 - 1950

Eigenartig ist es schon. Viele wichtige Dinge geraten in Vergessenheit, und Nebensächliches bleibt im Gedächtnis haften - unauslöschlich. So kann ich mich an einen Film erinnern, vor Jahrzehnten als Kind im Kino gesehen, dessen Inhalt mir völlig entfallen ist. Auch weiß ich heute nicht mehr, war es ein Zeichentrickfilm oder ein Film, der sowohl Real- als auch Trickaufnahmen enthielt. An eines aber glaube ich, ganz deutlich mich zu erinnern: Zu Beginn zeichnete ein Kind ein Strichmännchen mit Kreide an die Häuserwand. Und dieses Männchen wurde, durch welch Wunder auch immer, zum Leben erweckt und spielte eine Hauptrolle in diesem Film.

Wem dieser Kinderfilm zu kindlich erscheint, dem kann geholfen werden. Da lebte einst, in längst vergangenen Zeiten, ein König auf Zypern. Der hieß Pygmalion und schuf als begnadeter Künstler eine Statue aus Elfenbein. Nicht irgendein Mädchen stellte sie dar, sondern seine - allerdings sehr leblose - Traumfrau. So verliebt war der Künstler in sein Werk, dass Aphrodite ein Einsehen hatte mit dem armen Kerl und die elfenbeinerne Jungfrau zum Leben erweckte. (Göttinnen können und dürfen das. Die antike Mythologie hat immer etwas zu bieten, für jeden und für alle Lebenslagen.)

Zu einem völlig anderem (symbolischen) Leben schließlich verhalf der Ire George Bernard Shaw dem Helden Pygmalion in seiner gleichnamigen Komödie, welche ihrerseits die - etwas frei interpretierte - Vorlage abgab für ein nunmehr klassisches Musical. Doch kann die Leistung des Professor Higgins nicht mit den Fähigkeiten Aphrodites konkurrieren. Das „Ausgangsmaterial“ jenes Sprachforschers hieß Eliza und war von Anfang an äußerst lebendig.

Jetzt jedoch müssen wir den Weg zurückfinden von „My Fair Lady“ zur Physik. Dieser Weg ist kürzer als man glaubt.

Das grundlegende Verständnis von der Physik ist charakterisiert durch das Nebeneinander von Raum, Zeit, Materie, Bewegung und Wechselwirkung (als Ausdruck von Eigenschaften der Objekte) sowie das Nebeneinander von vier - zunächst voneinander unabhängigen - Wechselwirkungsformen. Alle Wechselwirkungen sind von der Anlage her statischer Natur.

Pygmalion (Ovid, Metamorphosen X 243-297)

Weil er diese gesehen ihr Leben verbringen in Unzucht, weil die Menge der Fehler ihn abstieß, die die Natur dem weiblichen Sinne gegeben, so lebte Pygmalion einsam ohne Gemahl und entbehrte gar lange der Lagergenossin. Weißes Elfenbein schnitzte indes er mit glücklicher Kunst und gab ihm eine Gestalt, wie sie nie ein geborenes Weib kann haben, und ward von Liebt zum eigenen Werke ergriffen. Wie einer wirklichen Jungfrau ihr Antlitz, du glaubtest, sie lebe, wolle sich regen, wenn die Scham es nicht ihr verböte. So verbarg sein Können die Kunst. Pygmalion staunt und faßt in der Tiefe der Brust die Glut für das Bild eines Leibes. Oftmals berührt er sein Werk mit der Hand und versucht, ob es Fleisch, ob Elfenbein sei, und versichert auch dann, kein Elfenbein sei es, gibt ihm Küsse, vermeint sie erwidert, spricht an und umfängt es, glaubt, seine Finger drückten dem Fleisch ihres Leibes sich ein und fürchtet, es mache der Druck das berührte Glied sich verfärben. Schmeichelworte sagt er ihm bald, bald bringt er Geschenke, wie die Mädchen sie lieben, geschliffene Steine und Muscheln, kleine Vögelchen auch und tausendfarbige Blumen, Lilien, farbige Bälle und die von den Bäumen getropften Tränen der Heliosstöchter: auch schmückt er den Leib ihr mit Kleidern, gibt ihren Fingern den Ring, eine lange Kette dem Halse; zierliche Perlen hängen vom Ohr, auf der Brust ein Geschmeide. All das ziert sie, doch war sie auch nackt nicht weniger schön zu schauen. Er legt sie so auf die purpurfarbenen Decken, nennt sie Genossin des Lagers. er stützt ihren Nacken mit weichen, flaumigen Kissen und bettet ihn sanft, als ob er es fühle.

Wieder ist da der Tag der Venus, gefeiert im ganzen Cypern; das weite Gehörn vergoldet, waren die jungen Rinder. im weißen Nacken getroffen, niedergesunken; Weihrauch dampfte; Pygmalion trat, nachdem er geopfert, hin zum Altar: Vermögt ihr Götter alles zu geben", bat er schüchtern, so sei meine Gattin" - die Eifenbeinjungfrau' wagte er nicht und sprach - "meiner elfenbeinernen ähnlich. Venus, die goldene, die ihrem Feste zugegen, verstand wohl, was mit dem Wunsche gemeint; ein Zeichen der günstigen Gottheit, hob sich dreimal die Flamme und trieb in die Luft ihre Spitze.

Als er zurückkam, eilt er sogleich zu dem Bild seines Mädchens. wirft sich aufs Lager und gibt ihr Küsse. Sie schien zu erwarmen. Wieder nähert den Mund er, betastet die Brust mit der Hand, da wird das betastete Elfenbein weich, verliert seine Starrheit. gibt seinen Fingern nach und weicht, wie hymettisches Wachs im Strahl der Sonne erweicht, von den Fingern geknetet, zu vielen Formen sich fügt und, gerade genutzt, seinen Nutzen bekundet. Während der Liebende staunt, sich zweifelnd freut. sich zu täuschen fürchtet, prüft mit der Hand sein Verlangen er wieder und wieder. Fleisch ist's und Bein! Es pochen vorn Finger betastet die Adern. Worte aus voller Brust, mit denen Venus er danke, faßt der Paphier da. - Auf den Mund, der endlich ihn nicht mehr täuschte, preßt er den seinen. Die Jungfrau fühlte die Küsse, und sie errötete, sah, als empor zum Licht sie die scheuen Lichter erhob, zugleich mit dem Himmel den liebenden Jüngling.

Gnädig ist Venus der Eh, die sie selbst gestiftet, und als die Hörner des Mondes sich neunmal zum vollen Runde vereint, hat jene die Paphos geboren, nach der die Insel benannt ist.

Abbilder	Zeit	Kraft	Raum	Begriffe
----------	------	-------	------	----------

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

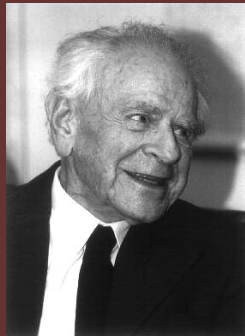
Erkenntnistheoretische und methodologische Aspekte

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Erkenntnistheorie ist ein weites Feld. Und ich hatte keineswegs vor, mich sehr ausgiebig und systematisch damit zu befassen, zumal die folgenden Texte - erstens - in ihrer ursprünglichen Fassung schon sehr betagt sind und - zweitens - seinerzeit durchaus als eine Auseinandersetzung mit dem "dialektischen Materialismus" zu DDR-Zeiten zu betrachten sind.

Vorbemerk.
Erk.-Prozess

**Karl
Popper**
1902 - 1994



Der Unterschied zwischen der Amöbe und Einstein besteht darin, daß beide zwar die Methode von Versuch und Irrtumselimination anwenden, aber die Amöbe nicht gern irrt, während Einstein gerade davon angezogen wird: Er sucht bewußt nach seinen Fehlern, in der Hoffnung, aus ihrer Entdeckung und Elimination etwas zu lernen. Die Methode der Wissenschaft ist die kritische Methode. Die evolutionäre Erkenntnistheorie ermöglicht also ein besseres Verständnis beider, der Evolution und der Erkenntnistheorie, soweit sie mit der wissenschaftlichen Methode zusammenfallen. Sie ermöglicht ein besseres Verständnis auf logischer Grundlage.

Karl Popper

Erkenntnistheoretische und methodologische Aspekte

Meiner Überzeugung nach gibt es vier grundlegende Fehler im physikalischen Erkenntnisprozess:

1. Die Beurteilung der physikalischen Theorien erfolgt auf der semantischen Ebene der Theorien selbst.
2. Es wird nicht beachtet, dass der **Verlauf** des Erkenntnisprozesses wesentlich die Fragestellungen bestimmt, welche ihrerseits den weiteren Verlauf bedingen (historische Determiniertheit des Erkenntnisprozesses).
3. Es wird nicht zwischen quantitativen (mathematischen) Modellen und qualitativen Aussagen (Erkenntnis) unterschieden.
4. Die „Materialisierung von Abstraktionen“ (Hypostasierungen) führt ebenfalls zu irrelevanten Fragestellungen.

Hierzu einige Erläuterungen:

Aussagen über Theorien dürfen nicht mit Mitteln getroffen werden, die selbst Bestandteil dieser Theorien sind. In der Praxis aber wird die Beurteilung von Hypothesen und Theorien (Verifikation oder Falsifikation) auf gleicher theoretischer und sprachlicher Ebene (Objektebene) durchgeführt, der auch die zu beurteilenden Theorien angehören. Um letztendlich nicht

Zu 1.

immer nur das zu „beweisen“, was man irgendwie als richtig voraussetzt, ist eine strenge Trennung von Objektebene (hier: die Aussagen der Physik) und Metaebene (hier: die Bewertung der Aussagen der Physik) einzuhalten. Aussagen über physikalische Aussagen müssen von letzteren unabhängig sein. Die Schwierigkeit nun besteht darin, dass eine „Metatheorie der Physik“ nicht dem tatsächlichen Erkenntnisstand vorauseilen kann. Es lassen sich aber allgemeingültige Zusammenhänge aufzeigen, von denen ich - zugegeben, noch nicht wirklich befriedigend - einige bisher aufzeigen konnte oder noch im folgenden darlegen werde. Erkenntnistheoretische Überlegungen sind aus meiner Sicht Bestandteil einer metatheoretischen Betrachtungsweise.

Zu 2.

Man ist immer noch der irrigen Meinung, dass die bestehenden physikalischen Theorien ausschließlich sich mit objektiven Zusammenhängen befassen und dass subjektive Elemente im Verlauf des Erkenntnisprozesses sukzessive eliminiert werden. Nun lässt sich zeigen, dass die Interpretation der Erscheinungen auf eine historisch und gesellschaftlich bedingte Weise erfolgt(e), die letztendlich zu unsinnigen Fragestellungen führt. Alle - selbst die als unumstößlich geltenden Theorien - sind geprägt von Prämissen, über die man sich gar keine Gedanken mehr macht. Es wäre zu fordern, den Erkenntnisprozess als iterativen Vorgang aufzufassen, der sich schließlich von historisch bedingten Grundhaltungen zu befreien mag. Dem jedoch stehen die „gesellschaftlichen Strukturen“ der Erkenntnisgewinnung im Weg, da man - verständlicherweise - nicht daran interessiert ist, „unumstößliche Wahrheiten“ preiszugeben.

Zu 3.

Diese Haltung wird manifest in der Tatsache, dass mit der Verifikation quantitativer Relationen in Gestalt mathematischer Modelle die ihnen zugrundeliegenden Hypothesen bzw. Theorien als bewiesen gelten. Hier spielen so genannte Vorhersagen eine herausragende Rolle. Zudem wird immer dann „quantitativ argumentiert“, wenn es um den „Geltungsbereich“ einer Theorie geht. Dabei wird nicht beachtet, dass lediglich **quantitative Relationen** einen Gültigkeitsbereich aufweisen können; **qualitative Aussagen** sind **entweder** wahr **oder** falsch. Aus der Nichtbeachtung dieser Tatsache resultieren schwerwiegende Fehleinschätzungen.

Zu diesem Thema einige interne Links dieser Web-Site:

- [Die Realität und deren Interpretation](#)
- [Mathematik und Erkenntnis](#)
- [Das Experiment und die Wahrheit](#)
- [Erkenntnis und Wahrheit](#)

Zu 4.

In „**Der Pygmalion-Effekt**“ habe ich mich bereits ausführlich mit diesem Thema auseinandergesetzt.

Auf alle hier angesprochenen Themen bin ich im Rahmen dieser Web-Site (noch) nicht ausführlich und systematisch eingegangen.

[Vorbemerk.](#)[Erk.-Prozess](#)[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Machsches Prinzip

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Das so genannte **Machsche Prinzip**, obwohl schon "uralt", wird sogar heute noch gelegentlich diskutiert. Ohne Erfolg allerdings. Irgendwie war man bisher nicht in der Lage, jene Überlegungen wirklich mit Leben zu erfüllen. Für Einstein jedenfalls hatten jene Gedanken einen gewissen heuristischen Wert. Doch das allgemeine Relativitätsprinzip wird dem Machschen Prinzip keineswegs gerecht.

Vorbemerk.

Beziehungen

Raum

Ernst Mach

Ernst

Mach

1838-1916



Statt nun einen bewegten Körper auf den Raum (auf ein Koordinatensystem) zu beziehen, wollen wir direkt sein Verhalten zu den Körpern des Weltraumes betrachten, durch welches jenes Koordinatensystem allein bestimmt werden kann. (...) Die eben angestellten Betrachtungen zeigen, dass wir nicht nötig haben, das Trägheitsgesetz auf einen besonderen absoluten Raum zu beziehen. Vielmehr erkennen wir, dass sowohl jene Massen, welche nach der gewöhnlichen Ausdrucksweise Kräfte aufeinander ausüben, als auch jene, welche keine ausüben, zueinander in gleichartigen Beschleunigungsbeziehungen stehen, und zwar kann man alle Massen als untereinander in Beziehung bestehend betrachten... Wenngleich auch ich erwarte, dass astronomische Beobachtungen zunächst nur sehr unscheinbare Korrekturen notwendig machen werden, so halte ich es doch für möglich, dass der Trägheitssatz in seiner einfachen Newtonschen Form für uns Menschen nur örtliche und zeitliche Bedeutung hat. - **Ernst Mach**

Ernst Mach

21.08.2001

Ernst Mach - Physiker, Philosoph und Wissenschaftstheoretiker.

Wenn man sich mit **Einsteins** Biografie beschäftigt, und sei es auch nur oberflächlich, so stößt man unweigerlich auf einen bedeutenden österreichischen Physiker des 19. Jahrhunderts. Die Rede ist von **Ernst Mach** (1838-1916).

Der Physiker und Philosoph Ernst **Mach** befasste sich Ende des 19. Jahrhundert neben anderem auch mit der kritischen Analyse der Grundlagen der Mechanik. Eines seiner wichtigsten Werke ist **Die Mechanik in ihrer Entwicklung - historisch kritisch dargestellt** (erste Auflage 1883), welches eine Untersuchung des damaligen Kenntnisstandes der Mechanik beinhaltet. **Mach** selbst ist dem breiten Publikum heute vielleicht weniger bekannt. Möglicherweise verbindet der eine oder andere mit diesem Namen die sogenannte **Machzahl**, die in der Flugzeugtechnik Bedeutung erlangte. Erreicht ein Flugzeug die Schallgeschwindigkeit, so hat es **Mach 1** erreicht. **Mach 2** bedeutet somit doppelte Schallgeschwindigkeit.

Mach wird gern als heuristischer Wegbereiter der **Allgemeinen Relativitätstheorie** missverstanden; und **Einstein** selbst bezeichnete sich in diesem Zusammenhang als "Schüler" **Machs**. Auch auf erkenntnistheoretischen Gebiet hatte **Mach** Wesentliches geleistet und gilt als Mitbegründer oder zumindest als einflussreichster Vertreter des **Empirioskritizismus**, welcher von Richard **Avenarius** (1843-1896) gegen 1890 entwickelt wurde. Erwähnenswert vielleicht ist die Tatsache, dass einer der schärfsten Gegner **Machs** ein Russe war namens Wladimir Iljitsch **Uljanow** (1870-1924), der in seinem philosophischen Hauptwerk **Materialismus und Empirioskritizismus** unter anderem heftig gegen den "Machismus" polemisierte. **Uljanow** dürfte unter dem Pseudonym **Lenin** wohl bekannter sein. (Aber dies nur am Rande.)

Wie auch immer man einzelne erkenntnistheoretische Anschauungen **Machs** bewerten mag, so scheint es wichtig zu sein, dass er sich kritisch mit dem

gegebenen Erkenntnisstand auseinander setzte und zu Schlussfolgerungen kam, die auch heute bedeutsam sein könnten. Hier ein Zitat aus seiner "Mechanik" (E. **Mach** , Die Mechanik in ihrer Entwicklung, Leipzig 1933, Nachdruck: Darmstadt 1991, S. 251.):

Man wird zugleich erkennen, dass für das historische Verständnis einer Wissenschaft nicht nur die Kenntnis der Gedanken wichtig ist, welche von den Nachfolgern angenommen worden sind, sondern dass mitunter auch flüchtige Erwägungen der Forscher, ja das scheinbar ganz verfehlte, sehr wichtig und belehrend sein kann. Die historische Untersuchung des Entwicklungsvorganges einer Wissenschaft ist sehr notwendig, wenn die aufgespeicherten Sätze nicht allmählich zu einem System von halbverstandenen Rezepten oder gar zu einem System von Vorurteilen werden sollen. Die historische Untersuchung fördert nicht nur das Verständnis des Vorhandenen, sondern legt auch die Möglichkeit des Neuen nahe, indem sich das Vorhandene eben teilweise als konventionell und zufällig erweist.

Mittlerweile ist mehr als ein Jahrhundert vergangen, ein Jahrhundert, in dem die Entwicklung der Physik eine unvorhersehbare Entwicklung nahm. Einen Teil dieser Entwicklung (Anfänge der Quantenphysik und der Relativitätstheorie) mochte **Mach** sicherlich noch verfolgt haben, konnte sich aber krankheitsbedingt nicht mehr aktiv damit beschäftigen. (**Einstein** selbst war enttäuscht, dass die Allgemeine Relativitätstheorie bei **Mach** nicht auf die von ihm erhoffte uneingeschränkt positive Resonanz stieß. Dies liegt m. E. daran, dass der **Machsche** Denkansatz auf einer völlig anderen Ebene angesiedelt ist, der mit den **Einsteinschen** Folgerungen nur oberflächlich verbunden ist.)

Es ist durchaus legitim, der Aussage "**Die historische Untersuchung des Entwicklungsvorganges einer Wissenschaft ist sehr notwendig, wenn die aufgespeicherten Sätze nicht allmählich zu einem System von halbverstandenen Rezepten oder gar zu einem System von Vorurteilen werden sollen.**" gerade in der heutigen Zeit uneingeschränkte Gültigkeit beizumessen.

Vorbemerk.	Beziehungen	Raum	Ernst Mach
----------------------------	-----------------------------	----------------------	----------------------------

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Wieso weiß die Uhr, wie spät es ist?

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Gerade mit dem Zeitbegriff sind viele Missverständnisse und Fehlinterpretationen verbunden. Auf einige dieser Zusammenhänge im physikalischen Sprachgebrauch gehen die folgenden Ausführungen ein.



Die Zeit ist 1) kein empirischer Begriff, der irgendvon einer Erfahrung abgezogen worden. Denn das Zugleichsein oder Aufeinanderfolgen würde selbst nicht in die Wahrnehmung kommen, wenn die Vorstellung der Zeit nicht a priori zum Grunde läge. Nur unter deren Voraussetzung kann man sich vorstellen: dass einiges zu einer und derselben Zeit (zugleich) oder in verschiedenen Zeiten (nach einander) sei.
2) Die Zeit ist eine notwendige Vorstellung, die allen Anschauungen zum Grunde liegt. Man kann in Ansehung der Erscheinungen überhaupt die Zeit selbst nicht aufheben, ob man zwar ganz wohl die Erscheinungen aus der Zeit wegnehmen kann. Die Zeit ist also a priori gegeben. In ihr allein ist alle Wirklichkeit der Erscheinungen möglich. Diese können insgesamt wegfallen, aber sie selbst (als die allgemeine Bedingung ihrer Möglichkeit) kann nicht aufgehoben werden.
Immanuel Kant (1724 - 1804)

Wieso weiß die Uhr, wie spät es ist?

Vorbemerkungen

Die **Kantsche** Zeitauffassung hier zu diskutieren, soll mein augenblickliches Anliegen nicht sein. Aber diese ist mir immer noch sympatischer als jene Standpunkte, die der Zeit eine selbständige reale und objektive Existenz zusprechen (vgl. **Pygmalion-Effekt - Zeit**).

Es sind eben zwei Aspekte des "Zeitproblem" zu beachten: Zum einen haben wir es mit dem Zeit-**Begriff** zu tun und zum anderen spielt die **Zeit als messbare physikalische Größe** eine nicht gerade unbedeutende Rolle. In **Pygmalion-Effekt - Zeit** bin ich auf wichtige Seiten der **Begriffsbildung** eingegangen, wobei es um das Problem ging, dass gemeinhin - und dies gilt für die Physik als Wissenschaft in gleichem Umfang - die Begriffe als lineare Abbilder realer Gegebenheiten betrachtet werden. Also:

Es gibt den Zeit-**Begriff** - also muss es auch das **Objekt Zeit** geben.

Die zweite nicht weniger wichtige Seite dieser Medaille befasst sich mit der Zeit-**Messung**. Dies nun einmal setzt eine physikalische Größe voraus, die wir Zeit nennen und für die es exakte Vorschriften der Messung gibt. Dies geht so weit, dass mit Hilfe bestimmter technischer Einrichtungen es möglich ist, einen Zeitmaßstab zu **definieren**. In Deutschland beispielsweise übernimmt die **Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)** die Rolle der Realisierung eben jenes Zeitmaßstabes in Gestalt der **SI-Basiseinheit Sekunde**.

Wenn es also Prozesse gibt, die einen weitgehend stabilen, eindeutig reproduzierbaren und von allen möglichen Umwelteinflüssen unabhängigen Zeitmaßstab bereitstellen, so sind wir - dies könnte der Eindruck sein - der Objektivierung der Zeit ein beträchtliches Stück näher gekommen:

Die Prozesse in den Atomuhren des PTB verkörpern die objektive Zeit.

Also sind meine Gedanken, den Zeitbegriff betreffend, doch nicht richtig - könnte man meinen. Aber: Uhren sind physikalische Systeme, die - wie auch immer die technische Umsetzung konkret ausfallen möge - einen streng periodischen Prozess realisieren. Einen solchen Prozess finden wir beispielsweise in der Erdrotation, die uns den Zeitmaßstab Tag bereitstellt. Dieses Intervall lässt sich weiter untergliedern in die Einheiten Stunde, Minute und Sekunde. Hier eine Textpassage der Web-Site des **PTB** (**Geschichte der Zeiteinheit**):

*Das für den Menschen natürliche Zeitmaß ist der durch die Erdrotation definierte Tag. Der wahre Sonnentag (von einem Sonnenhöchststand bis zum nächstfolgenden am gleichen Ort) hat wegen der Schiefe der Ekliptik und der Ellipsenform der Erdbahn eine recht ungleichmäßige Dauer. Dem Drehwinkel der Erde proportional und daher eher gleichförmig ist die mittlere Sonnenzeit an einem Ort, deren Zeitmaß der mittlere Sonnentag **dm** ist. Mit Hilfe von Uhren wird **dm** weiter aufgeteilt in 24 Stunden zu je 60 Minuten zu je 60 Sekunden. Die Festlegung der Dauer der Sekunde als dem 86.400. Teil des mittleren Sonnentages war im Grunde willkürlich, ein Teil unserer tradierten Kultur. Eine formale Definition dieser Sekunde als verbindliches Zeitmaß im Sinne des Internationalen Einheitensystems SI hat es nie gegeben. Die auf den Nullmeridian bezogene mittlere Sonnenzeit wird Weltzeit UT (Universal Time) genannt, die ursprüngliche und heute noch populäre Bezeichnung war GMT (Greenwich Mean Time).*

Dies ist die offizielle Definition der SI-Sekunde:

Die Sekunde ist das 9 192 631 770fache der Periodendauer der dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustandes von Atomen des Nuklids ¹³³Cs entsprechenden Strahlung.

Hier noch einmal ein Satz aus dem ersten Zitat:

*Mit Hilfe von Uhren wird **dm** weiter aufgeteilt in 24 Stunden zu je 60 Minuten zu je 60 Sekunden. Die Festlegung der Dauer der Sekunde als dem 86.400. Teil des mittleren Sonnentages war im Grunde willkürlich, ein Teil unserer tradierten Kultur.*

Um dies aber zu können, ist es zweckmäßig, sich anderer zyklischer Prozesse zu bedienen. Und die einfachste Uhr, die mit mechanischen Mitteln realisiert werden kann, ist das Pendel. Nun sollte die Schwingungsdauer eines Pendels weitgehend unabhängig sein von lokalen Umwelteinflüssen: hier seien beispielsweise Temperatur und Luftdruck genannt. Dass diese Forderung in praxi immer nur näherungsweise erfüllt werden kann, ist allgemein bekannt. Und bekannt auch ist, dass eine Uhr um so “besser” ist, je weniger ihr Lauf von eben jenen lokalen Einflüssen abhängt. Dies erfüllen die sog. Atomuhren mit hoher Präzision. Warum das so ist, soll im Folgenden nicht erörtert werden. Hier geht es darum, dass Quantenprozesse eben nicht oder nicht nachweisbar von außen beeinflussbar sind. Dies ist ein Kapitel für sich. Die Energieniveaus in den Atomen und die damit korrespondierenden elektromagnetischen Frequenzen sind eben absolut stabil und von außen nicht zu verändern.

Die relevanten Parameter einer Uhr müssen also äußerst stabil sein. Und der mit Hilfe einer Uhr realisierte Zeitmaßstab darf nur abhängen von **einem Parameter**:

Und dieser Parameter ist die allseits beliebte und bekannte Zeit!

Damit wären wir beim Thema angekommen: Wieso weiß die Uhr, wie spät es ist.

Uhren

Beeindruckend ist sie durchaus - die Computertechnik. Was unsereins heutzutage sich auf den Tisch an leistungsfähiger Technik stellen kann ist schon überwältigend. Und das alles zu zivilen Preisen! Wer hätte das vor Jahren auch nur geahnt. Die technische Entwicklung hat die blühendste Phantasie überflügelt. Die „Kästen“ werden immer kleiner und Leistung wächst - anscheinend - in's Unermessliche. Annähernd jedenfalls. Da stecken in einem Computer Millionen und Abermillionen von Schaltelementen, die vor zwanzig Jahren ganze Säle ausgefüllt hätten. Von den Kosten ganz zu schweigen. Das alles passt auf einen ordinären Schreibtisch. Und schnell sind sie, diese Wunderwerke der Mikroelektronik! - **Wie** schnell, das gehört zu den wesentlichen Leistungsmerkmalen eines solchen Gerätes. Ein wichtiges Charakteristikum für diese Geschwindigkeit ist die Taktfrequenz. Wird diese Frequenz mit 100 MHz angegeben, kann man getrost davon ausgehen, eine „lahme Krücke“ vor sich zu haben. Doch stelle man sich vor, die Angabe „100 MHz“ heißt, der Mikroprozessor führt intern pro Sekunde 100 Millionen „Elementaroperationen“ durch. Der Prozessor muss funktionieren und in ihm alle Funktionseinheiten. Kein Bit darf verlorengehen. Diese zeitliche Koordinierung wird von einem Taktgenerator vorgenommen, so dass sämtliche Prozesse wirklich synchron ablaufen und kein - auch nicht **ein** - Schaltelement aus der zeitlichen Reihe tanzt. In einem Mikroprozessor laufen viele parallele Prozesse ab. Der alles koordinierende „Masterprozess“ geht aus von einem geradezu unanständig primitiven quartzesteuerten Oszillator.

Gedankenverloren gehe ich die Straße entlang. Irgend jemand spricht mich an. Ob ich nicht sagen könne, wie spät es ist. Ich kann. Ich schaue auf die Uhr und gebe die gewünschte Auskunft. Dann gehe ich weiter. Eine Frage dabei kommt mir in den Sinn. Will ich die Uhrzeit wissen, so habe ich eine Uhr, welche mir diese Information bereitstellt. Nur: wieso eigentlich - verdammt noch mal - „weiß“ die **Uhr** überhaupt, wie spät es ist?

Was haben beide eben behandelten Angelegenheiten gemeinsam? - Da sei einmal der Quarzgenerator genannt. Im Falle einer Quarzuhr besteht diese Gemeinsamkeit in jener elektronischen Schaltung, deren Bestandteil ein Quarzkristall ist, der mit Hilfe dieser Schaltung in ungedämpfte Schwingungen versetzt wird. Dies ist die Gemeinsamkeit. - Wir aber wollen außerdem herausfinden, was beide Dinge **nicht** gemeinsam haben. Nichtgemeinschaften gibt es in Hülle und Fülle. Einer dieser signifikanten Unterschiede aber wird uns der Antwort auf die Zeitfrage ein gutes Stück näher bringen. Herauszufinden, was damit gemeint ist, soll unsere nächste Aufgabe sein. Um diese Nichtgemeinschaft aufzuspüren, muss ich etwas weiter ausholen. Als erstes formuliere ich ein „Wechselwirkungsprinzip“, welches - auch für die weiterführenden Überlegungen - eine Schlüsselrolle übernehmen wird:

Alles hängt irgendwie mit Allem zusammen und verändert sich in gegenseitiger Abhängigkeit. Es gibt kein System, welches nicht mit weiteren Systemen im Zusammenhang steht, aber nicht jedes System steht (gleichzeitig) in Verbindung zu jedem anderen System.

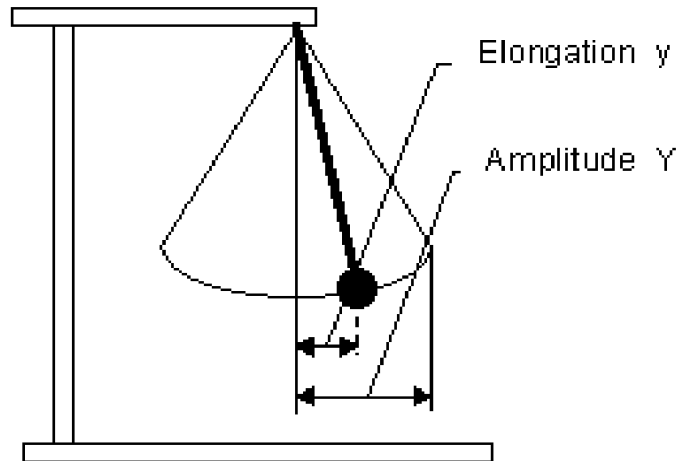


Abbildung 1

Dies ist eine recht allgemeine Begriffsbestimmung, die aber - und das ist sehr wichtig - uns mit Sicherheit ein rechtes Abbild der Realität bietet, nicht eingeschränkt durch gar zu spezielle Vorstellungen, Hypothesen und Theorien. Diese Allgemeingültigkeit wird erkaufte mit der Nichtbeantwortbarkeit konkreter Fragen. Aber - und hier halte ich es wie die etablierte Physik in manch anderer Beziehung - alles einem solchen Prinzip Widersprechende können wir getrost ausschließen. Diese Grundhaltung könnte zum Schiedsrichter werden bei der Entscheidung, ob etwas möglich ist oder auch nicht. Trotzdem müssen wir konkreter werden. Konkret genug, um überhaupt voranzukommen. Ausreichend allgemein muss es bleiben, um nicht in ausgetretene Pfade abzurutschen.

Fangen wir an bei den Begriffen. Was ist ein System? - Das weiß natürlich ein jeder. Dennoch wollen wir uns auf bestimmte Gesichtspunkte dieser Angelegenheit konzentrieren. Hierzu dient als einfaches Beispiel ein einfaches mechanisches System mit einfachen Gesetzen. Die in **Abbildung 1** skizzierte Anordnung ist Bestandteil traditioneller Pendel-Uhren. Das „zeitbestimmende Element“ solcher Uhren ist ein Teilsystem mit der Bezeichnung „Pendel“. Der Einfachheit sei hier ein sogenanntes Fadenpendel gemeint. Für die Schwingungsdauer eines solchen Pendels gilt folgende elementare Relation (zumindest für kleine Ausschläge):

$$T = 2 \cdot \pi \cdot (l/g)^{1/2}$$

Dabei ist g die Erdbeschleunigung mit $9,81 \text{ m/s}^2$. Für den konkreten Pendelausschlag (Elongation) y in Abhängigkeit von der Zeit gilt dann:

$$y = Y \cdot \sin(\phi + 2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$$

ein physikalisches Gesetz aus: ein Zeitgesetz nämlich, den gesetzmäßigen zeitlichen Ablauf der Pendelschwingung, um es genau zu formulieren. Auch die allgemeinere Gleichung

$$y = f(y_0, P, t)$$

symbolisiert die allgemeinste Form eines Zeitgesetzes in einem einfachen System. Wesensmerkmal für Zeitgesetze ist die Zeit als **unabhängige Variable!** Denken wir uns jetzt ein zweites Pendel, welches mit dem ersten in irgendeiner Weise gekoppelt ist, so könnte dies entsprechend **Abbildung 2** erfolgen. Die Pendelschwingungen mögen jetzt senkrecht zur Zeichenebene gedacht werden. Die Kopplung sei durch einen weiteren Faden realisiert. Dieses System soll

die Wechselwirkung zweier Pendel veranschaulichen. Die dazu gehörenden Gleichungen sind etwas komplizierter und für uns nicht von Interesse. Versetzen wir die beiden Pendel in Schwingungen, so ist leicht nachzuvollziehen, dass mit einer Beeinflussung eines Pendels, indem man es beispielsweise anstößt, auch die Schwingungen des zweiten Pendels eine Veränderung erfahren. Beide Pendel können nicht mehr losgelöst vom anderen ihre Schwingungen vollführen. Sie befinden sich in Wechselwirkung. Jede Änderung an einem System ist mit der Änderung an mindestens einem zweiten System verbunden („Fall 1“).

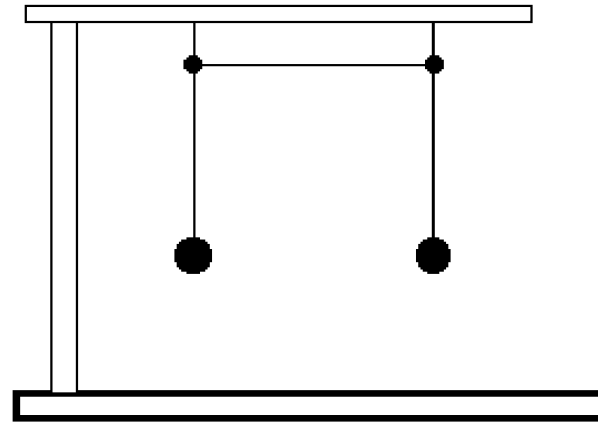


Abbildung 2

$$y_1 = f_1(y_{10}, P, t)$$

$$y_2 = f_1(y_{10}, P, t)$$

Befinden sich beide Systeme in Wechselwirkung - wie im Beispiel der gekoppelten Pendel -, so brauchen wir beide Gleichungen nur geringfügig zu modifizieren („Fall 2“) und erhalten:

$$y_1 = f^*_1(y_{10}, P_1, t, y_2)$$

$$y_2 = f^*_1(y_{20}, P_2, t, y_1)$$

Nochmals sei betont, dass diese Darstellungsform weder einen konkreten physikalischen noch mathematischen Inhalt besitzt, sie soll nur Zusammenhänge in abgekürzter Schreibweise symbolisch darstellen. Drücken wir diese Beziehungen verbal aus, so könnte folgende Formulierung herauskommen: Der Systemparameter y_1 des Systems S_1 hängt ab von dessen Anfangswert y_{10} , den Systemkonstanten P_1 , der Zeit t und - das ist jetzt neu - vom Systemparameter y_2 des Systems S_2 . Analoges gilt dann auch umgekehrt für das zweite System S_2 , welches in irgendeiner Form seinerseits von S_1 abhängt. Dies ist nicht anderes, als die formale Beschreibung eines Aspektes des o. g. Wechselwirkungsprinzips. Was jedoch unterscheidet den ersten vom zweiten Fall? - Der Fall 1 behandelt zwei voneinander unabhängige Systeme. Was wir mit dem zweiten System auch veranstalten, es hat keinen Einfluss auf das erste - und umgekehrt. Im Fall 2 hingegen wird jede von außen herbeigeführte Einflussnahme an einem System mit einer Reaktion des anderen System quittiert. Im Falle der beiden Pendel ist dies (auch experimentell mit geringem Aufwand nachvollziehbar) ohne weiteres einsichtig. Diese „von außen herbeigeführte Einflussnahme“ kann sein das Festhalten oder Anstoßen eines Pendels von Hand oder ein sonstiger „Umwelteinfluss“. dass wir uns so umständlich mit ausgesprochenen Trivialitäten befassen, hat einzig und allein den Grund, das „Haar in der Suppe“ zu finden. Dazu denken wir uns jetzt zwei unabhängige Pendel aufgestellt. Für diese gelten naturgemäß zwei analoge Gleichungen, die wir folgendermaßen notieren:

$$y_1 = Y_1 \cdot \sin(\phi_1 + 2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot t)$$

$$y_2 = Y_2 \cdot \sin(\phi_2 + 2 \cdot \pi \cdot f_2 \cdot t)$$

Nehmen wir die erste Gleichung und lösen sie nach der Zeit auf und setzen den gewonnenen Ausdruck - anstelle von t - in die zweite Gleichung ein (wer Spaß daran hat, mag dies durchführen), so haben wir formal jenen Vorgang vollzogen, den wir in der Praxis Zeitmessung nennen. Es wird nicht die abstrakte Zeit (dies ist nun einmal unmöglich; damit befassten wir uns bereits ausgiebig, vgl. **Der Pygmalion-Effekt**) gemessen, sondern ein Vergleich angestellt zwischen zwei - voneinander unabhängigen! - Prozessen. Der eine Prozess dabei übernimmt die Rolle einer Uhr. Eine Uhr also ist, im jetzigen Zusammenhang gesehen, ein System, in welchem ein periodischer Prozess abläuft, welcher weitgehend unabhängig sein muss von - wie auch immer gearteten - lokalen Umwelteinflüssen. Derartige Einflüsse zum Beispiel sind: Temperatur, Feuchtigkeit, mechanische Einwirkungen, elektromagnetische Beeinflussung und was sonst noch denkbar wäre. Die „astronomischen Uhren“ sind uns wohl bekannt. Jene beschreiben uns zyklische Prozesse, welche wir als Zeitmaßstäbe angenommen haben, die da sind: Tag, Monat und Jahr. Da diese Einteilung im allgemeinen zu grob ist, hat man sich feinere Maßeinheiten einfallen lassen, welche sich als Bruchteile jener „natürlichen“ Maßstäbe definieren lassen: Stunde, Minute, Sekunde. dass man heutzutage andere Zeitnormale nutzt, welche die oben aufgeführte Unabhängigkeit von lokalen Einflüssen weitgehend realisieren, sind technische Details, die für uns keine Bedeutung haben. Auch die Tatsache, dass atomare Prozesse im Bereich der Mikroobjekte (Stichwort: „Atomuhren“) unter ganz bestimmten Voraussetzungen, jene Bedingungen erfüllen, wollen wir zunächst als gegeben hinnehmen, ohne diese Tatsache interpretieren zu wollen. (Endgültig wird uns das in diesem Text auch nicht gelingen. Interessant dabei jedoch ist, die gerade genannten atomaren Prozesse bilden sowohl genaue Zeit- als auch Längenmaßstäbe.) Da uns technische und mathematische Einzelheiten nicht interessieren, betrachten wir wieder die beiden symbolischen Gleichungen.

$$y_1 = f_1^*(y_{10}, P_1, t, y_2)$$

$$y_2 = f_2^*(y_{20}, P_2, t, y_1)$$

Die zweite Gleichung lässt sich - zumindest prinzipiell - in folgende Form überführen, wenn wir erstere nach der Zeit t auflösen:

$$y_2 = F_2(y_{20}, P_2, y_1)$$

Die Funktion f_2^* nimmt mit Sicherheit eine andere Form an, was symbolisch durch F_2 ausgedrückt wird. Und die Rolle der Zeit übernimmt jetzt der Systemparameter y_1 . Verfahren wir umgekehrt, so erhalten wir für das System S_1 ein vergleichbares Resultat:

$$y_1 = F_1(y_{10}, P_1, y_1) .$$

Betrachten wir beide symbolischen Gleichungen, so wäre der Schluss naheliegend, dass die Systeme S_1 und S_2 sich in Wechselwirkung befinden, was ja voraussetzungsgemäß nicht der Fall sein sollte. Die Schwingungen des Pendels S_1 werden nicht von den Schwingungen von S_2 beeinflusst (beziehen wir dies alles auf unseres konkretes Beispiel mit den Pendeln.) Betrachten das Ganze im Zusammenhang, so könnte man zu dem eigenartigen Schluss kommen, es gäbe echte Wechselwirkungen und solche „über die Zeit gekoppelten“. Und genau zu dieser Angelegenheit äußerte Ernst **Mach** sich vor mehr als hundert Jahren (E. **Mach**, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, Leipzig 1933, Nachdruck: Darmstadt 1991, S. 217 f.):

Wenn ein Ding A sich mit der Zeit ändert, so heißt dies nur, die Umstände eines Dinges A hängen von den Umständen eines Dinges B ab. Die Schwingungen eines Pendels gehen in der Zeit vor, wenn dessen Exkursion von der Lage der Erde abhängt. Da wir bei der Beobachtung des Pendels nicht auf die Abhängigkeit von der Lage der Erde achten zu brauchen, sondern dasselbe mit irgendeinem anderen Ding vergleichen können (dessen Zustände freilich wieder von der Lage der Erde abhängen), so entsteht leicht die Täuschung, dass alle diese Dinge unwesentlich seien. Ja wir können, auf das Pendel achtend, von allen übrigen Dingen absehen und finden, dass für jede Lage unsere Gedanken und Empfindungen andere sind. Es scheint demnach die Zeit etwas besonderes zu sein, von dessen Verlauf die Pendellage abhängt, während die Dinge, welche wir zum Vergleich nach freier Wahl herbeiziehen, eine zufällige Rolle zu spielen scheinen. Wir dürfen aber nicht vergessen, dass alle Dinge miteinander zusammenhängen und dass wir selbst mit unseren Gedanken nur ein Stück Natur sind. Wir sind ganz außerstande, die Veränderungen der Dinge an der Zeit zu messen. Die Zeit ist vielmehr eine Abstraktion, zu der wir durch die Veränderung der Dinge gelangen, weil wir auf kein bestimmtes Maß angewiesen sind, da eben alle untereinander zusammenhängen...



In unseren Zeitvorstellungen drückt sich der tiefgreifendste und allgemeinste Zusammenhang der Dinge aus....

Insofern nur ein Teil der Veränderungen in der Natur von uns abhängt und von uns wieder rückgängig gemacht werden kann, erscheint uns die Zeit als nicht umkehrbar, die verflossene Zeit als unwiederbringlich vorbei...

Und an anderer Stelle (A.a.O., S. 252.):

Nur unsere Unfähigkeit, alles auf einmal zu übersehen, nötigt uns, wenige Körper zu betrachten und von den übrigen vorläufig in mancher Beziehung abzusehen, was eben durch die Einführung der Geschwindigkeit, welche die Zeit enthält geschieht. Man kann es nicht für unmöglich halten, dass an Stelle der Elementargesetze, welche die gegenwärtige Mechanik ausmachen, einmal Integralgesetze treten (um einen Ausdruck C. Neumanns zu gebrauchen), dass wir direkt die Abhängigkeit der Lagen der Körper voneinander erkennen. In diesem Fall wäre dann der Kraftbegriff überflüssig geworden.

Auch folgende besonders wichtige Aussage geht uns an:

In unsern Zeitvorstellungen drückt sich der tiefgreifendste und allgemeinste Zusammenhang der Dinge aus.

Was haben alle genannten mechanischen Uhren gemeinsam? - Es sind rotierende (Himmelskörper) und schwingende (Uhren mit Pendel oder Unruh oder auch der Quarzkristall in einer Quarzuhr) Massen! Die bei klassischen Uhren immer beteiligten Massen sind Ausdruck der Wechselwirkung der Körper mit

dem kosmischen Umfeld (**Machsches Prinzip**). Die beiden unabhängig schwingenden Pendel unseres Beispiels sind eben unabhängig - aber nur unabhängig voneinander. Andererseits sind sie untrennbare Bestandteile des kosmischen Umfeldes. Somit sind die „über die Zeit gekoppelten Wechselwirkungen“ so unsinnig nicht wie sie uns anfangs erschienen. Dazu nochmals zusammenfassend:

1. Für die klassischen Bewegungen gilt das Machsche Bezugssystem, das durch ein Inertialsystem approximiert werden kann.
2. Die klassische Zeitmessung beruht letztendlich auf der Beobachtung mechanischer Bewegungsformen (Translation, Rotation und Oszillation), die träge Massen als hauptsächliche „zeitbestimmende Glieder“ besitzen.
3. Die Gültigkeit der Inertialsysteme ist an bestimmte Bedingungen geknüpft.

Als **Machsches** Bezugssystem (1.) sei unsere Galaxis angenommen. Alle (zunächst klassischen) Zeitbestimmungen stehen mit der Trägheit und somit mit dem **Mach** schen Bezugssystem im Zusammenhang. Dies legt den Schluss nahe, dass allein durch die Tatsache der Korreliertheit (2.) voneinander unabhängiger Prozesse - die Zeitmessung beruht ja darauf - der Fakt folgt, dass eben alle (klassisch mechanischen) Systeme miteinander in Verbindung stehen. Dies ist jene Verbindung, die auch durch einige weiter oben aufgeschriebene Gleichungen symbolisiert wurde. Zwar befinden sich nicht die Systeme S_1 (die „Uhr“) und S_2 (der „Objektprozess“) in direkter Wechselwirkung, aber sie sind Bestandteile eines in der Hierarchie übergeordneten Systems: des **Machschen** Bezugssystems!

Der Einfluss dieses Bezugssystems genau besteht darin, dass alle (klassisch mechanischen) Bewegungen durch „Zeitgesetze“ (s. o.) beschreibbar sind.

Aus dem Fakt des „allgemeinen allumfassenden Zusammenhanges“ der Dinge (hier im Rahmen des Machschen Bezugssystems) resultiert die Möglichkeit, all diese Prozesse annähernd so beschreiben zu dürfen, als hingen sie ab von einem einheitlichen Parameter. Und dieser Parameter ist die uns allen bekannte Zeit.

Nun war von „bestimmten Bedingungen“ (3.) die Rede, worauf wir im Hinblick auf den kinematischen Aspekt (Bahnkurve) bereits ausführlich eingegangen sind. Wie wirken sich diese Bedingungen in Sicht auf den jetzt behandelten Gegenstand, die Zeit, aus? Gibt es somit Systeme, für die der Einfluss des Machschen (kosmischen) Bezugssystems vernachlässigbar gering ist, wo dieser Einfluss um (sagen wir 39 bis 40) Größenordnungen schwächer ist als die systemspezifischen internen Einflussgrößen? - Es gibt solche Objekte in der Hierarchie der Materiestrukturen. Es sind die sogenannten Quantenobjekte, von denen wir, gesetzt den Fall, die bisherigen Überlegungen enthalten wenigstens „ein Körnchen“ Wahrheit, annehmen dürften, sie müssten ein völlig anderes als das uns vertraute Zeitverhalten aufweisen. Es läge die Vermutung nahe, die Prozesse im Bereich der Atome und Elementarteilchen könnten nicht mehr ohne weiteres an einen „äußeren Zeitmaßstab“ gekoppelt sein. Und genau jenes Verhalten zeigen bekanntermaßen und völlig „unerklärlich“ die Bausteine der Materie. Dass und wie diese Angelegenheit im Kontext mit der Kausalität zu bewerten ist, werde ich vielleicht in einem nächsten Abschnitt näher erläutern. Das scheinbar indeterministische Verhalten wurde als akausal angesehen und stand im Widerspruch zur klassischen Erfahrung. Der Ausweg bestand in der Anerkennung dieses Verhaltens als ein nur den Quantenobjekten wesenseigenes.

Aus all den bisherigen Darlegungen folgt die Einsicht in die Tatsache der Einheit von Bewegung, Zeit und Wechselwirkung. Die Schwierigkeiten in der Physik beruhen gerade auf der begrifflichen Trennung - durch Abstraktion vollzogen - dieser Gegebenheiten (vgl. **Pygmalion-Effekt**). Das Nebeneinander dieser Dinge führte zu Widersprüchen, wobei bestimmte Lösungsansätze letztlich den Weg dahin wiesen, all diese Angelegenheiten nur in ihrer Einheit gelten zu lassen:

Bewegung ist Wechselwirkung; es ist nicht notwendig, letztere erst einer gedachten „wechselwirkungsfreien Bewegung an sich“ aufprägen zu müssen. Die „wechselwirkungsfreie Bewegung“ ist ein Widerspruch in sich. Der Begriff der Bewegung impliziert den der Wechselwirkung und umgekehrt.

Nochmals Ernst **Mach** zu diesem Thema (E. **Mach**, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, Leipzig 1933, Nachdruck: Darmstadt 1991, S. 229.):

Ernst Mach



Bedenkt man, dass die in die Beschleunigung eingehende Zeit selbst nichts ist als die Maßzahl von Entfernungen (oder Drehwinkeln) der Weltkörper, so sieht man, dass selbst in dem einfachsten Fall, in welchem man sich scheinbar nur mit der Wechselwirkung von zwei Massen befasst, ein Absehen von der übrigen Welt nicht möglich ist. Die Natur beginnt eben nicht mit Elementen, so wie wir genötigt sind, mit Elementen zu beginnen. Für uns ist es ein Glück, wenn wir zeitweilig unseren Blick von dem überwältigenden Ganzen ablenken und auf das Einzelne richten können. Wir dürfen aber nicht versäumen, alsbald das vorläufig Unbeachtete neuerdings ergänzend und korrigierend zu untersuchen.

Ergänzend zu diesen Gedanken gelangen wir damit zur Erkenntnis, dass unser Sonnensystem beispielsweise kein - auch nicht näherungsweise! - abgeschlossenes 10-Punkte-System (wenn nur die Sonne und die Planeten in die Betrachtung einbezogen werden) bildet. Der Fehler, den wir begehen, nehmen wir dies trotzdem an, liegt nicht in der Idealisierung, die darin besteht, sehen wir vom Einfluss weiterer vorhandener Massen ab und ist auch nicht im Modell des Masse-Punktes begründet, sondern prinzipieller Natur. Alle Bewegungen, auch die lokalen (und die Planetenbewegungen sind solche lokalen Bewegungen), dürfen wir nur im Zusammenhang zum **Machschen** Bezugssystem sehen. Es besteht jedoch die Möglichkeit, diese lokalen Bewegungen in ein Bezugssystem zu transformieren, welches die lokalen Beziehungen isoliert und aus dem Gesamtzusammenhang löst. Die Art und Weise, wie das geschieht, drückt unser bereits erwähntes „mechanistische Paradigma“ aus, von dem sich die Physik de facto bisher nicht zu lösen vermochte:

Das grundlegende Verständnis von der Physik ist charakterisiert durch das Nebeneinander von Raum, Zeit, Materie, Bewegung und Wechselwirkung (als Ausdruck von Eigenschaften der Objekte) sowie das Nebeneinander von vier - zunächst voneinander unabhängigen - Wechselwirkungsformen. Alle Wechselwirkungen sind von der Anlage her statischer Natur.

Der wesentliche Unterschied beispielsweise zwischen einem (freien) Neutron und dem Sonnensystem ist die Tatsache der weitgehenden Selbständigkeit des Neutrons - in Hinblick auf die interne Struktur (so man ihm eine solche zubilligt) als System - von der Umwelt im Gegensatz zum Sonnensystem, welches als fest eingebunden in das **Machsche** Bezugssystem gewertet werden muss. Als „massebehaftetes Teilchen“ hingegen zeigt das Neutron (wie alle anderen Elementarteilchen übrigens auch) andererseits auch seine Bindung an die kosmische Umwelt (makroskopische Eigenschaft), die dann jedoch (fast) keine Rolle mehr spielt, befindet es sich in Wechselwirkung mit „Seinesgleichen“ innerhalb der gleichen Strukturebene. Dann allerdings ist es eben kein „freies“ Neutron und erst recht kein „Teilchen“ mehr. (Auf den „Welle-Teilchen-Dualismus“ kam ich bereits zu sprechen.) Somit kann folgende Zusammenfassung

formuliert werden:

Alle Umstände, die mit der klassischen Mechanik in Verbindung stehen, sind Bestandteile eines Modell-Systems. Das Koordinatensystem, die Zeit, das Trägheitsprinzip, die Kräfte usw. sind Modellgrößen, ohne - auch nicht annähernde - unmittelbare objektive physikalische Bedeutung. Die objektiven Beziehungen, aus dem Zusammenhang gerissen, zwingen uns, um der Erfahrung gerecht zu werden, diese Zusammenhänge erneut von außen herzustellen! Dieses „von außen herstellen“ drückt sich in der Tatsache der Existenz der von der Bewegung losgelösten Wechselwirkungen (Fernkräfte, Felder, Zeit etc.) aus.

Natürlich haben wir die Frage nach dem „Mechanismus“ der Wechselwirkungen nicht beantwortet, was auch noch unwichtig ist. Es geht zunächst „nur“ um die Grundhaltung, die wesentlich die weiteren Gedanken bestimmen wird. Genau so wenig konnte die Physik bisher klären, was es mit der Zeit auf sich hat und was das Wesen der bekannten „Ladungen“ ist. Und nicht beantwortete oder nicht beantwortbar erscheinende Fragen versieht man gern mit dem Etikett „irrelevant“. Es geht in diesem Text - das soll immer wieder betont werden - noch nicht um die Beantwortung bestimmter Fragen, sondern darum, sinnvolle Fragen überhaupt erst einmal zu finden und sie zu stellen.

Kommen wir jetzt auf das altbekannte Trägheitsprinzip zurück, so gilt bezüglich des räumlichen Aspektes dieses Sachverhaltes:

Ein kräftefreier Körper bewegt sich geradlinig...

Um diese Geradlinigkeit festzustellen, musste ein entsprechendes relevantes Koordinatensystem gewählt werden. Ergänzen wir den Satz in üblicher Weise:

...und gleichförmig.

„Gleichförmig“ nun heißt, „in gleichen Zeiten gleiche Strecken“ zurücklegen. Was aber bedeutet „in gleichen Zeiten“? - Dazu kommen wir wieder auf unser Beispiel mit dem Pendel zurück und notieren abermals bereits genannte Gleichung:

$$y = Y \cdot \sin(\phi + 2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$$

Hier handelt es sich also um einen periodischen Vorgang mit der Periodendauer

$$T = 2 \cdot \pi \cdot (l/g)^{1/2} = 1/f$$

Diese Pendel ist jetzt unsere Uhr, mit deren Hilfe der Nachweis der Gleichförmigkeit einer (mechanischen) Bewegung erbracht werden kann. Nehmen wir die Periodendauer T als Zeiteinheit, so muss ein kräftefreier Körper in eben jenem Zeitintervall die jeweils gleiche Strecke zurücklegen. Sehen wir an dieser Stelle von den Schwierigkeiten ab, die mit der Bestimmung des „wahren Weges“ verknüpft sind (vgl. **Das Machsche Prinzip**), so verlassen wir uns jetzt auf den Zeitmaßstab, den unsere Pendelschwingung liefert. Wir stellen auf die genannte Weise eine Verbindung her zwischen zwei Bewegungen: der Schwingung des Pendels und der kräftefreien Bewegung eines Massepunktes. Diese „kräftefreie Bewegung“ ist nach dem Verständnis der klassischen Mechanik die „wechselwirkungsfreie Grundform“ der mechanischen Bewegung überhaupt. Nach traditionellem Verständnis wird die gerade hervorgehobene Verbindung hergestellt über die Zeit.

Nun ging es doch darum, das Trägheitsprinzip verifizieren zu wollen. Ein weiterer Aspekt dieses Vorhabens ist verbunden mit der Zeitmessung. Die traditionelle Zeitmessung ist gekoppelt - in welcher Weise auch immer - an das Vorhandensein träger Massen und deren gesetzmäßiger Bewegung, welche da sein kann: Oszillation, Rotation oder auch Translation. Alle realisierbaren mechanischen Uhren nehmen ja Bezug auf jene Trägheit. Und wieder erweist der

logische Kreis sich als geschlossen. (Es war auch nichts anderes zu erwarten.) Wiederholen wir **Machs** Auffassung, welche wir zur unseren machten:

Ernst Mach

**In unsern Zeitvorstellungen drückt sich der tiefgreifendste und
allgemeinste Zusammenhang der Dinge aus.**

Der Zeitbegriff bildete folgende Seiten objektiv realer Prozesse ab (vgl. Der Pygmalion-Effekt):

1. **Veränderung**
2. **Periodizität**
3. **Irreversibilität.**

Dies nun dürfen wir erweitern:

1. **Veränderung**
2. **Wechselwirkung**
3. **Periodizität**
4. **Irreversibilität.**

Da es aber die „wechselwirkungsfreie Bewegung“ **nicht** gibt, können wir wieder vereinfachen. Der Zeitbegriff beinhaltet:

1. **Veränderung und Wechselwirkung**
2. **Periodizität**
3. **Irreversibilität**

Was aber hat das Ganze zu schaffen mit den eingangs erwähnten Geschichtchen? Wir erinnern uns: Was haben der Computer und die Uhr nicht gemeinsam?
- Wiederholen wir:

In einem Mikroprozessor laufen viele parallele Prozesse ab. Der alles koordinierende
“Masterprozess” geht aus von einem geradezu unanständig primitiven quartzesteuerten Oszillator.

Diesen „Masterprozess“ als herausgelösten, von der Bewegung getrennten und übergeordneten, alle sonstigen Vorgänge synchronisierenden Prozess, den genau gibt es in der Realität nicht. Auch dann nicht, wenn dieser angebliche Prozess „Zeit“ genannt wird, nach dem alle anderen Vorgänge angeblich sich zu richten haben. Von unserem Standpunkt aus betrachtet, gibt es nur die (fast) alles verbindende Bewegung der kosmischen Objekte untereinander. Alle (klassisch) mechanischen Bewegungen (und auch die Elektrodynamik muss es sein, wenngleich wir noch nicht sagen können, in welcher Weise dies gegeben ist) sind eingebettet in diesen Zusammenhang. Folgende Gegenüberstellung sind wir in der Lage, zu formulieren:

1. Die klassische Vorstellung stellt die Zeit als „transzendente Wesenheit“ neben die Materie und deren Bewegung. Alle Prozesse „hängen an der Zeit“ (analog zum Systemtakt im Mikroprozessor, an dem alle internen Prozesse „hängen“). Somit hängt der Verlauf aller Prozesse ab von zwei Dingen: von den Beziehungen der Objekte **untereinander** (Wechselwirkung) - **und der Zeit**. Auch hier verspüren wir ihn wieder: diesen „sanften Hauch von Dualismus“.
2. Bewegung, Wechselwirkung und Zeit sind lediglich Teile der - durch unsere Willkür „zerhackten“ - einheitlichen Realität. Es gibt keinen von sonstiger Bewegung unabhängigen „Systemtakt“. Die **Prozesse hängen nur ab voneinander** und nicht zusätzlich noch von einem recht mysteriösen Ding mit der Bezeichnung „Zeit“.

dass (1.) nicht ganz der Realität entsprach, wurde bereits im Rahmen der relativistischen Theorien **Einstein**s deutlich. Einen noch drastischeren Hinweis auf mögliche Ungereimtheiten lieferte die Quantenmechanik und das „seltsame“ Verhalten der Mikroobjekte. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass die ursprünglichen Fernwirkungen den Physikern seit eh und je suspekt waren. Was die „Fernwirkung Zeit“ nun betrifft, so kann man sich kaum etwas Spiritistischeres vorstellen als diese. Der Physiker aber gibt sich zufrieden, etwas messen zu können. Und die Zeit kann man messen - so scheint es. „Messen“ heißt „vergleichen“. Verglichen jedoch werden voneinander unabhängige Prozesse. Und dass dieser Vergleich zu sinnvollen Resultaten führt, ist einzig und allein und ausschließlich jener Tatsache zu verdanken, diese „Unabhängigkeit“ mit dem Zusatz „voneinander“ versehen zu müssen. Im Großen und Ganzen gibt es in Wahrheit keinen wirklich unabhängigen Prozess.

Irgendwie hängt alles zusammen. Und als einen Teil dieses Zusammenhanges lernten wir die makroskopischen Körper in Gestalt der trägen und schweren Massen kennen, welche Bestandteil des ominösen **Mach** schen Bezugssystems sind. Als Überleitung zu weiteren Gesichtspunkten der behandelten Angelegenheit wollen wir wieder einmal Zuflucht nehmen zu einem Gedankenexperiment, welches teilweise als Vorgriff auf noch zu behandelnde Zusammenhänge gelten kann. Wir deuteten an, dass sich die Mikroobjekte irgendwie anders (akausal und indeterministisch) verhielten. Versuchen wir hiermit eine Verbindung dieses Themenkreises herzustellen zu den bereits behandelten Fragen. Es wird beobachtet, dass ein „freies“ (ein nicht als Element eines Atomkernes existierendes) Neutron „spontan“ zerfällt in ein Elektron, Proton und ein Antineutrino. Dabei lässt sich nicht vorhersagen, wie lange ein Neutron im Einzelfall „lebt“. Genaue Aussagen aber liegen vor über die mittlere Lebensdauer einer Vielzahl solcher Objekte oder deren Halbwertszeit (Vergleichbares gilt für den radioaktiven Zerfall bestimmter Atome). Dieses nachweisliche Verhalten der angeblichen „Willensfreiheit“ jener Mikroobjekte relativierte die Auffassungen von Determinismus und Kausalität - aber speziell bezogen auf ausschließlich diese Objekte.

Stelle man sich im Gedankenexperiment vor, man könne als „transzendentes Wesen“ (um die Prozesse nicht zu beeinflussen) sich so weit verkleinern, dass man in einem Neutron Platz fände, um die genannten Prozesse vor Ort zu untersuchen, so würde man einiges mit Erstaunen feststellen: Der Zerfallsprozess lief nach strengen Gesetzen ab. Nur, das einzelne Neutron „weiß“ (fast) nichts von seiner Umwelt. Es stellt eine für sich abgeschlossene Welt dar - mit einer eigenen „Zeit“, die (fast) überhaupt nicht mit der Zeit des **Mach** schen Bezugssystems korreliert ist. Es findet gewissermaßen eine Abschirmung statt von genau diesem Bezugssystem, eine Abschirmung also von Gravitation und Trägheit um vielleicht 39 bis 40 Größenordnungen. Oder anders formuliert: Die Prozesse im Neutron laufen „außerhalb von Raum und Zeit ab“, jenes Raumes und jener Zeit nämlich, die durch die kosmische Inertialwelt (**Mach** sches Bezugssystem) verkörpert wird. Der Grund dafür nun wiederum ist die Tatsache der dort um (durchschnittlich) 40 Größenordnungen schneller ablaufenden Prozesse im Vergleich zu den kosmischen Bewegungsvorgängen. Zur Vervollkommenung dieses Experiment denken wir uns tausend „Kundschafter“ der genannten Art, die tausend Neutronen untersuchen. Sie kommen alle wieder und zwar mit gleichen Versuchsergebnissen. Jedoch wann sie wiederkommen, das kann niemand voraussagen; „nur“ Wahrscheinlichkeiten lassen sich angeben. Als Halbwertszeit werden etwa 12 Minuten ermittelt. Nach 12 Minuten also sind (ungefähr) 500 Beobachter zurückgekehrt, nach weiteren 12 Minuten etwa 250 usw. Auf einen warten wir noch immer...

Dieses Gedankenexperiment enthält noch viele Ungenauigkeiten, die uns derweil nicht interessieren. Zur Veranschaulichung eines Aspektes der Statistik der Quantenobjekte aber wird es durchaus sich als nützlich erweisen. (Uns „genügen“ ohnehin qualitative Aussagen.) Wir wollen hierbei nur hervorheben, dass die „Willensfreiheit“ bestimmter Systeme, dann - und wirklich dann nur - unverständlich ist, halten wir an der Existenz eines, alle Prozesse synchronisierenden, „Systemtaktes Zeit“ fest. Die einzelnen Quantenobjekte „schauen“ eben nicht auf die „kosmische Uhr“, um festzustellen wie spät es ist. (Unser Problem wird es sein und leider auch bleiben, keine sinnvolle und in allen Punkten befriedigende Definition der Bewegung liefern zu können.)

Folgende Schlussweise ist durchaus eine angemessene:

1. Das Verhältnis der Stärke von Gravitation und Kernkraft beträgt etwa $1:10^{40}$.
2. Gravitation und Trägheit sind - auch im traditionellen Sinne - zwei Seiten ein und der selben Medaille.
3. Die klassische Zeitmessung ist an das Vorhandensein träger Massen geknüpft.
4. Daraus folgt, dass im Bereich der Elementarteilchen der traditionell definierte Zeitmaßstab nur noch schwach an die Prozesse dieser Objekte gekoppelt sein kann. 40 Größenordnungen (im Durchschnitt) nämlich trennen die kosmische Welt von der Welt der Mikroobjekte. Es sind eben „Welten“, die beide Bereiche voneinander scheiden.

Dies ist eine recht abstrakte Argumentation, die es noch zu untersetzen gilt. Das folgende Kapitel wird sich mit einer anderen Seite der in diesem Kapitel behandelten Problematik (Als Vorgriff darauf ist das gerade beschriebenes Gedankenexperiment zu verstehen) auseinandersetzen. Dies bezieht sich auf weiter oben formulierten Satz: „Von unserem Standpunkt aus betrachtet, gibt es nur die (fast) alles verbindende Bewegung der kosmischen Objekte untereinander.“ Auf das in Klammern geschriebenen Wörtchen „fast“ soll es im folgenden ankommen.

Der Zeit-Begriff impliziert - dies sei jetzt zum Überduss wiederholt - die Bewegung und Wechselwirkung, die Periodizität und die Nichtumkehrbarkeit wesentlicher Vorgänge.

- **Warum eigentlich gibt es irreversible Prozesse?**
- **Was hat es mit dem Zufall auf sich?**

Unbeantwortet anscheinend bleibt unsere Frage „Wieso weiß die Uhr, wie spät es ist“. Vielleicht aber sind wir der Antwort doch ein gutes Stück näher gekommen, denn eine Uhr repräsentiert einen Referenzprozess, der einen Zeitmaßstab liefert. Dieser Vergleichsprozess ist Bestandteil eines „allumfassenden Zusammenhanges“. Mit dem Wechselwirkungsproblem hätten wir auch das Zeitproblem gelöst und mit dem Bewegungsproblem das der Wechselwirkung. Doch letzte Aussage ist nun wirklich nicht neu und wurde in den verschiedensten Konstellationen bereits getroffen. Wichtig bei der ganzen Sache ist der Umstand, nicht mehr dem „Phantom Zeit“ nachjagen zu müssen. Und außerdem: Wir haben die Anzahl der Fragen minimiert. Das ist doch auch schon etwas. (Oder?) Es bliebe jetzt „nur“ noch zu klären, was eigentlich Bewegung ist. Und genau jenes Problem werden wir leider noch nicht lösen können, denn die klassische Anschauung „erklärt“ die Bewegung als „die Veränderung in der Zeit“. Und die Zeit kann nur gemessen werden an der Bewegung; die Zeit erkennen wir - nur und ausschließlich! - an der Veränderung.

Dieser logische Kreis muss durchbrochen werden! Frage: wie? - Genau an dieser Frage werden wir erst einmal scheitern. Dennoch haben wir damit einen entscheidenden Schritt getan: Erstens konnten wir eine relevante Fragestellung finden; und zweitens ist dieses Finden an das Eingeständnis geknüpft, diese Frage (noch) nicht beantworten zu können. Letzteres immerhin ist um einiges besser (und ehrlicher) als sich in uferlose Spekulationen zu verlieren. Und ein weiteres Problem müssen wir als ungelöst - und innerhalb unserer Überlegungen auch als unlösbares - Problem als gegeben leider hinnehmen: Wie sind die elektromagnetischen Erscheinungen hier einzuordnen? - Eng damit in Verbindung steht der Fakt, dass in sogenannten „Atomuhren“ ein weitgehend stabiler und - wie es auf den ersten Blick scheint - unabhängiger Zeitmaßstab realisierbar ist. Einige dieser Beziehungen werden uns noch an geeigneter Stelle beschäftigen bzw. haben uns bereits beschäftigt (Stichworte: diskrete Energiezustände in Atomen, Quanten sowie **Welle-Teilchen-Dualismus**).

Um den **Zufall** geht es im nächsten Text.

[Home] [Seitenanfang]

Wie zufällig ist der Zufall?

Vielleicht lassen sich auch an einem solch betagten Thema wie diesem hier einige neue Seiten entdecken.

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Zufall
Determinismus
Kausalität
Vorhersagen

Aristoteles
384 v. Chr.
- 322 v. Chr.



Es wird auch der Zufall und das Ungefähr unter der Ursachen genannt und gesagt, daß vieles theils ist theils wird durch Zufall und von ungefähr. Auf welche Weise nun zu den Ursachen, von denen wir sprachen, der Zufall gehört und das Ungefähr, und ob das nämliche der Zufall ist und das Ungefähr, oder ein verschiedenes, und überhaupt was da ist der Zufall und das Ungefähr, ist zu untersuchen. Denn Einige zweifeln sogar, ob jene sind oder nicht. Nichts nämlich geschehe aus Zufall, sagen sie; sondern alles habe eine bestimmte Ursache, von dem wir sagen, es geschehe von ungefähr oder aus Zufall: so wenn jemand aus Zufall auf den Markt komme, und treffe den er wollte aber nicht zu treffen meinte, sei Ursache davon sein Wille zu kommen und Marktgeschäfte zu treiben. Auf gleiche Weise finde auch bei dem Uebrigen, was zufällig heißt, stets eine Ursache statt, die anzugeben sei, aber nicht Zufall.

Aristoteles

Wie zufällig ist der Zufall?

Es gibt Themen und Fragen, die sind "uralt". Und immer wieder werden Themen behandelt, die eigentlich längst als geklärt gelten müssten. Und dennoch beschäftigen sie Generationen von "Nachdenkern". Seit Jahrtausenden vielleicht. Und heute immer noch. Liegt das daran etwa, dass - erstens - noch gar nicht alles wirklich geklärt ist oder daran vielleicht, dass - zweitens - all diejenigen, die solche Fragen aufgegriffen haben, das, was deren Vorgänger zur Klärung beitrugen, nur nicht so richtig begriffen haben?

Wie dem auch sei, auch ich konnte mir nicht verkneifen, meinen "Senf" dazuzugeben. Doch vorher kommt Immanuel Kant zu Wort.

Nun könnte man den Verdacht hegen, dass dieser "Senf" so unsinnig nicht ist. Hier zwei interessante Links, die genau auf diese Seite verweisen:

- Matroids Matheplanet (Homepage: <http://www.matheplanet.de>)
- Deutschlandfunk - Die Lange Nacht vom Zufall (20.05.2000) - Gott würfelt nicht

Zufall	Determinismus	Kausalität	Vorhersagen
--------	---------------	------------	-------------

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)



[Homepage](#)

[Einleitung](#)

[Physik](#)

[DPG-Beiträge](#)

[Kritik](#)

[Masse](#)

[Wellen](#)

[Pygmalion-Effekt](#)

[Erkenntnis](#)

[Ernst Mach](#)

[Die Zeit](#)

[Zufall+Notwend.](#)

[Gottes Urknall](#)

[Zwischenbilanz](#)

[Geschichten](#)

[Links](#)

[Der Autor](#)

Einige Dinge finde ich persönlich ziemlich ärgerlich. So zum Beispiel den Anspruch der Naturwissenschaften. Es ist - so jedenfalls lässt sich das Verhalten des Establishments interpretieren - immer eindeutig entscheidbar, was als wissenschaftlich (und damit als seriös) zu gelten habe und was allenfalls das Attribut pseudowissenschaftlich verdient.

Es handelt sich hier um einen Text (hier in geringfügig geänderter und ergänzter Form), der im Heft 104 der Zeitschrift raum&zeit erschien unter der Überschrift



Jetzt weiß ich, wie Gott das All schuf

Hier habe ich - vergleichbar mit den Gepflogenheiten des Establishments, geht es um das herablassende Sich-Lustig-Machen über pseudowissenschaftliche Phantastereien - die Phantasieprodukte moderner Wissenschaft aufs Korn genommen. Die Krönung pseudowissenschaftlichen Unfugs stellt meiner Überzeugung nach die eine oder andere Variante der wissenschaftlichen Schöpfungsgeschichten dar.

“Gottes Urknall”

Die Überschrift ist in Anführungszeichen eingeschlossen, nicht deshalb etwa, weil ich damit die Aussage relativieren möchte, dass Gott und Urknall in irgendeiner kausalen Beziehung zueinander stünden (was gleichfalls sinnvoll wäre), sondern darum, weil ich diese Überschrift als Zitat und nicht als Plagiat verstanden haben möchte. Im Nachrichtenmagazin **DER SPIEGEL** (Nr. 52 / 1998) prangte jene Überschrift in großen Lettern auf der Titelseite, mit dem Zusatz versehen: „Kosmologie an der Grenze zur Religion“.

Das macht neugierig.

Letztlich zählt **DER SPIEGEL**, so sicherlich das Selbstverständnis des Herausgebers nebst Redaktion und im Ansehen der Leserschaft, zu einer den „seriösen Journalismus“ repräsentierenden Zeitschrift. Und diese Form von Journalismus zeichnet sich aus durch Kompetenz, sachliche Berichterstattung sowie kritisches Hinterfragen von Zusammenhängen und ist zudem (das soll es auch schon gegeben haben) im Aufdecken von Missständen aktiv. Hier hat **DER SPIEGEL** anscheinend Tradition. Über Wirtschaft, Politik, Gesellschaft, Kultur etc. bildet man sich Meinungen, um die Leser-Klientel zu bilden und zum eigenen Denken anzuregen. So etwa der Anspruch. Zudem gehören Artikel über Wissenschaft und Technik ebenfalls zum Themenkreis dieser Zeitschrift. Drei Texte in genannter Ausgabe erregten meine besondere Aufmerksamkeit:

1. „**Furcht vor dem Fegefeuer**“ - Hier geht es um die Problematik der sog. Klimakatastrophe.
2. „**Der erschöpfte Schöpfer**“ - Wie nahe sind sich Wissenschaft und Religion gekommen?
3. „**Die Welt aus dem Nichts**“ - Das Schicksal des Weltalls ist fast endgültig aufgeklärt.

Während der erste Beitrag sich mit durchaus irdischen Dingen auseinandersetzt, befassen sich die beiden anderen Artikel mit Erkenntnissen, die für uns mit Sicherheit nicht von **unmittelbarer** Bedeutung sind. „Klimakatastrophe“, „Treibhauseffekt“ oder ähnliche Schlagworte sind jedem bekannt. Hier einige Sätze aus dem **SPIEGEL**-Artikel „Furcht vor dem Fegefeuer“:

Immer mehr Forscher weisen darauf hin, wie unvollständig die Computerhochrechnungen das wirkliche Erdklima abbilden.

Weil das reale Klimageschehen so schwer zu durchschauen ist, beeinflusst stets auch der jeweils herrschende Zeitgeist die Vorhersagen. Auf dem Höhepunkt der Umweltbewegung Mitte der achtziger Jahre etwa konnte die Erderwärmung nur als Klimakatastrophe wahrgenommen werden - wie die katholische Kirche mit dem Fegefeuer droht, so warnt Greenpeace vor der Treibhaushölle.

Das war nicht immer so, In den fünfziger und sechziger Jahren rauschten die Temperaturen weltweit in den Keller, Die Winter waren fast überall frostig, viele Flüsse froren zu.

Damals warnten die Klimaforscher plötzlich vor einer weit größeren Gefahr: einer neuen Eiszeit.

Das ist doch überaus erstaunlich: Der „Zeitgeist“ (was immer sich dahinter **ganz genau** verbergen möge) beeinflusst „objektive“ wissenschaftliche Aussagen! Das Problem eben: Die Realität ist schwerer zu überschauen, als man dies in seriösen wissenschaftlichen Kreisen wahrhaben wollte. Das langfristige globale Klima (und natürlich auch das kurzfristige lokale Wetter) sind - dies die „völlig neue“ Erkenntnis - komplexer, als man es bisher vermutete und zum Teil wohl immer noch vermutet. Die Einflussgrößen, die Klima und Wetter determinieren, sind bislang weder vollständig erfasst noch sicher zu bewerten. Man muss eben **immer** damit rechnen, dass neue Informationen - im Zuge des empirischen Kenntnisfortschrittes - ein bis dato gehegtes und gepflegtes „Standardmodell“ in die Schranken weisen.

Die Schwierigkeiten, die mit Prognosen - gleich welcher Art - verbunden sind, bestehen darin, dass für eine solche Prognose ein gültiges Modell (auf Basis des gegebenen Erkenntnisstandes der Naturgesetze, bzw. dessen, was man dafür hält) zur Verfügung stehen muss und dass zudem die notwendigen Prozessparameter (als Anfangs- und Randbedingungen) ermittelbar sind. Jetzt lässt sich (z.B. mit Hilfe von Computer-Simulationen) der Prozessstatus (z.B. das Klima) vorausbestimmen. Drei unbeantwortbare Fragen jedoch werden diese Vorhaben für immer vereiteln:

1. Bildet das (Simulations-)Modell im Rahmen erkannter - und **anerkannter** - Naturgesetze (mit der Physik als dem naturwissenschaftlichen Fundament) die wahren Verhältnisse hinreichend genau ab? - Aber: Was bedeutet „hinreichend genau“?
2. Sind **alle relevanten** Prozessparameter hinreichend genau bekannt? - Nochmals: Was bedeutet „hinreichend genau“?
3. **Wenn** die Voraussetzungen 1. und 2. vielleicht erfüllt sein **sollten**, so bliebe immer noch die unbeantwortbare Frage offen: Wie groß ist der „Konvergenzbereich“ von Realität und Modell? - Man muss **immer** damit rechnen, dass nach „hinreichend langer Zeit“ Realität und Modell divergieren. Und bei „chaotischen Prozessen“ (Klima und Wetter beispielsweise sind von solcher Art) ist dies stets der Fall.

Fazit: Die Anzahl der „Unbekannten“ ist nicht nur viel größer, als in einschlägigen wissenschaftlichen Kreisen angenommen wird, sondern selbst völlig unbekannt! Die Konsequenz: Aussagen über die langfristige Entwicklung des Erdklimas sind mit Sicherheit falsch, bzw. die bekannten Fakten lassen einen unangemessen großen (auch personenabhängigen) Interpretationsspielraum zu, sodass hiermit unser oft bemühter und mehr oder minder beliebter „Zeitgeist“ zu seinem Recht kommen mag. (Und dieser Zeitgeist drückt sich aus in der Amerikanisierung der Naturwissenschaften - unter anderem.)

Von objektiver Wissenschaftlichkeit kaum die Spur!

Ach so, fast hätte ich es vergessen: Nach neueren (es war wohl 1998 oder 1999, die Einzelheiten sind mir entfallen) wissenschaftlichen Erkenntnissen sollen nun hierzulande irgendwann - das hatten wir schon einmal - die Temperaturen **sinken**! Ein Wissenschaftler am **Potsdamer Institut für Klimaforschung** hat dies mit einem neuen Computermodell herausgefunden. Danach beeinflusst der Golfstrom das Klima in Europa in den nächsten 50 bis 100 Jahren

Hierzu einige Anmerkungen. Komplexe Systeme zeichnen sich durch eine mitunter weitgehende Stabilität aus. Wäre dem nicht so, gäbe es uns nicht. Widrige äußere Einflüsse werden weitgehend "ausgeregelt" (Stichwort

Homöostasie. Hier handelt es sich - speziell in ökologischen Systemen beispielsweise - um nichtstatische Gleichgewichtszustände. In diesem Kontext wird auch vom **Fließgleichgewicht** gesprochen.) Es kann aber auch sein, dass ein relativ stabiles System von einem Zustand in einen anderen stabilen Zustand "umkippt". Komplexe Systeme können mehrere metastabile Zustände einnehmen, wobei "Zustand" - wie bereits angedeutet - im Allgemeinen kein statischer Zustand sein muss. Hier taucht nun die Frage auf, wie es denn sein kann, dass von den Klima-Apokalyptikern dem Menschen die Fähigkeit zugesprochen wird, das globale Klima mittelfristig (was sind schon 100 Jahre!) stetig zu verändern, wobei von einer marginalen Temperaturerhöhung von etwa 0,6 grad C in den vergangenen 100 Jahren die Rede ist. Wie antropozentrisch dies gern gesehen wird, zeigt folgendes Zitat (**Funktion von Ökosystemen**):

Ökosysteme befinden sich normalerweise in einem Gleichgewichtszustand, der nur vom Menschen auf Dauer irreversibel zerstört werden kann. Der Gleichgewichtszustand wird durch die Fähigkeit zur Selbstregulation immer wieder, selbst nach großen Katastrophen, hergestellt.

Der Mensch wird hier als die größte denkbare Katastrophe, der Super-Gau der Super-Gaus - angesehen, die weit über das hinauszugehen scheint, was die Natur (im weitesten Sinne des Wortes) sonst noch zu bieten hat.

Asteroidentreffer, nach Meinung einiger Wissenschaftler verantwortlich für das Aussterben der Saurier vor 60 Millionen Jahren etwa, sind Peanuts im Vergleich zu dem, was durch die Menschen verursacht wird. Und was bedeuten schon lang- und mittelfristige Schankungen der Sonnenaktivität im Vergleich zu dem CO₂-Ausstoß der Pkw!

Im Ernst: Selbst wenn die biologische Spezies **homo sapiens** (eine maßlose Übertreibung in Ermangelung echten Vergleiches) eines Tages - meinetwegen selbstverschuldet, ich glaube zwar nicht daran - nicht mehr existiert, ist das vielleicht der Ausdruck dafür, dass

"Der Gleichgewichtszustand (...) durch die Fähigkeit zur Selbstregulation immer wieder,

dahingehend, dass es deutlich kälter werden wird.

Obwohl meine prophetischen Fähigkeiten sich in sehr engen Grenzen bewegen, wage ich dennoch die Prognose, dass dies mit Sicherheit nicht der Weisheit letzter Schluss ist. Ich bin gespannt, wann eines Tages - nach „neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen“ - sich tropische Verhältnisse in unser Mitteleuropa verirren werden. In fünfzig Jahren vielleicht oder in hundert. Vielleicht aber auch nicht. Kühlschranks oder Backofens - das ist die Frage. Und diese Frage wird unbeantwortet bleiben. Wie viele andere Fragen auch.

Was das alles mit „Gottes Urknall“ zu schaffen hat, ist schnell erklärt. Da also - wie gerade angedeutet - gibt es anerkanntermaßen Vorgänge, die sehr schwer bis überhaupt nicht langfristig prognostizierbar sind. Auf die Gründe dafür ging ich ansatzweise ein. Voraussagen für viele Prozesse (hier für das Klima), sind mit äußerster Vorsicht zu genießen.

Doch zum Glück kann die Wissenschaft auf Vorgänge - offensichtlich weitaus einfacherer Natur! - verweisen, für welche die angeführten Einwände gegenstandslos sind. Da „weiß“ man mit ziemlicher Sicherheit, wie das Universum entstanden sein mag, und wann das ungefähr gewesen war. 15 Milliarden Jahre liegt dies derweil schon zurück. Und begonnen hat das alles mit dem in Fachkreisen sehr beliebten Urknall. Und man „weiß“ auch, wie die Welt 10⁻⁴³ Sekunden danach aussah. Und vieles andere „weiß“ man außerdem. Bitte genügend bewundern und in Ehrfurcht erstarren: Man **vermutet** dies nicht - man **weiß** das alles!

Wie der Kosmos 15 Milliarden Jahre **nach** dem Urknall aussieht, das wissen - **wissen!** - die Wissenschaftler aus den aktuellen Beobachtungen des Weltalls. Und darum wissen - **wissen!** - sie auch, wie groß es ist und wie es weiter sich entwickeln wird. Alternative Modelle, miteinander ein wenig konkurrierend, ändern an der **grundsätzlichen** Einschätzung der Astronomen, Astrophysiker und Kosmologen nicht besonders viel. Folgende Schlussfolgerungen drängen sich dem unwissenden und naiven Beobachter auf. Wenn die Aussagen der seriösen Wissenschaft richtig sein sollten (nur einmal angenommen), so muss dies logischerweise auf den drei als Fragen formulierten Voraussetzungen basieren. Diese Fragen seien hier, etwas konkretisiert, beantwortet:

1. Es existieren „hinreichend genaue“ theoretische Modelle, für die Welt als Ganzes. Mögliche unbedeutende Korrekturen an diesen Modellen beeinflussen die daraus zu gewinnenden Aussagen nur graduell, nicht grundsätzlich. Auch die relevanten physikalischen Gesetzmäßigkeiten lassen keine **grundlegenden** Fragen unbeantwortet.
2. Alle maßgeblichen - **alle!** - Systemparameter (des Universums wohlgeordnet) sind mit „hinreichender Genauigkeit“ bekannt und eindeutig auf Basis bekannter - und erwiesener! - Naturgesetze interpretierbar. Mögliche unbedeutende Korrekturen an diesen Werten beeinflussen die unter 1. genannten Dinge nicht prinzipiell.
3. Das Universum verhält sich in seiner Gesamtheit streng deterministisch. Chaotische Prozesse (im Detail) sind für die generelle Entwicklung (im Ganzen) unbedeutend.

An dieser Stelle bereits sei ein leiser Zweifel erlaubt. Doch bevor wir mit dem Zweifeln (oder dem **Verzweifeln** ob der Hybris der ach so seriösen Wissenschaftler) beginnen, möchte ich einige Zeilen aus dem **SPIEGEL**-Artikel „**Die Welt aus dem Nichts**“ zum besten geben. Schon der Titel ist sehr aufschlussreich.

selbst nach großen Katastrophen, hergestellt"

wird. Das klingt vielleicht zynisch und makaber, ist aber nicht ganz so böse gemeint. Jedoch: Wir sollten uns davor hüten, uns allzu sehr in den Mittelpunkt des "Weltgeschehens" rücken zu wollen. Diesen Platz haben wir nicht verdient; und einem solchen Anspruch werden wir - weder im positiven noch im negativen Sinne - mit Sicherheit nicht gerecht.

Wenn - hier sei ein Bezug auf aktuelle Ereignisse (August 2002) erlaubt - von einer Jahrhundertflut die Rede ist, so gehen mir persönlich die erhobenen Zeigefinger der Grünen und deren Reden der Art wie **Wir haben doch schon immer gewarnt...** auf die Nerven. Aus tragischen Ereignissen politisches Kapital schlagen zu wollen, finde ich unredlich. Man sollte aber aus solchen Dingen die **richtigen Lehren** ziehen und nicht nach politisch-korrekten Sündenböcken (die Autofahrer sind die Schuldigen!) fahnden. Als es seinerzeit darum ging, den industriellen Schadstoffausstoß zu reduzieren - so lange ist das eigentlich noch gar nicht her - befand man sich, den Umweltschutzgedanken mit Leben erfüllend, noch auf dem richtigen Weg. Heute jedoch haben leider die Ideologen das Sagen, und das Kohlendioxid avancierte zum "Umweltgift" Nr. 1.

Da gibt es ein Buch, dessen Ursprünge schon recht weit zurück liegen. In dieser Schrift ist von einer großen Überschwemmung die Rede, **Sintflut** genannt. Jene Flut war als Strafaktion gedacht und zur Bereinigung der Ökologie (die Autoren nannten es seinerzeit etwas anders). Ob diese Aktion langfristig wirklich erfolgreich war, sei dem Urteil des Lesers überlassen...

Hier ein interessanter Artikel in der FAZ (Nachtrag 20.03.2005): [Zufall oder Zwangsläufigkeit](#)

Binnen eines Jahres hat sich die Wissenschaft von der Vision eines Welten-Endes verabschiedet. Eine der tiefsten Ängste der Menschheit hat sich als Irrglaube erwiesen.

Statt zu kollabieren, wird sich das Universum immer weiter und immer schneller ausdehnen - als herrsche im Weltall, wie in einem explodierenden Kessel, ein Druck, der es auseinanderreibt. Weil dadurch die Abstände zwischen den Sternen ständig wachsen, sehen die Astrophysiker die Zukunft als einen Kosmos, der leerer wird. ...

In der vergangenen Woche kürte das einflußreiche Wissenschaftsblatt „Science“ die neuen Ergebnisse zur bedeutendsten Entdeckung des Jahres. „Die Rätsel der Schöpfung“, erklärt der US-Kosmologe Alan Guth, „erscheinen immer weniger wie unlösbare Mysterien.“

Die Verkünder des „Welten-Endes“ beriefen sich darauf, dass es - und da gibt es in den einschlägigen wissenschaftlichen Kreisen kaum ernsthaften Zweifel - einen „Welten -Anfang“ gegeben haben muss - vor 15 Milliarden Jahren, wie wir jetzt alle wissen. Über Jahrzehnte hinweg galt es das Problem zu lösen, ob die Expansion des Universums eines schönen Tages gestoppt werden wird und das Ganze - möglicherweise - sich einmal umkehren könnte.

Wie der Anfang - so das Ende.

Und außerdem: Ob es in fünf oder zehn Milliarden Jahren ein „Welten-Ende“ geben wird oder auch nicht, dürfte auf die „tiefsten Ängste der Menschheit“ kaum einen Einfluss ausüben. Die Sonne wird irgendwann (in fünf Milliarden Jahren vielleicht oder etwas früher oder etwas später - was soll's) ohnehin nicht mehr in ihrer jetzigen Form existieren. Und ob „die Menschheit“ in hundert Jahren oder in hundert Millionen Jahren noch existiert, ist eine Frage, die wir ohnedies nicht beantworten können. Die „tiefsten Ängste der Menschheit“ bewegen sich mit Sicherheit auf einer weitaus bescheideneren Zeitskala und auf einer mehr individuellen Ebene. Kosmische Zeiträume, nach Jahrmilliarden zählend, sind für „die Menschheit“ ziemlich bedeutungslos (so langfristig plant kein Mensch) - für den Einzelnen erst recht. (Das nur zur Ergänzung.)

Ein wichtiger Parameter, der über das Schicksal der Welt entscheiden sollte, war die berühmte mittlere Massendichte. Übersteigt diese einen gewissen Grenzwert (innerhalb des theoretischen Rahmens der Allgemeinen Relativitätstheorie zu bestimmen und eine im Mittel homogene Massenstruktur voraussetzend), dann wird sich - so die bisherige Auffassung - der ganze Prozess der „Expansion der Welt“ einmal umkehren. Unterhalb dieses Grenzwertes reicht die Gravitation nicht aus, den Vorgang der Ausdehnung endgültig abzubremsen.

Und schließlich stolpern wir noch über jene gewaltige Erkenntnis:

„Die Rätsel der Schöpfung erscheinen immer weniger wie unlösbare Mysterien.“

Hier erübrigt sich wahrscheinlich jeglicher Kommentar. Ist eine Aussage dieses Anspruches nun extrem anmaßend oder schlicht und ergreifend nur gnadenlos lächerlich? (Das mag der/die Leser/in bewerten.) Jetzt aber stellt man fest (und hier finden wir die eigentliche Neuigkeit), dass die Expansion - unabhängig von der angenommenen Massendichte - **nicht** gebremst wird.

Doch weiter im Text aus dem **SPIEGEL**:

So hat sich in den vergangenen Monaten der Nebel ein Stück weit gelichtet, der die Grundprobleme der Schöpfungsgeschichte umgibt: Was war am Anfang? Wie alt ist das Universum? Woraus besteht es?

Über Fragen von so betäubender Wucht hatten sich Generationen von Astronomen die Köpfe zerbrochen. Aber je tiefer sie in die Geheimnisse des Alls zu dringen suchten, desto mehr Rätseln sahen sie sich gegenüber.

Noch vor zwei Jahren stellte sich die Situation fast aussichtslos dar. Erbittert und ratlos stritten die Kosmologen zum Beispiel über das Alter des Universums. Es schien jünger zu sein als seine ältesten Sterne: Während Messungen der Galaxienbewegung auf einen Urknall vor acht bis zehn Milliarden Jahren hindeuteten, schien das Licht von Kugelsternhaufen zu beweisen, dass diese mehrere Milliarden Jahre früher entstanden sein muss. „Unsere Weisheit ist am Ende“, klagte 1995 der US-Astrophysiker Michael Turner.

Plötzlich sei diese qualvolle Zeit jetzt vergessen, sagt Matthias Bartelmann vom Münchner Max-Planck-Institut für Astrophysik: „Seit ein paar Monaten gehen wir Kosmologen auf Wolken.“ Aus Messungen des Weltraumteleskops Hubble ergibt sich nun eindeutig das Alter des Alls: 15 Milliarden Jahre. Die Kugelsternhaufen sind als deutlich jünger erkannt worden.

„Jetzt fügt sich vieles zusammen“, erklärt der Harvard-Astronom Robert Kirshner,... Manche Forscher sprechen von einer zweiten Kopernikanischen Revolution.

Eine bislang unverstandene Energie - die sogenannte kosmologische Konstante - trieb sodann die Galaxien auseinander und blähte, die Explosion des Urknalls verstärkend, den Weltraum weiter auf. „Eine kosmische Antigravitation“ sei entdeckt worden, so umschrieb es „Science“ im vergangenen Februar.

Noch ist die Interpretation der Daten nicht abgeschlossen, welche die immerwährende Ausdehnung, die Inflation und die kosmologische Konstante begründen sollen. Auch bleiben viele Rätsel des Weltalls von den neuen Daten unberührt: Woraus besteht die dunkle Materie, eine schwer ergründbare Schattenwelt, die einen Großteil des Kosmos ausmacht? Doch all die Fragen, die bestehen bleiben, ändern nichts daran, dass der Blick der Kosmologen auf die Welt in den letzten Monaten ein anderer geworden ist.

Starker Tobak! Als Science-Fiction-Geschichte mag das recht unterhaltsam sein - aber als seriöse Wissenschaft? Um diese Aussagen, zum Teil wenigstens, bewerten zu können, sei ein kleiner Abstecher in die Vergangenheit den weiteren Überlegungen vorangestellt. Was also dürfen wir mit dem Stichwort **“dunkle Materie”** in Verbindung bringen?

Der Planet Neptun sei in diesem Zusammenhang genannt, der angeblich am Schreibtisch entdeckt wurde. Der sonnennähere Uranus zeigte in der Beobachtung Abweichungen, die der Theorie zu widersprechen schienen. Die Idee, dass hier ein Versagen der **Newton**schen Theorie vorliegen könnte, war seinerzeit nicht allen Astronomen angenehm. Die Erfolge der Theorie erschienen bis zu diesem Zeitpunkt bereits so überwältigend, dass einige Astronomen nach anderen Ursachen für diese Nichtübereinstimmung zu suchen begannen. So auch der Franzose **Leverrier** (Urbain Jean Joseph **Leverrier** , 1811-1877). Und eine solche Ursache konnte nur ein bis dato nicht gesichteter Planet sein.

Diese Arbeitshypothese wurde umgesetzt, indem man einen Planeten außerhalb der Neptunbahn vermutete und nach ihm auch suchte. Aus der „Bahnstörung“ des Uranus konnte man die Bahnparameter des noch unentdeckten Planeten errechnen. Und dies alles mit Hilfe der **Newton**schen Theorie! Dadurch war man in der Lage, den Aufenthaltsort des theoretisch berechneten Planeten einzugrenzen. Und tatsächlich, 1846 entdeckte der deutsche Astronom Johann Gottfried **Galle** (1812-1910) auf Hinweis Leverriers den neuen Planeten ungefähr an der Stelle, an der man ihn vermutete.

So die gängige Darstellung in (nicht nur) populären Schriften.

Doch ganz so einfach ging die Sache in Wahrheit gar nicht auf, da mit den vorhandenen Daten „Der Große Unbekannte“ nicht eindeutig identifizierbar sein konnte. Zwar kann man aus den Bahnparametern zweier Planeten deren wechselseitige „Störung“ errechnen, wenn die Bahnen und Massen beider Planeten **bekannt** sind. Die Umkehrung der Angelegenheit jedoch ist nicht eindeutig durchführbar, zumal alle Beobachtungsergebnisse fehlerbehaftet sind. Dabei können kleine Beobachtungsfehler gewaltige Auswirkungen in den Ergebnissen haben. (Doch die ganzen technischen Einzelheiten sind jetzt nicht besonders wichtig.)

Als ein weiterer Parameter also musste die **mutmaßliche** Entfernung des unbekannten Planeten von der Sonne in die Rechnung als hinreichend gut **bekannte** Größe eingehen. Eine erste Näherung für diese Entfernung stützte sich meines Wissens auf die sogenannte (allerdings nicht wirklich exakte) **Titius-Bodesche Reihe** (nach Johann **Titius** , 1729-1796 und Elert **Bode**, 1747-1826). Diese geht hervor aus einer empirischen, innerhalb keiner Theorie begründbaren, Formel, die eine Gesetzmäßigkeit der Abstände der Planeten herstellen sollte. Für die sonnennahen Planeten gibt es eine recht gute Übereinstimmung zwischen Hypothese und den tatsächlichen Entfernungen, wobei (so weit mir bekannt ist) bis heute nicht geklärt ist, ob es sich um einen zufälligen Zusammenhang handelt oder um eine noch nicht erfasste Gesetzmäßigkeit. Allerdings misst man dem Titius-Bodeschen Gesetz - so es denn eines **wäre** - keine überragende Bedeutung bei. Und die Nicht-**Bedeutung** resultiert aus der Nicht-**Erklärbarkeit**. Dieses Thema möchte ich nicht weiter vertiefen. Tatsache jedoch: Zwischen Mars und Jupiter klafft - wenn die Titius-Bodesche Reihe eine Gesetzmäßigkeit beschreiben **sollte** - eine Lücke. Zwar hat man dort keinen „ausgewachsenen“ Planeten gefunden, sondern eine Vielzahl kleiner Planeten, **Planetoiden** oder **Asteroiden** genannt.

Trotz aller genannten Fehler und sonstiger unvermeidlicher Ungenauigkeiten fand Johann Gottfried **Galle** den gesuchten Planeten. Ein gewaltiges Maß an Zufall war hierbei mit im Spiel. Allerdings sind diese Informationen (aus Unkenntnis oder bewusst?) im Allgemeinen in der populären Literatur nicht zu finden. Nochmals: Die **Newton** sche Theorie **allein** liefert nicht **alle** Parameter. Und dass Neptun überhaupt gefunden wurde, ist nicht **nur** der **Newton** schen Theorie zu verdanken, sondern ganz speziellen Glücksumständen ebenso!

Als nächstes kam hinzu, dass damit noch nicht sämtliche Probleme gelöst waren. Also setzte man die Suche fort, um nach einem weiteren Übeltäter zu fahnden, dem man die immer noch verbliebene Bahnstörung zuschreiben konnte. Als man tatsächlich 1930 den bislang letzten Planeten des Sonnensystems - Pluto - entdeckte (es dauerte also ziemlich lange), gab es längst die **Allgemeine Relativitätstheorie**, die auch Vergeblichkeit der Suche nach dem **Planeten Vulkan** (nach **Leverrier**) begründete, der für die Bahnstörungen Merkurs verantwortlich gewesen sein sollte und einstmals innerhalb der Merkurbahn vermutet wurde. **Einstein** hingegen zeigte mit seiner Theorie die Grenzen der **Newtonschen** Mechanik auf.

Dies ungefähr ist der Anfang der Dunkle-Materie-Geschichte, die sich bis in den Beginn des 20. Jahrhunderts hinzog. Eine dieser dunklen Massen (man bezeichnete ihn selbstverständlich niemals so) war zunächst der Planet Neptun. Die Theorie feierte Triumphe. Zunächst hatte man lediglich die klassische Mechanik zur Verfügung, deren Urheber bekanntermaßen Isaac **Newton** war. Und ein Physiker namens Albert **Einstein** (von 1902 bis 1909 Angestellter des Schweizer Patentamtes in Bern) machte sich seine Gedanken, was es denn mit der Gravitation wohl auf sich haben könnte. Seit **Newton** nämlich waren lediglich die **quantitativen Relationen** (**Newtonsches** Gravitationsgesetz) bekannt.

Und **Einstein** kam auch zu bestimmten Ergebnissen, auf die ich aus Platzgründen nicht näher eingehen kann. Doch zwei Effekte möchte ich nennen: Erstens sollte Licht im Gravitationsfeld abgelenkt werden und zweitens bewegen sich die Planeten um die Sonne nicht **exakt** nach den **Newtonschen** Gesetzen. Nimmt man als Beispiel den sonnennächsten Planeten Merkur, so ergibt sich eine Bahn, die - nach Abzug aller sonstigen Einflüsse -, immer noch **geringfügig** von der geschlossenen Ellipse abweicht. Dieser verschwindend kleine Restfehler - so die übliche Darstellung - wurde mit der **Allgemeinen Relativitätstheorie** erklärt. Auch die „Lichtablenkung im Schwerefeld der Sonne“ konnte - in ungezählten Schriften nachzulesen - empirisch verifiziert werden. Damit galt die **Allgemeine Relativitätstheorie** als endgültig - **endgültig!** - bestätigt, und ihr Urheber feierte Triumphe. Zu seiner Ehrenrettung: **Einstein** selbst konnte den „Relativitätsrummel“ nie so recht nachvollziehen.

So richtig **endgültig** konnte die **Allgemeine Relativitätstheorie** (ART) wohl bis heute nicht bestätigt werden, aber **Einstein** wurde bereits 1919 berühmt, als damals, durch reichlich ungenaue Messungen, bei der Sonnenfinsternis im Mai 1919 angeblich die Ablenkung des Lichtes in Sonnennähe nachgewiesen wurde. Genauere Messungen konnten etwa ein halbes Jahrhundert später, Anfang der 70er Jahre vergangenen Jahrhunderts, durchgeführt werden, die dann auch die **Einsteinsche** Gleichung - so die übliche Darstellung - bestätigten.

Von unentdeckten Massen war hierbei **nicht** die Rede. Im Gegenteil: Eine **qualitativ neue Theorie** war in der Lage einige - eher bescheidene - **quantitative Effekte** zu erklären. Die Stärke dieser Theorie jedoch - so wird es gelehrt - liegt darin, dass erstmals so genannte kosmologische Weltmodelle zu Diskussion gestellt werden konnten, die auch ein **endliches** Universum zum Inhalt hatten. Vom „gekrümmten Raum“ und einem - denkbar möglichen - „geschlossenen Universum“ war nun plötzlich zu hören. Und vom „stationären“ oder „nichtstationären Universum“ war zunächst die Rede. Nach bestimmten Berechnungen - als deren Basis die Allgemeine Relativitätstheorie fungierte - sollte sich möglicherweise das Universum im Zustand der Expansion befinden. **Einstein** konnte sich am Anfang mit einem „dynamischen Universum“ nicht so recht anfreunden und „erfand“ den, theoretisch nicht begründbaren und später aufgegebenen, kosmologischen Term, der die Gravitationsgleichungen der Relativitätstheorie willkürlich dahingehend modifizierte, dass **trotz allem** ein stationäres Weltall denkbar war.

Dies Ganze ist insofern recht interessant, als dass die "Bestätigung" der ART im ersten Viertel des 20. Jahrhunderts bereits "endgültig genug" war, um sich - bis heute - intensiv damit zu befassen, damit sie eines Tages wirklich als bewiesen gelten kann. Die Mehrheit der Physiker, die sich mit diesem Problem befassten, war somit von der Richtigkeit der ART bereits **überzeugt**, als von einem **Beweis** tatsächlich noch nicht die Rede sein konnte. Ohne diese Überzeugung wäre die ART heute kein Forschungsthema mehr. Viele Dinge gelten - ob im positiven oder negativen Sinne - irgendwann als "abgehakt". Nicht so die ART. In diesem Zusammenhang sind sehr beliebte beliebte Forschungsobjekte die so genannten **Gravitationslinsen**.

Dann gibt es noch eine weitere Vorhersage der ART, die **Gravitationswellen** betreffend. Auch hier ist man seit Jahrzehnten heftig am Forschen. Ohne richtig positives Ergebnis bislang. Hier ein Zitat aus einem Text der Uni Hannover (**Gravitationswellen**):

Gravitationswellen sind Änderungen in der Struktur der Raumzeit, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Sie wurden 1916 von Albert Einstein im Rahmen seiner Allgemeinen Relativitätstheorie vorausgesagt. Unter den vielen stets mit Glanz bestandenen Tests der Allgemeinen Relativitätstheorie ist es besonders diese Voraussage, die noch der Bestätigung durch einen direkten Nachweis harrt. [Hervorhebung W. N.] Der Grund liegt in der Schwäche der Wechselwirkung zwischen Gravitation und Materie. Bisher gibt es nur einen indirekten Beweis für die Existenz von Gravitationswellen. Die Astronomen Hulse und Taylor studierten über 25 Jahre Veränderungen in den Bahndaten des Binärpulsars PSR1913 +16. Die Abnahme der Bahnperiode dieses Doppelsternsystems lässt sich als durch die Abstrahlung von Gravitationswellen bedingten Energieverlust deuten. Die Beobachtungen stimmen mit den Voraussagen der Allgemeinen Relativitätstheorie bestens überein. Dafür bekamen Hulse und Taylor 1993 den Nobelpreis für Physik.

Ob die ART nun alle Tests "**stets mit Glanz**" bestanden hat, kann ich im **Detail** nicht bewerten. Doch basiert die ART auf bestimmten Voraussetzungen, zu denen ich in den Texten, die sich mit der **Masse** und dem **Raum** befassten, recht ausführlich Stellung bezogen

Als weiterer wichtiger Akteur am kosmologischen Puzzle sei der Amerikaner Edwin **Hubble** (1899-1953) genannt. Dieser berühmte Astronom zeichnete für zwei wichtige Entdeckungen verantwortlich. Die erste betrifft die **Tatsache**, dass es sich bei den sogenannten Spiralnebeln um extragalaktische Sternsysteme handelt, mit unserem Milchstraßensystem vergleichbar, die ihrerseits ebenfalls aus Milliarden von Sternen bestanden.

Vermutungen darüber, dass dies möglicherweise so sein könnte, gab es seit Jahrzehnten bereits. Doch erst das 2,5 -m-Spiegelteleskop, zu welchem Hubble seinerzeit Zugang hatte, klärte eine "uralte" Streitfrage unter den Astronomen.

Die zweite Entdeckung bezieht sich auf den - **vermeintlichen** - Fakt, dass diese Galaxien sich von uns fortbewegen, und zwar um so schneller, je weiter sie entfernt sind von uns. Auch hier möchte ich auf Einzelheiten aus Platzgründen nicht eingehen.

Jedenfalls begann man die Bewegung der Galaxien zurückzurechnen und kam zu dem Schluss, dass irgendwann einmal sämtliche Materie auf ziemlich engem Raum konzentriert gewesen sein musste. Und mit dem „ganz großen Knall“ begann die Entstehung der Welt, so wie wir sie heute kennen. Weitere empirische Indizien schienen diese Hypothese zu stützen, sodass heutzutage unter Astronomen der „Big Bang“ als ausgemachte Sache gilt.

Fast hätte ich sie aus den Augen verloren: um die „dunklen Massen“ sollte es doch gehen. Bekannt also waren beispielsweise die „Spiralnebel“, die sich bei genauerem Hinsehen (dank der modernen Teleskope) eindeutig als Sternsysteme entpuppten, vergleichbar mit unserer Heimat-Galaxie. Und all diese Sternen-Ansammlungen (wobei die Anzahl der diese Systeme konstituierenden Sonnen nach hunderten von Milliarden zählen) bewegen sich selbst irgendwie im Raum. Und zu dieser Bewegung zählt auch die Eigenrotation des Systems. Unser Sonnensystem z.B. benötigt für einen Umlauf um das Zentrum der Galaxis etwa 200 Millionen Jahre. Setzt man hier die bekannten Gesetze der **Newtonschen** oder auch der **Einsteinschen** Gravitationstheorie (die in kleinen Raumbereichen nur bescheidene Effekte bringt - und galaktische Bereiche gelten in diesem Rahmen als "klein") an, so müsste sich ein ganz bestimmtes Rotationsverhalten - analog zur Bewegung der Planeten um die Sonne - beobachten lassen: Je weiter die Sterne vom Zentrum der Galaxie entfernt sind, um so langsamer sollten sie jenes Zentrum auch umrunden.

In Wahrheit ist das Ganze weitaus komplizierter. Und man spricht hier von sog. Rotationskurven. Aber Objekte, die sich "hinreichend weit" außerhalb der Galaxie bewegen, vielleicht 100000 Lichtjahre vom Kern des Sternensystems entfernt, müssten jenes auf Keplerbahnen, vergleichbar mit den Planeten unseres Sonnensystems, umkreisen.

Ausgeklügelte Beobachtungen (ich kann diese astronomischen Details selbst nicht bewerten, sodass ich sie hier unkommentiert wiedergebe) an benachbarten Galaxien ergaben ein davon eklatant abweichendes Rotationsverhalten, das theoretisch nicht erklärbar ist.

Es sei denn man nimmt Zuflucht zu der so genannten dunklen Materie.

Erst wenn man neben den beobachtbaren Sternen und den vielleicht abschätzbaren interstellaren Staub- und Gasmassen zusätzliche, derzeit noch nicht direkt nachweisbare, Massen ins Spiel bringt, bekommt man wieder Ordnung in den Bewegungsablauf der Sternsysteme. Ähnlich ging man ja auch bei Neptun vor. Einen Haken aber hat die Angelegenheit: Diese **nicht unmittelbar** beobachtbare Materie müsste - grob gerechnet - 90%

habe. Auch gilt, wie in allen anderen Bereichen der Physik ebenso, dass mit der "Richtigkeit" einer Formel (oder allgemein: eines mathematischen Modells) noch lange nicht deren **Interpretation** (qualitative Aussage, Erkenntnis) richtig sein muss.

Und: Wann gilt eine Theorie als widerlegt? Wie lange muss man den **vergeblichen** direkten Nachweis der Gravitationswellen akzeptieren? Wie "direkt" kann ein solcher Nachweis überhaupt sein (vgl. **Die Realität und deren Interpretation**)? - Die Problematik der Gravitationswellen ist durchaus vergleichbar mit der vergeblichen Suche nach der Dunkelmaterie, die bis dato auch nur **indirekt** "nachweisbar" ist. Beides klappte bisher nicht. Beide Dinge aber sind eng miteinander verknüpft. Aber bisher scheint es keinen Anlass zu geben, auch nur andeutungsweise über alternative Theorien nachzudenken, da - im jetzigen Kontext - die ART ja alle Tests **"stets mit Glanz"** bestanden hat. Nun fragt man sich, was weitere Bestätigungen denn eigentlich an zusätzlichen Erkenntnisgewinn bringen sollen. Außerdem: es werden stets nur **Bestätigungen** akzeptiert (vgl. **Das Experiment und die Wahrheit**)! Wie auch immer, man sucht ja nicht nach der Wahrheit (die braucht man schließlich nicht zu **suchen**, weil man sie bereits **gefunden** hat), sondern nach der Bestätigung vorgefasster Meinungen!

So etwas nenne ich Dogmatismus!

Und noch ein Problem taucht im Zusammenhang mit der ART auf: Im Rahmen dieser Theorie gilt, weite Bereiche der philosophischer Erwägungen schlicht ignorierend, der (physikalische) **Raum**, respektive dessen Eigenschaften, als etwas empirisch Erfahrbares. Weiterhin: Die Verknüpfung von Massendichte und Metrik wirft aber nach wie vor das Problem des ungeklärten **Massenbegriffs** auf. Woher nehmen wir nun eigentlich die **Masse**?

sich möglicherweise umkehrt. Der „Welten-Untergang“ ist nicht in Sicht. Daraus folgern einige Astronomen messerscharf: Es gibt **großräumig** eine Art „Antigravitation“, die diesen Widerspruch angeblich beseitigt. Einerseits „existiert“ mehr Masse, als man gemeinhin annahm - andererseits muss diese „positive Masse“ mit ihrem gravitativen Einfluss durch eine „negative Gravitation“ kompensiert werden, um **allen** Beobachtungstatsachen gerecht zu werden.

Tatsache ist: Die Interpretation von Beobachtungsergebnissen auf unterschiedlicher Ebene führt im Rahmen gegebener Theorien zu Widersprüchen, die man mit Hilfe von „Geister-Massen“ zum einen und „Geister-Kräften“ zum anderen auflösen möchte.

der Gesamtmassen der Galaxien ausmachen. Der **direkten** astronomischen Beobachtung wären demgemäß lediglich etwa 10% der Galaxien-Massen zugänglich! Und - sollte man der Interpretation der astronomischen Beobachtungen tatsächlich Glauben schenken - das „Massen-Defizit“ wird um so größer, je weiter wir uns an „übergalaktische“ Strukturen heranwagen.

Das Verhältnis der direkt beobachtbaren zu den nicht sichtbaren Massen wird immer kleiner - und immer unverständlicher.

Weiter oben erwähnte ich mögliche relativistische Weltmodelle. Und eine besondere Rolle - dies deutete ich bereits an - spielte die mittlere Massendichte des Universums. Oberhalb einer bestimmten Massendichte müsste - so die bisherige und nunmehr veraltete Darstellung - das Universum kollabieren. Da nun diese - **indirekt über die Bewegung der Galaxien** ermittelbare - Dichte 10 bis 100mal größer ist, als traditionelle Beobachtungen es vermuten lassen, könnte man annehmen, dass der Kollaps unausweichlich sein müsste. (Hierbei berücksichtige ich die wahrscheinliche hierarchische Strukturiertheit des uns durch Beobachtung zugänglichen Teils des Universums nicht.) Dies aber scheint nicht so zu sein. Die „Galaxienflucht“ - glaubt man **anderen** Beobachtungsergebnissen - scheint ungebremsst vonstatten zu gehen. Hierzu, als Wiederholung, einige bereits zitierte Sätze aus dem **SPIEGEL**:

Eine bislang unverständene Energie - die sogenannte kosmologische Konstante - trieb sodann die Galaxien auseinander und blähte, die Explosion des Urknalls verstärkend, den Weltraum weiter auf. „Eine kosmische Antigravitation“ sei entdeckt worden, so umschrieb es „Science“ im vergangenen Februar.

Fassen wir die bisherigen Ergebnisse zusammen:

1. Die Potenzen der **Newtonschen** Mechanik ermöglichten es, im 19. Jahrhundert einen zuvor nicht gesichteten Planeten zu entdecken. Eine „dunkle Masse“ wurde im Teleskop sichtbar, weil man ungefähr wusste, wo sie zu suchen war.
2. **Geringfügige** Abweichungen der Merkurbahn von der theoretischen Erwartung wurden nicht mit Hilfe eines noch nicht entdeckten Planeten erklärt, sondern durch eine qualitativ neue Theorie (Allgemeine Relativitätstheorie).
3. Die beobachtbaren lokalen Bewegungen der Galaxien (Rotation) und der Galaxien-Haufen (Relativbewegung der Galaxien untereinander) veranlassen die Wissenschaftler zur Annahme, dass es neben der direkt beobachtbaren Materie, die angeblich nur 1% bis 10% der Gesamtmasse ausmachen soll, eine bislang unentdeckte Materieart geben muss, die das gesamte astronomische Geschehen gravitativ dominiert.
4. Die globalen Bewegungsverhältnisse („Galaxienflucht“) widersprechen der Annahme, dass ab einer bestimmten mittleren Massendichte die Expansion gebremst wird und der Prozess

Ohne auf Einzelheiten eingehen zu können, führt die logische und historische Analyse (hier nur oberflächlich angedeutet) bestehender Anschauungen zur Überzeugung, dass irgend etwas nicht stimmen **kann**. Bitte beachten: Für ziemlich mickrige Effekte (Pkt. 2) musste eine völlig neue Theorie herhalten. Doch bei gravierenden Widersprüchen (Pkt. 3 und Pkt. 4) denkt man nicht darüber nach, dass möglicherweise die bestehenden physikalischen Theorien völlig ungeeignet sein könnten, die Wirklichkeit zu erfassen, welche sich - schon wieder einmal - als viel komplexer entpuppt als man es gerne hätte.

Nichts gegen - nun ja - etwas gewagte und überaus kühne Hypothesen. Doch dass solche Dinge völlig unreflektiert und kritiklos in der „seriösen Presse“ dem staunenden Publikum offeriert werden, gibt seinerseits selbst genügend Anlass zum Staunen. Wer jedoch glauben sollte, dieser pseudowissenschaftliche Unsinn ist nicht mehr steigerungsfähig, sei durch einige ergänzende Sätze aus dem **SPIEGEL** eines schlechteren belehrt:

Keineswegs ist der Kosmos, jahrmilliardenlang von der Schwerkraft gebremst, in seiner Expansionsbewegung müde geworden. Statt dessen nimmt die Geschwindigkeit, mit der sich das All ausdehnt, ständig zu - als sei irgendwo im Universum eine geheime Energiequelle verborgen.

Was ist diese Kraft, die Welt immer schneller auseinanderreibt?...

Dass es eine auseinanderreibende Kraft, eine Antigravitation über kosmische Distanzen doch gibt, kann als wissenschaftliche Sensation gelten. Verstanden sei diese Fernwirkung noch nicht. Doch über deren Herkunft hegen die Theoretiker immerhin eine „starke Vermutung“ ...: Es sei das Nichts selbst, das den Raum auseinanderdrückt. Dem Vakuum, der Leere zwischen den Galaxien, wohne eine Energie inne, die sich Platz zu schaffen suche.

Begründet ist mit solchen Metaphern noch nicht allzuviel; so versuchen die Kosmologen, je nach wissenschaftlichem Temperament, sich auf unterschiedliche Weise daran zu gewöhnen, dass sich etwas Unbekanntes in ihr Weltbild geschlichen hat. ...

Nach den letzten Ergebnissen steckt die Gesamtenergie des Alls zu fast drei Vierteln, in der geheimnisvollen Kraft, die aus dem Nichts kommen soll.

Wieder einmal fühlt sich Andrej Linde (russischer Kosmologe, W. N.), der Magier aus Moskau, bestätigt. Er verfißt schon seit geraumer Zeit eine phantastische Theorie, in der das Nichts die Hauptrolle spielt: Das ganze Weltall sei daraus entstanden. Eine Energiezuckung des Vakuums hat seiner Ansicht den Urknall in Gang gesetzt. Und wenn die Entstehung des Universums mit so wenig Aufwand zu bewerkstelligen ist, sei auch nicht einzusehen, weshalb es nur ein Universum geben soll. ...

Ausgangspunkt von Lindes Überlegungen sind Blitze aus dem Nichts, sogenannte Fluktuationen, wie sie von Teilchendetektoren am Cern tatsächlich bemerkt wurden: Weil das Vakuum energiegeladen ist, treten darin Energieballungen auf, die nach Momenten, viel kürzer als eine millionstelmilliardstel Sekunde, von selbst wieder vergehen. ...

So würde „bei mehr als 10 Billionen Grad Temperatur“ (Linde) ein Universum geboren.

„Unendlich viele Universen“ („Multiversen“) könnten auf diese Weise entstanden sein, argumentierte Linde; das von den Menschen bewohnte sei nur wie eine Blase in einem gewaltigen kosmischen Schaum. ...

Gehört seine Theorie von den vielen Universen damit ins Reich der Mythen? „Es ist Metaphysik“, sagt Linde lächelnd. „Aber gute Metaphysik.“ Immerhin stehe seine Lehre von den Urknällen am laufenden Band nicht im Widerspruch zu den Naturgesetzen.

Damit will ich es bewenden lassen. Bei aller Toleranz: Nicht einmal als science fiction würde ich diese „Erkenntnisse“ gelten lassen. Doch einen weiteren köstlichen Ausspruch des Kosmologen Andrej Linde möchte ich dem geeigneten Leser nicht vorenthalten:

„Jetzt weiß ich, wie Gott das All schuf.“

„Wie Gott das All schuf“, werden wir sicherlich nie in Erfahrung bringen. Doch einer Tatsache dürfen wir jetzt schon gewiss sein: So wie die Kosmologen es uns weismachen wollen, war es mit Bestimmtheit **nicht**.

Man stelle sich vor, irgendein „armer Irrer“ würde heutzutage ein stinknormales perpetuum mobile zum Patent anmelden wollen. Undenkbar! Eine Einrichtung, die Arbeit zu leisten vermag, ohne dass ihr - wie auch immer - Energie zugeführt werden muss, ist physikalisch unmöglich. Das weiß fast jedes Kind. Aber die permanente Entstehung von „Universen aus dem Nichts“ ohne Unterbrechung verstößt angeblich gegen keinerlei physikalische Gesetze! Spätestens jetzt - aber **allerspätestens!** - sollte man den „allwissenden Wissenschaftlern“ kein Wort mehr glauben, da sie längst dem festen Boden des Rationalen entschwebt sind.

Auch sollte man sich - **spätestens jetzt** - mit der Analyse des physikalischen Weltbildes beschäftigen, das all diese phantastischen Auswüchse angeblich zulässt. Diese Analyse beinhaltet dann unter anderem auch die Untersuchung der Grundbegriffe der Physik. Und zu diesen Begriffen zählt beispielsweise der Begriff der Masse. Der „ungeschulte Beobachter“ könnte schließlich auf die Idee kommen, dass erst dann, wenn **alle grundlegenden** Fragen geklärt sind, auch die daraus abgeleiteten Folgerungen sinnvoll sein können. Doch bereits bei der Analyse des Massenbegriffs werden methodische Ungereimtheiten sichtbar, die letztlich alle - **alle!** - davon abhängigen Theorien - und es gibt keine, die den Massenbegriff nicht im Repertoire hat - als fragwürdig erscheinen lassen.

Ach so: Auf den angeführten **SPIEGEL**-Artikel „**Der erschöpfte Schöpfer**“ bin ich gar nicht erst eingegangen. Wie nahe also sind sich Wissenschaft und Religion mittlerweile gekommen?

Nahegekommen sind sie sich überhaupt nicht. **Aber die Wissenschaft selbst ist zu einer neuen Religion geworden!**

Bestandteil aller Religionen sind irgendwelche Schöpfungswunder und der Glaube an die Unfehlbarkeit jener Priester, die solche Wunder verkünden. Nun hat die vorgeblich seriöse Wissenschaft ein nicht mehr steigerungsfähiges Wunder kreiert, das in dieser Form meines Wissens (ich bin da kein Fachmann) in noch keiner anderen Religion vorkam: Die Erschaffung und Vernichtung von Welten ohn' Unterlass. Die Wissenschaft ist der Religion nicht **nahegekommen**, sondern **übertrifft** alle Religionen und Mythologien bei weitem. Zwar glaube ich nicht, dass die Mehrheit der Wissenschaftler voll hinter diesem groben Unfug steht; dass aber solche Phantastereien überhaupt zur Kenntnis genommen und möglicherweise ernsthaft diskutiert werden, stimmt nachdenklich.

Dann haben wir noch ganz andere Mächtgern-Götter vorzuweisen: die Molekularbiologen mit ihrer Gen-Forschung und -Technologie. Auch nicht sonderlich ängstliche Gemüter sollten sich schon 'mal langsam auf das Fürchten vorbereiten. Nur an jene „hysterischen Panikmacher“ sei erinnert, die - vor Jahrzehnten bereits - auf die Gefahren der Kernenergie aufmerksam machten. So gesehen sind die kosmologischen Spinnereien vergleichsweise harmlos - wären sie nicht symptomatisch für die Selbstüberschätzung einer selbsternannten Wissenschafts-Elite.

Und die „seriöse Presse“ (die einschlägigen populärwissenschaftlichen Periodika inklusive) beteiligt sich in einer bemerkenswerten, zur intellektuellen Selbstaufgabe tendierenden, Autoritätsgläubigkeit und geradezu peinlichen Spezialisten-Hörigkeit an der Verdummung derjenigen, die, als wehrlose Steuerzahler, jenen gigantischen Verdummungs-Prozess auch noch finanzieren „dürfen“. Und schließlich gibt es jene ungezählten Lehr-, Fach- und Sachbücher sowie die einflussreichen (selbstverständlich englischsprachigen) Wissenschafts-Journale, welche die Basis bilden für die Verbreitung aller neuen und ernstzunehmenden Weisheiten.

Ich kann mir nicht helfen, ich finde das Ganze ein wenig seltsam.
Sehr seltsam, wenn ich ehrlich sein soll.

Nachtrag 22.02.2003

Die Forschung, auch auf kosmologischem Gebiet, hat derweil natürlich Fortschritte gemacht. Und über den aktuellen Stand (Februar 2003) der Erkenntnisse kann man sich bei der NASA informieren:

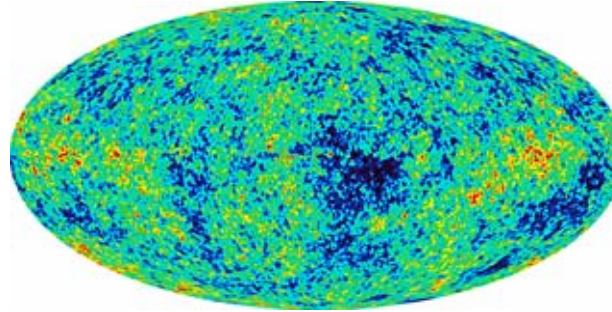


Bild NASA

The Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) team has made the first detailed full-sky map of the oldest light in the universe. It is a "baby picture" of the universe. Colors indicate "warmer" (red) and "cooler" (blue) spots. The oval shape is a projection to display the whole sky; similar to the way the globe of the earth can be projected as an oval.

The microwave light captured in this picture is from 380,000 years after the Big Bang, over 13 billion years ago: the equivalent of taking a picture of an 80 year old person on the day of their birth.

Diese Abbildung zeigt uns - so die NASA - ein getreues Abbild der spektralen Verteilung der so genannten Hintergrundstrahlung im Mikrowellenbereich - 380000 Jahre nach dem Urknall wie es heute empfangen werden kann. Desweiteren erfahren wir (http://map.gsfc.nasa.gov/m_mm/mr_age.html), dass das Alter des Universums mit neuer Genauigkeit ermittelt werden konnte: 13,7 Milliarden Jahre gelten nunmehr exakt als das Weltenalter.

Auch die Angaben über die Materie des Universums konnten präzisiert werden. Hier die genaue Zusammensetzung des Universums (http://map.gsfc.nasa.gov/m_or/m_or3.html):

Content of the Universe

The Universe is much more than what meets the eye. The contents of the Universe include 4% atoms. This is ordinary matter, the stuff from which stars and everything we see and touch is made. WMAP data reveals that 23% of the Universe is unseen dark matter, a mysterious form of matter intrinsically different from atoms. This matter does not radiate light like ordinary matter, but is detected only indirectly by its gravity. Most of the Universe, 73%, is a mysterious form of energy, dubbed dark energy, that acts as sort of an anti-gravity force and is responsible for accelerating the expansion of the Universe.

Also: Nur etwa 4% der Gesamtmasse bestehen aus stinknormaler Materie, jener Materie also, mit der wir unseren alltäglichen Umgang pflegen und mit der die "gewöhnlichen Astronomen" via elektromagnetische Wellen Kontakt aufnehmen. Die unsichtbare **Kalte Dunkle Materie** ("**a mysterious form of matter**") - davon ist in "Gottes Urknall" vorrangig die Rede - macht immerhin 23% aus, nicht 90% bis 99%, wie aus älteren Quellen zu erfahren war. (In galaktischen Dimensionen gelten derweil noch 90%. Oder...?) Den Löwenanteil übernimmt neuerdings die "**Dunkle Energie**" ("**a mysterious form of energy**"), die dafür sorgt dass die Expansion des Weltalls nicht nur nicht gebremst, sondern gar beschleunigt wird. Dies ist die "Antigravitation", die auch im obigen Beitrag erwähnt wurde.

LITERATUR

Fahr, Hans Jörg: Der Urknall kommt zu Fall, Franck-Kosmos, Stuttgart, 1992

Fahr, Hans Jörg: Universum ohne Urknall, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg - Berlin - Oxford, 1995



Die Welt, die werden wir wohl nie ergründen, doch haben wir schon viel gewonnen, verstehen und respektieren wir **unsere Welt**.
Der Welt ist das egal; **unsere Welt** honoriert dies damit vielleicht, dass sie uns unter Umständen noch ein kleines Weilchen toleriert.

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Wenngleich ich fast am Ende diese Textes angelangt bin, heißt dieses vorerst letzte Kapitel „Zwischenbilanz“. Auch da ist schon Übertreibung mit im Spiel. Dennoch haben wir vielleicht etwas erreicht. Ich versuchte, eine unvoreingenommene Analyse der Physik als die exakte Naturwissenschaft zu erstellen. Die wohl wichtigste Aussage ist die, dass selbst dieses Muster einer - angeblich - ach so exakten Naturwissenschaft von vielen willkürlichen Elementen beherrscht wird. Dies ergibt sich aus der historischen Entwicklung. Nur, welche Konsequenzen ergeben sich daraus? - Eine der Konsequenzen wäre anzunehmen, das Ziel der physikalischen Forschung, eine möglichst objektive und umfassende Kenntnis der realen Zusammenhänge der Natur zu gewinnen, sei ein illusorisches Ziel. Verschiedene philosophische Strömungen erarbeiteten genau diesen Standpunkt, der völlig unbegründet nun wirklich nicht ist. Doch auch hier ist es sinnvoll, sich den geschichtlichen Verlauf der (Natur)Philosophie und der sich von ihr abspaltenden (Natur)Wissenschaften vor Augen zu führen. In einigen Punkten ging ich auf bestimmte Zusammenhänge ein, ohne Geschichte der Wissenschaften betreiben zu wollen. Dies wäre im Rahmen dieser Ausführungen ein recht überzogener Anspruch.

Als ersten Systematiker in Dingen Wissenschaft finden wir vielleicht im Griechen **Aristoteles**, der das zu seiner Zeit vorhandene Wissen zusammenfasste und die Grundlage bildete für alles, was etwa die nächsten eineinhalb Jahrtausende zu gelten hatte. Sein Bestreben war es, diese Wissen aus möglichst allgemeinen Grundsätzen ableiten zu wollen. Dieser Versuch konnte aber auf dem damaligen Niveau der empirischen Kenntnisse nicht zu einem wirklichen Erfolg führen - wie wir heute einschätzen. Die römisch-katholische Kirche fand in der Philosophie des Aristoteles genügend Anknüpfungspunkte, die Divergenzen zur Heiligen Schrift so gering wie möglich zu halten (was nicht gänzlich problemlos verlief, da viele **Aristotelische** Aussagen den Lehrmeinungen der Kirche zuwiderlief). Wissenschaft bestand darin, zu interpretieren: die Bibel auf der einen Seite und die Schriften des besagten Philosophen auf der anderen. Die mittelalterliche Scholastik bildete den Höhepunkt jener Vorgehensweise, den Glauben durch Wissen bestätigen zu wollen, die wir heutzutage anscheinend gar nicht recht nachvollziehen können. Zwei Quellen des „Glauben-Wissens“ also gab es: Die Bibel (theologische Basis höchster Präferenz) und die Auffassungen der nunmehr klassischen griechischen Philosophie (die wissenschaftliche Basis). Da es letztere gab, hatte man nicht mehr nötig, den ursprünglichen **Aristotel** ischen Empirismus erneut aufzugreifen und zu vervollkommen, da ja alles bereits getan war.

An die dritte Quelle der Erkenntnis zu denken, schien völlig außerhalb der üblichen Denkschemata zu liegen. Und dennoch gab es Männer, die sich darüber Gedanken machten, nicht nur das ererbte Wissen als Grundlage zu nehmen, sondern die Natur selbst zu „befragen“, indem sie Beobachtungen anstellten oder gar selbst Experimente ersannen, um zu Aussagen über bestimmte Dinge zu gelangen, so wie sie eben sind. Verschiedene Namen nannten wir: **Descarts** (in anderen Zusammenhängen) und Galileo **Galilei**. Letzterer schließlich gab sich nicht damit zufrieden, zu glauben, was **Aristoteles** behauptete, sondern begann, bestimmte Aussagen zu überprüfen, indem er beispielsweise (so jedenfalls wird es allgemein gelehrt) durch seine berühmten „Fall“-Versuche die **Aristotelische** These, dass unterschiedlich schwere Körper auch unterschiedlich schnell fallen, selbst zu Fall brachte. Er ließ Kugeln eine schiefe Ebene hinabrollen und maß die Zeiten, die sie für bestimmte Strecken benötigten. Derartige Versuche waren reproduzier- und damit nachvollzieh- und überprüfbar. Und genau solche Versuche zeigten die Schwachpunkte bisherigen Wissens. Man muss beobachten und messen, um etwas über die Natur aussagen zu können und nicht nur das glauben, was die anerkannten Autoritäten vor Jahrhunderten ersannen. Und wenn man dabei die schon recht weit entwickelte Mathematik einzusetzen in der Lage war, so hatten die Ergebnisse solchen Vorgehens sehr hohe Beweiskraft.

Den Übergang von der recht oberflächlichen Empirie und losgelösten (aber nicht immer völlig abwegigen) Spekulation zur wahrhaft experimentell-empirischen Forschung war jene Wende, welche wir die erste „wissenschaftlich-technische Revolution“ nennen könnten („technisch“ auch deshalb, weil man

begann, technische Hilfsmittel - z.B. das Fernrohr durch **Galilei** - zudem für die Zwecke der Beobachtung einzusetzen).

Wenngleich aus heutiger Sichtweise immer gern betont wird, wie schwer neues Gedankengut es hatte, sich durchzusetzen, so darf man dabei nicht übersehen, wie schnell dieser Vorgang sich objektiv in Wirklichkeit vollzog. Hundert oder zweihundert oder auch tausend Jahre sind keine historisch nennenswerten Zeitspannen. **Newton** wurde dreiundvierzig Jahre nach **Bruno**s Verbrennung und ein Jahr nach **Galilei**s Tod geboren. Und genau seine Arbeiten bestimmten - ebenfalls zum Dogma erstarrt - weitere zweihundert Jahre das physikalische Denken überhaupt, welches die Empirie zur „alleinseligmachenden“ Verfahrensweise werden ließ und sich von „metaphysischen Spekulationen“ fernhielt. Gerade die Erfolge dieser Methode ließen jegliche Kritik abprallen. Sein „hypotheses non fingo“ sollte sich darauf wohl beziehen, dass es nicht sinnvoll ist, sich mit irgendwelchen „metaphysischen Hintergründen des Seins“ und mit dem Fragen nach dem Warum zu befassen, wobei allerdings bestimmte Arbeitshypothesen, als solche aber auch deklariert, nicht nur nicht schädlich waren, sondern wichtige Voraussetzung bildeten, überhaupt voranzukommen. Denn schon das Gravitationsgesetz wies bereits in seiner ursprünglichen Fassung, die bis **Einstein** als unantastbare Wahrheit galt, ungeheure spekulative Elemente auf. Ein solches Gesetz kann nicht als induktive Verallgemeinerung vorhandener Tatsachen formuliert werden. Die Bedeutung der **Newton** schen Theorien lagen vor allem darin, „irdische Physik“ und „Himmelsmechanik“ nicht mehr als völlig unvereinbare Gegensätze annehmen zu müssen. Newton überbrückte ein schier unüberbrückbare Kluft, die allerdings aus unserer Perspektive weniger unüberwindlich sich darbietet, als es zu seiner Zeit erscheinen musste. Die Trennung von „Himmel“ und „Erde“ schließlich ist historisch und kulturell jedoch nicht objektiv bedingt, hatte aber zur Folge, dass die Bewertung wissenschaftlicher Erkenntnisse dieser Bedingtheit folgte.

Heutzutage birgt ein Sandkorn mehr physikalische Rätsel, als der sichtbare Sternenhimmel im Sinne der (damaligen) Mechanik je verbarg. Die Bewegung der Gestirne zu erkennen, war herausragendes Wissen und Verstehen. dass in den Sternen hochkomplexe kernphysikalische Prozesse bestimmend sind und die Voraussetzung unserer Existenz bilden, blieb zu erkennen erst dem 20. Jahrhundert vorbehalten. Was bedeutet daran gemessen die Kenntnis der Planetenbahnen?! Und doch war jene Kenntnis ein gewaltiger Schritt in Richtung Wahrheit. Wie bescheiden dieser kleine Teil Wahrheit sich wahrhaft ausnimmt, sind zu beurteilen nicht einmal wir in der Lage. Doch **Newton** selbst ahnte wohl etwas von den Grenzen des Verstehens, wobei es im Nachhinein schwer fällt, zwischen wissenschaftlicher Einsicht und religiös gefärbter Bescheidenheit zu unterscheiden; und vielleicht ist letzteres auch gar nicht so wichtig.

Jedoch - das nannte ich die „Determiniertheit des Erkenntnisprozesses“ - bestimmte dieses äußerst kleine Mosaiksteinchen der Erkenntnis die Art und Weise, wie die weiteren Steine des empirischen Wissens ihren Platz einzunehmen hatten im Gesamtbild des Erkennens. Die „metaphysischen Spekulationen“ eines Giordano **Bruno** fügten sich nicht in das sich etablierende Bild ein; und erst sehr viel später wurde die Tragweite seiner Visionen voll begriffen (wenn überhaupt), zumal damals nicht einmal die wissenschaftlichen Größen den Gedanken **Bruno**s zu folgen vermochten. Nicht etwa nur aus Angst vor der Inquisition, sondern aus wirklicher Überzeugung.

Eine der bedeutendsten Persönlichkeiten unter den Philosophen der Neuzeit finden wir in Immanuel **Kant** (1724-1804), der sich kritisch mit der Erkenntnistätigkeit und -fähigkeit des Menschen auseinandersetzte. Hier jetzt detailliert auf seine wichtigsten Aussagen einzugehen, wäre übertrieben. Jedenfalls distanzierte er sich vom „plumpen Empirismus“ und versuchte, sich nicht nur mit der Wissenschaft zu befassen (Hypothesen über spezielle naturwissenschaftliche Gebiete gehörten zunächst ebenso zu seiner Arbeit), sondern im Wesentlichen damit, wie Wissenschaft überhaupt möglich ist und welche Grenzen der menschlichen Erkenntnis grundsätzlich gesetzt sind. Und auch mit jenem Widerspruch setzte er sich auseinander, dass die menschliche Vernunft bestimmten Fragen nachgeht, um zugleich zu erkennen, dass die Beantwortung dieser Fragen außerhalb deren Reichweite liegt. Nur zur Erkenntnis der Erscheinungen können wir gelangen, das „Ding an sich“ bleibt uns für immer verborgen, da wir es ausschließlich durch die Brille unserer „Anschauungs- und Denkformen a priori“ betrachten können.

Als Philosophie erlangten die Gedanken **Kants** Beachtung und Bedeutung. Als Wissenschaftswissenschaft jedoch wirkten sich seine erkenntniskritischen Überlegungen überhaupt nicht aus. Mit einer solchen Auswirkung sei nicht das Übernehmen der **Kantschen** Anschauungen gemeint, sondern zu begreifen, dass die Ausgangspunkte und Fragen der Philosophie, auch eines Immanuel **Kant** (natürlich nicht nur), gerade für die Naturwissenschaft von äußerster Wichtigkeit sind - oder zumindest wären. Bewertungen von erkenntnistheoretischen Standpunkten - und das gilt allgemein - bezogen sich immer interpretativ auf ein pro und contra, nicht auf die inhaltliche Analyse der Gedanken selbst, die auch dann zu sinnvollen Einsichten führen kann, übernimmt man dieses Gedankengut nicht in seiner Gesamtheit, sondern setzt sich wirklich kritisch mit allen möglichen - so man sie überschauen kann - Gesichtspunkten auseinander.

Doch die Physik war - und ist - dermaßen auf die „empirische Schiene“ fixiert, dass erkenntnistheoretische Überlegungen allenfalls den Zweck der Interpretation des nun einmal gegebenen Erkenntnisstandes zum Ziel und lediglich der Fixierung des status quo zu dienen hatten und haben.

Das Experiment ist die oberste Instanz bei der Einschätzung von Hypothesen und Theorien. Um also überhaupt voranzukommen, müssen angemessene Experimente durchgeführt werden. „Angemessen“ heutzutage heißt, es geht um Millionen- oder gar Milliardenbeträge. Die Analyse dieser Dinge könnte recht interessant werden, zumal dem exponentiellen Wachstum der Kosten irgendwie irgendwann irgendwelche Grenzen gesetzt sind. Den Status der Grundlagenforschung eines Landes wird am Forschungsbudget gemessen. Wo viel ausgegeben wird, geht es der Forschung gut - wo wenig(er), dementsprechend schlecht(er). Was wollen wir eigentlich erreichen? - Doch „nur“ wissen, wie die Natur eigentlich - „funktioniert“. dass wir mit unserer Erkenntnistätigkeit nicht gar zu weit uns von der Realität befinden, suggerieren die Erfolge von Wissenschaft und Technik, welche man allerdings etwas distanzierter betrachten sollte. Dann nämlich könnten sie sich als weitaus bescheidener herausstellen, so bescheiden, wie sich - objektiv beurteilt - die Kenntnis der Bewegung der Himmelskörper ausnimmt, messen wir sie an den noch unbegreiflichen Bewegungsgesetze der Atome und deren Teile.

Mein Ziel war es nicht, die eine oder andere Erscheinung zu erklären, sondern aus der Analyse der Grundlage der Physik, die nach wie vor die klassische Mechanik ist, herauszufinden, welche Widersprüche in ihr von vornherein enthalten sein könnten, um daraus relevante Fragen abzuleiten. dass Widersprüche existieren, beweist die Physik in ihrer gegenwärtigen Fassung. Wo die Widersprüche ihren Ursprung haben, versuchte ich (ansatzweise) zu ergründen.

Was eigentlich sind Erfahrungstatsachen? - Die Gesetze des freien Falls mit Sicherheit. Können aber solche Kenntnisse als Ausgangsbasis für alle weiteren Überlegungen dienen? - Genau das können sie nicht! Nehmen wir solche Vorgehensweise als Modell für Wissenschaft überhaupt, so führt das zu jenen erkenntniskritischen Haltungen, die in der Vergangenheit als Bestandteile verschiedenster philosophischen Schulen Bedeutung erlangten.

Wie unter anderem auch **Einstein** - als Physiker - mehrfach betonte, gibt es keinen direkten Weg von der Erfahrung zur Theorie. Die „naturwissenschaftliche Wende“ zugleich war mit der Überbewertung des Empirischen verbunden. Trotzdem war gerade zu jener Zeit dieser „platte Empirismus“ durch die führenden Köpfe seiner Zeit selbst in Frage gestellt worden. Der **Kopernikanische** Gedanke war nicht neu und nicht aus der unmittelbaren konkreten Erfahrung geboren, sondern er befand sich - zunächst - in vollem Widerspruch zu eben jener. Nur als Denkmodell konnte man einstweilen die heliozentrische Anschauung akzeptieren. Erst die Konsequenzen dieser Denkmöglichkeit ließen indirekte Schlüsse darüber zu, wie es um die „wahre Bewegung“ der Gestirne bestellt sein könnte.

Auch **Kepler** ging diesen indirekten Weg. Das Faktenmateriel des Tycho **Brahe** in das uns bekannte System der **Keplerschen** Gesetze zu bringen, setzte ein gewaltiges Maß an spekulativer Vorwegnahme voraus. Und genau **Kepler** testete mehrere Denkmodelle, ohne vorher zu wissen, welches der Realität wirklich entsprach. Erst die Konsequenzen, die sich aus einem solchen Modell ergaben, konnten mit den Beobachtungsdaten in Einklang gebracht werden - oder auch nicht. Letzteres hatte zur Folge, ein neues Denkmodell als Grundlage zu nehmen. Dieses iterative Vorgehen ist kennzeichnend für die konkrete Problemlösung. Doch kommt man nicht umhin, dieses Vorgehen auch für den gesamten Erkenntnisprozess zu fordern und nicht nur auf einzelne Teilprozesse anzuwenden.

Allgemeine, integrierende Erfahrungen sollten über dem einzelnen Experiment stehen, welches immer einer Interpretation bedarf. Das Problem: Wie ist es möglich, ohne im Besitz allgemeiner Wahrheiten zu sein, zu den wesentlichen Erfahrungen zu gelangen, bzw. bekannte Fakten als wesentlich oder unwesentlich zu erkennen und Epiphänomene von den wichtigen Dingen zu trennen? - Auch hier hilft nur das kompromisslose iterative Vorgehen, dabei das Risiko eingehend, sich auch von lieb gewordenen Vorstellungen trennen zu müssen. Wer letzteres Risiko scheut, geht das viel schwerwiegendere Risiko ein, sich von der Wahrheit immer weiter zu entfernen.

Diese Aussage betrifft die einzelne Forscherpersönlichkeit in gleichem Umfang, wie auch die institutionalisierten Strukturen der heutigen Forschung sich dieser Wahrheit unterzuordnen haben. Was die erste Seite angeht, so dürfen wir - fast ohne Übertreibung - sagen, dass eine jener herausragenden Persönlichkeiten eben jener Johannes **Kepler** war, der sich von Fehlschlägen nicht beirren ließ und mehrere Denkmodelle erprobte, die ihm die Mathematik zu Verfügung stellte.

dass die heutigen Institutionen der Wissenschaft, zwar ebenfalls aus Menschen konstituiert, tatsächlich nicht unbedingt und immer dem Erkenntnisfortschritt dienen, kann fast schon als bewiesen gelten. Denn auch in heutiger Zeit zählt das „scholastische Prinzip“, Glauben (ererbtes Wissen) mit neuen Informationen zur Deckung bringen zu wollen. Diesem Prinzip ordneten sich auch hervorragende Forscherpersönlichkeiten unter. Max **Planck**

beispielsweise kann man fast als „Revolutionär wider Willen“ bezeichnen. Die Tatsachen ließen sich nicht leugnen. Die Konsequenzen dieser Fakten waren fast unannehmbar. Es geht um die „Rehabilitierung des gesunden Menschenverstandes“. Ein zu enger Bezug dieser Bezeichnung auf das, was der „Alltagsverstand“ auf Grundlage der Alltagserfahrung sich zu eigen macht, würde selbstverständlich zu Missverständnissen führen. Denn schon die Anerkennung der „wahren“ planetaren Bewegungsverhältnisse, kann als Attacke auf den gesunden Menschenverstand verstanden werden. Wir haben uns an viele dieser Dinge gewöhnt; und erst bei genauerem Nachdenken bemerken wir vielleicht das Problematische daran. Damit hat der Gewöhnungseffekt einen großen Einfluss auf das, welches unser - mehr oder weniger „gesunde“ - Menschenverstand gerade noch anzunehmen bereit ist. Wir können uns gedankenlos auch an Dinge gewöhnen, die bei einigem Nachdenken, überhaupt nicht zu akzeptieren sind. Der „Herdentrieb“ des Menschen leistet seinen eigenen Beitrag. Es ist einfacher und müheloser zu glauben, auch dann, wenn das, was zu glauben man bereit ist, einer exakten Analyse nicht wirklich standhält.

In der Wissenschaft spricht man selbstverständlich nicht vom Glauben. Dies wäre suspekt. Man spricht vom Wissen und Verstehen. Doch gerade die moderne Physik zeigt uns, dass überhaupt nichts mehr verstanden wird. Um es etwas härter - und anscheinend anmaßender - zu formulieren: Die Basis der Physik besteht einzig und allein aus mehr oder weniger bewusst zur Schau gestellten Glaubensbekenntnissen, über die nachzudenken, sich völlig erübrigt, da alles bereits getan wurde!

Wiederum stürzen wir uns in eine ausweglose Situation. Einerseits dürfen wir dem gesunden Menschenverstand einigermaßen trauen, bewegen wir uns in alltäglichen Gefilden, andererseits kann er uns, leichtfertig als absolute Richtschnur genommen, schnell in die Irre führen.

Für die Existenz der Menschen war es - einstweilen - unerheblich, ob sich die Erde um die Sonne oder die Sonne um die Erde bewegte. Wichtig war, es herrschte die Ordnung des Wechsels von Tag und Nacht (und die Jahreszeiten und Jahre usw.). In dieser Ordnung ist das Leben entstanden; und diese Ordnung bestand unabhängig davon, ob es in einem „höheren“ Stadium der biologischen Evolution einige, sich des aufrechten Ganges bemühende Lebewesen gab, die begannen, Überlegungen über diese Ordnung anzustellen.

Als „Herdentier“ bedurfte der Mensch sicherlich einiger Kommunikationsfähigkeiten, die sich als immer subtiler werdende Varianten der schon vorhandenen Verständigungsmöglichkeiten herauskristallisierten, als wir sie auf „niederer“ Stufe ebenfalls anzutreffen vermögen. Zunächst galt der „nackte Pragmatismus“ (dem sich die Wissenschaften allerdings wieder näherten). Die Beobachtung von Korrelationen zwischen den verschiedenen Naturphänomenen führte zu einem assoziativen Erfahrungswissen, welches dann erst zu einem sinnvollen - die Erhaltung der Art stützenden - Wissen wurde, musste nicht jedes Individuum alle Erfahrungen selbst erst nachvollziehen (das konnte tödlich enden). Damit war eine Stufe erreicht, auf der Informationen auf zwei Ebenen von Generation zu Generation vererbt wurden. Einmal sei die genetisch-biologische Ebene genannt, und zu anderen die individuell-soziale. Herdentiere weisen eine - überlebensnotwendige - soziale hierarchische Struktur auf. Nur indem sich das Individuum in diese Struktur einfügt, kann es überleben und indem es seinen Beitrag für das Überleben der Gruppe leistet. Rangordnungen müssen - oft im wahrsten Sinne des Wortes - ausgekämpft werden. An einen bestimmten sozialen Status in der Gruppe sind Privilegien, aber - und das ist das Ausschlaggebende - Verantwortung geknüpft. Nur ein „Anführer“, der dieser Verantwortung gerecht wird, kann seinen Status auf Dauer beibehalten. Da ich jetzt nicht allzusehr abschweifen möchte, brechen ich diese Thema an dieser Stelle ab, da sicherlich klar ist, worauf ich hinauswill.

Körperliche Stärke ist ein Merkmal für „Herdenführer“. Dies allein ist nicht ausreichend. Je intelligenter das Verhalten eines Rudels - z. B. bei der Jagd - ist, um so größer sind auch die Chancen der Erhaltung der Population. Mit der immer subtileren werdenden Kommunikation der Herdenmitglieder untereinander nahm der Stellenwert der „Ware“ Information zu. Wer sich in allen Dingen gut auskannte und möglichst viele Erfahrungen aufzuweisen hatte, besaß die Chance, sich eine gute bis privilegierte soziale Stellung zu erarbeiten. Wissen wurde unter Umständen zu einem Machtfaktor.

Nun nähern wir uns dem eigentlichen Problem. Das, was sich in der Theorie so mühelos darstellen lässt, hält in der Praxis einige Fußangeln bereit, die darin gipfeln, dass Macht und Verantwortungsbewusstsein eben nicht immer aneinander gekoppelt sind. Und das um so mehr, als dass die sozialen Strukturen immer umfangreicher wurden, was als eine Folge der hohen Populationsdichte anzusehen ist. (Zu hohe Populationsdichten führen wahrscheinlich immer zu Instabilitäten.)

Was die ganzen Abschweifungen mit den Planetenbewegungen zu tun hat? - Ganz einfach: Es gab sicherlich eine Zeit, als das Wissen um die „wahren“ Beziehungen und Hintergründe so ziemlich gleichgültig war. Hauptsache man wusste, was geschieht. Jedoch lässt sich die Frage nach dem Wie und Warum nicht auf ewig unterdrücken. Menschen, welche sogar solche Fragen zu beantworten imstande waren, hatten gute Aussicht auf eine gute Karriere. (Deren Problem: sie durften sich nicht irren. Auch das konnte tödliche Folgen haben.) Überspringen wir einige „Kapitel“ - ich habe mich ohnehin viel zu viel mit

Nebendingen befasst - und komme wieder auf den Ausgang des Spätmittelalters in Europa zurück, mit dem wir auch einen Umschwung in der astronomischen Weltauffassung verbinden können. Es gab Tag und Nacht und die Jahreszeiten. Und all diese Erscheinungen waren geknüpft an meteorologische und astronomische und biologische Erscheinungen, zwischen denen die bekannten Korrelationen bestanden. Wie bereits behauptet, war es für diese Korrelationen unerheblich, ob sich die Erde um die Sonne bewegt oder die Sonne um die Erde.

Nicht unerheblich jedoch war die Antwort auf die Frage nach der „wahren“ Bewegung für die führenden Ideologen in Europa zu jener Zeit. Irren ist menschlich. Natürlich menschlich. Gott irrt nicht, der ist unfehlbar. Diese Unfehlbarkeit färbte ab auf die Kirche als mächtige Institution, deren Wissen (hier „Glauben“ genannt) mehr oder weniger indirekt das Wissen Gottes war, und somit nicht angezweifelt werden konnte. Behauptete jemand etwas anderes als die „wahre Wahrheit“, so war klar, dass jener sich im Irrtum befinden musste. Irren ist ja menschlich. Und wenn solche Menschen sich davon überzeugen ließen, dass sie sich im Irrtum befanden, war es vielleicht nicht ganz so schlimm. Es gab aber auch solche verstockten Ketzer, bei denen alles gute Zureden nicht half. Die Flammen des Scheiterhaufens sind nichts im Vergleich zu den ewigen Flammen des Fegefeuers!

Man bekämpfte nicht nur andere Meinungen, sondern mit großer Verbissenheit jene Menschen, die Träger dieser Meinungen waren. Man „musste“ dies tun und zwar im Interesse der Stabilität der gegebenen gesellschaftlichen Strukturen, welche, durch Einzelinteressen gestützt, zu einem unveränderlichen Gefüge erstarrt waren. Nicht die Strukturen konnten sich verändern und an neue Gegebenheiten anpassen, sondern alles andere hatte sich diesen Strukturen unterzuordnen.

Das alles klingt absurd. Wo bleibt der gesunde Menschenverstand? Lässt er sich von Demagogie, Gewöhnung, Anpassung und Bequemlichkeit korrumpieren? Wo hört der Verstand auf, und was bleibt die Domäne der Moral? Sind Moral und Verstand überhaupt zu trennen?

Wo bleibt das Rationale?!

Betrachten wir die bekannte Menschheitsgeschichte, so scheint das Rationale eine nur unbedeutende Nebenrolle gespielt zu haben. Pseudo-Rationalismen konnten schon immer große Bedeutung erlangen und gewaltigen Schaden anrichten. Auch das Aberwitzigste und Irrsinnigste war immer begründbar. Hat sich daran grundsätzlich etwas geändert? - Wahrscheinlich nicht. Dies kann man pessimistisch deuten. Der Optimist argumentiert: Die Menschen gibt es immer noch. (Trotz alledem?)

Bringt uns Wissen weiter? Und ist alles vermeintliche Wissen in Wahrheit nur Glauben? Wissen entartet dann zum Glauben, wird es zum „unumstößlichen Wissen“. Das kennen wir. Wo aber finden wir den Ausweg? - Wer sich dessen bewusst ist, dass er einen Ausweg finden sollte, wird ihn - vielleicht - auch finden. Und gerade dieses Bewusstmachen ist das große Problem (und das - zugegeben äußerst unbescheidene - Anliegen dieses Textes).

Wie aber finden wir zum gesunden Menschenverstand - dem eigentlich Rationalen - zurück?

Der gesunde Menschenverstand ist eine durch die Erfahrung gestützte und durch die Logik kontrollierte Intuition, verstehen wir unter „Intuition“ die komplexe - und zu großen Teilen auf unterbewusster Ebene angesiedelte - „integrale Informationsverarbeitung“.

Was durch Erfahrung „bewiesen“ wurde, kann durch Erfahrung „widerrufen“ werden. Auch die durch die Logik kontrollierte Intuition“ ist wahrhaft nicht einfach zu handhaben. Von irgendeiner Basis muss man ausgehen, obwohl man nicht wissen kann, ob eine gewählte Basis die richtige ist oder möglicherweise auch nicht. Sollte sich jene Basis eines Tages als falsch erweisen, so muss man sich von ihr trennen. Die Entscheidung darüber, ob dieser Fall eingetreten ist, bleibt immer eine verstandesmäßige Entscheidung, die nicht im Widerspruch zur Logik sich befinden darf! Und solche Entscheidungen sind nicht algorithmierbar. Betrachten wir die Antworten der Physiker auf einige vorgebliche Ungereimtheiten des Verhaltens der Objekte auf atomarer und subatomarer Ebene, so sind auch hier Entscheidungen getroffen worden, die aber nicht darin gipfelten, noch einmal von vorn zu beginnen, da man auf eine Basis „unumstößlicher Wahrheiten“ sich verlassen konnte. Eine Absage an all die lieb gewonnenen Erkenntnisse wollte und konnte man nicht erteilen. Es war bequemer, anzunehmen, jene lieb gewonnenen Erkenntnisse, besaßen nach wie vor einen „Gültigkeitsbereich“.

Die Trennung vom gesunden Menschenverstand fiel schwer - aber sie wurde erzwungen. Damit trennte man sich jedoch auch von einem wichtigen Korrektiv, ohne das jede - in der Theorie prinzipiell unvermeidbare - spekulative Komponente zur unkontrollierten Spekulation degenerieren musste. Die so gewaltig scheinenden Erfolge der traditionellen wissenschaftlichen Methode, sich mit reproduzierbaren quantitativen Verifikationen und Falsifikationen zu begnügen, brachte das Aus für das wahrhaft Rationale, und damit für das Denken schlechthin. Etwas vereinfacht aber eingängiger formuliert: Erst begreifen - dann berechnen! Das, was sich gegenüber der antiken (im allgemein mit Griechenland in Verbindung gebrachten) Wissenschaft als Fortschritt erwies, wurde später zum Hemmnis des Erkenntnisfortschrittes.

Ein wichtiges Thema tauchte an einigen Stellen in diesem Text auf. Vielleicht ist dabei klar geworden: Um über die Physik zu sprechen, müssen wir über das Denken uns Klarheit verschaffen. Hier kann man dieser oder auch einer ganz anderen Meinung sein. Meine Meinung: Der Verstand ist flexibel - die traditionelle Wissenschaft ist es nicht. Dies war einer der wichtigen Kritikpunkte, mit denen wir uns auseinanderzusetzen hatten. Kritik zunächst ist destruktiv. Das ist normal. Doch als konstruktives Element konnten wir das notwendige iterative Vorgehen nennen, welches diese unentbehrliche Flexibilität realisiert. Wir müssen schon versuchen, Schein und Realität zu trennen. Dies geht nur durch Versuch und Irrtum. Jedes Festnageln bestimmter Standpunkte, lässt dem Schein die Oberhand gewinnen und behalten. dass bei einigen „Versuchen“ auch bestimmte metaphysische Motivationen eine gewichtige Rolle spielten, konnten wir am Beispiel **Keplers** erkennen. Dies aber waren keine Ad-hoc -Spekulationen, um bestimmte Positionen zu festigen, sondern - innerhalb der konkreten Aufgabenstellung - Ausgangsbasen, die sich als falsch oder auch als richtig erweisen konnten. Hierin unterscheiden sie sich - darauf sei in aller Deutlichkeit hingewiesen - gewaltig von den Spekulationen der modernen Physik!

Bei der Analyse der wichtigsten physikalischen Begriffe stießen wir auf die Problemstrecke der „Materialisation von Abstraktionen“. So weit bekannt, ist diese Sichtweise eines ganz bestimmten Ausschnittes aus der Vielfalt erkenntnistheoretischer Probleme zwar nicht wirklich neu, aber in der Konsequenz der Gedanken vielleicht doch. Wir versuchten, mit einigen Widersprüchen zurechtzukommen, die sich aus der Anwendung objektivierter Begriffe des Alltags ergaben. Objektivierung hieß Quantifizierung, hieß beobachten und messen. Doch gerade in dieser Verbindung stießen wir auf Probleme, die mit der positivistischen Denkweise in Zusammenhang gebracht werden konnten. Hier hatte man sich an bestimmte Dinge gewöhnt, die zwar in der Vergangenheit schon über Jahrhunderte im Blickfeld philosophischer Kritik standen aber kaum Auswirkungen im naturwissenschaftlichen Bereich zeigten.

Ich nannte Immanuel **Kant**. Und gerade er zeigte Möglichkeiten der Deutung des Raum- und des Zeitbegriffes. Diese Dinge seien „Anschauungsformen a priori“. Nicht der Realität seien sie entnommen, sondern unser Verstand stülpt diese Dinge der Wirklichkeit über. Dieses „a priori“ bedeutet ein vor aller individuellen Erfahrung im Denken des Menschen vorhandenes Muster, dem wir alle künftigen Erfahrungen unterzuordnen haben. Hier müssten wir zwei Dinge unterscheiden. Zum ersten können wir dieses „a priori“ im Sinne der genetisch vorgegebenen Fähigkeiten interpretieren, welche sich in einem Jahrmilliarden währenden Evolutionsprozess herausbilden konnten. Und zum anderen behauptete ich, dass der Zeitbegriff, als Abstraktion verstanden, doch irgendwie empirischer Natur ist. Dies muss kein Widerspruch sein, gehen wir davon aus, dass die Fähigkeit zur Abstraktion eben eine Fähigkeit a priori ist, ohne die wir nicht das wären, was wir sind.

Für uns jedoch war es wichtiger, den Widerspruch herauszuarbeiten, der mit der Objektivierung dieser Abstraktionen verknüpft war. Hier kam es darauf an, diese Abstraktionen nicht als Abbild realer Objekte betrachten zu dürfen. Besonders krasse Beispiele für die materialisierten Abstraktionen (Hypostasierungen) waren eben die Zeit, der Raum und die Kraft (als kausale Ursache). Ungeachtet philosophischer Ansichten ging die Physik ihren eigenen Weg, nicht beachtend, dass grundsätzliche Überlegungen zu den wichtigsten Grundbegriffen der Physik alle Vorbedingung ist, überhaupt mit der Wissenschaft zu beginnen. dass diese Einsichten zu **Galileis** und **Newtons** Zeiten noch nicht gereift sein konnten, bedarf wohl keines Kommentars. Doch Ausgang des 19. Jahrhunderts galt es, Schwierigkeiten zu überwinden, die in einem wirklichen Neubeginn hätten münden müssen! Dieser Neubeginn blieb aus. Das Ergebnis: Alle weiterführenden Hypothesen und Theorien entfernten sich, auf das in diesen Texten ansatzweise analysierte Fundament aufbauend, immer mehr vom Denken und damit letztendlich von der Realität, indem sich die moderne Physik nur noch mit materialisierten Abstraktionen herumzuschlagen begann. Die Mathematik, ursprünglich als wichtiges Hilfsmittel angenommen, verselbständigte sich und wurde zur eigenständigen Realität. Bei der Anwendung der Mathematik fragt sich kein Physiker mehr, worauf er eigentlich dieses Hilfsmittel anzuwenden hat.

Energie (unabhängig, mit welchen Worten sie im Laufe der Zeit bezeichnet wurde), ursprünglich ein Maß der Bewegung, wird zur Masse. Selbst das Vakuum bleibt nicht mehr die abstrakte begriffliche Verkörperung des Nichts, sondern wird u.a. durch quantenmechanische Energiezustände beschrieben (auf die ich nicht näher eingegangen bin). Die Wechselwirkungen werden durch virtuelle Quanten vermittelt, wobei zunächst Quanten nichts anderes waren als diskrete Energiezustände irgendwelcher Oszillatoren. Virtuelle Quanten werden dann zum Leben erweckt, führen wir ihnen Energie zu, die ja nichts anderes ist als Materie, nur in anderer Form.

Untersuchen wir zu allem Überfluss den **Urknall-Mythos**, so können wir schon zu dem Schluss gelangen: Die Dämonen und Götter haben uns wieder und - deren „Priester“ wahrscheinlich auch. Es sollte doch wichtige Aufgabe der Wissenschaften sein, für die uns gegebene Welt rationale Erklärungen zu finden. Der aktuelle Stand der Physik lässt bei unvoreingenommener Sichtung nur zwei Schlüsse zu: Entweder ist nun endgültig erwiesen, dass sich die Natur dem rationalen Erfassen grundsätzlich entzieht (keine Hürde für den Pragmatiker, für den eine „qualitative Erkenntnis“ gegenstandslos ist), oder dass lediglich der historisch gegebene Weg der Entwicklung der Physik als ein Irrweg sich erweist. Gehen wir dieses Problem optimistisch an, so bleibt uns nur die letzte Variante. Die Physik tendiert zur ersten Möglichkeit, was zur Folge hatte, dass die Hypothesen immer märchenhafter wurden, und dass die Einstellung der Physiker zu ihren eigenen Kreationen immer unkritischer zu werden begann. Und das Ideal der Naturforschung - die Beschäftigung mit dem, was objektiv real existiert - wurde zugunsten einer durch nichts und niemanden mehr Einhalt gebotenen ungezügelter Spekulation schon lange aufgegeben.

Irgendeine ganz banale Geschichte (in **Physik - was ist das?**) beschäftigte sich mit der wissenschaftlich völlig unsinnigen Wünschelrute. Mit solch abstrusen Angelegenheiten befasst sich kein seriöser Wissenschaftler. Da gibt es doch viel naheliegendere und einleuchtendere und wahrhaft seriöse Dinge! So weiß man - bei aller gebotenen Bescheidenheit natürlich - mit ziemlicher Sicherheit, wie das Universum entstanden sein muss und wann das ungefähr war! Eines baute auf dem anderen auf. Nie wurden grundlegende Erkenntnisse in Frage gestellt. Und so wandelte die Physik sich, ganz allmählich, fast unbemerkt, von der Wissenschaft zur Mythologie. Und die Phantasiesprünge waren, als einzelne Schritte betrachtet, nie so gewaltig, dass sie nicht von den Epigonen der Revolutionäre brav nachgesprungen wurden. Und von den Epigonen der Epigonen auch. Diesen evolutionären Prozess kann man nennen: **Historische Determiniertheit des Erkenntnisprozesses**. Diese Aussagen konnten wir dahingehend ergänzen, dass Theorien sich immer aus zwei Komponenten zusammensetzten: das überlieferte Wissen auf der einen Seite und auf der anderen Seite die empirischen Befunde der immer ausgefeilteren - und teureren - Beobachtungs- und Experimentiertätigkeit.

Wie lautet doch der Titel dieser Web-Seiten?

Die Physik in der Sackgasse?

Ersetzen wir das Fragezeichen doch ganz ungeniert durch ein Ausrufezeichen. Und dabei haben wir jetzt noch nicht einmal berücksichtigt, dass alle wichtigen Begriffe der Newtonschen Mechanik aus Zirkeldefinitionen hervorgingen.

Das Beunruhigende an der ganzen Angelegenheit sind nicht die Irrtümer; aus Fehlern kann - und muss - man lernen. Das geradezu Beängstigende ist die Macht der Autorität, die stärker ist als eigenes Denken, mächtiger ist als Logik und Ratio.

Das Beunruhigende an der Angelegenheit ist die Tatsache, dass - gerade in der fundamentalsten Wissenschaft - der Grundstein gelegt wird für das Irrationale. Ein Kampf gegen „Irrationalismen der anderen Art“ von einem so wackeligen Standpunkt aus muss grundsätzlich zum Scheitern verurteilt sein. Das Aufklärerische Wirken der Wissenschaften gibt es längst nicht mehr. Wer an die Wissenschaften glaubt, der glaubt daran, und wer nicht, der lässt es eben bleiben. Die Wissenschaft - leider - ist zur Glaubenssache missraten, weil sie schon lange nicht mehr nachvollziehbar ist.

[Home] [Seitenanfang]



Homepage

Einleitung

Physik

DPG-Beiträge

Kritik

Masse

Wellen

Pygmalion-Effekt

Erkenntnis

Ernst Mach

Die Zeit

Zufall+Notwend.

Gottes Urknall

Zwischenbilanz

Geschichten

Links

Der Autor

Diese Geschichten haben zwar mit dem Anliegen dieser Web-Site nicht direkt etwas zu tun, aber ein wenig Abwechslung kann ja keinen großen Schaden anrichten. oder?

Inhalt

1. [Das Zeitloch und der Kater](#)
2. [Angst](#)
3. [Die Insel](#)
4. [Der Autor](#)

5. [Der Elfte](#)
6. [Erwachen](#)
7. [Weltuntergang](#)
8. [Am Grab](#)

Das Zeitloch und der Kater

Wenn ich es recht bedenke, habe ich noch Glück gehabt. Vielleicht hätte es schlimmer kommen können. Von meinem Auto einmal abgesehen haben alle Beteiligten die seltsamen Ereignisse in den Nächten vom Freitag zum Sonnabend und vom Sonnabend zum Sonntag ohne Dauerfolgen gut überstanden, sieht man auch davon ab, daß sich mein Verhältnis zu Katzen erheblich verändert hat.

Mein Kumpel Bert hatte mich eingeladen. Und ganz ohne Alkohol geht so eine Einladung nie vonstatten. Bert meinte: „Du hast doch sowieso nichts zu tun. Und wo du wieder ‘mal glücklich geschieden bist, stirbst du eh an Langeweile.“ Das mit dem „wieder ‘mal“ hätte der sich ruhig sparen können. Sowas find’ ich taktlos. Ansonsten hatte er nicht unrecht. Also, ich hin zu meinem Kumpel Bert. Wir kennen uns schon ziemlich lange. Gleich nach der Lehre lernten wir uns kennen. Tut aber nichts zu Sache. Die Fahrt am Freitag Abend verlief ohne Komplikationen. Der Abend wurde recht gemütlich. Zwar tranken wir ein paar Gläschen Wein, in Alkoholmißbrauch artete dieses Treffen aber nicht aus. Keine alkoholischen Exzesse mehr! Das hatten wir uns geschworen. Und wir hielten uns tatsächlich d’ran. Ehrlich.

Sicherlich war es unklug mit dem Wagen nach Hause zu fahren. Aber wahrhaft betrunken war ich nicht. „Laß doch die Karre steh’n und übernachtete hier.“ Der blöde Kerl hatte wahrhaftig und tatsächlich „Karre“ gesagt. Ich sah es ihm großmütig nach. Noch nicht einmal 15 Jahre alt war das gute Stück und verkehrssicher war es obendrein. Bei einem Schönheitswettbewerb hätte mein Wagen zwar kaum Chancen gehabt auf einem der ersten 10000 Plätze zu landen, was mich aber nicht weiter störte.

„Sie dich doch ‘mal im Spiegel an!“ riet ich ihm, aber Bert grinste nur dämlich. Ich hatte gute Laune und keine Lust, mit ihm zu streiten.

Vielleicht wäre mir einiges erspart geblieben, hätte ich dem Rat meines Freundes Folge geleistet. Ich hatte aber nicht. Und so fuhr ich frühmorgens - so

ungefähr um drei muß es gewesen sein, oder kurz danach - in Richtung Heimat. Die Uhrzeit weiß ich nicht mehr so genau, aber spätestens viertel nach drei bin ich abgefahren. Kaum 100 Kilometer waren zurückzulegen. Keine Hürde. Normalerweise. Diese Nacht aber war alles andere als normal. Das jedoch merkte ich erst später. Es regnete kurze Zeit darauf ziemlich stark. Ich bin die Strecke schon oft gefahren. Eine reichliche Stunde benötige ich. Aber eben nur normalerweise.

Auf dieser Straße ist kaum 'was los. Und um diese Zeit gleich gar nicht. Der Mond schien anfangs ungewöhnlich hell. Das fiel mir noch auf. Dann setzte der Regen ein. Und so fuhr ich gut gelaunt nach Hause. Ich kannte alle Dörfer auf dem Weg. Und als ich in meinem Dorf ankam, sah ich auf die Uhr. Die mußte wohl stehengeblieben sein. Kaum eine Viertelstunde war demnach vergangen. Vielleicht auch zwanzig Minuten bin ich gefahren. Mehr aber nicht. Mit der Uhr stimmte etwas nicht. Doch auch meine Uhren in der Wohnung zeigten - bis auf unbedeutende Abweichungen - die gleiche Uhrzeit an.

Wir hatten ausgemacht, daß ich Bert anrufen werde, sobald ich zu Hause bin. Das tat ich auch. Es dauerte ziemlich lange, bis der sich meldete.

„Also, ich bin zu Hause, alte Pfeife. Sag 'mal wie spät hast Du's eigentlich.?'“

„Mann, wo hast du dich nur 'rumgetrieben. Ist irgendwas passiert? Du hattest doch versprochen, mich sofort anzurufen. Ich telefoniere mich schon dusselig, und keine Sau geht ans Telefon. Langsam habe ich mir Sorgen gemacht. Ehrlich.“

„Was soll denn schon passiert sein? Spinnst du? Oder bist du womöglich wirklich besoffen?’“

„Ich nicht. Aber wo hast du die ganze Zeit gesteckt?’“

„Welche ‚ganze Zeit‘ denn? Deine Uhren scheinen vollkommen falsch zu geh'n“

„Wenn irgendwas oder irgendwer hier nicht richtig tickt, dann bist Du's. In welcher Ecke hast du denn gepennt und deinen Rausch ausgeschlafen? So lange und so fest kann doch kein zivilisierter Mensch schlafen.“

„Mann, es ist doch erst halb vier!’“

„Schon, aber weißt du, was für ein Tag heute ist?’“

„Na Freitag - Quatsch, Sonnabend früh halb vier.“

„Verarschen kann ich mich auch selber. Natürlich haben wir heute Sonntag.“

„Leck mich doch...“

Damit legte ich den Hörer auf und bereitete mich auf das Schlafengehen vor. Ich vergewisserte mich, daß meine Armbanduhr das richtige Datum anzeigte: es war Sonnabend, der 11. März. Mittlerweile drei Uhr vierzig.

Nur so aus Gewohnheit guckte ich auf meinen Funkwecker. Ich traute meinen Augen nicht. Dieses gottverdammte Ding zeigte tatsächlich den 12. März an. So betrunken war ich nun wirklich nicht. Ich war am Freitag Abend nach Ellerberg zu meinem Kumpel gefahren. Da bin ich mir wirklich sicher. Nun kann man allerdings ebenfalls davon ausgehen, daß Funkuhren einigermaßen genau gehen. Darauf sollte man sich verlassen können.

Mit einem Schlag war ich vollkommen nüchtern. Wenn Bert nicht gesponnen hat und mein Wecker das richtige Datum anzeigt, ist irgendwas faul. Aber was? Ich ging noch 'mal 'runter zum Auto. Warum, kann ich nicht genau sagen. Es regnete noch immer. Etwas weniger vielleicht als vorher, aber nach ein paar Minuten war ich völlig naß. - Das Auto aber nicht. Das war trocken, als hätte es keinen Tropfen abbekommen. Überall regnete es. Nur über meinem Auto herrschte Trockenheit. Kein Tropfen kam von oben. Ich berührte das Dach und war richtig erschrocken. Als ob mein heißgeliebtes Autochen stundenlang in

der prallen Sonne gestanden hätte, so heiß fühlte es sich an. Von der Sonne weit und breit keine Spur. Erstens war es morgens in der Früh', fast Nacht noch, und zweitens regnete es ziemlich heftig. Außer über meinem Auto. Ich schloß die Fahrertür auf und setzte mich erst einmal hin. Hier drinnen war es genau so „gemütlich“ wie im Sommer in der Mittagshitze. Ich ließ die Tür offen. Die Beifahrertür öffnete ich ebenfalls. Das war möglicherweise ein Fehler. Ich weiß es nicht mehr. Eventuell war es - im Gegenteil - kein Fehler. Denn irgendwas bewegte sich in der Dunkelheit. Etwas Kleines. Vielleicht eine Katze. Oder ein kleiner Hund etwa.

Es war tatsächlich eine Katze, die in das Auto sprang und es sich auf dem Beifahrersitz gemütlich machte. „Miau“, sagte die Katze und sah mich auffordernd an. „Guten morgen“, sagte ich und betrachtete die nasse Katze etwas näher. „Du willst dich wohl etwas aufwärmen?“ Die Katze nickte, und ich schloß die Beifahrertür. Ich guckte mir das Tier noch einmal näher an. Das blinzelte nur und fing zu schnurren an. „Miau“, sagte der Plüschtiger, der aber momentan nicht gerade plüschig aussah, sondern so aussah, wie eine nasse Katze eben aussieht, wenn sie durch den strömenden Regen spaziert ist. Dann schaute sie erst einmal mir in die Augen und danach auf den Schlüssel in meiner linken Hand. „Was willst du denn?“ fragte ich die Katze. Die guckte nur. „Wollen wir eine Runde fahren?“ Die Katze nickte wieder. Und ich fand das völlig normal.

Inzwischen hatte es sich im Auto auf 30 Grad „abgekühlt“. Ich schloß die Tür und kurbelte das Fenster 'runter. Dann fuhr ich los. „Und wo soll ich hinfahren, meine Liebe?“ fragte ich die Katze.

„Ich bin ein Kater“, protestierte lautstark das Tier mit etwas piepsiger aber durchdringender Stimme.

„Entschuldige, woher soll ich das denn wissen.“

„Also paß auf“, kommandierte der Kater „Erst einmal fährst du Richtung Erbsenfeld. Dann biegst du nach Kornthal ab. Und dort warten wir. Gleich am Ortseingang hältst du an.“

„Eye, eye Sir.“ Langsam kam mir das alles doch etwas seltsam und halbwegs albern vor. Sehr seltsam, muß ich gestehen. Der Kater aber schien das ziemlich normal zu finden. Ich nicht.

„Und worauf, bitteschön, sollen wir dort warten?“

„Frag' nicht soviel, sondern mach' nur, was ich dir sage. Wirst alles noch früh genug erfahren. Hast **du** nun Probleme mit der Uhrzeit oder **ich** etwa?“ waren die Worte meines Beifahrers, keine Widerrede duldend.

Ich guckte etwas dumm, fügte mich aber ergeben in mein Schicksal und gehorchte. Woher weiß dieser graue Teufel, welche Probleme ich mit der Zeit und mit dem Datum habe. Ich war ein wenig irritiert und wunderte mich gar sehr.

„Es zieht!“ plärrte das Tier. „Kannst du nicht das Fenster schließen?!“

Ich kam überhaupt nicht auf den Gedanken, nicht zu parieren. Tatsächlich war es schon etwas frisch geworden. Von der anfänglichen Hitze keine Spur mehr. Es regnete immer noch etwas. Nur eine halbe Stunde fuhren wir durch die Gegend. Schon hatten wir das Dorf Kornthal erreicht.

„Noch hundert Meter, und dann fährst du rechts ran.“

Ich tat, wie mir geheißen. Und öffnete zuvorkommend die Beifahrertür.

„Danke.“ Der Kater konnte sogar höflich sein. „In ungefähr zehn Minuten bin ich wieder zurück. Brauchst keine Angst zu haben, es dauert wirklich nicht lange.“

Ich brauche also keine Angst zu haben. Ist doch beruhigend, zu wissen, daß nichts Schlimmes passieren wird. Als ob nicht - Himmel, Arsch und

Wolkenbruch! - nicht schon genug Beunruhigendes geschehen war. Doch folgsam wartete ich auf meinen Kater. Und tatsächlich, nach genau zehn Minuten tauchte der wieder auf.

„Alles in Ordnung. Wir brauchen nur noch zu warten. Oder ein bißchen spazierenzufahren. Wie spät ist es genau?“ fragte er und sah mich durchdringend an.

„Fast viertel nach vier“, war meine Antwort.

„Ich will nicht wissen, wie spät es fast ist. Nach der genauen Uhrzeit habe ich gefragt.“

„Vier Uhr dreizehn.“

„Na also. Warum nicht gleich so.“

„Und worauf sollen wir jetzt warten?“ wagte ich bescheiden zu fragen.

„Na darauf, daß deine Eigenzeit wieder mit der globalen Zeit synchronisiert ist.“

„Mmh...???“ Ich guckte wahrscheinlich ziemlich dümmlich.

„Ist doch ganz einfach! Du bist in eine stinknormale singuläre Raum-Zeit-Anomalie mit selbstinduzierter Inversionssfalle geraten. Als Nebeneffekt entsteht bei sowas immer ein hochfrequentes elektromagnetisches Wellenfeld extremer Energiedichte, wie dieses, welches dein Auto aufgeheizt hat. Wie eine riesige Mikrowelle ungefähr. Hast noch Glück gehabt, daß es dich nicht unmittelbar getroffen hat. Hätte schlimm ausgehen können. Gott sei Dank kommt sowas sehr selten vor.“

„Ach so,“ beeilte ich mich zu antworten „und wie genau funktioniert das alles?“

„Das kann ich dir so auf die Schnelle nicht erklären. Ohne die notwendige mathematische Vorbildung ist das zwecklos. Da habe selbst ich noch Probleme. Jedenfalls konnte ich gerade meinen alten Lehrer konsultieren. Der kennt sich da besser aus. Theoretische Physik ist mein Fach nicht.“ war die zurückhaltende Antwort meines Gefährten. Und er fuhr fort: „Du fährst jetzt gleich nach Hause. Musst aber im Auto sitzen bleiben. Du darfst unter keinen Umständen sofort aussteigen! In Erbsenfeld läßt du mich ‘raus. Ich hab’ noch einiges zu erledigen.“

Ich hatte keine Wahl. Also machten wir uns auf den Heimweg. Im Nachbardorf ließ ich den Kater aussteigen.

„Mach’s gut. Und laß den Kopf nicht hängen. Das renkt sich wieder ein. Du wirst sehen, daß du mit dieser kleinen Störung des Raum-Zeit-Gefüges zurecht kommen wirst.“ Damit verabschiedete sich mein Begleiter artig und verschwand.

Ich saß noch einige Minuten wie der letzte Depp im Auto. Es regnete kaum noch. Irgendwo aus der Dunkelheit strahlten mich - im wahrsten Sinne des Wortes - im Licht der Scheinwerfer zwei Augen an. Dann fuhr ich los.

Nach zwanzig Minuten war ich wieder daheim. Ich stellte den Motor ab und wollte gerade aussteigen, als ich mich der letzten Worte des Katers erinnerte. Jenes „Du darfst unter keinen Umständen sofort aussteigen!“ klang mir noch in den Ohren. Ich fühlte mich ganz benommen. Richtig besoffen im Kopf. Irgendwie muß ich wohl kurz eingenickt gewesen sein. Aber nur ganz kurz. Dann sah ich auf meine Uhr. Es war - ich traute meinen Augen kaum - ‘mal gerade halb vier. Noch vor wenigen Minuten war es halb fünf gewesen. Um diese Zeit hatte sich der Kater von mir verabschiedet.

Doch, als ich genauer die Uhr betrachtete, fiel mir das Datum auf. Es war Sonntag am frühen Morgen. Dreiundzwanzig Stunden einfach waren „verschwunden“. Ich glaube, jetzt durfte ich aussteigen. In der Wohnung hatte sich nichts verändert. Als ich die Uhren verglich, stellte ich beruhigt fest, daß alle meine Zeitmesser wieder die gleich Zeit anzeigten. Ich wollte gerade meinen Kumpel anrufen, da fiel mir ein, daß ich dies bereits getan hatte.

Ich rekapitulierte meine bisherigen Erlebnisse. Nichts wollte sich zusammenreimen. Ich muß im Auto eingeschlafen sein. Und dann hatte ich übelst wirres Zeug geträumt. Die Geschichte mit dem sprechenden Kater war der eindeutige Beweis dafür, daß es ein Traum gewesen war. So unwahrscheinlich es auch klingt, ich muß einen ganzen Tag und eine ganze Nacht im Auto gesessen haben. Wenn das aber stimmte - und es gab wirklich keine andere vernünftige Erklärung -, dann kann ich Bert noch gar nicht anrufen haben. Und wenn ich jetzt - ganz unverfänglich - telefoniere, werde ich feststellen, ob ich schon einmal im Haus gewesen war oder auch nicht.

Ich rief aber nicht sofort an, sondern wollte mich erholen. Ich war recht müde. Eigentlich müßte ich mich frisch und ausgeruht fühlen, denn ich hatte ja vierundzwanzig Stunden geschlafen. Doch ich war schlicht und einfach müde. Also legte ich mich doch erst einmal ins Bett. Ich war sofort eingeschlafen. Als ich wieder erwachte, war es mittlerweile drei Uhr nachmittags. Und die Sonne schien. Und kein Regen regnete mehr vom Himmel herab. Erst als ich wieder vollends zu mit gekommen war, fielen mir meine nächtlichen Erlebnisse mit dem „Zeitloch“ und dem Kater ein.

An der Wohnungstür klingelte es. Wohl mehrmals schon. Als ich die Tür öffnete, stand Bert vor eben dieser. „Ach du Scheiße“, entfuhr es mir. „Mann, komm“ rein. Das war doch wirklich nicht nötig, daß du auch noch angeritten kommst. Ist wirklich nichts passiert.“

„Bist du vielleicht doof! Ich hab‘ mir schon ernsthaft Sorgen gemacht. Und außerdem, was hast du mit deinem Auto angestellt? Guck dir ‘mal die Farbe an.“

Auf diesen Besuch war ich nun wirklich nicht gefaßt. Was sollte ich Bert schon erzählen? Doch nicht etwa die Wahrheit? Wenn ich selbst nur die Wahrheit wüßte.

„Und dann dieser Anruf. Was Blöderes konnte dir wohl nicht einfallen. Wenn du schon nicht sofort telefoniert hast, dann hättest du dies auch zu einer angemesseneren Uhrzeit machen können. Immerhin hattest du einen ganzen Tag Zeit.“

Ich wußte immer noch nicht, wie ich mich verhalten sollte. Doch dann erzählte ich nur, daß ich im Auto eingeschlafen sein mußte und für vierundzwanzig Stunden „weggetreten“ war. Die Geschichte mit dem Kater, dem Zeitloch und meiner nächtlichen Fahrt über die Dörfer ließ ich vorsichtshalber aus. Nicht einmal als Traumerlebnis gab ich das zum besten.

Dann gingen wir mein Auto angucken. Wie schon bekannt, besonders schön war es sowieso nicht mehr. Aber so jämmerlich, wie es jetzt dastand, hatte ich es nicht in Erinnerung. Fast überall begann der Lack abzublenken.

„Ach du Scheiße!“ Mein Wortschatz war arg zusammengeschrumpft. So sehr mir das Auto auch leid tat, in diesem Moment reifte in mir der Entschluß, mich von meinem treuen Begleiter nun endlich doch zu trennen. Jetzt fielen mir nochmals einige Vorkommnisse in der Nacht ein. Wieso war das Auto so heiß gewesen, als hätte es stundenlang in der Sonne gestanden? Sollte ich etwa der Erklärung eines geträumten sprechenden Katers Glauben schenken? Was auch vorgefallen war, alles hatte ich mit Sicherheit nicht geträumt. Nun ja, die Geschichte mit dem Katzentier konnte ich getrost als Traumgespinnst abhaken. Aber das Zeitloch und mein Auto? Ganz geheuer war das nicht. Und wenn ich mir den Tachostand ansehe, wird mir ganz schwummerig. Ich bin tatsächlich eine weitere Strecke gefahren, als ich eigentlich hätte gefahren sein können. Normalerweise. Aber normal war hier überhaupt nichts mehr.

„Wir hatten doch wirklich nicht soviel getrunken. Du warst völlig nüchtern, als du losgefahren bist. Einen solch gewaltigen Blackout kann ich mir nicht erklären. Vielleicht gehst du doch ‘mal zum Arzt.“

Ich nickte brav, hatte aber nicht vor, tatsächlich den Doktor aufzusuchen. Ich wüßte auch nicht warum. Und - kluge Ratschläge hin, kluge Ratschläge her - was sollte ich dem denn erzählen?

Langsam beruhigte sich Bert. Und einen kranken Eindruck machte ich ja wirklich nicht. Aber, wenn irgend etwas passieren sollte, sofort anrufen! Das mußte ich ihm versprechen. Da nun langsam der Gesprächsstoff auszugehen drohte, verabschiedete sich mein Kumpel.

„Bis zu nächsten Mal.“

„Mach’s gut. Ist schon alles okay. Ehrlich.“

Ganz in Ordnung war alles sicherlich nicht. Aber ich fühlte mich putzmunter. Ein ordentliches Abendessen gönnte ich mir noch. Dabei setzte ich mich vor die Glotze. Ein interessanter populärwissenschaftlicher Film über die Entstehung des Universums wurde gebracht. Von irgendeinem „Urknall“ war die Rede. Hatte schon öfter gehört davon, kannte aber keine Einzelheiten. Besonderes Interesse habe ich für diese Dinge nie gezeigt. Erschien mir alles zu weit hergeholt. Heute aber paßte ich besser auf. Nicht daß ich tatsächlich etwas begriffen hätte, aber ich machte mir so meinen Reim darauf. Ganz unverbindlich. Nein wirklich, was die sich da so ausgedacht haben, kommt mir einigermaßen abenteuerlich und absonderlich vor. Ich habe keine Ahnung davon und kann das nicht richtig einschätzen, aber daran gemessen, waren meine nächtlichen Erlebnisse - wenn sie denn wirklich Erlebnisse gewesen waren - die selbstverständlichsten und normalsten und alltäglichsten Dinge von der Welt. Mein Gott, und wenn das alles wirklich stimmen sollte - ich glaube selbstverständlich nicht daran -, also wenn das der Wahrheit entspräche, dann allerdings glaube ich auch an sprechende Katzen und so. Ehrlich.

Angst

Als Kind hatte ich Angst vor dunklen Ecken und vor Vogelscheuchen in der Abenddämmerung, Angst vor dem Heulen des Windes und vor Bildern, die sich mit Leben erfüllten. Es lebten viele von den toten Dingen. Die Phantasie erweckte sie zum Leben, einem Leben, vor dem man Angst haben muss. Die Angst ist unausrottbar, doch kann man mit ihr leben. Und die Angst vor der Dunkelheit ist wohl angeboren. Die Angst vor dem Unbekannten erfüllt uns alle noch. Es ist die Angst auch vor der Kraft der eig’nen Phantasie. Doch haben wir den Verstand, die Angst zu überwinden.

Das Wissen hat uns unabhängiger gemacht.
Und unangreifbarer auch.
Bisher glaubte ich das.

Was ist Leben, Was ist der Tod? Wir kennen uns und unsere Welt. Wir kennen viel. Und das, was wir wissen, lässt uns selbst im hellen Schein der Erkenntnis erschauen. Was wissen wir wirklich von uns?

Was wissen wir von alledem, das uns umgibt? Was verbirgt sich hinter dem, was wir „Seele“ nennen? - Ist die Seele ein Zustand, ein Vorgang, oder ist sie ein Ding?

Es gab Zeiten, da wusste man mehr. „Glauben“ wurde dieses Wissen genannt. Und jenes Wissen, das war unumstößlich; und keine Fragen schienen offen. Als beantwortet galten alle Fragen. Irgendwie war dies einfach. Und sinnvoll war es obendrein. Die Frucht vom Baum der Erkenntnis ist sehr verlockend. Aber schwer verdaulich ist sie leider auch.

Ich betrachte meine Versuchsergebnisse. Hier haben sich böse Fehler eingeschlichen. Sehr böse Fehler, wie es scheint. Ich muss von vorn beginnen. Die Messergebnisse passen nicht ins Bild. In welches Bild?

In das Bild des Wissens selbstverständlich.
Ein Forscher aber versucht doch, dieses Wissen zu erweitern!
Zu erweitern schon. Nicht zu vernichten.
Ist Leben ohne Tod denn denkbar? Ist Schöpfung denkbar ohne die Zerstörung?

Drei Monate Arbeit sind umsonst. Doch, es hilft wohl nichts. Die Kristalle verhalten sich sehr merkwürdig. Zuerst gab es Probleme mit der sauberen

Reproduzierbarkeit des chemischen Prozesses, und jetzt dieses noch! Immerhin habe ich eine völlig neue Form organischer kristalliner Strukturen synthetisiert. Doch das Zeug verhält sich - verdammt noch mal - nicht so, wie man es von einer ordentlichen Substanz schon erwarten kann. Es ist mir nicht möglich, diesem Material bestimmte Eigenschaften zuzuordnen. Welche Messungen ich auch anstelle, nie sind sie mit gleichen Resultaten wiederholbar!

Das schlimmste ist, dass sogar die Massebestimmung nicht einwandfrei funktioniert. Ein Kilogramm ist ein Kilogramm! Normalerweise. Meine Substanz ist nicht normal. Ich habe bereits ein Kilogramm Material gewonnen. So ungefähr jedenfalls. Der Wert der Masse ändert sich um plus/minus zehn Prozent! Und das zum Überfluss dann auch noch völlig chaotisch!

Ich muss dem Fehler auf die Spur kommen. Aber die Waagen und Messgeräte befinden sich in einwandfreiem Zustand. Ich muss die Synthese wiederholen. Doch habe ich kein Glück. Die Synthese lässt sich nicht wieder-holen. Ich erzähle im Labor Niemanden von meinen Misserfolgen. Es inter-essiert sich auch kein Mensch dafür. Warum sollte er auch. Alle sind mit sich beschäftigt und mit ihrer Arbeit. Das beruhigt mich. Auch der „Alte“ wird mich in frühestens vier Wochen zu sich zitieren. Bis dahin werde ich schon irgendwelche Ergebnisse vorweisen können.

Doch langsam bekomme ich es mit der Angst zu tun. Meine organischen Kristallstrukturen verändern sich. Völlig unerklärlich. Und langsam gewöhne ich mich an dieses Zeug. Und das genau ist es, was mir viel größere Angst noch einflößt. Früh bin ich der erste im Labor. Und ich „begrüße“ die graue Masse, die aber jeden Tag immer wieder anders ist. Und ich glaube schon vorher zu wissen, wie sie sich verändert haben wird. Ich kann das alles nicht beschreiben, weil mir die Worte und Begriffe fehlen. Ich „unterhalte“ mich mit der Substanz. Vielmehr: sie „unterhält“ sich mit mir. Sie teilt mir irgend etwas mit. Wir sind schon recht vertraut miteinander. Sie gibt mir Tips für meine weitere Arbeit. Nur über sich selbst „sagt“ sie überhaupt nichts aus.

Ich stelle die Versuche mit meiner Substanz ein. Wir sind „Partner“ geworden. Mit ihrer Hilfe habe ich eine Entdeckung gemacht, die meine Forschungsarbeit sehr positiv und sehr nachhaltig beeinflusst. „Dynamische kristalline Speicherstrukturen“ könnten für die Computertechnik große Bedeutung erlangen. Mein „Partner“ verändert seit kurzem ständig seine Konsistenz. Meist treffe ich „ihn“ als zähe Flüssigkeit an. Und diese Flüssigkeit schillert in allen Regenbogenfarben. Ich trage sie immer in einer Flasche mit mir herum. Auch zu Hause brauche ich ihre Gegenwart.

Aber irgendwie habe ich immer noch Angst. Die Flüssigkeit weiß das. Und sie weiß noch mehr, doch will sie mir nicht alles „sagen“. Und trotzdem ist sie ein Teil von mir. Und meine Angst wird größer, wenn wir getrennt sind.

Ich bin mir sicher, nicht verrückt zu sein. Ich bin mir sicher, eine wahnsinnige Entdeckung gemacht zu haben. Und ich bin mir sicher, mit keinem Menschen darüber sprechen zu können. Mittlerweile habe ich einigen Erfolg mit meiner Arbeit. Meine Dissertation macht Fortschritte. Ich bin auf wahrhaft große Dinge gestoßen...

Doch nicht ich bin es, der den Erfolg für sich verbuchen kann. Mein „Partner“ rät mir, nicht so sensibel zu sein. „Seine“ Gestalt scheint er nicht mehr ändern zu wollen. Ich solle „ihn“ aus der Flasche gießen, ließ „er“ mich neulich wissen. Mit ganz gewöhnlichem Fensterglas könnte man „ihn“ jetzt verwechseln. Eines Tages teilt „er“ mir mit, dass „er“ mit „seiner“ Versuchsserie jetzt am Ende sei. Ich habe mich sehr kooperativ verhalten. Und „er“ möchte sich nochmals für meine Hilfe bedanken. „Er“ habe sich ja schließlich revanchiert. Meine Speichersubstanz gedeihe doch prächtig.

Ich werde blass. Die Glasscheibe werfe ich zu Boden. Doch nichts geschieht. Überhaupt nichts. Keine Scherben und - keine fremden Gedanken mehr. Wieder bin ich allein.

Ich bin allein mit meiner Angst und mit dem Wissen um meine Unwissenheit. Ich habe das Gefühl, ausgelacht zu werden. Wir alle werden ausgelacht. Dabei nehmen wir uns so wichtig! Und wir bilden uns verdammt viel ein auf unser bisschen Wissen.

Irgendwie gibt es noch „etwas“ oder „irgendwen“. Nein, nicht die „kleinen grünen Männchen“ oder „die Engelein im Himmel“ oder ähnliches in der Art meine ich, sondern etwas, was ich nicht beschreiben kann, etwas, was ich nie begreifen werde. Etwas, das unsere Begriffe nie erfassen werden **können** . - Niemals! Beruflich kann ich mich nicht beklagen. Natürlich wird nie jemand erfahren, „wer“ mir bei meiner Karriere behilflich war. Und ich selbst erinnere mich nur ungern an die Zeit meines Verrücktseins. Ich muss ganz schön überarbeitet gewesen sein. Die Notizen von den misslungenen Versuchen sind schon längst vernichtet. Ich habe alles gut überstanden. Wenn man einmal von meiner ganz unmöglichen Angst vor Glasscherben absieht. Von einer solch abartigen Phobie allerdings habe ich noch nie gehört. Und meine seltsame Glasscheibe bewahre ich noch immer auf. Nein, sie „lebt“ nicht mehr, entzieht sich aber

allen Versuchen, hinter das Geheimnis ihrer Struktur zu kommen. Sie ist unzerstörbar und lässt sich nicht erhitzen. Ich kann anstellen mit ihr, was ich will. Keine Reaktion! Dieses „physikalische und chemische Monstrum“ bewahre ich jetzt im Keller auf. In die dunkelste Ecke habe ich es verfrachtet. Ich werde es ignorieren. Ich **muss** es ignorieren, da es mich an der Legitimität meiner wissenschaftlichen Forschungstätigkeit zweifeln lässt. Auch alle weiteren Versuche, die ursprüngliche Substanz wieder herzustellen, scheitern.

Ich weiß, dass alles mit rechten Dingen zugeht.
Ich weiß das!

Dieses Wissen lasse ich mir nicht nehmen.
Von keinem!

Die Arbeit mit dem Festkörperspeicher ungeahnter Kapazität macht Fortschritte. Irgendwann einmal, in nicht allzu ferner Zukunft, werden langsame elektromechanische Massenspeicher geringer Kapazität der Vergangenheit angehören. Trotz aller Erfolge werde ich das dumme Gefühl nicht los, ein Almosen angenommen zu haben. Und auch die Angst vor „Gespenstern“ belastet mich sehr, viel mehr, als ich mir eingestehen will. Ich bin ein rational veranlagter Mensch. Jedenfalls war ich das. Und ich bemühe mich, es wieder zu werden. Mühe kostet Kraft. Noch habe ich die.

Doch vielleicht bin ich nur überempfindlich, denn als Kind schon hatte ich Angst vor dunklen Ecken und vor Vogelscheuchen in der Abenddämmerung, Angst vor dem Heulen des Windes und vor Bildern, die sich mit Leben erfüllten. Es lebten viele von den toten Dingen...

Aber ich bin doch kein Kind mehr!

Oder...?

Die Insel

05.11.2000

Eine ganz kleine Geschichte, die mit dem Thema dieser Web-Site nichts zu tun hat. - Sagen wir: Fast nichts.

Der Astronom verbringt das dritte Jahr in Abgeschiedenheit. Sein kleines privates Observatorium ist alles was zum Leben er benötigt. Die Lebensmittelvorräte lässt er monatlich ergänzen. Das ist der einzige Kontakt zur "Außenwelt".

Besessen ist er und nicht "normal" und fühlte sich wohl dabei, und nichts vermisst er. Was sonst auf der Welt geschieht, interessierte ihn nicht. Radio und Fernseher besitzt er, doch nutzt er beides nicht. Nicht eigensinnig oder verschroben ist er. Er ist nur er selbst. Kein Mensch hätte ihn verstehen können. Der Astronom verlangt es auch nicht.

Das Alleinsein tut ihm gut, auch wenn er NICHTS tut. Er tut nicht oft nichts. Aber es kommt vor und verläuft selten ergebnislos.

Eines Nachts - er sitzt am Teleskop - ertappt er sich beim Nichtstun. Er döst vor sich hin und denkt an - NICHTS. Der Bleistift fällt zu Boden, und der Astronom schreckt auf aus seiner Erstarrung. Der Bleistift inspiriert ihn auch sogleich. Mehrmals lässt er ihn zu Boden fallen. Das gleiche Ergebnis. Immer. Verwundert blickt er auf und beginnt seine Fotografien auszuwerten. Alles betrachtet er aus einem anderen Blickwinkel.

Die Programmierung des Computers nimmt lange Zeit in Anspruch. Wie lange, das hätte er nicht sagen können. Alles, was zum Leben sonst gehört, das tut er wie in Trance.

Die Auswertung beginnt. Nichts passt zusammen. Ihn wundert, dass dies noch keinem bisher aufgefallen ist. Nichts verläuft "gesetzmäßig". Nur in der gewohnten Umgebung scheint es so. Noch weiter dringt er ein in die Tiefen des Universums. Fast überfordert das Datenmaterial den Computer. Dann ist es so weit.

Nach Monaten.
Oder Jahren?

Das Ergebnis der Simulation lässt keinen Zweifel aufkommen. Erreicht ist sein Ziel, und nichts gibt es mehr zu tun für ihn. Für immer verlässt er das Observatorium und verschwindet.
Irgendwohin.

Wann und wo er starb, das wurde nie geklärt. Sein Geheimnis nahm er mit ins Grab:
Das Universum ist eine unscheinbare, einsame, unbedeutende Insel.
Eine unendlich kleine Insel im unendlich großen Meer des Chaos.

Der Autor

Als wirklich erfolgreicher Sachbuchautor hat er auch keine finanziellen Probleme. Hin und wieder aber lässt er sich zu irgendwelchen Vorträgen überreden, obwohl sein Gesundheitszustand nicht mehr allzu große Belastungen zulässt. Der Jüngste ist er auch nicht mehr. Die Veranstaltungen sind gut besucht und tragen einen Großteil zu seiner Popularität bei. Auch das Fernsehen interessierte sich schon mehrmals für ihn.

Besonders in einer Zeit der Renaissance von Aberglauben und Mystik nimmt er seine Aufgabe äußerst ernst. Es ist schon beängstigend, wie das Irrationale immer mehr Macht über die Menschen zu gewinnen scheint. Um so beeindruckender sind dann die Begegnungen mit Leuten, die sich von irgendwelchem Hokusfokus und den uferlosen Spekulationen und Spinnereien allzu phantasiebegabter Mitmenschen - in heutiger Zeit anscheinend immer mehr an Bedeutung gewinnend - nicht beirren lassen.

Da kann die Wissenschaft auf Erfolge zurückblicken, die jedem vernünftigen Menschen schier unermessliche Horizonte des Denkens eröffnen; und es gibt eine immer größer werdende Schar von Anhängern jeglicher Irrationalität.

Die Fortschritte der Wissenschaft dem interessierten, aber fachlich nicht versierten, Publikum nahe zu bringen, ist eine Aufgabe, die er sich seit langem gestellt hat. Dafür nimmt er, wenn es denn sein muss, einige Strapazen auf sich. Der Erfolg scheint ihm recht zu geben. Natürlich wird ihm immer mehr bewusst, dass die moderne Wissenschaft kaum noch vermittelbar ist. Das ist eines der schwerwiegenden Probleme, mit denen zu ringen zu seiner vornehmsten Aufgabe wurde.

So schwer weltanschauliche Revolutionen, und dies unter erheblichen Opfern mitunter, vor Hunderten von Jahren auch durchgesetzt werden konnten, so war der Streit gegen die kirchlichen Dogmen beispielsweise - immer ein Streit von Glauben gegen Wissen. Heutzutage ist das Wissen aber schwerer zu handhaben. Die erforderlichen Spezialkenntnisse in den verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen lassen die Versuche der vereinfachten, aber möglichst korrekten, Darstellung der Zusammenhänge als ein fast aussichtsloses Unterfangen erscheinen.

Dass ihm dies - trotz aller Schwierigkeiten - sehr gut gelungen sein muss, macht einen wesentlichen Teil seines Erfolges aus. Und ein solcher Erfolg ist notwendig, um wenigstens eine kleine Wirkung zu erzielen. Doch gibt man sich keinerlei Illusionen hin. Die eigenartige Diskrepanz zwischen dem notwendigen materiellen Aufwand im Bereich der Forschung und dem tatsächlichen Erkenntnisgewinn, sowie die immer geringere Akzeptanz in weiten

Bevölkerungskreisen machen ihm durchaus zu schaffen. Aber er wird kämpfen, obwohl es ihm immer schwerer fällt.

Eines der interessantesten Themen ist das der Existenz außerirdischen Lebens und extraterrestrischer Intelligenzen. Da ist er unbestrittener Spezialist. Da kennt er sich aus. Was auch immer den UFO-Enthusiasten und sonstigen Phantasten einfallen möge, einfache - und wirklich für jeden nachvollziehbare - Überlegungen beweisen eindeutig und unwiderlegbar, dass ein Kontakt mit ihnen in hohem Grade dermaßen unwahrscheinlich ist, dass man ihn durchaus als „unmöglich“ bezeichnen darf. Trotz allem haben diesbezügliche Spinnereien Hochkonjunktur! Zum Verzweifeln ist das!

Er verzweifelt nicht, und versucht die menschliche Vernunft, gar oft schon auf Abwegen angetroffen, zu erreichen und auf den rechten Weg zu lenken. Der Kampf für die Vernunft und gegen den Aberglauben und gegen das Irrrationale erfüllt sein ganzes Leben. Und von der „gegnerischen Seite“ wird ihm, sogar mit gewissem Erfolg mitunter, Fanatismus und Ignoranz vorgeworfen. Doch ficht ihn solches nicht an. Die menschliche Dummheit scheint grenzenlos; und der Kampf gegen diesen übermächtigen Feind wird wohl nie ein Ende finden.

Doch heute ist er müde. Selbst die Heimfahrt macht ihm zu schaffen. Die zwei Stunden Taxifahrt sind fast schon zu viel für ihn. Spätabends kommt er heim. Er betritt sein kleines, einsam an einem Waldrand gelegenes Anwesen unweit einer unbedeutenden Kleinstadt. Sichtlich erschöpft erreicht er das Haus und kann sich kaum noch auf den Beinen halten. Doch gleich hat er es geschafft! Ohne eine Pause einzulegen, begibt er sich zielstrebig in den Keller. Bereits auf dem Weg zu dem mit einer ungewöhnlich stabilen Tür versehenen Sauna entledigt er sich seiner Kleider und wirft sie achtlos auf den Boden.

Die Tür ist mit einem Zahlenschloss versehen. Nur er kennt den Code. Hastig tastet er die Ziffernkombination ein. Hoffentlich vertippt er sich nicht. Endlich befindet er sich in der Luftschleuse. Schnell entledigt er sich des menschlichen Korsetts mit dem integrierten und sehr aufwendigen, weil getarnten, mobilen Lebenserhaltungssystem und öffnet die Tür zur „Sauna“, nachdem das absolut giftige Luftgemisch mit seinem hochtoxischen und sofort tödlichen Sauerstoffgehalt durch atembares Gas ersetzt wurde. Endlich kann er, ohne lästige und beengende Technik, befreit auf- und durchatmen. Gierig saugt er das belebende Gemisch aus Schwefelwasserstoff und Stickoxiden ein. Seine Kräfte kehren schnell zurück. Und auf das erfrischende Bad in heißer Schwefelsäure hat er sich den ganzen Tag schon gefreut.

Allerdings weiß er nicht, wie lange er die Maskerade noch durchstehen kann. Länger als zehn Jahre hielt bisher niemand die absolut lebensfeindlichen Bedingungen aus. Ist ja auch idiotisch! Auf der einen Seite werden immer auffälliger, kaum noch zu verheimlichende, Versuche unternommen; und auf der anderen Seite setzt man unter anderem Leute wie ihn zu deren Vertuschung ein. Langsam sollen „die da oben“ sich etwas Neues einfallen lassen. So geht das nicht weiter! Nein, wirklich nicht!

Nur langsam beruhigt er sich. Lieblich umschmeicheln die Schwefelsäuredämpfe seine Nase.

Der Elfte

Dass in diesem gottverlassenen Kaff so etwas passieren musste, war ausgesprochen ärgerlich. Ein Bahnhofsrestaurant gab es nicht. Der Zug würde voraussichtlich in frühestens zwei Stunden seine Fahrt fortsetzen können. Ein Taxi zu nehmen, schied aus Kostengründen aus. Der Gleisbautrupps hatte seine Arbeit bereits aufgenommen. Immerhin ein Anfang.

Der Reisende verspürte ein starkes Hungergefühl und machte sich auf den Weg, eine Gaststätte aufzusuchen. Was die anderen Fahrgäste machten, interessierte ihn nicht. Es waren nicht viele. Seine Heimfahrt aus seinem Urlaubsort hatte er sich etwas anders vorgestellt. Schon seit Jahren fuhr er allein in „seinen“ Kurort. Er fuhr nie mit dem Wagen. Heute ärgerte er sich darüber, die Bahn benutzt zu haben.

Also machte er sich auf den Weg in die ihm nur vom Durchfahren bekannte Kleinstadt, nachdem er sich nochmals vergewissert hatte, wirklich wenigstens zwei Stunden Zeit zu haben.

Es wurde bereits dunkel, und die Straßenbeleuchtung erhellte die fast menschenleeren Straßen nur unzureichend. Nach einem kurzen Fußmarsch auf einer (oder der?) Hauptstraße des Städtchens entdeckte er eine Kneipe, die sich am Anfang einer Seitenstraße befand. Sie machte einen freundlichen Eindruck, und auch das kneipenübliche Stimmengewirr war gedämpft zu vernehmen. Diese Gaststätte schien gut besucht zu sein. Er trat ein und entdeckte einen einzigen leeren Tisch, an dem er sogleich platz nahm. Alle anderen Tische waren besetzt. Fremde verirrt sich wohl selten dorthin. Nachdem er sich ein Bier und ein Abendessen bestellt hatte, sah er sich ausgiebig im Restaurant um, ohne sich von einigen neugierigen Blicken - er war ja selbst ein wenig neugierig - irritieren zu lassen. Die Tische waren mit drei oder vier sich lautstark unterhaltenden Personen besetzt. Nichts besonderes konnte er entdecken. Was sollte man in einer Eckkneipe in einer Kleinstadt auch „Besonderes“ erwarten. Man kannte sich und war mit dem Wirt per du. Und dennoch hatte der Reisende das Gefühl, nicht der einzige „Außenseiter“ zu sein. Am Nachbartisch saß ebenfalls eine einzelne Person, mit dem Rücken zu ihm gekehrt. Es musste ein älterer Herr sein, der sich schon geraume Zeit an einem Bier „festhielt“, welches doch endlich geleert sein musste. Der Wirt brachte unaufgefordert ein neues. Auch ohne dass zwischen beiden ein Wort gewechselt wurde, konnte sich der Urlauber des Eindruckes nicht erwehren, dass der Alte wahrscheinlich doch kein Fremder war. Er gehörte dorthin, auf andere Weise, als die Anderen. Was nur machte „das Andere“ aus?

Was eigentlich gehen ihn die Leute an! Übermorgen beginnt wieder der Alltag, der routinebehaftete Alltag eines Ingenieurs in einem kleinen Betrieb. Als er sein Essen bekam, vergaß er seine Umgebung und auch den Herrn am Nachbartisch.

„Zahlen bitte“, dies war der zweite Satz, den er sprach. Das Essen war reichlich, schmackhaft und recht preiswert. Zufrieden bezahlte er seine Zeche. Jetzt erst registrierte er, dass sein Nachbartisch leer war. Der Wirt bemerkte den erstaunten Blick des Gastes und erklärte, als sei es völlig normal, Fremden erklären zu müssen, was es mit dem älteren Herrn auf sich habe. „Ja, der Professor geht immer um diese Zeit. Er kommt fast jeden Abend. Vielleicht kennen Sie ihn. Es ist schon lange her... Er war sehr berühmt.“ Hiermit ließ er es bewenden und widmete sich seinen Stammgästen.

„Vier Bier, vier Doppelte...“

Der Reisende hatte ohnehin keine Lust, sich zu unterhalten. Seine Ruhe wollte er haben. Und seinen Gedanken nachhängen wollte er. Eine Stunde Zeit blieb ihm noch. Und seine Ruhe hatte er in dieser Gaststätte - zumindest solange er allein am Tisch saß. Er wollte kein Risiko eingehen. Deshalb beschloss er, sich zurück zum Bahnhof zu begeben. Als er von der Toilette zurückkam, verließ er das Lokal.

Er betrat die, jetzt nur von der spärlichen Beleuchtung notdürftig erhellte, Straße. Es wurde bereits zeitig dunkel. An nichts bestimmtes denkend erschrak er, als er plötzlich eine Gestalt erblickte. Es war der Alte vom Nachbartisch, der auf jemanden zu warten schien. Jetzt schaute der Reisende in ein Gesicht, das auf dem zweiten Blick so alt zu sein nicht schien. Kaum über sechzig Jahre musste der Professor wohl zählen, welcher ihn gelassen anblickte, leicht spöttisch vielleicht, aber keineswegs unfreundlich.

„Ich habe auf Sie gewartet“. Der Reisende blieb stehen und sah sein Gegenüber erstaunt an, überhaupt keiner sinnvollen Reaktion fähig.

„Vielleicht kennen Sie mich. Erinnern Sie sich an die Expedition vor zwanzig Jahren?“

Jetzt fiel der Groschen. Ja, vor zwanzig Jahren... Er begann gerade sein Studium... Es war das spektakulärste Ereignis, das es je gegeben hatte. Es gab nur einen Überlebenden. Und dieser stand jetzt vor ihm.

Wie kam er eigentlich dazu, sich von einem Fremden ansprechen zu lassen, ohne Grund. Wieso hatte dieser auf ihn gewartet? Der Reisende wollte schon weitergehen.

„Natürlich ist das ungewöhnlich, was ich mache. Hören Sie mir nur einige Minuten zu. Dann können Sie gehen - wenn Sie dann noch wollen. Ihren Zug verpassen Sie nicht.“

Langsam begann dem Fremden die Begegnung unheimlich zu werden. Er stand wie festgenagelt, immer noch nicht in der Verfassung, etwas Sinnvolles von sich zu geben. Wie ein auf frischer Tat ertappter Kaufhausdieb, der nur eine Kleinigkeit gestohlen hatte, fühlte er sich.

Doch langsam fasste er sich, und seine Neugier wurde geweckt. Also machten sich beide auf den Weg in Richtung Bahnhof.

„Sehen Sie, es wurde - noch vor wenigen Jahren - von einer erneuten Expedition gesprochen. Wie Sie wahrscheinlich wissen, ist man anscheinend jetzt von deren Sinnlosigkeit überzeugt; von den Kosten einmal abgesehen. Ich jedoch glaube an die Notwendigkeit der Wiederholung.“

Der Professor hielt inne.

„Ja, und warum erzählen Sie mir das alles? Was hat das mit mir zu tun?“ Der Reisende bereute schon, sich auf dieses Gespräch eingelassen zu haben.

„Das Ganze ist ein personelles Problem. Ich war der einzige Überlebende der Expedition - so hieß es offiziell. In Wirklichkeit überlebten noch drei weitere Kollegen. Allerdings ist mit ihnen nicht mehr all zu viel anzufangen. Soviel ich weiß, befinden die sich noch immer in psychiatrischer Obhut. - Und nun zu Ihnen. Was Sie nicht wissen können: es scheiterte ein erneuter Versuch außer an den bekannten Gründen vor allem an der Unmöglichkeit, geeignete Expeditionsteilnehmer zu finden. Jeder Bewerber wird speziellen Tests unterworfen. Niemand bisher bestand auch nur ansatzweise einen solchen Test. Der langen Rede kurzer Sinn: haben Sie Interesse?“

Der Reisende sah den Alten erst verblüfft und misstrauisch an. Aber irgendwie fasste er schließlich Vertrauen. Wieso, das hätte er nicht sagen können. Oder die Neugier bekam die Oberhand.

„Sie haben mich neugierig gemacht. Woher aber weiß ich, dass alles keine Spinnerei ist? Und was meinen Sie mit den ‚Tests‘?“

„Kommen Sie mit.“ Der Unbekannte sah den zweifelnden und misstrauischen Blick des Reisenden und beeilte sich hinzuzufügen: „Es dauert nicht lange. Den Zug verpassen Sie wirklich nicht. Und wenn Sie Interesse an meinem Angebot haben sollten, so wird Sie der Zug nicht mehr interessieren. Und Ihr jetziger Job auch nicht mehr.“

Der Reisende überlegte kurz und entschied, über das Angebot des Alten sich auf alle Fälle genauer zu informieren. Er verlangte aber, noch einmal am Bahnhof vorbeizuschauen und sich nach dem Stand der Dinge zu erkundigen. Dort erfuhr er, dass sich aus für ihn nicht nachvollziehbaren Gründen die Fertigstellung des Gleises um mindestens eine weitere Stunde verschieben würde. Beunruhigt und von fast unerträglicher Neugier getrieben begleitete der Reisende den Professor auf den Weg in sein Haus. Auf diesem Weg fiel kein Wort. Nach wenigen Minuten erreichten beide das Haus, welches sich, unweit des Bahnhofes, in einer ruhigen Seitenstraße des Ortes befand. Der Garten war nicht sonderlich gepflegt, aber auch noch nicht völlig verwildert. Dem Haus selbst hätte eine erneuerte Fassade sicherlich nicht geschadet. Der graue Putz begann stellenweise sich zu lösen

Doch bereits die Diele strafte den ersten Eindruck Lügen. Der Reisende hatte ein Chaos erwartet, wie man es gewöhnlich in der Wohnung eines verschrobenen Einzelgängers (wieso eigentlich vermutete er, dass jener ein Einzelgänger sei?) hätte erwarten müssen. Die gediegene, nicht unbedingt luxuriöse, Einrichtung erweckten die Vorstellung von einem „gutbürgerlichen“ Haushalt, in dem nur noch die freundliche Hausfrau fehlte, die jeden Gast als erstes nach seinen Wünschen fragte.

Eine Hausfrau schien es nicht zu geben. Der Reisende erkundigte sich auch nicht danach, ob der Professor allein lebe oder auch nicht. Er sah sich lediglich - nicht übermäßig neugierig - um und entdeckte gleich links neben der Eingangstür eine in den Keller führende Treppe. An sich ist daran nun absolut nichts verwunderliches; aber dass der Gang durch unsichtbare Lampen taghell erleuchtet war, erschien ihm doch etwas merkwürdig.

„Wir gehen ins Wohnzimmer. Nehmen Sie doch bitte erst einmal platz. Eine Tasse Kaffee kann nicht schaden. Oder haben Sie bereits im Restaurant einen Kaffee getrunken?“

Ohne eine Antwort abzuwarten, verschwand der Professor in Richtung Küche und kam kurz darauf mit einer Kanne Kaffee und zwei Tassen zurück.

Der Reisende sprach noch immer kein Wort. Und klar zu denken, war er auch noch nicht imstande. Nur kurz schaute er auf die Uhr und konstatierte, dass er mindestens noch eineinhalb Stunden Zeit hatte. Jetzt erst antwortete er: „Nein danke, auf Kaffee habe ich wirklich keinen Appetit.“ So etwas wie Misstrauen

schien sich seiner zu bemächtigen. Er nahm sich vor - warum hätte er nicht sagen können - in diesem Haus keine Nahrung und auch keine Getränke zu sich zu nehmen. Der Professor jedoch schenkte sich eine Tasse ein und trank das schwarze Zeug, so wie es war, ohne Zucker und Sahne. Er ließ sich Zeit. So schien es dem Reisenden, der langsam ungeduldig wurde und sich vornahm - er sah nochmals auf die Uhr - in spätestens fünf Minuten zu verschwinden, wenn sein Gegenüber nicht endlich zur Sache käme.

„Sie haben recht“, unterbrach der Professor der Gedankengang des Reisenden, gleichzeitig dessen Überlegungen fortsetzend. „Ich möchte Ihre Geduld nicht überstrapazieren.“ Der Reisende sah ihn skeptisch an.

„Das Projekt wurde vor dreißig Jahren ausgeheckt. Das erste Raumschiff mit Annihilationsantrieb sollte gebaut werden. Theoretisch schien dies kein schwerwiegendes Problem zu sein. Die Herstellung und Aufbewahrung von Antiprotonen konnte man bereits als gelöst betrachten, wenngleich der Wirkungsgrad der damaligen Anlagen nicht gerade beeindruckend war. Die auf dem Mond installierte Anlage gewann aus einem gewöhnlichen Fusionsreaktor die Energie, welche man für die Erzeugung größerer Mengen Antiprotonen benötigte...“

Der Reisende begann langsam wirklich die Geduld zu verlieren. Was sollen die alten Geschichten. Das war doch alles bekannt.

Der Professor lenkte ein und setzte seine Erzählung, nach einem kurzen abschätzenden Blick auf seinen Zuhörer fort: „Ja, ja, das ist wirklich nicht neu. Auch die Realisierung des Antriebssystems des Raumschiffes war mehr ein technisches denn wissenschaftliches Problem. Und - es sind heute auf den Tag genau dreißig Jahre her - wurden die Startvorbereitungen abgeschlossen. Ich war damals knapp über vierzig, ein alter Knacker für ein solches Vorhaben. Doch gehörte ich zu den wenigen, welche die Tests - die waren damals noch nicht so ausgeklügelt - völlig ohne Beanstandung absolvieren konnten. Ich komme darauf noch zurück.“

„Und woran ist das Ganze damals denn wirklich gescheitert?“, dies war die erste konkrete Frage des Reisenden, dem es endlich gelungen war, den Faden aufzunehmen. Damit auch wurde er wieder Herr der Situation und fühlte sich nicht mehr als überrumpeltes Opfer, sondern als ebenbürtiger Gesprächspartner.

„Es waren technische Probleme - so hieß es offiziell“.

„So wie Sie es sagen, lagen die Ursachen ganz wo anders.“

„Genau. Und wenn Sie nichts dagegen haben, zeige ich Ihnen die Aufzeichnungen kurz nach dem Start. Kommen Sie bitte mit in mein Labor.“ Beide erhoben sich und begaben sich, der Professor vorangehend, in Richtung Kellertreppe.

Der Reisende zögerte.

„Sie gehen kein Risiko ein. Noch nicht. Auf das Risiko, welches mit den weiteren Schritten leider verbunden ist, mache ich Sie rechtzeitig aufmerksam. Noch können sie jederzeit umkehren.“ War die Antwort des Alten auf dieses Zögern.

Irgendwie hatte der Reisende das Gefühl, die letzte Chance zu verpassen, um ungeschoren aus der ganzen Sache herauszukommen, wobei ihm völlig unklar war, mit welchem Risiko das Ansehen von Aufzeichnungen eigentlich verbunden sein konnte.

„Folgen Sie mir bitte. Die Treppe ist etwas steil, aber hell erleuchtet, wie Sie sicher bereits bemerkt haben. Und was die Aufzeichnung betrifft, so handelt es sich um eine ganz besondere Art der Informationsspeicherung, die Ihnen noch unbekannt sein dürfte. Und das ist äußerst erstaunlich, da selbst die geheimsten Projekte nie so geheim gehalten werden konnten, dass nicht doch irgend etwas durchsickern konnte. Sie werden nicht irgendwie passiv ein Video oder so etwas ähnliches - konsumieren, sondern aktiv all das erleben, was - ich erlebte. Sie werden in meine Persönlichkeit schlüpfen und sich an alle Dinge , erinnern‘, die - mir widerfahren sind.“

Der Professor sah den Reisenden abwartend an. Wie würde dieser sich entscheiden. „Das Risiko besteht darin, dass nicht voraussehbar ist, wie Sie auf eine , Persönlichkeitsintegration‘ reagieren und wie Sie mit ,meinen Erlebnissen‘ fertig werden. Irreversible psychische Schäden sind nicht auszuschließen! Und

bedenken Sie: Ich selbst bin der Einzige, der jene Reise halbwegs unbeschadet überstand. Wenn Sie jetzt umkehren, werden Sie alle Risiken umgehen, aber nie erfahren, was es wirklich mit der Angelegenheit auf sich hat. Wenn Sie sich jedoch für das Experiment entscheiden und es geht schief - ich muss gestehen, bisher sind alle Versuche etwas unglücklich verlaufen -, werden Sie von Ihrem Wissen nichts haben.“

Der Zwiespalt wurde unerträglich. Der Reisende zwang sich, klar zu denken. Das, was ihm hier angeboten wurde, war recht ungewöhnlich - zurückhaltend ausgedrückt. Und noch unmenschlicher war die Entscheidung, die von ihm jetzt abverlangt wurde. Er sah sich bereits gefangen; und ihm wurde klar, dass es kein Zurück mehr gab. Er hatte kaum noch die Kontrolle über sich. So muss es einem Suchtkranken wohl ergehen, der zwar weiß, was er nicht darf, aber auch weiß, dass dieses Wissen völlig nutzlos ist.

Der Professor sah ihn - wie es ihm jetzt schien, resigniert - an, dann ging er weiter. „Sie können immer noch umkehren!“ Dies klang fast schon wie eine Aufforderung, eine Aufforderung, die der Reisende nicht mehr in sein Bewusstsein aufnehmen konnte. „Sie sind der Zehnte“, hörte er den Professor, mit einem Anflug von Traurigkeit, sagen. Jetzt war es der Professor, der zögerte. Beide waren bereits im Keller angelangt, der sich als hell und geräumig erwies.

„Nun, wie haben Sie sich entschieden?“ Diese Worte hatten für den Reisenden keinen Sinn mehr. Es gab nichts mehr zu entscheiden. Die Würfel waren gefallen. Und was sollte denn wirklich Schlimmes passieren?!

Vor einer im Umfeld eines normalen Einfamilienhauses recht unwirklich anmutenden Stahltür hielt der Professor inne. „Sobald wir die nachfolgenden Räume betreten haben, können Sie leider nicht mehr umkehren! Und wenn Sie jetzt umkehren - ich hätte volles Verständnis dafür -, dann macht es für Sie keinen Sinn mit irgend jemanden über die Begegnung mit mir und unser Gespräch zu reden. Das sehen Sie sicherlich ein. Die Unterhaltung mit einem vormals prominenten Wissenschaftler, der etwas seltsam geworden sein mag, hat absolut nichts Geheimnisvolles an sich. Spinnereien sind dies, mehr nicht. Und wer die ernst nimmt, der ist selbst daran Schuld.“

Den Schlüssel in der rechten Hand sah er den Fremden fragend an. Dieser atmete tief durch, schloss kurz die Augen, blickte dann den Professor auffordernd an und nickte kaum merklich. Der Alte zögerte noch, öffnete dann langsam und umständlich die Tür.

Der Reisende war auf alles gefasst, nur nicht darauf, anscheinend in ein Krankenhaus geraten zu sein. Irgendwie hatte der Gang und das Inventar etwas vom anheimelnden Ambiente einer Klinik.

„Wir betreuen und versorgen hier einige Opfer der besagten Expedition. Und auch jene Männer, welche den Test nicht bestanden haben, überlassen wir selbstverständlich nicht hilflos ihrem Schicksal. ‚Wir‘ das ist ein privates Unternehmen, welches zwar von staatlicher Stelle nicht unmittelbar finanziert wird, das aber von höchster Stelle - inoffiziell und reichlich indirekt, versteht sich - eine Förderung erfährt. Alle Zusammenhänge kenne selbst ich nicht. Ich bin der wissenschaftliche Leiter. Die Öffentlichkeit darf von allem nichts erfahren. Dies wäre politisch nicht zu vertreten.“

Der Reisende lief wie benommen neben dem Professor her. Dieser ging auf die erste Tür zu und öffnete sie. Für ein Klinikzimmer machte der Raum, obschon nicht sonderlich groß, einen recht gemütlichen Eindruck. Die beiden Patienten saßen an einem kleinen Tisch und waren mit dem Abendessen beschäftigt. Einen sehr pflegebedürftigen Eindruck schienen sie nicht zu machen. Erst bei genauerem Hinsehen fiel auf, dass ihre Bewegungen irgendwie gekünstelt und unecht oder automatenhaft wirkten.

„Dies sind die ersten beiden, die den Test vor etwa zwei Jahren nicht bestanden haben. Die leben in einer anderen Welt. Ihre jetzige Umgebung nehmen sie nicht mehr bewusst wahr.“ Dies war der Kommentar des Professors. „Die ehemaligen Expeditionsteilnehmer sind etwas gebrechlicher und pflegebedürftiger und befinden sich in einer anderen Abteilung.“

„Gibt es hier kein Pflegepersonal?“

„Natürlich, aber es hält sich momentan im Hintergrund. Sehr zuverlässige und sehr verschwiegene Leute. Es hätte jetzt auch keinen Zweck, wenn Sie versuchen wollten, zu fliehen.“

Nacheinander warfen sie einen Blick in fünf Zimmer. Überall fast das gleiche Bild. Im letzten Raum allerdings hielt sich nur eine Person auf. Dem Reisenden

wurde etwas übel.

„Und nun zu Ihnen. Ich habe Sie gewarnt.“ Der Professor schloss die fünfte Tür. „Sind Sie bereit?“ Diese Frage hatte keinen wirklichen Sinn. „Bereit“ war er schon. Er hatte keine Wahl mehr. Das Bild des einsamen Mannes am Tisch des fünften Zimmers prägte sich ihm ein.

„Was die nächsten Aktivitäten betrifft, so werde ich Ihnen nichts weiter erläutern. Sie werden alles selbst erleben. Und dann gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder wir unterhalten uns in etwa einer Stunde über die nächsten Schritte, oder...“. Der Professor drehte sich zu der gerade geschlossenen Tür um. „Bitte den Gang rechts. Dort kommen wir zum Labor. Und noch etwas: sollte auch dieser zehnte Versuch sich als Flop erweisen, dann geben wir auf. Der Opfer sind zu viele. Offiziell werden Sie bei einem Autounfall ums Leben gekommen sein. Sie haben doch Ihre Papiere bei sich.“

Im Labor angekommen setzt sich der Fremde auf den Stuhl vor ein Gerät, welches sich äußerlich kaum von einem gewöhnlichen PC unterscheidet. Dann wird das Licht gelöscht. Die Erinnerung an die neun Männer mit den ausdruckslosen Gesichtern sind das einzige, was von seiner Persönlichkeit noch übrigbleibt. Daraufhin wird er in das geheimste und brisanteste Unternehmen aller Zeiten eingeweiht. Mit Raumfahrt hat dies nichts zu tun. Das ursprüngliche Raumfahrtprojekt, obschon der Ausgangspunkt, geriet gänzlich in den Hintergrund. Es ging um völlig andere Dinge...

Nach dem Tod des Professors wurden die zehn Versuchsoffer in verschiedene psychiatrische Kliniken verlegt. Das Labor im Keller gibt es schon lange nicht mehr. Das Projekt brach man ab, da es niemand mehr hätte fortführen können. Weitere Versuche wären nur noch als verantwortungslos zu bezeichnen gewesen. Alle Akten hatte der Professor zu Lebzeiten schon selbst vernichtet. Nach dessen Tod übernahm eine Gruppe von Spezialisten irgendeiner ganz wichtigen und ganz geheimen staatlichen Behörde die Beseitigung aller sonstigen Spuren. So kam es, dass eines der geheimsten Forschungsvorhaben abgebrochen wurde, nachdem auch die letzten wenigen wirklich informierten Personen fast alle das zeitliche gesegnet hatten. Veröffentlichungen in der Fachpresse hatte es nie gegeben. Bemerkenswert war die absolute Geheimhaltung. Irgendwie ging es um Versuche, die sich mit dem menschlichen Bewusstsein befassten und damit, wie die Informationsverarbeitung im Zentralnervensystem erfolgt. Nicht einmal die Manipulation von Menschen stand dabei im Vordergrund, sondern die Erkenntnis war das Ziel. Und diesem Ziel war man bereits recht nahe gekommen. Doch irgendwie stieß man auf nicht überschreitbare Grenzen und brach alle Versuche ab.

Und irgendwie war es wohl besser so.

Die Gefahr, dass andere Wissenschaftler sich dem Geheimnis werden nähern können, wurde als gering eingeschätzt. „Die Untersuchung biologischer informationsverarbeitender Systeme“ fand nie wieder den richtigen Anschluss. Die offizielle Wissenschaft das wussten die damaligen Eingeweihten mit absoluter Sicherheit - war auf dem völlig falschen Weg. Zum Glück aber auch, wie man meinte.

In dem kleinen Städtchen hat sich seitdem nur wenig verändert. Auch die Eckkneipe in der Bahnhofstraße gibt es noch. Der alte Wirt hat die Geschäfte an seinen Sohn übergeben. Die Stammgäste sind fast alle noch die alten. Nur wenige von den älteren fehlen. Zu diesen fehlenden Gästen gehört der Professor. In dessen Haus ist seit kurzem ein pensionierter Beamter eingezogen. Ein hohes Tier beim Geheimdienst soll der gewesen sein. So wird gemunkelt. Nichts genaues weiß man nicht. Das Haus ist kaum wiederzuerkennen. Es wurde gründlich renoviert.

Fremde verirren sich so gut wie nie hierher. In der Kneipe hat man seit einem Jahr keinen Fremden mehr gesehen. Der Ex-Geheimdienstler ist ein unauffälliger und noch nicht besonders alter Mann. Warum allerdings eine ehemaliger höherer Beamter sich in dieses Nest zurückgezogen hat, ist nicht besonders leicht zu verstehen. Und er verweist nie. Bisher jedenfalls nicht. Allein scheint er außerdem zu sein. Gäste hat er noch nie empfangen. Kein Vergleich mit dem ziemlich regen Treiben, als der Professor noch lebte. Kaum ein Tag verging, an dem nicht irgendein Besuch auftauchte. Manchmal mehrere Personen. Sogar nachts, so wussten die Nachbarn zu berichten, gingen viele Leute aus und ein. Man gab sich Mühe, nicht aufzufallen. Diese Mühe fiel auf.

Auch an diesem Abend überfliegt der Pensionär in der Gaststätte seine Zeitung. Wie immer. Die üblichen Meldungen. Wie jeden Tag. Nur eine nicht besonders auffällige Notiz scheint er aufmerksamer zu lesen. Über einen sensationellen wissenschaftlichen Erfolg wird berichtet. Einer Gruppe von Wissenschaftlern in Amerika - wo sonst! - angeblich sei es gelungen, dem Geheimnis des menschlichen Denkens auf die Schliche gekommen zu sein. Die

„Seele zu entschlüsseln“ wird bald im Bereich des Möglichen liegen. Der Mann blickt in Richtung Tresen und rafft sich zu einem spöttischen Grinsen auf. Die einzige sichtbare Gefühlsregung seit Tagen. Sein Blick trifft den des Kellners. Der hat verstanden und bringt noch ein Bier.

Doch dann öffnet sich die Tür, und ein Fremder betritt das Lokal. Der blickt sich suchend um und steuert auf einen freien Tisch zu. Nur kurzes Interesse weckt er bei den Anwesenden. Die sind bald wieder mit sich selbst beschäftigt und diskutieren laut oder trinken in Ruhe ihr Bier. Der Pensionär scheint kurz nachzudenken. Dann steht er auf und begibt sich an den Nachbartisch, an dem der Fremde sitzt. Nach kurzem Wortwechsel setzt er sich zu dem Reisenden, den es durch einen Zwangsaufenthalt in diese Kneipe verschlagen hat. Mit der Bahn hat es irgendwie zu tun. Seltsamerweise sind der ehemalige Geheimdienstler und der Fremde nach kurzer Zeit in ein Gespräch vertieft. Die zunächst abweisende Haltung des Reisenden beginnt anscheinend großem Interesse zu weichen. Kein Mensch nimmt von beiden Notiz. Auch dass kurze Zeit später - der Fremde hat gerade seine Mahlzeit eingenommen und auch bezahlt - beide gemeinsam die Gaststätte verlassen, scheint niemand zu beachten.

Draußen ist es bereits dunkel geworden. Nach kurzer Zeit erreichen beide das Haus des ehemaligen Beamten. Ob und wann der Fremde das Haus wieder verlassen hat, wurde von keinem beobachtet. Es hatte ja auch kein Mensch gesehen, dass zwei Männer das Grundstück betraten.

Und am nächsten Nachmittag macht der Pensionär ganz allein seinen üblichen Spaziergang, der - wie immer - bei einem Glas Bier in der Kneipe enden wird. Und die Zeitung wird er auch wieder lesen. Und vielleicht werden es auch ein oder zwei Gläschen mehr sein.

Erwachen

Eine Minute ist vergangen. Oder zehn. Oder eine Stunde. Oder ein Jahr. Oder ein Jahrtausend. Er weiß es nicht. Das Bewusstsein tritt auf der Stelle. Die Zeit schläft ein und stirbt.

Die Seele entfernt sich aus dem Raum und schwebt im Nichts. Es gibt sie fast nicht mehr. Es gibt ihn nicht mehr. Das Denken ist ohne Zeit nicht möglich. Gefühle schwimmen diffus in der Leere. Selbst die Leere entschwindet.

Langsam erwacht er und stellt fest, dass dies Erwachen nur ein Schein ist, ein kurzes Aufblitzen der Wirklichkeit.

Nein, er stellt dies nicht fest. Er kann nichts feststellen. Aber es ist so.

Millionen Jahre sind vergangen. Oder Milliarden. Oder Millionen von Milliarden. Nichts hat sich verändert. Und nichts ist geschah'n. Irgendwann wird er erwachen. Wenn dann das Universum noch vorhanden. Oder wenn ein neues entstanden. Vielleicht werden viele Zyklen noch vergeh'n...

Nach und nach gewinnt die Wirklichkeit die Oberhand. Langsam nur, doch endgültig. Das Bewusstsein festigt sich. Es entsteht ein neues. Woher es kommt, er kann es nicht deuten. Die Welt hat sich nicht verändert. So scheint es ihm. Jeglicher Vergleich fehlt. Keine Menschen gibt es. Er weiß nicht, dass es welche gab und was das war. Der "Überlebende" ist er. Ohne Zweck und ohne Ziel. Ohne Vergangenheit, ohne Wissen. Ohne Streben und ohne Zukunft.

Er ist nicht mehr er selbst. Der neue Schöpfungsakt erfasst ihn völlig. Und nichts bringt das Verlorene zurück. Nicht einmal der Gedanke daran, etwas verloren zu haben. Keine Erinnerung an Vergangenes findet Platz in ihm. Er hätte dies nicht überlebt. Hat er überlebt? Ist dies "das Leben nach dem Tode"?

Der Tod... jetzt hat er ihn wieder. Es muss so etwas wie Erinnerung geben. Woher kennt er sonst den Tod. Das Unbewusste wagt sich zaghaft nur hervor.

Es ist eine Geburt.

Das Licht, er nimmt es langsam wahr (welches Licht? Das Wissen um das Licht ist ein Relikt vergangenen Lebens). Verschwommen wird das Sehen (was ist Sehen?) zum Abbild des Wirklichen (was ist die Wirklichkeit?) außerhalb seiner (existierte dort noch etwas?). Die inn're und die äuß're Welt vermag er unvollkommen nur zu trennen (sind sie überhaupt zu trennen?). Mehr und mehr gelingt es ihm (es scheint ihm so). Es dauert lange. Die Zeit noch fehlt (wie kann da etwas "lange dauern"?). Die Bewegungen (was ist Bewegung?) sind unbeholfen, was er nicht weiß. Nicht wissen kann. Es gibt kein Vorbild.

Der Körper ist neu, was man "Körper" hätte nennen können. Und die Seele, was hätte den Namen "Seele" verdient. Nichts hat gemein mit dem Gewesenen. Die Anpassung ist perfekt. Aber sinnlos. Die Bedingungen können lebensfremder nicht sein. Doch was ist Leben? Wie war die alte Welt vergangen, wie ist sie neu erstanden? Er weiß nichts davon. Er wird es nie erfahren.

Er weiß nicht, dass es etwas zu erfahren gäbe.

Das Überlebensprogramm scheint perfekt. Und nach und nach dringen Fetzen seines letzten Ichs an die Oberfläche. Bruchstückhaft, ohne Zusammenhang. Das hatte er vorausgeplant, ohne davon noch zu wissen. Erinnerungen an vergangene Träume sind es. Mehr nicht.

Das Überlebensprogramm ist nicht perfekt. Wie soll es auch. Er wird Millionen Jahre überleben. Oder Milliarden. Oder Millionen von Milliarden. Doch gibt es "Jahre" noch?! Es gibt nichts, was die Bezeichnung "Jahr" verdient. Oder "Sekunde". Oder "Stunde"...

Er wird überleben". Doch wie. Er wird existieren. Doch warum. Er wird keine Fragen finden, ist ein Automat, ein unvollkommener. Diese Unvollkommenheit ist der Preis fürs Überleben. An nichts kann er etwas messen. Wer ist "ER"?

Und die Welt und er verschmelzen wieder.
Zusammen mit den Träumen.
Und so bleibt es.
Bis zum Ende.
Ein neuer Zyklus ist im Gange.
Noch einmal wird er nicht erwachen...

Weltuntergang

Unheilpropheten gab es wahrscheinlich vor Jahrtausenden schon. Den "Weltuntergang" hat die Menschheit mehrmals schon "erlebt". Und das Jahr 3000 soll vielleicht "Die Große Wende" bringen. Ob zum Guten oder zum Bösen, das weiß man nicht so ganz genau. Im schlimmsten Fall bleibt alles beim alten. Das Schlimmste ist immer das Beständige. Keine wirkliche Entwicklung, nicht einmal eine handfeste Katastrophe. Und die Sintflut damals hat langfristig auch nicht viel gebracht.

Seit Milliarden von Jahren kreisen die Planeten um die Sonne. Und die Sonne wird noch weitere fünf Milliarden Jahre "leben". Die Menschen wahrscheinlich nicht. Mit Sicherheit wird es den "Weltuntergang" irgendwann einmal geben. In spätestens einigen Milliarden Jahren. Da die Spezies Mensch nicht gerade zu den besonders vorausschauend handelnden Gattungen vernunftbegabter Lebewesen zählt, ist es wenig sinnvoll, über das mögliche maximale Alter der Sonne ein gar zu großes Kopfzerbrechen zu veranstalten. Und irgendwelche andersgearteten Weltuntergangs-Szenarien locken kaum noch einen Hund hinter dem Ofen hervor.

Doch ein besonders liebes Exemplar eines paranoiden Menschleins predigt seit geraumer Zeit - und es findet wirklich etliche Seelen der schlichteren Art, die ihm aufmerksam zuhören -, dass die Verdammnis bald über uns hereinbrechen werde. Oder eine neue Sintflut vielleicht. Oder etwas in der Art. So konkret pflegt dieser Mensch sich nicht auszudrücken. Jedenfalls werden wir das Ende "bald" erleben. In 1000 Jahren ungefähr.

"Erleben" ist nicht ganz der richtige Ausdruck dafür. Wir werden eben bald nichts mehr erleben können, weil es bald nichts mehr zu erleben gibt, weil es uns bald nicht mehr geben wird.

Gar so dumm ist die ganze Angelegenheit nun auch wieder nicht. Allerdings ist das Aussterben einer biologischen Spezies noch längst kein Welt -Untergang. Aber "Das Große Feuer" werde uns bald alle vernichten. In 1000 Jahren, wohlgemerkt.

Schon möglich. Doch unsere Sonne macht derzeit überhaupt keine Anstalten, sich in absehbarer Zeit in eine Super-Nova zu verwandeln. Und irgendwelche kosmischen Unheilbringer in Gestalt größerer Asteroiden oder kleinerer Planeten oder mittelmäßiger Kometen auf Kollisionskurs mit der Erde sind auch nicht in Sicht. Die atomare Katastrophe ist vielleicht gebannt. Sicher allerdings, so absolut sicher, kann man auch hierbei nicht sein. Es gibt Gefahren. Wir alle haben von ihnen gehört. Nur wirklich bewerten können wir die nicht.

Besagter Prophet versammelt eine immer größere Schar von Jüngern um sich herum, die sich alle dadurch auszeichnen, im Glauben besser zu sein denn im Denken. Das haben Anhänger von Propheten so an sich. Und das muss auch so sein. Sonst ist der Prophet kein solcher oder seine Jünger tragen zu Unrecht diese Bezeichnung.

Und so glauben all die Seelen dieser kleinen Truppe an den Weltuntergang - in zehn Jahrhunderten. Wie schon gesagt, konkret fest legt man sich nicht. Nur der Termin steht so gut wie fest. Das Jahr 3000 hat es ihnen angetan. Bis dahin ist noch reichlich Zeit. Es hätte auch 3032 sein können. Ist es aber nicht. Punkt 3000 werde das Unheil über uns alle hereinbrechen. Verdient haben wir es allemal.

Ist natürlich auch Quatsch. So wie die Todesstrafe eigentlich keine Strafe ist. Die Strafe ist das Vorher. Auf die Angst vorher kommt es an. Und die ist groß. Hinterher ist alles vorbei. Das Leben ohnehin irgendwann einmal. Das weiß jeder. Nur den Zeitpunkt, den kennt er nicht. Und jetzt ist klar, was den Schrecken ausmacht: die Kenntnis des Termins. Oder die Ungewissheit im Gewissen. In beiden Fällen. Nur ist der Todeskandidat mit sich und seinen Sünden und seiner Angst allein. Der Weltuntergang betrifft uns alle. Der kollektive Tod ist irgendwie anders als der individuelle Tod es sein kann.

Aber wenn noch 1000 Jahre Zeit ist...

Nur die Auserwählten wissen ihr Wissen zu schätzen. Die anderen lachen bloß. Oder auch nicht. Dann sind sie nachdenklich geworden. Nicht etwa, weil sie von den Spinnern gehört haben oder ihnen gar glauben, sondern weil Nachdenklichkeit eine durch und durch schlechte Angelegenheit nun auch wieder nicht ist. Die Sache allerdings hat einen Haken: nachdenken kann jeder nur für sich allein. Und bei jedem kommt etwas anderes heraus dabei und somit in der Summe fast überhaupt nichts. Das erleben wir täglich. Doch gibt es Menschen, die werden für das Nachdenken bezahlt. Das macht natürlich dann nur Sinn, wenn das, worüber sie nachgedacht haben, auch verkündet wird. Geschieht dies laut, so hat man es in der Regel mit Politikern zu tun. Und in der Regel wird es bei denen nicht nur bei den Gedanken bleiben, sondern Grundlage für das Handeln soll es werden, was die Angelegenheit auch nicht gerade erfreulicher macht. Doch die Politiker reden äußerst selten über den Weltuntergang. Das ist nicht opportun.

Ein wenig leiser denken Leute nach, die viel wissen und neues Wissen schaffen. Darum werden sie auch "Wissen-Schaftler" genannt. Diese wissen nun, was möglich ist und was nicht. Und der Weltuntergang liegt - wenn nichts dazwischen kommt - in sehr weiter Ferne. Das wissen die. Und sie können das auch begründen, so wie sie den Weltanfang begründen können. Und alle Probleme, die irgendwann zu irgendwelchen Schwierigkeiten führen werden, oder schon geführt haben, sind von uns selbst gemacht.

Und dann gibt es noch die ganz normalen Menschen, welche die Wahl haben, diesen oder jenen Leuten zu glauben. Sei es den Weltuntergangs -Propheten, den Politikern oder den Wissenschaftlern. Natürlich hat man zudem die Freiheit, an nichts zu glauben, oder daran nur, was man selbst so ausgeheckt hat. Und findet man für das, was man sich ausgedacht hat Zuhörer, so ist man Prophet, Politiker oder Wissenschaftler. Je nach dem. Oder Künstler. Den hätten wir fast vergessen. Im einzelnen hängt dies vom konkreten Verlauf der konkreten Karriere ab. Allerdings können wir im allgemeinen davon ausgehen, dass der Otto Normal-Nachdenker, so er denn überhaupt nachdenkt, meist nur auf privater Ebene Nachdenker bleibt. Darum bildet er auch keine übermäßig große unmittelbare Gefahr. Von jener Gefahr einmal abgesehen, die mit seiner bloßen Existenz einhergeht, weil ohne seine Existenz keine Propheten usw. etwas aus- und Unheil anrichten könnten.

Unser großes Plus ist, dass wir nachdenken können. Nicht alles ist richtig und das meiste zwar falsch. Das macht aber nichts. Es merkt eh keiner. Und die wenigen, die es vorher merken, haben sowieso keine Stimme. Und danach, wenn alle es merken, ist es meist zu spät. Da es aber nie völlig zu spät ist, hat man die Möglichkeit, aus Fehlern zu lernen, um Raum zu schaffen für neue. Und so entwickelt sich das menschliche Leben von Niederlage zu Niederlage so vor sich hin.

Und die "absolute Niederlage" ist der "absolute Untergang".

Im Jahr 3000, wie wir jetzt wissen.

Und der Prophet weiß alles ganz genau. Und zwar vorher. Und da er ein harmloser Prophet ist, ein Spinner eben bloß, der ein paar andere nicht besonders helle Köpfchen um sich herum versammelt hat, lässt man ihn gewähren. Den Unsinn, den er da verzapft, den kann man wirklich nicht ernsthaft ernst nehmen.

Und so nähert man sich eines Abends unversehens dem ominösen Jahr 3000. Auch eine Raumschiffbesatzung ist unterwegs. Man will sich etwas weiter hinauswagen. Weiter als bisher. Und Silvester feiert man in der Raumkapsel. Dreißig Männer also feiern den Jahrtausendwechsel. Und der blaue Planet strahlt in voller Pracht. Und die Stimmung könnte besser nicht sein.

Der Fernsehkontakt mit der Bodenstation reißt plötzlich ab. Man will sich gerade gegenseitig beglückwünschen. Zum neuen Jahrtausend. Schon beginnen die Männer über die scheiß Technik zu fluchen, als sie bemerken, dass die Erde nicht mehr zu sehen ist. Die ist verschwunden. Einfach weg. Einfach so.

Alle Versuche, den Funkkontakt wieder herzustellen scheitern. Sie haben das Ende erlebt. Ein Welt-Untergang ist es freilich nicht, aber das Ende der Erde war gekommen. Ein eigenartiges Ende. So als hätte jemand einen Schalter betätigt und das Licht ausgeschaltet.

Die Sonne ist noch da. Doch beruhigt das die Männer keineswegs. Und so machen sie sich auf die Suche nach der Erde. Aber keine Spur von ihr. Hätte es eine wirkliche sichtbare Katastrophe gegeben, so hätten sie sich etwas denken können. Jetzt aber haben sie rein gar nichts begriffen, und sie glauben immer noch an eine technische Störung oder sonstige Täuschung. Sie haben wirklich nichts begriffen, nicht einmal ihr eigenes Todesurteil.

Das überaus interessante an der Sache allerdings ist, dass der spinnige Unheilsprophet, 1000 Jahre zuvor, recht behielt. Nicht etwa, weil er wirklich wusste, was geschehen würde, sondern weil irgendwann einmal ein Unheilsprophet einen Treffer landen muss. Propheten gab es zu allen Zeiten. Und irgendwann beginnt auch der Untergang. Und dass es das schöne Jahr 3000 gewesen ist, kann wirklich nur ein Zufall sein. Und was sich tatsächlich ereignete, weiß kein Mensch.

Weil es keinen mehr gibt.

Die Raumschiffbesatzung ausgenommen. Und die dreißig Männer haben nie etwas von dem vor 1000 Jahren lebenden Propheten gehört, der fast genau das prophezeite, was jetzt eingetreten war.

Kein Mensch hatte somit einen Nutzen davon, dass es jemanden gab, der auf das gerade eingetretene Ereignis vorbereitet war. Der Prophet selbst nebst kleiner Anhängerschar hatte keinen Nutzen davon. Die waren alle längst schon tot. Und der Menschheit nützte das sowieso nichts, denn erstens erinnerte sich vor dem Untergang kein Mensch an irgendeinen Propheten von vor 1000 Jahren, und zweitens hätte diesen Propheten kein Mensch ernst genommen, und drittens, wenn man ihn ernst genommen hätte, wäre man nicht in der Lage gewesen, das Unheil abzuwenden.

Nichts Nutzloseres also gibt es als Propheten, die alles vorher gewusst haben wollen!

Die Raumschiffbesatzung weiß nichts von alledem. Bis zu ihrem Ende versuchen sie die Erde zu finden oder wenigstens den Funkkontakt wieder aufzunehmen. Danach ist alles vorbei. Für alle Menschen jedenfalls.

Nun, alles war damit nicht zu Ende.

Und - genau genommen - war eigentlich so gut wie fast überhaupt nichts Nennenswertes passiert.

Am Grab

Meine Tage sind gezählt. Das weiß ich. Die Krankheit lässt sich nicht aufhalten. Der Verfall schreitet fort. Die Füße sind bereits abgestorben. Schon kann ich die Hände nur mit Mühe noch bewegen. Und die Ärzte sind ratlos. Und ich warte. Lange muss ich nicht mehr warten. Wie lange genau, das weiß ich nicht. Das Atmen wird langsam zur Qual. Ich werde bald künstlich beatmet werden müssen. Ich weiß wie das funktioniert. Auf einer Intensivstation habe ich das bereits einmal beobachten können. Der Patient dort war ohne Bewusstsein. Ich indes nehme alles wahr.

Ich bin noch ich.

Noch!

Mit Träumen, Gefühlen und Vorstellungen. Ich bin ein lebendiger Mensch mit Schmerzen und Ängsten.

Mit Hoffnung längst nicht mehr.

Wie lange noch, das kann ich nicht sagen. Fast bin ich bereits blind. Auch die Geräusche und die Stimmen werden immer leiser. Sprechen kann ich seit Tagen überhaupt nicht mehr. Bald werde ich es hinter mich gebracht haben. Warum hilft man mir nicht?! Und ich bräuchte doch dringend Hilfe! Warum begreift denn keiner, dass ich Hilfe brauche?!

Und es gibt nur eine einzige Möglichkeit, mir wirklich zu helfen...

Die Helligkeit blendet mich sehr. Auch wenn ich die Augen schließe. Ich kann dem Licht nicht entrinnen. Ganz langsam nur gewöhne ich mich daran. Alles um mich herum ist still. Es ist wirklich still. Ich weiß, dass es still ist. Weil ich wieder hören kann. Nur ein leises Rauschen höre ich. Und ein leises Zirpen. Unwirklich langsam um mich herum bewegen sich die Menschen. Ich kann keine Gesichter erkennen. Ich weiß auch nicht, ob ich mich selbst wieder bewegen kann. Ich weiß nicht, was ich denken soll. Ich bin mir sicher, dass ich fast wieder richtig denken kann. Ich hatte es schon verlernt. Glaube ich.

Es ist so warm. Oder ist es in Wahrheit kalt? Schon eigenartig, wenn man sich so hilflos liegen sieht. Es hat keinen Zweck mehr, sich zu wehren. Und eigentlich wehre ich mich schon lange nicht mehr. Ich werde nicht völlig verschwinden. Irgend etwas wird übrigbleiben. Nicht viel, ein bisschen bloß. Ich werde nicht gänzlich untergehen im Nichts. Irgend etwas bleibt haften. Nur weiß ich überhaupt nicht wann und wo und wie. Es bleibt ein kleines Stück von mir am Leben. Auch dann, wenn ich gestorben bin.

Ich glaube, jetzt es ist so weit. Die Gestalten machen sich an meinem Bett zu schaffen.

Das also war's!

Völlig undramatisch. Das berührt mich überhaupt nicht. Ich bin nur noch reine Information. Ohne körperliches Substrat. Das kann aber nicht sein. Ganz in Ordnung ist das nicht. Ich bin mir sicher, ich irre mich...

Ich weiß nicht, was die alle von mir wollen. Wie bin ich nur hierher geraten? Ich finde mich absolut nicht zurecht. Die Leute sind halbwegs freundlich. An ganz wenige Dinge nur kann ich mich erinnern. Ich weiß nicht einmal, wer ich bin. Irgend etwas von Amnesie höre ich. Ist doch Blödsinn. Ich kann denken. Und ich weiß, dass ich eigentlich tot bin. Nun gut, mein Name fällt mir momentan nicht ein. Aber vor kurzem erst bin ich gestorben. Dass weiß ich ganz genau. Ich habe mich ja liegen gesehen.

"Ein äußerst interessanter Fall".

Damit meinen die mich. Es unterhalten sich viele Ärzte mit mir. Ob ich etwas dagegen hätte, wenn man die Gespräche aufzeichnet, hat man mich gefragt. Was soll ich schon dagegen haben. Kann ja doch nichts ändern. Ich bin denen schließlich ausgeliefert. Die müssen ja denken, ich begreife überhaupt nichts. Natürlich weiß ich, dass etwas nicht in Ordnung ist mit mir. Und dann habe ich ganz seltsame Träume. So komische Fragen stellen die alle. Und viele dieser Fragen kann ich sogar richtig beantworten. Und man wundert sich darüber.

Auch besuchen mich einige Leute. Die sehen mich so eigenartig an. Und ich soll den Mut nicht verlieren. Es wird bestimmt alles wieder gut.

Ich weiß nicht, was die von mir wollen. Ich kenne die doch gar nicht.

Nur schade, dass mich Gerda nicht besucht. Dabei habe ich ihr überhaupt nichts getan. Wir kennen uns schon viele Jahre. Und verheiratet sind wir auch schon lange Zeit. Nicht einmal die Kinder lassen sich blicken. Meine blöde Krankheit hat alles zerstört. Aber vielleicht besuchen sie mich nicht, weil ich ja tot bin. Die müssen doch mein Grab besuchen. Auf einem Friedhof. Irgendwo. Natürlich, das ist der Grund für ihr Ausbleiben. Dass ich nicht gleich darauf gekommen bin...

Am liebsten würde ich die Pillen gar nicht mehr schlucken. Mir ist jedes Mal so dumpf im Kopf danach. Und die Erinnerungen werden viel undeutlicher. Unklarer noch, als sie es ohnedies schon sind. Aber das geht wieder vorüber. Und als ich mich nach vielen Wochen wieder an mich und mein Leben fast ganz deutlich erinnere, wundert man sich noch mehr. Mir fällt auch wieder mein Name ein. Und mein Leben kommt immer klarer in mein Bewusstsein zurück. Ich kann mich sogar an Episoden aus meiner Kindheit erinnern. Wenn ich genau darüber nachdenke, so waren die Erinnerungen nicht wirklich entfallen. Nur vorübergehend etwas in den Hintergrund geraten. Das passiert doch jedem einmal. Die Ärzte werden langsam ziemlich nachdenklich. Und ratlos. Viel ratloser und nachdenklicher noch, als am Anfang. Das bekomme ich mit.

Ob ich mich an meinen Unfall erinnern könne, fragen die mich.

Was für ein Unfall denn? Ich hatte keinen Unfall, sondern ich war krank und bin vor gar nicht allzu langer Zeit gestorben. Vor einem Monat vielleicht. Ganz genau weiß ich das nicht. Und in dieser Klinik kam ich wieder zu mir. Nur, wie ich hierher geraten bin, das ist mir wirklich völlig unklar.

Und was soll der Gips an meinem rechten Bein?!

Wenn ich darüber nachdenke, so richtig nachdenke, kommt mir alles sehr unlogisch vor. Und es dämmert mir, dass es den Ärzten und dem sonstigen Pflegepersonal auch nicht recht geheuer erscheinen muss.

Ich bitte um Schreibutensilien. Ich schreibe alles auf. Das scheint mir wirklich zu helfen. Ich schreibe alles auf, was ich weiß und was mir so einfällt. Dabei verdränge ich meine missliche Lage.

Als eines Tages der Oberarzt kommt, sagt er mir, er möchte mir ein Foto zeigen. Ich soll mich bloß nicht aufregen, sonst müsse man mir wieder die Medikamente verabreichen. Und dann zeigt er mir ein Bild und fragt mich, ob ich die Personen auf Foto wohl kenne.

So eine Frage! Ich sehe keinen Grund zur Aufregung. Ich hatte zwar vorübergehend einige Gedächtnisprobleme, aber so schlimm, wie man hier tut, ist es wirklich nicht. Dass die Ärzte immer übertreiben müssen! Und ich fühle mich schon wesentlich besser.

Als ob ich nicht meine Frau erkennen würde! Und der Mann neben ihr, das bin doch ich!

Der Arzt sagt, ich solle doch in den Spiegel seh'n. Als ich dies mache, fällt mir auf, dass der Mann, der mich aus dem Spiegel anschaut, mit mir gar keine Ähnlichkeit hat. Das irritiert mich sehr; und ich bin überaus verunsichert. Aber der Mann auf dem Bild, das bin ich. Und aus dem Spiegel blickt mich ein fremdes Gesicht an. Das merke ich jetzt erst, nachdem ich das Foto sah. Seltsam, mir war das bisher nicht aufgefallen. Ob das etwa mit meiner Krankheit und

meinem Tod zusammenhängt?

Ich grübele lange nach, komme aber zu keinem greifbaren Ergebnis. Alles ist und bleibt unlogisch. Auch die Ärzte können mir nicht helfen. Ob mich denn Gerda nicht doch einmal besuchen wolle, frage ich fast jeden Tag. Man schüttelt nur den Kopf.

Neulich zeigt mir der Professor ein anderes Bild. Darauf sind einige Leute auf einem Friedhof zu sehen. Auch Gerda ist dabei. Und einige andere Trauergäste kann ich sogar beim Namen nennen. Nicht alle, aber viele. Und die Kinder sind ebenfalls zu erkennen. Mich kann ich auf dem Bild nicht entdecken, denn es handelt sich ja um mein Begräbnis. Logisch, dass ich nicht zu sehen bin, ich liege ja im Sarg. Unter der Erde.

Aber wieso lebe ich dann hier in der Klinik? Ich werde immer verwirrter. Die Ärzte auch.

Der Professor sieht mich ungläubig an. Ihm fallen nicht einmal die klugen Worte ein, die eh kein normaler Mensch versteht. Nicht einmal irgendwelches lateinisches Zeug gibt der von sich.

Und an diesem Tag grübele ich bis in die späte Nacht hinein darüber nach, wie es denn möglich sein kann, dass ich einerseits tot bin und andererseits mich in einer psychiatrischen Klinik befinde. Am nächsten Morgen bitte ich um Ausgang. Ich will mein Grab besuchen. Mich soll ruhig ein Pfleger begleiten. Von mir aus auch zwei. Ich würde auch nicht versuchen auszureißen. Und meine Familie zu erschrecken, das liegt mir fern.

Es ist schon beunruhigend, vor seinem eigenen Grab zu stehen. Und ganz gesund war ich wohl auch noch nicht. Vielleicht war es auch viel zu für mich, denn als ich wieder zu mir kam, befand ich mich wieder in der Klinik. Alles aber war verändert. Und ich wusste im Moment nicht, wo ich mich befand. Dann aber erinnerte ich mich an einen Unfall vor Monaten, von dem ich mich bereits fast erholt hatte. Die Bergsteigerei ist nicht ganz ohne Risiko. Eine kleine Unvorsichtigkeit, und schon ist es passiert. Zehn Meter Fall und dann der Aufschlag. Aber ich muss noch Glück gehabt haben. Jedenfalls bin ich so gut wie gesund. Das rechte Bein wird wohl etwas steif bleiben. Mit der Kletterei ist es wahrscheinlich vorbei.

Aber ich bin froh, wieder ich selbst zu sein. Der Schock auf dem Friedhof hatte bestimmt etwas ausgelöst. Ich bin wieder ich. Das stimmt. Aber ich kann mich an ein anderes Leben erinnern, an ein Leben, das mir völlig fremd sein müsste. Das ist schon verwirrend. Aber ich lerne, damit umzugehen. Doch passiert es mir immer wieder, dass ich mitunter einiges durcheinander bringe. Aber ich kann leben damit. Und meine Familie auch.

Doch einen kleinen Tick leiste ich mir. Einmal jede Woche besuche ich das Grab eines fremden Mannes auf dem Friedhof. Und dieser Mann bin ich. Zumindest ein Teil von mir. Langsam verblassen viele "Erinnerungen", aber nicht alle. Ein Rest wird immer bei mir bleiben. Und im Traum erlebe ich Dinge, die ich jetzt ganz anders bewerten kann. Und wenn ich zu diesem Grab gehe, achte ich darauf, dass ich allein bin. Der Familie, der anderen Familie, möchte ich nicht begegnen.

Ich habe nie versucht, mit der fremden Familie in Kontakt zu treten. Ich weiß allerdings nicht, wie ich reagieren würde, liefere mir Gerda über den Weg. Es wäre mir bestimmt nicht gleichgültig. Der Andere ist zwar nicht mehr ständig präsent, aber auch nicht gänzlich verschwunden.

Dann bat ich den Professor um eine Auskunft. Nach einigem Zögern gab er sie mir auch. Zwar kennt man den Zeitpunkt meines Unfalls nicht auf die Minute genau; aber zu welcher Uhrzeit der Andere verstarb, das jedenfalls hatte man herausgefunden. Bei aller Unsicherheit gibt es ein merkwürdiges Zusammentreffen beider Ereignisse.

Immer, wenn ich das Grab des Fremden besuche, kommen mir seltsame Gedanken. Und ich frage mich: Ist der dort, der unter der Erde, denn wirklich tot? Sicher allerdings, so völlig sicher, bin ich mir nicht. Und ich weiß auch nicht, wie die Ärzte das alles bewerten. Mit der wissenschaftlichen Erklärung meines "Falles" haben die etliche Probleme. Ich indes versuche herauszufinden, wer ich eigentlich bin. Vor meinen Unfall hatte ich solche Anwendungen nicht. Jetzt sehe ich auch den Tod mit ganz anderen Augen. Und wenn ich meine eigenen Niederschriften lese, so wird mir ganz seltsam zumute.

Und die Angst aber, die unbestimmte Angst vor dem Tod jedoch bleibt. Bis dahin ist noch reichlich Zeit. Das jedenfalls hoffe ich.

Das hofft ja jeder.

[\[Home\]](#) **[\[Seitenanfang\]](#)**





Einige interessante Links

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Die meisten externen Links sind direkt in den Texten zu finden. Hier eine kleine Auswahl von weiteren Links.



Hier finden Sie die Zeitschrift **ZeitGeist**, eine Publikation jenseits des etablierten Zeitgeistes, welcher seinen "Geist" aus dem Wiederkäuen "endgültiger Wahrheiten" bezieht. (Das Bild zeigt die Titelseite der Ausgabe 1/2008.) Das Themenspektrum reicht von Wissenschaft und Technik bis hin zu Gesellschaft und Medizin.

"Alternativ", versteht sich. Denn letztlich gibt es keine wirkliche Alternative zum eigenständigen Nachdenken, zum Versuch, Zusammenhänge zu erkennen und zu verstehen, auch das Risiko des eigenen Irrs eingeschlossen. Nur so können Irrtümer nach und nach beseitigt werden. Aber eigenständiges Denken scheint aus der Mode gekommen zu sein. Man hat ja die Experten und Spezialisten, die sich naturgemäß nicht irren - so der gängige Irrtum.

ZeitGeist leistet einen wichtigen Beitrag in Richtung kritischen Nach- und Vor-Denkens. Und der Autor dieser Web -Site ist zugleich **ZeitGeist**-Autor der Serie "Wissenschaftskritik und Erkenntnistheorie" - den gängigen Zeit-"Geist" ignorierend. Folgende Beiträge dieser Artikelserie sind bisher erschienen (bzw. werden erscheinen):

- Ausgabe 1/2004: **Quo Vadis Wissenschaft**
- Ausgabe 2/2004: **Das Weltbild der Aufklärung - gestern und heute**
- Ausgabe 1/2006: **Die Wissenschaft, gefangen im Zirkelschluss - oder: Warum niemand das Rätsel der Masse lösen will**
- Ausgabe 2/2006: **Der Mythos Quantenphysik - Die Physik und das Irrationale (Teil 1)**
- Ausgabe 1/2007: **Der Mythos Quantenphysik - Die Physik und das Irrationale (Teil 2)**
- Ausgabe 2/2007: **Physik, Mathematik und Egozentrik - Das Ptolemäus-Syndrom**
- Ausgabe 1/2008: **Der Urknall - Ein modernes Märchen (Teil 1)**
- Ausgabe 1/2009: **Der Urknall - Ein modernes Märchen (Teil 2)**

Gravitation in neuer Sicht

Ekkehard Friebe aus München

Wege des Denkens

Helmut Hille - Gesellschaft für kritische Philosophie

raum&zeit

Eine unabhängige Zeitschrift

DESY

Das Deutsche Elektronensynchrotron Hamburg

R. Markweger

gehört nicht gerade zu den Relativitätstheorie-Anhängern

[Borderlands of science](#)

Eine sehr interessante und vielseitige Link-Sammlung. Hier kommt das "Anti-Establishment" zu Wort.

[Kirstin Zeyer](#)

Eine überaus interessante und anregende Philosophie-Site

[\[Home\]](#) **[\[Seitenanfang\]](#)**

Homepage

Einleitung

Physik

DPG-Beiträge

Kritik

Masse

Wellen

Pygmalion-Effekt

Erkenntnis

Ernst Mach

Die Zeit

Zufall+Notwend.

Gottes Urknall

Zwischenbilanz

Geschichten

Links

Der Autor

Wann hat man etwas verstanden? - Nach meinem (Selbst)Verständnis ist die Voraussetzung dafür, dass man die Dinge, die - hier in der Physik - als allgemein anerkannt gelten selbst nachvollziehen kann. Damit allerdings hatte ich schon immer meine Probleme. Dieses Nachvollziehen gelang mir äußerst selten. Das kann natürlich daran nur liegen, dass ich ganz einfach zu doof und zu unwissend bin.

Irgendwie ging es mir - vor einigen Jahrzehnten - um das Verstehenwollen völlig unverständlicher Zusammenhänge. Und zu diesen dem „gemeinen Verstand“ gänzlich unzugänglichen Dingen gehört die moderne Physik. Diese Wissenschaft ist unverständlich - aber sie scheint zu „funktionieren“. Und über diese Dinge denke ich seit geraumer Zeit nach. Und es ist bei diesem Versuch - vielleicht - auch etwas herausgekommen. Man kann über bestimmte Dinge nachdenken. Man kann viel lernen. Man kann versuchen, beides miteinander zu verbinden. Die Ergebnisse sind nicht immer optimal. Kompromisse werden dabei unvermeidlich sein. Das Wissen ist das eine - Zusammenhänge erkennen das andere. Je umfangreicher das Detailwissen, um so schwerer wird es sein, einen Gesamtüberblick zu gewinnen und zu bewahren. Die immer weiter fortschreitende Spezialisierung - auch und gerade in der Physik -, entwickelt eine Eigendynamik, die nicht nur von Vorteil ist. Hier kann m. E. nur eine „Kritik von außen“ korrigierend eingreifen. Die Erfolgsaussichten einer solchen Kritik allerdings dürften sehr bescheiden ein. Und somit wird es auch in Zukunft keinen wahren Erkenntnisfortschritt geben. Wissenschaft betreiben wird sich im Erstellen von Handlungsvorschriften erschöpfen. Nur der Pragmatismus zählt noch. Wir leben nun einmal in einer fast ausschließlich pragmatisch orientierten Zeit und Gesellschaft.

Wolfgang Neundorf



Brandenburger Platz 12

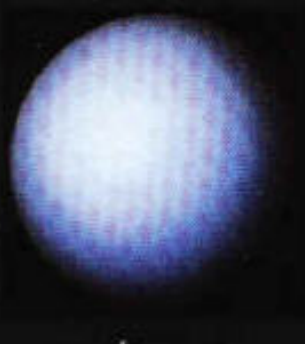
D - 03046 Cottbus

Tel.: (0355) 86 21 04

Fax: (040) 36 03 06 69 59

E-Mail: wolf@neundorf.de

Uranus (links im Bild): Eine Beobachtung der Umlaufbahn des Uranus zeigte, dass sie anders verlief als nach der Newtonschen Theorie vorausberechnet. Da man nicht zugeben wollte, dass die Newtonschen Thesen unvollständig sein könnten,



„Jetzt weiß ich, wie Gott das All schuf“

versuchte man die Abweichungen mit einem noch unbekannten Planeten zu erklären, der die Bahn des Uranus „störte“. Tatsächlich wurde dann auch 1846 der Planet Neptun (rechts im Bild) entdeckt, doch nicht durch Voransberechnungen, wie die Lehrmeinung verbreitet, sondern durch puren Zufall. Die von dem Franzosen Le Verrier und dem Deutschen Galle berechnete Umlaufbahn des Neptun erwies sich als falsch. Wäre die Suche nach dem Planeten, der angeblich die Bahn des Uranus „stört“, wenige Jahre früher oder später erfolgt, er wäre nirgends in der Nähe der vorausgesagten Stelle entdeckt worden. Doch davon steht nichts in den Lehrbüchern. Foto: NASA, Voyager 2, im Januar 1986; © 1995, California Institute of Technology.

Neptun (rechts im Bild): Der durch Zufall entdeckte Planet Neptun. Er wird als typischer Gasplanet bezeichnet, der von orkanartigen Strömen bis zu 2000 km/h umweht wird.

Oder die Selbstüberschätzung einer selbst ernannten Wissenschafts-Elite. Von Wolfgang Neundorff, Cottbus.

Das fatale an der etablierten Wissenschaft ist nicht so sehr, dass sie sich irrt, das ist menschlich. Fatal ist, dass die amtierenden Wissenschaftspäpste ihre Vermutungen als „Wissen“ und ihre, größtenteils waghalsigen, Theorien als „Gesetze“ ausgeben. Noch schlimmer wird das Ganze dadurch, dass jeder Wissenschaftler, der den manchmal höchst abenteuerlichen Thesen widerspricht, seine Karriere und oft seine Existenz riskiert. Dadurch entsteht geistiger Stillstand, den wir uns nicht leisten können. Wie abenteuerlich und in weiten Teilen lächerlich und gerade zu grotesk zum Beispiel die theoretische Physik Anfang und Ende des Universums zu erklären versucht, davon handelt dieser Beitrag. Und auch davon, wie die unsinnigsten Behauptungen von unkritischen Wissenschafts-Journalisten als „wissenschaftliche Wahrheiten“ hinausposaunt werden. Auf diesem Gebiet ist DER SPIEGEL führend. Der Autor hat sich die Mühe gemacht, drei Spiegel-Texte, die in der Zeitschrift unter der Rubrik „Wissenschaft“ erschienen, mit der Wirklichkeit zu konfrontieren wie sie jeder/jede von uns beobachten kann. Heraus kam eine köstliche Realsatire, die durch die geschliffene Sprache und den hintergründigen Humor des Autors noch zusätzlich gewinnt.

Gottes Urknall“. Die Überschrift ist in Anführungszeichen eingeschlossen, nicht deshalb etwa, weil ich damit die Aussa-

stünden (was gleichfalls sinnvoll wäre), sondern darum, weil ich diese Überschrift als Zitat und nicht als Plagiat verstanden haben möchte. Im Nachrichtenmagazin DER SPIEGEL (Nr.

sehen: „Kosmologie an der Grenze zur Religion“.

Das macht neugierig. Letztlich zählt DER SPIEGEL, so sicherlich das Selbstverständnis des Herausgebers, neben

Er wird als typischer Gasplanet bezeichnet, der von orkanartigen Stürmen bis zu 2000 km/h umweht wird.

Foto: NASA, Voyager 2, im August 1989; © 1995, California Institute of Technology.

Gottes Urknall". Die Überschrift ist in Anführungszeichen eingeschlossen, nicht deshalb etwa, weil ich damit die Aussage relativieren möchte, dass Gott und Urknall in irgendeiner kausalen Beziehung zueinander

wäre), sondern darum, weil ich diese Überschrift als Zitat und nicht als Plagiat verstanden haben möchte. Im Nachrichtenmagazin DER SPIEGEL (Nr. 52 / 1998) prangte jene Überschrift in großen Lettern auf der Titelseite, mit dem Zusatz ver-

Grenze zur Religion". Das macht neugierig.

Letztlich zählt DER SPIEGEL, so sicherlich das Selbstverständnis des Herausgebers nebst Redaktion und im Ansehen der Leserschaft, zu einer den „seriösen Journalismus“ repräsentie-

raum&zeit 10/4/2000 5

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Auch der Raum führt ein "eigenständiges Eigenleben". Darüber darf auch nicht hinwegtäuschen, dass innerhalb der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) Raum und Materie irgendwie zusammen gehören. Aber die ART basiert letztendlich auf tradierten Vorstellungen, die dem Raum eine selbständige - und auch weitgehend unabhängige - Existenz zubilligen.

Abbilder
Zeit
Kraft
Raum
Begriffe

Inhalt

1. Abbilder und Begriffe
2. Das Objekt Zeit
3. Die Ursache Kraft
4. Der objektive Raum
5. Objektbezogene und relationale Begriffe

In der **Newton**schen Mechanik kommt dem Raum eine (absolute) dynamische Wirksamkeit zu. An dieser Einstellung hat sich seitdem nicht grundsätzlich etwas geändert. Der Raum blieb nach wie vor eine eigenständige objektive "materielle Struktur".

Pygmalion-Effekt - Der objektive Raum

Das bisher skizzierte Bild von einigen erkenntnistheoretischen Problemen der Physik wäre unvollständig, würden wir nicht auch auf den Raumbegriff eingehen. Diesmal allerdings im Rahmen der Überlegungen über die materialisierten Abstraktionen. Der Raum gilt als Bezugssystem für die Bewegung der Körper (dazu später mehr) und als Behälter für die Materie, wobei „Materie“ die (ursprüngliche) stoffliche als auch die Feldmaterie bezeichnet. Dabei wird der Begriff des Raum-Kontinuums benutzt. Der (physikalische) Raumbegriff umfasst folgende Inhalte:

1. **Behälter für die Materie**
2. **Bezugssystem für (beschleunigte) Bewegungen**
3. **Der Raum als reales Kontinuum**
4. **Darstellung der Lagebeziehungen der physikalischen Objekte untereinander und relativ zum Raum. (Hier finden wir die Schnittstelle zum geometrischen Raum.)**

Als Hilfsmittel zur mathematische Modellierung des Raumes gelten die Koordinatensysteme, mit deren Hilfe sich die gerade formulierten Punkte sehr gut erklären lassen. Kommen wir jetzt auf 3. zu sprechen. Die Bestimmung eines Ortes in einem Koordinatensystem ist eindeutig durch die Angabe dreier Koordinaten möglich. Zwei Punkte $\mathbf{P}_1$ und $\mathbf{P}_2$ sind somit durch die Angabe folgender zweier Wertetripel $\mathbf{P}_1(x_1, y_1, z_1)$ sowie $\mathbf{P}_2(x_2, y_2, z_2)$ eindeutig festgelegt. Wie klein der Abstand (ein Raum, in dem ein Abstand definiert ist, heißt in der Mathematik „metrischer Raum“) der beiden Punkte auch gewählt wird, es ist immer möglich, einen dritten Punkt $\mathbf{P}_3$ zwischen beide zu plazieren usw. Ein Kontinuum kennt keine Lücken. Unser der Anschauung zugängliche (euklidische) Raum ist somit ein dreidimensionales Kontinuum, mit noch weiteren Eigenschaften, die da sind

- **Es gibt keinen Punkt, der sich von einem anderen Punkt in irgendeiner Weise unterscheidet (Homogenität).**

■ **Es gibt keine von anderen ausgezeichnete Richtung (Isotropie).**

Anders formuliert: Die einzelnen Raumpunkte und alle Richtungen des Raumkontinuums sind nicht unterscheidbar. Jetzt erst kommt die Materie ins Spiel in Form der „Massepunkte“ (als Idealisierung materieller Körper). Und hierbei geht es um die Lagebeziehungen (4.) und deren Veränderung (Bewegung).

Zur Vereinfachung verzichte ich bei folgender Abbildung auf die dritte Dimension und gebe mich mit deren zwei zufrieden. Dies ist übersichtlicher und anschaulicher, stellt aber keine wesentliche Einschränkung dar. Alle weiteren Überlegungen lassen sich dann auch auf den (dreidimensionalen) Raum übertragen. Es seien die Massen M_1 , M_2 und M_3 mit den Koordinaten (x_1, y_1) , (x_2, y_2) und (x_3, y_3) gegeben. Hier nun tauchen zwei Probleme auf: Erstens ist noch ungeklärt, wie obiges Koordinatensystem festgelegt wurde. Stillschweigend setzen wir diese Definition an Hand materieller Bezugskörper (Erde, Sterne usw.) voraus. Und zweitens sind jetzt nicht mehr alle Punkte des Raumes gleichwertig (Homogenität). Mindestens drei dieser Punkte - das sind die Masse-Punkte - weichen von dem übrigen Einerlei wesentlich ab.

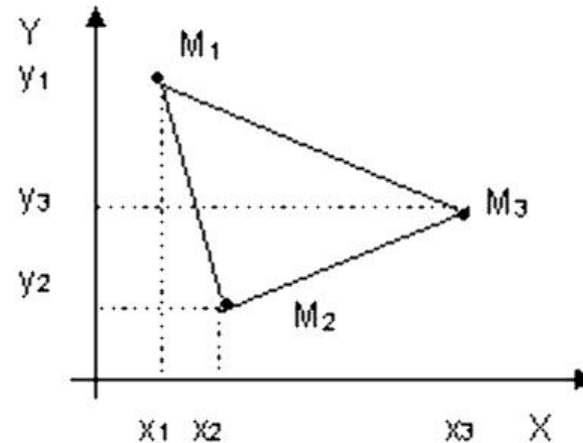


Abbildung 5

Der Masse-Punkt natürlich ist eine weitgehende Idealisierung. Diese Idealisierung beinhaltet zum einen den - gedanklichen! - Vorgang, einen realen Körper auf „einen Punkt“ zusammenschrumpfen zu lassen, welcher nach diesem Eingriff dennoch einige wichtige Eigenschaften (Masse, Ladung) beibehält. Dies ist unter bestimmten Bedingungen zulässig, bleibt man sich der Tatsache bewusst, dass es sich eben um einen gedanklichen Prozess handelt. (Dies Problem wurde in den vorangegangenen Textabschnitten bereits behandelt.) In irgendeiner Weise müssen die „Masse-Punkte“ sich von den „Vakuum-Punkten“ unterscheiden. Dieser Unterschied ist offensichtlich und einfach zu erklären. Die Masse-Punkte zeichnen sich gegenüber den Vakuum-Punkten durch die Möglichkeit aus, aufeinander durch „Fern“-Kräfte einzuwirken und dadurch ihre Lage zueinander und im Raum (oder umgekehrt) zu verändern. Im Falle der Gravitation sind diese Kräfte abhängig von deren Abstand zueinander und zwar reziprok proportional dem Quadrat dieser Entfernung. Dann allerdings hält der dargestellte Zustand nicht an, sondern die „Punkte“ würden, sollten sie sich nicht schon in Bewegung befinden, sich in Bewegung setzen (Beschleunigung). Die Koordinaten jedes einzelnen Punktes sind dann keine konstanten Größen mehr, sondern verändern sich in Abhängigkeit von der Zeit (hier haben wir sie wieder, die ominöse Zeit als „unabhängige Variable“).

Wieder sollen uns mathematische Details wenig kümmern. Das Ergebnis der bisherigen Überlegungen könnte sich mit folgenden Aussagen darstellen lassen. Drei Arten von Punkten im Raum können wir nennen:

1. **Zunächst ist das Kontinuum der „nackten Vakuum-Punkte“ (der leere Raum an sich, die Gesamtheit aller möglichen Aufenthaltsorte von Massen).**
2. **Zum zweiten gibt es die aktuellen Aufenthaltsorte der materiellen Körper zum gegebenen „Zeit“-Punkt (die „Masse“-Punkte als Idealisierungen realer körperlicher Objekte) mit deren (relativen) Lagebeziehungen.**
3. **Und schließlich noch „existieren“ die vergangenen und künftigen Aufenthaltsorte der Massen, deren Gesamtheit die uns wohlbekannte Bahn**

des Massepunktes „im Raum“ bildet.

All dies erscheint sicherlich verwirrend und uneinheitlich. Nun, es **scheint** nicht nur so zu sein, sondern so **ist** es auch - verwirrend und uneinheitlich. Man bedenke: Die Trägheit der Masse-Punkte erklärt sich aus der Beschleunigung der Massen relativ zur unendlichen Gesamtheit aller Vakuum -Punkte. Die Kräfte hingegen, welche die Ursache jener Beschleunigung sein sollen, werden hervorgerufen durch die Masse-Punkte selbst und sind zudem abhängig vom Abstand der Massen untereinander. Der Raumbegriff als - weitreichende Abstraktion - umfasst also alle genannten Aspekte dieser Angelegenheit.

Betrachten wir obige Abbildung mit den drei Massen im zweidimensionalen (ebenen) Koordinatensystem, so lassen sich die gerade aufgezählten Sachverhalte leicht wiederfinden. Das (hier zweidimensionale) Raum-Kontinuum wird repräsentiert durch das Blatt Papier, auf dem die Skizze abgebildet ist. Die Masse-Punkte sind extra eingezeichnet. Die Bahn jener Punkte möge der Leser sich vorstellen. Die Erklärung für die konkrete Bahn jedes einzelnen Massepunktes sei zum einen durch das konkrete Wechselwirkungsverhalten der Massen untereinander gegeben und zum anderen durch die Wahl des Koordinatensystems (abermals stoßen wir auf ein „dualistisches Element“).

Doch erst einmal kommen wir auf das Wechselwirkungsverhalten der Massen zu sprechen. Beschränken wir uns dabei zunächst auf zwei dieser Objekte: Hier seien zwei Massen abgebildet, eine größere (m_1 , die „Feldmasse“) und eine kleinere (m_2 , die „Probemasse“). (Die Unterscheidung hat nur die Bedeutung, folgende Erläuterung zu vereinfachen.) Betrachten wir hier die Gravitations-Wechselwirkung, so gilt für die „Anziehungskraft“ folgende bekannte Formel:

$$K = G \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2$$

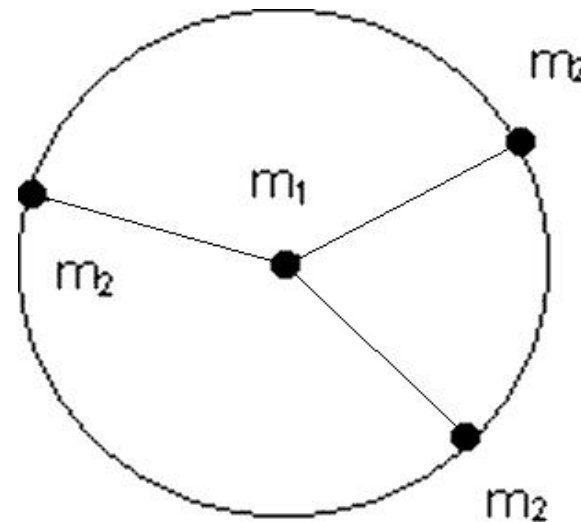


Abbildung 6

Die Masse m_2 wurde dreimal eingezeichnet. Dies soll andeuten: die Stärke der Anziehung ist unabhängig vom „wirklichen Ort“ der Massen. Wo auch immer wir eine zweite Masse m_2 plazieren, stets gilt obige Relation: Die Masse m_1 wirkt auf m_1 (die umgekehrte Wirkung sei wegen $m_1 \gg m_2$ vernachlässigbar) mit einer Kraft, die sich aus genau jener Gleichung errechnen lässt. Also liegt folgender Gedanke nahe: Abstrahieren wir von der konkreten Masse m_2 und ihren wirklichen und möglichen Aufenthaltsorten im (unendlichen) Raumkontinuum um m_1 herum und bestimmen die Wirkungen von m_1 dahingehend, dass auch dann eine „Wirkung“ vorhanden sei, wenn sich in der Nähe von m_1 keine weitere Masse befindet, so ordnen wir jedem Punkt im Raum um m_1 eine (potentielle) Wirkung zu.

Und die unendliche Menge („von der Mächtigkeit des Kontinuums“) dieser potentiellen Wirkungen heißt - „Gravitationsfeld“! Solchermaßen charakterisierte Felder (z.B. „gibt“ es noch das elektrische Feld) werden „Potentialfelder“ genannt, hier derart zu verstehen, dass sie „die Potenz haben“, auf weitere Massen

im aktuellen Fall, sind diese wirklich vorhanden, „Kräfte auszuüben“.

Und jetzt folgt die „logische Verrenkung“. Aus einer sehr weitreichenden Abstraktion, das potentielle Wechselwirkungsverhalten der Massen betreffend, wurde ein „reales Etwas“, eine selbständige materielle Struktur. Erinnern wir uns, es ging um den Raum als selbständige Realität. Dies war mit der Annahme verknüpft, alle Punkte des Raumkontinuums gleichermaßen als real existent ansehen zu müssen (diese Punkte bilden eine „unendliche Menge von der Mächtigkeit des Kontinuums“). Setzen wir in dieses - zunächst leere - Gebilde Massepunkte, so ändert sich die Lage dahingehend, fortan mit zwei Arten von Punkten sich auseinandersetzen zu müssen: Die Aufenthaltsorte der Massen und die „Feld“-Punkte. Jedem geometrischen Punkt des Raumes wird ein physikalischer Zustand zugeordnet. Das Feld füllt als Struktur den „an sich strukturlosen (homogenen und isotropen) aber vorhandenen Raum“ aus.

Das Feld - als quantitative Bestimmung des potentiellen Wechselwirkungsverhaltens der Massen - wird zur selbständigen Qualität. Dies ist nichts anderes als die Legitimierung des Raumes im nachhinein!

So gesehen war die Auffassung **Einsteins** innerhalb seiner Allgemeinen Relativitätstheorie Raum und (Gravitations-)Feld als Einheit anzusehen nur allzu konsequent. Der Raum war nicht mehr nur „Behälter für Strukturen“, sondern wurde selbst zu einer solchen. Es galt den Raum nicht mehr in dem Sinne als „strukturlos“ ansehen zu dürfen, als dass alle Punkte und Richtungen gleichwertig sein sollten. Die Metrik des Raumes war keine konstante Größe mehr. (Allerdings bringt uns das auch keinen Schritt weiter.) Damit schien ein Problem gelöst. Der Dualismus von Raum und Feld wurde beseitigt. Doch selbst **Einstein** gelang es nicht, die Quellen (Massen) der Gravitationsfelder mit letzteren unter einen Hut zu bekommen. Für **Einstein** stellte sich die Aufgabe, letztendlich den ursprünglichen Massebegriff im verallgemeinerten Feldbegriff aufgehen zu lassen. Diesem Vorhaben blieb der konkrete überprüfbare Erfolg jedoch verwehrt. (Worüber ich mich allerdings nicht wundere, da er von der realen Existenz des Raumes als eigenständige Wesenheit nicht abging.)

Womit also beschäftigten wir uns? - Der Raumbegriff weist folgende Inhalte auf (diese seien wiederholt):

1. **Behälter für die Materie**
2. **Bezugssystem für (beschleunigte) Bewegungen**
3. **Der Raum als (real existierendes) Kontinuum**
4. **Darstellung der Lagebeziehungen der physikalischen Objekte untereinander.**

Die Kontinuumsproblematik beschäftigte uns recht lange. Über die Bezugssysteme wäre auch noch einiges zu sagen. Und der Raum „als Behälter“ nimmt Bezug darauf, einen solchen Behälter für die „eigentliche Materie“ zu benötigen, welcher überdies - bis **Einstein** - unabhängig neben der Materie existierte. Die „eigentliche Materie“ zum einen war die Materie stofflicher Natur (Materie im ursprünglichen Sinne des Wortes) und zum anderen jene bereits mehrfach behandelten Formen der Felder. Letzteres stellten die Verbindung her zwischen dem Raum-Kontinuum und der Wechselwirkung der „richtigen“ Materie untereinander, denn das Raum-Kontinuum war gleichzeitig das wahre Bezugssystem für die beschleunigte Bewegung der Massen. Und die Ursache der Beschleunigung waren Kräfte, welche ihre Ursache in den Feldern fanden. Und diese Felder füllten lückenlos den an sich bereits lückenlosen Raum aus, auf den sich die genannte Beschleunigung der Massen, um die herum nach bekannten Gesetzen die Felder sich ausbreiteten, bezog...

Das logische Verwirrspiel scheint komplett. Bezieht man jetzt noch die Zeit in diesen Reigen ein, so wäre es wahrhaft verwunderlich, noch durchzublicken. Wieder einmal hat man den Eindruck, dass sich „die Katze in den Schwanz beißt“. Alle bereits genannten Begriffe (Zeit, Kraft, Raum und Feld) sind sich gegenseitig stützende Konstrukte, deren Beziehung zur Realität wirklich nur darin zu bestehen scheint, zur Bildung recht brauchbarer und praktikabler Modelle für die Beschreibung quantitativer Relationen (Phänomenologie) dienen zu können. Diese abstrakten Quantitäten - das sei hier aus- und nachdrücklich wiederholenderweise hervorgehoben - wurden zu selbständigen und aus dem Gesamtzusammenhang herausgerissenen Qualitäten: zu materialisierten Abstraktionen!

Damit wollen wir es bewenden lassen. Verwirrend ist er schon der Umgang mit den alltäglichen Begriffsbildungen, welche auch in der Physik die „erste Geige“ spielen. Begriffe sind es zum einen, die aus der Umgangssprache entstammen und noch keine spezifischen Konstruktionen der physikalischen

Fachsprache sind: Zeit, Kraft, Raum. Dazu gesellen sich andere Begriffe - als wichtiges Beispiel sei der des Feldes genannt -, die umgekehrt (im physikalischen Sinne) Bestandteil der Alltagssprache wurden. Allen gemeinsam ist die Tatsache, dass man sich im allgemeinen über die damit verbundenen Probleme keine Gedanken macht. Dies gilt für den alltäglichen Umgang mit diesen Dingen allemal, zumal hierbei keine Schwierigkeiten zu erwarten sind.

Der Physiker hingegen ist zu sehr darauf bedacht, mit möglichst konkret beobacht- und messbaren Größen umgehen zu wollen. Gibt es eine allgemeine Vorschrift, wie eine solche Größe zu messen ist, so befindet man sich auf dem besten Weg zu deren Objektivierung. Das will z.B. heißen: Ob eine Zeitspanne als lang oder kurz empfunden wird, ist von den verschiedensten Faktoren abhängig. Unser Zeitgefühl (die „innere Uhr“) wird man nicht gerade als sehr exakt charakterisieren. Kann allerdings der Physiker über einen Prozess die Aussage treffen, dieser habe 1,19706 Sekunden gedauert, so hat er damit schon etwas in der Hand, mit dem einiges mehr anzufangen ist. Was die „Zeit an sich“ darstellt, scheint hierbei von untergeordnetem Interesse, Hauptsache, man kann sie messen.

Doch in Wirklichkeit misst man nicht die abstrakte Zeit, sondern vergleicht konkrete Prozesse miteinander. Verwunderlich ist es schon (müsste es sein!), dass solche Vorgehensweise zu sinnvollen Resultaten führt. (Und mit jenem „Wunder“ werden wir uns auch noch ausgiebig auseinandersetzen). Die Zeit im alltäglichen Umgang steht in Verbindung mit „Koordinierung“. Alle Prozesse in einer entwickelten Gesellschaft sind ohne Koordinierung und damit ohne „Zeit“-Messung undenkbar. Herauszufinden, was es über die „Zeit an sich“ herauszufinden möglicherweise gibt, sei Aufgabe der Philosophen oder jener Leute, die sich nicht mit wichtigeren Dingen beschäftigen müssen. Objektiv aber ist es unerheblich, ob solches herausgefunden wird oder nicht. Die Handhabung der Zeit - um bei diesem Beispiel zu bleiben - impliziert ganz bestimmte Inhalte und erzwingt logische Konsequenzen, unabhängig davon, ob sie bekannt sind oder nicht, unabhängig davon auch, ob sie jemals formuliert wurden oder werden: Die Zeit ist eine physikalische Größe, die sich nach ganz bestimmter Vorschrift messen lässt. Die Zeit also ist etwas. Und damit sind eine Reihe von Konfusionen vorprogrammiert. Das Fazit:

Die Physiker haben eine Welt erschaffen, in der sie sich heimisch fühlen und gut zurechtfinden. Einen kleinen Schönheitsfehler hat diese Welt. Sie besitzt nur oberflächliche Beziehung zu dem, was um uns herum wirklich geschieht. Pygmalion ist nicht vergessen. Auch die Scheinwelt des Physikers ist der Wirklichkeit wahrhaft ähnlich - so ähnlich wie eine Statue einem Menschen nur ähnlich sein kann. Bloß „funktionieren“ wie ein Mensch wird sie nicht. Dazu schon müssten Wunder bemüht werden. Nun versucht man, diese imaginäre Welt auf die reale „zurückzuprojizieren“. Das Ergebnis: Die Realität verhält sich scheinbar immer absurder. In Wahrheit aber führt der Versuch, Schein und Realität in Einklang zu bringen zu genau diesen Absurditäten. Nur sind sie uns nicht bewusst, weil wir mit ihnen aufgewachsen sind. Die Gewöhnung an eigentlich verwunderlich erscheinende Dinge macht sie zu Selbstverständlichkeiten. Nicht die realen Objekte der Physik des Makro- und Mikrokosmos jenseits unserer Alltagserfahrung verhalten sich, verglichen mit den Dingen der uns unmittelbar zugänglichen Umwelt widersinnig, sondern unsere **Interpretationen** auch der alltäglichen Dinge beinhaltet jene Widersinnigkeit, nur bemerken wir diese erst dann, verlassen wir jenes uns anscheinend so vertraute Areal.

Die Aussagen dieses Abschnittes sind vielleicht etwas schwer verdaulich. Wenn auch nicht alles sofort einleuchten sollte, so liegt das sicherlich an der zum Teil ungeschickten Darstellung. Das Problem eben ist: „Irgendwie hängt alles zusammen“. Dies gilt für den Text naturgemäß in gleichem Umfang wie für die objektiven Zusammenhänge in der Realität. Kein Problem ist wirklich abgeschlossen behandelbar. Jede Aussage zieht einen „Rattenschwanz“ weiterer Folgerungen nach sich, welche ihrerseits... (So gesehen befindet sich die Physik nicht nur in einer Sackgasse, sondern in einem - logischen und semantischen - Irrgarten. Die „Sackgasse“ bezieht sich auf den Erkenntnisprozess und der „Irrgarten“ auf den Erkenntnisinhalt.) Wesentlicher Bestandteil aktueller Hypothesen und Theorien sind Aussagen über Raum und Zeit. Dies bezieht sich auf Anschauungen im atomaren und subatomaren Bereich gleichermaßen wie auch auf die Vorstellungen über die Zusammenhänge in kosmischen Dimensionen. Wie abenteuerlich diese Aussagen im einzelnen konkreten Fall auch sein mögen, es sind Feststellungen über Dinge, welche nur in der Vorstellungswelt der Physiker existieren. Ist man dieser Tatsache sich erst einmal bewusst - dieses Bewusstmachen war Anliegen des jetzigen Textes -, so wird deutlich, auf die Darstellung selbiger Dinge verzichten zu können.

Pygmalion-Effekt	Abbilder	Zeit	Kraft	Raum	Begriffe
------------------	----------	------	-------	------	----------

[Home] [Seitenanfang]

Pygmalioneffekt - Abbilder und Begriffe -

In wie weit haben wir es bei den Begriffen mit Abbildern realer Dinge zu tun?

Abbilder

Zeit

Kraft

Raum

Begriffe

Inhalt

1. Abbilder und Begriffe
2. Das Objekt Zeit
3. Die Ursache Kraft
4. Der objektive Raum
5. Objektbezogene und relationale Begriffe

Begriffe werden gern als Abbilder realer Entitäten angesehen, Abbilder im Sinne empirisch erfahrbarer Gegebenheiten. Diese - zumindest implizite - Haltung auch des Naturwissenschaftlers führt schnell zu kaum überschaubaren Konfusionen.

Im vorausgegangenen Text (Welle oder Teilchen) behauptete ich beispielsweise, dass die reale Existenz der Felder (als Ersatz für die Fernwirkungen) einigermaßen fragwürdig ist. Den experimentellen Beweis erbrachte der Doppelspalt-Versuch. Nun könnte man einwenden, dass diese Argumentation noch nicht wirklich überzeugend ist, denn die Physik ist bisher mit der **Maxwellschen** Elektrodynamik recht gut gefahren - so lange jedenfalls, bis andersgeartete Versuche diese Auffassung als fragwürdig erschienen ließen. Und auch das Gravitationsfeld ist in aller Munde; und jedermann kann mit diesem Begriff etwas anfangen. Oder auch nicht.

Denn es könnte uns hierbei die Gewöhnung einen unliebsamen Streich spielen. Man kann sich halt an vieles gewöhnen. Und wenn seit Jahrzehnten einschlägige Experten das alles akzeptieren, so ist es erst recht kein Grund, an diesen Dingen herumzumäkeln.

Pygmalion-Effekt - Abbilder und Begriffe

Bilder - als Ab-Bilder realer Gegebenheiten - werden selbst zur eigenständigen Realität. Dinge gibt es im Film, die gibt es gar nicht. Im Märchen kommen sie vor, in der Sage und - in der Physik. (Natürlich nicht nur dort. Dies ist eine Erscheinungsform der Ab-Wege des Denkens überhaupt.) Sollte dieser Behauptung der Geruch der Anstößigkeit anhaften, so dient sie doch als Überleitung zum jetzigen Thema. Wird solch widersinnige Behauptung schon aufgestellt, so darf man sich um die Beweisführung nicht drücken. Beginnen wir mit jenem putzigen Strichmännchen, welches sicher viele Abenteuer erleben konnte. Hier könnte Pinocchio Pate gestanden haben. Jener hölzerne Geselle jedoch wurde dank des Wunders einer guten Fee happy-endlich zum richtigen Jungen.

Um Bilder hierbei geht es. Seien sie nun „zweidimensional“ (Strichmännchen) oder „dreidimensional“ (Pinocchio oder Pygmalions Geliebte) oder gar etwas völlig Abstraktes. Bilder sind dies, irgendwie einen Bezug zur Realität aufweisend, und sei es auf noch so abstrakte und vereinfachende Weise. Solche Bilder heißen „Abbilder“. Auf die Bedeutung dieses Begriffes innerhalb des Theoriengebäudes der Physik soll es uns ankommen. Hier wird es ein wenig abstrakter, trotzdem bleibt es einigermaßen konkret. Konkret genug, um die Verbindung zu wahren zu den kleinen Geschichtchen am Anfang des Kapitels, und die Verbindung herzustellen zu einigen Dingen, die uns in diesem Text bereits begegnet sind oder noch begegnen werden. Mit

Die Materialisation von Abstraktionen als Aspekt der Modellbildung im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess

könnten die folgenden Überlegungen überschrieben werden. Oder auch mit „Der Pygmalion-Effekt“ würde man sie betiteln dürfen. Je nach Geschmack. Allzu philosophisch trocken soll das Thema nicht abgehandelt werden. (Vielleicht gelingt es.) Im Grunde schieben wir eine wichtige Frage vor uns her. Um jenes Problem schlicht und einfach geht es: Entsprechen die Erkenntnisse der Physik, in ihrer uns gegebenen Form, der Wahrheit oder nicht? Die bisher behandelten Fragen lassen Zweifel aufkommen. Dennoch bleibt einiges offen. Versuchen wir jetzt, die Überleitung zum philosophischen Vokabular herzustellen, indem ich aus einem Wörterbuch der Philosophie zitiere (Diese und auch weitere Zitate, die sich mit philosophischen Begriffen befassen, entstammen, stellvertretend für andere mögliche Quellen, dem „Wörterbuch der Philosophie“ von R. **Hegenbart**, 1984 München.):

Erkenntnis

Erfassen eines Objektes durch ein Subjekt. Seit den Anfängen der Philosophie wird die Frage nach dem Wesen und den Methoden der E. diskutiert. Häufig gilt als E. die Entstehung oder neuartige Verknüpfung von --> Ideen, wobei das Zustandekommen dieses neuen Bewusstseinszusammenhangs, unterschiedlich gefasst wird: Vom Standpunkt des I. [Idealismus, W. N.] handelt es sich dabei um einen selbständigen, eigengesetzlichen Vorgang; die E. se beruhen auf vorangegangenen E. sen, auf absoluten Ideen oder ereignen sich spontan. Die ihrem Wesen nach materialistische Widerspiegelungstheorie unterstellt dagegen eine äußere materielle Realität, deren Strukturen in der E. zu Bewusstseinsinhalten und -zusammenhängen werden. Diese Auffassung wird von der modernen Naturwissenschaft in der Regel ausdrücklich oder stillschweigend zugrunde gelegt. Danach steht am Anfang der E. das Erleben der Umwelt, die sinnliche, praktische Erfahrung. Vielfältige Erfahrungen führen zur Erkenntnis des Zusammenhanges in den sinnlich wahrgenommenen Einzelphänomenen, die sinnliche E. wird durch Induktion zur rationalen E., zur Theorie. Die Theorie wird nun wieder auf einen bestimmten Fall angewandt, der gedankliche Übergang vom Allgemeinen zum Besonderen vollzogen (Deduktion), der als konkreter Plan wiederum in die Praxis mündet, wo der Kreislauf der E. von neuem beginnt. Steht hinter jeder praktischen Betätigung ein letztlich auf Bedürfnissen beruhendes Interesse, so ist auch die E. wesentlich Mittel zum Zweck der Befriedigung dieser Bedürfnisse. Jede gewonnene E. beantwortet eine Frage und wirft mindestens eine neue auf. E. wird damit zum fortdauernden Prozess, zum historischen Phänomen, wirft als solches die Frage auf, ob der Gegenstand der Erkenntnis, die Materie bzw. Natur, erschöpfbar ist, irgendwann alles erkannt ist oder ob es sich hier um einen unendlichen Prozess handelt, ob E. mit der Entstehung der Menschen beginnt oder ob sich bereits in der vormenschlichen Natur E. se in entsprechend anderer Form gebildet haben.

Einerseits gibt es Erkenntnisse in der Physik, die nicht Gegenstand der Diskussion sind, deren Gültigkeit für alle Zeiten außer Zweifel steht. Andererseits ist man der Tatsache sich bewusst, dass konkrete Theorien durchaus einen, sowohl ontologischen als auch historischen, Geltungsbereich beanspruchen. Die

klassische Mechanik beispielsweise steht jenseits jeglicher Kritik im Bereich der Geschwindigkeiten, welche, verglichen mit der des Lichtes, als sehr niedrig einzustufen sind. Nach wie vor existieren die Kräfte als Ursache der Bewegungsänderung, deren materiellen Erscheinungsformen die Felder sind.

Wie also sind diese Erkenntnisse zu werten? Kommen wir auf die materialistische Abbildtheorie zu sprechen, so existiert erst einmal die Materie - sonst nichts. Diese Materie befindet sich in ständiger Veränderung und Entwicklung. Produkt dieser Entwicklung unter anderem ist das Leben und schließlich wir selbst sind es. Teil unserer Existenz ist die Fähigkeit, im Bewusstsein von genau jenem Bewusstsein unabhängige Bilder der Außenwelt zu reproduzieren. Unsere Bewusstseinsinhalte sind subjektive Abbilder der real und objektiv existierenden materiellen Verhältnisse.

Genau diese Formulierung zeigt die Fragwürdigkeit dieser naiv-realistischen Sicht, welche zwischen dem Objekt und dem Subjekt eine eindeutige und nicht überschreitbare Grenze errichtet und damit in praxi dualistisch handelt, obwohl gerade auf den Fahnen der Realisten (und die Naturwissenschaftler sind wenigstens "implizite Realisten") die monistische Auffassung in großen Lettern als Programm zu lesen ist.

Denn wenn wir dem, was wir „Bewusstsein“ nennen selbst objektive Ursachen zubilligen, die wir konkret im biologischen Evolutionsprozess sowie in all den gesellschaftlichen Beziehungen vorfinden, so bedeutet dies, um wirklich objektiv urteilen zu können, dass Kenntnisse über das Subjekt und deren Wechselbeziehungen zum Objekt erforderlich sind. Dann aber handeln wir uns fast unüberwindlich scheinende Schwierigkeiten ein, denn um die Objekt-Subjekt-Relationen wirklich zu begreifen, müssten wir das Wissen, zu welchem wir doch erst **gelangen** wollen, als **Voraussetzung** in unserem Besitz haben.

Der Zirkel ist nicht zu übersehen. Einige Seiten dieses Widerspruches werde ich später noch näher beleuchten und auch aufzulösen versuchen.

Zu Erkenntnissen aber werden diese Bilder erst dann, entfernen sie sich von der äußeren Erscheinung und dringen zum Wesen der Dinge vor - Schritt für Schritt - und beginnen damit sich, vom trügerischen Schein allmählich zu befreien. Wir spüren die Schwere und nehmen sie als sinnliche Wahrnehmung auf. Ein erster Schritt, dem Wesen der Dinge näherzukommen war mit der **Newton'schen** Gravitationstheorie verbunden. Der nächste Schritt galt der klassischen Feldtheorie, welche schließlich - so sieht es die Schulphysik - von der **Einstein'schen** Relativitätstheorie in die Schranken verwiesen wurde.

Doch könnte man durchaus zu dem Schluss gelangen, dass diese Kette der Schritte in Richtung Wesen der Dinge, möglicherweise von einer falschen Ausgangsposition ausgehend, gar nicht zu dem gewünschten Ziel führen muss, dass somit die Erkenntnis nicht dem Wesen der real existierenden Dinge sich nähert, sondern sich von der Realität immer mehr entfernen könnte. Das aber wird heftig bestritten. Und nicht nur von „professionellen Materialisten“. Jeder Physiker ist überzeugt, reale Dinge vor sich zu haben). Zu Recht. Real und objektiv aber auch ist der historische Erkenntnisprozess selbst. Bestandteile dieses Prozesses sind Lehre und Forschung. Auch hier gibt es bestimmte Gesetzmäßigkeiten, die man berücksichtigen sollte Wir selbst sind gefangen in einem von uns nicht bewusst und willkürlich veränderbaren System. Glaubt der Physiker am Beschleuniger, sich mit den Eigenschaften der Elementarteilchen zu befassen, und ausschließlich mit ihnen, so irrt er gewaltig. In Wahrheit ist der Gegenstand seiner Forschung ein weitaus umfassenderer. Nur weiß er dies nicht. Oder er will es nicht wahrhaben. Oder es interessiert ihn nicht. Oder es ist nicht seine Aufgabe, darüber nachzudenken. Oder...

Natürlich sind Messergebnisse und Beobachtungsdaten objektiv real und bilden bestimmte Seiten des objektiv reale Verhaltens der beobachteten Objekte selbstverständlich ab. Aber diese Daten werden geordnet und ausgewertet und eingefügt in ein Bild, dessen Rahmen gestaltet wurde von all den historisch und gesellschaftlich determinierten Faktoren, auf die ich nicht detailliert eingehen möchte. Und aus alledem entstehen neue Fragen, die neue Versuchsanordnungen mit neuen Ergebnissen zutage fördern

Die **Fragen** aber sind es, die den Erkenntnisprozess, bestimmen. Die Antworten schließlich werden fast zur „Formsache“ und eine Frage der Zeit und des Fleißes und des technischen sowie personellen Aufwandes.

Dieses Thema wird uns noch sehr interessieren. Das Problem dabei ist, dieses in den gegebenen Rahmen eingefügte Bild täuscht einen gar nicht vorhandenen Erkenntnisstand vor. Dieser Glaube wird genährt durch die Tatsache, dass die Ergebnisse der entstandenen Theorien, an der Wirklichkeit gemessen, anscheinend deren Richtigkeit bestätigen. Hier kommt man zwangsläufig zu der berechtigten - von uns schon zum Teil beantworteten - Frage, wie ein falsches Bild richtige Ergebnisse - allerdings nur im zugewiesenen Gültigkeitsbereich - liefern kann. (Hier hatte ich bereits auf die notwendige Trennung von qualitativer Aussage und quantitativem Modell hingewiesen.)

Es reichten mitunter kleine Effekte aus, um eine Hypothese zur Theorie avancieren zu lassen. Besondere Bedeutung erlangten hierbei Voraussagen, die, traten sie ein, als ein untrügliches Zeichen für die Richtigkeit der die Voraussage zugrunde liegenden Hypothese galten. Als ein Musterbeispiel solcher Voraussage galt seinerzeit die Entdeckung des Planeten Neptun (vgl. „Gottes Urknall“). Aus den Bahnstörungen des Uranus wurde auf das Vorhandensein einer weiteren Masse geschlossen. Diese hypothetische Masse berechnete man - auf Grundlage der klassischen Mechanik - und auch den Ort, an dem sie zu finden sein musste. Bei der nun ganz zielgerichteten Suche fanden die Astronomen den Planeten auch dort, wo sie ihn vermuteten.

Ganz so einfach allerdings ging die Sache nicht auf, da mit den vorhandenen Daten „der Große Unbekannte“ nicht eindeutig identifizierbar sein konnte. Als - angenommener - Parameter musste die mutmaßliche Entfernung des unbekannten Planeten in die Rechnung als bekannte Größe eingegeben werden. Diese Hypothese stützte sich zunächst auf die sogenannte - nicht völlig korrekte - Titius-Bodesche Reihe. Trotz des Fehlers fand der deutsche Astronom Johann Gottfried Galle (1812-1910) im Jahr 1846 den gesuchten Planeten. Ein gewaltiges Maß an Zufall war hierbei also mit im Spiel. Als nächstes kam hinzu, dass damit noch nicht alle Probleme gelöst waren. Also setzte man die Suche fort, um nach einem weiteren „Übeltäter“ zu fahnden, dem man die immer noch verbliebenen Bahnstörungen zuschreiben konnte. Als man tatsächlich 1930 den (bislang) letzten Planeten des Sonnensystems - Pluto - entdeckte, gab es längst die Allgemeine Relativitätstheorie, welche angeblich auch die Vergeblichkeit der Suche nach dem hypothetischen Planeten Vulkan begründete. Vulkan sollte - so eine einstmals diskutierte Hypothese - für die Bahnstörungen Merkurs verantwortlich gewesen sein.

Ein Himmelskörper sozusagen wurde - so die nicht totzukriegende Legende - am Schreibtisch entdeckt. Solches geschah im Jahre des Herrn 1846. Eine außergewöhnliche Leistung. All das bestätigte angeblich die Richtigkeit und Leistungsfähigkeit der **Newtonschen** Mechanik auf beeindruckende Weise ein weiteres Mal. Genau das war der Trugschluss. Bestätigt lediglich wurde, wenn überhaupt, die Leistungsfähigkeit eines theoretischen Modells unter ganz bestimmten konkreten Voraussetzungen. Die objektiv-realen Verhältnisse wurden transformiert in ein Modell, welches „**Newtonsche Mechanik**“ heißt.

Wo also liegen wesentliche Fehlerquellen des gegebenen Erkenntnisprozesses? - Die „historische Determiniertheit“ wird in einem nächsten Text abgehandelt. Ein zweiter Punkt verdient gleichermaßen Aufmerksamkeit. Diese Fehlerquelle hat ihre Wurzeln in der materialistischen Abbildtheorie, präziser formuliert, in der Grundhaltung, die dazu führte. Dieser Materialismus (vgl. obiges Zitat aus dem Wörterbuch der Philosophie) ist bewusste oder unbewusste Haltung des Naturwissenschaftlers. (Wem „Materialismus“ nicht behagt, ersetze ihn durch „Realismus“.)

Ich begründete dies bereits dahingehend, dass sich der Naturwissenschaftler mit Dingen beschäftigt, welche objektiv real existieren. Wo aber steckt der Fehler? - Und jetzt kommen wir zum Ausgangspunkt dieses Kapitels zurück. Fangen wir an bei dem Strichmännchen. Dieses primitive Gebilde wird auch von einem Vorschulkind als „Männchen“ identifiziert. Es als (recht vereinfachendes) Abbild eines Menschen zu akzeptieren, fällt schwer. Doch enthält jene Zeichnung alles, was einen Menschen so ausmacht: Kopf und Rumpf, Arme und Beine, vielleicht Füße noch und Hände. Dieses Bild reflektiert wesentliche Seiten eines Menschen - aus der Sicht eines Vierjährigen vielleicht.

Bilder abstrahieren. Nur wesentliche Elemente kommen zum Ausdruck. Was aber wesentlich ist, oder als wesentlich angesehen wird, das ist schwer zu bewerten, da von vielen Faktoren abhängig und von der Betrachtungsweise des Betrachtenden. Das Strichmännchen ist reichlich betroffen von dieser Abstraktion. Durchaus vollkommene Bilder kann man sich vorstellen als eine Strichzeichnung. Wie vollkommen - nicht nur im naturalistischen Sinne verstanden - ein Bild auch sein mag, es bleibt eine hochgradige Abstraktion. Allein die Zweidimensionalität ist Einschränkung genug.

Was aber geschieht mit einem solchen Bild, betrachten wir es? - Irgendwie wird es ergänzt, den Erfahrungen und Intentionen des Betrachters gemäß.

Dieses Bild wird in einen Rahmen eingefügt, den unsere Erfahrung bereitstellt. Zum **Abbild** wird ein Bild im Kopf des Betrachters, da erst aus der notwendigen Beziehung des Betrachters zum Objekt eine Beziehung des Bildes zum Objekt hergestellt werden kann.

Diese Einengung des - gegenständlichen - Abbildbegriffes erweist sich aus erkenntnistheoretischer Sicht möglicherweise als vorteilhaft. Doch möchte ich dieses Thema an dieser Stelle nicht weiter vertiefend behandeln. Hierbei käme man u. a. zum Themenkreis der Semiotik, der Theorie der Zeichen und deren Beziehungen untereinander, sowie deren Beziehungen zum Objekt und zum Subjekt. Auf andere Aspekte dieser Angelegenheit kommen ich später noch zurück.

Aber auch das vollkommenste Bild wird immer das bleiben was es ist: ein Bild eben. Es wird Seiten der Realität abbilden, aber keineswegs zur Realität werden können. Ein Strichmännchen zum Leben erwecken kann im Film durchaus recht reizvoll sein. Kein Mensch jedoch käme auf die Idee, dies wirklich für möglich zu halten. Zu absurd wäre das. Diese Absurdität eben macht den Reiz aus, eine Absurdität, die auch ein Kind durchaus als solche schon begreift. Nimmt man die dritte Dimension hinzu, so ändert sich grundsätzlich nichts. Ein „echter Pygmalion“ könnte warten, „bis er schwarz wird“. Ein Wunder wie es dem sagenhaften König von Zypern widerfuhr, ist mit Sicherheit auszuschließen.

In der Physik jedoch sind dergleichen Wunder das normalste und gewöhnlichste und natürlichste und selbstverständlichste von der Welt. Gemeint sind solche Wunder, die ich - etwas seriöser formuliert - als „Materialisation von Abstraktionen“ bezeichnen möchte. Zu den Abstraktionen, die uns jetzt beschäftigen werden, gehören die Begriffskonstruktionen der Physik. Begriffe sind - dies ist die materialistische (oder realistische) Position, und damit die (implizite, verinnerlichte) Haltung des Physikers - abstrakte Abbilder realer Objekte, Systeme und Prozesse. Dies stimmt auch, aber nicht in der Weise, wie vielfach vereinfachend angenommen. Natürlich entstehen begriffliche Abbilder in der Wechselbeziehung des Subjektes mit den Informationen über die sinnlichen Eindrücke, welche über jene „fünf Datenkanäle“ (oder gibt es nicht doch noch andere?) zum Gehirn gelangen. Aber zwei Dinge gehören dazu: das Objekt und der „Spiegel“ mit dessen Abbildmöglichkeiten.

Sind hierbei alltäglich reale Objekte das Abgebildete, so erwartet man zu Recht keine Schwierigkeiten. Was ein Stuhl ist, eine Katze oder ein Apfel, darüber herrscht wohl Einigkeit. Wesentliche Eigenschaften der genannten Objekte erfahren in einem Abstraktionsprozess eine Klassifikation. Das Ergebnis dieser Abstraktion ist ein Begriff, der seine „materielle Erscheinungsform“ in Gestalt des Wortes findet (oder Symbols oder Zeichens). Dies alles lernt ein Kind interaktiv beim Erlernen der Sprache. Dieser Lernvorgang wiederum ist ein Teil des individuellen Erkenntnisprozesses. Mit konkreten Begriffen, wie gesagt, hat man kaum Probleme. Jedem Objekt oder jeder Klasse von Objekten wird ein Begriff zugeordnet und dabei nach und nach ein hierarchisch strukturiertes Begriffssystem geschaffen.

Hier können wir anscheinend von einer linearen Abbildung sprechen, dahingehend verstanden, dass an den Begriff als Abbild natürlich umgekehrt Objekte oder eben Klassen von Objekten (oder Beziehungen oder Eigenschaften) zugeordnet werden können. Dies genau macht einen Teil des Wesens materialistischer Erkenntnisauffassung aus. Natürlich gibt es nicht „den Stuhl an sich“, aber Objekte, die Eigenschaften aufzuweisen haben, welche man von einer solchen Sitzgelegenheit gemeinhin erwartet. Damit sind an den Begriff des Stuhles real mögliche - und konkrete! - Objekte geknüpft. Diese Art der Begriffsbildung ist an direkte, von jedem nachvollziehbare und in praxi nachvollzogene Erfahrung gekoppelt.

Ist der Gegenstand bzw. der Gegenstandsbereich eines Begriffes jedoch kein „direkt erfahrbares“ Objekt, sondern selbst etwas Abstrakteres, Umfangreicheres oder Komplexeres, so dürfen wir es uns so einfach nicht mehr machen. Auch dann nicht, handelt es sich bei diesem „Objekt“ um die Zeit.

Pygmalion-Effekt	Abbilder	Zeit	Kraft	Raum	Begriffe
------------------	----------	------	-------	------	----------



Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Die Handhabung des Zeitbegriffes in der Physik hat sich, ungeachtet der unterschiedlichsten philosophischen Erkenntnisse, prinzipiell seit Newton nicht gewandelt. Auch die sog. Relativierung der Zeit im Rahmen der Einsteinschen Theorien zum Beispiel täuscht nicht darüber hinweg, dass sie de facto nach wie vor als absolutes und selbständiges Objekt angesehen wird.

Abbilder
Zeit
Kraft
Raum
Begriffe

Inhalt

1. Abbilder und Begriffe
2. Das Objekt Zeit
3. Die Ursache Kraft
4. Der objektive Raum
5. Objektbezogene und relationale Begriffe

Der Zeitbegriff ist das Musterbeispiel eines Begriffes, der anscheinend ein eigenständiges "Objekt" mit eigenständigen Eigenschaften bezeichnet. Und viel Mühe und "Gehirnschmalz" wird z. B. darauf verschwendet, welche Eigenschaften die Zeit nun habe.

Pygmalion-Effekt - Das Objekt Zeit

Ein weiteres Zitat aus bereits mehrfach zitierten philosophischen Wörterbuch:

Zeit

Gegenpol: --> Raum, höchste Abstraktion des (Vor- und) Nacheinander von Ereignissen. Der Begriff Zeit widerspiegelt die formal quantitative Seite des Nacheinanders, im Unterschied zu dem der Veränderung, der die inhaltlich qualitative Seite darstellt... Die u.a. bei --> Newton auftretende Frage, ob die Zeit absolut ist, d.h. auch „vergeht“, wenn nichts da ist, was sich verändern könnte, ist eine Folge der hohen Abstraktionsstufe und der sprachlichen Formulierung: Zeit ist ein sehr selbständiger Begriff; dieser scheint daher auf einen ebenso selbständigen Gegenstand zu verweisen. Betrachtet man die Z. noch etwas konkreter als Nacheinander, so wird zweifelhaft, ob das unabhängig von Ereignissen sein kann, die sich einander als Vorher -Nachher zuordnen lassen. L. Carroll lässt in seiner Geschichte „Alice im Wunderland“ eine stark lächelnde Katze auftreten, die ganz allmählich, Stück für Stück, verschwindet. Zuletzt bleibt nur das Lächeln zurück.

Als erstes Beispiel also behandeln wir die Zeit. Und hier genau taucht das Problem auf, diesen Begriff nicht mehr als etwas der Realität „direkt Entnommenes“ begreifen zu dürfen, wie es beim Stuhl noch angebracht erscheint. Auch der Zeitbegriff ist in einem individuellen Vorgang (Lernprozess des Kindes im individuellen, historischen, kulturellen und gesellschaftlichen Kontext) entstanden sowie in einem historisch und gesellschaftlichen Erkenntnisprozess „verfeinert“ worden.

An dieser Stelle klammere ich die Ebene aus, auf der man damit sich befassen müsste, wieso dies überhaupt möglich ist. Dabei kämen wir zu dem biologischen Evolutionsprozess, als dessen Ergebnis wir selbst hervorgegangen sind und der damit jene Voraussetzungen schuf, für genau jene Dinge, mit denen wir uns hier beschäftigen.

Der Zeitbegriff ist gleichermaßen Abbild real vorgegebener Relationen, aber nicht dergestalt, dass er das abstrakte aber lineare Abbild eines Objektes namens „Zeit“ ist. Der Materialist (Realist) hingegen argumentiert:

1. **Begriffe sind homomorphe Abbilder realer Dinge.**
2. **Es gibt den Zeitbegriff.**

Aus (1.) und (2.) folgt die Existenz der objektiv realen Zeit mit objektiven und realen Eigenschaften.

Der Begriff der **Homomorphie** bedarf vielleicht einer Erläuterung. Eine Menge M_2 ist dann ein **homomorphes Abbild** der Menge M_1 , wenn in M_2 bestimmte (nicht alle) Elemente abgebildet werden und die Beziehungen der Elemente in M_2 mit denen in M_1 identisch sind. andererseits finden umgekehrt nicht alle Elemente in M_2 nebst Relationen ihre Entsprechung in M_1 .

Konkret: Das subjektive Abbild „Zeitbegriff“ besitzt unter anderem die Eigenschaft einer ausgezeichneten Richtung: Vergangenheit --> Gegenwart - -> Zukunft. Dies ist triviale Erfahrung. Daraus folgt die korrespondierende Eigenschaft der „objektiven Zeit“: Die objektive Zeit besitzt die Eigenschaft, nicht umkehrbar zu sein. Und weil dies so ist, weil die angeblich objektive Zeit diese Eigenschaft aufzuweisen hat, darum auch besitzt das subjektive Abbild diese gleiche Eigenschaft. Eine Eigenschaft des „Objektes Zeit“ findet sich als Abbild wieder im Zeitbegriff.

Dabei ist alles viel einfacher. Viele Prozesse in der Realität sind nicht umkehrbar. Nicht, weil es die Zeit „gibt“ mit der genannten Eigenschaft, gibt es irreversible Prozesse, sondern weil irreversible Prozesse wesentlich das objektiv reale Geschehen weitgehend bestimmen (**warum** das so ist, wird noch zu klären sein), erscheint die subjektive Zeit als unumkehrbar. (Diese Aussage ist alles andere als wirklich neu.) Im Grunde ist dies kein philosophisches Thema. Die verschiedensten Standpunkte sind Bestandteil dieser oder jener philosophischen Strömung. Geklärt ist dieses Problem allemal. So oder so.

Was aber **nicht** als geklärt gelten kann, ist die **Handhabung** der Zeit **als physikalische Größe**. Diese physikalische Zeit nach wie vor ist die **Realität**, von der **alle Prozesse** abhängen!!

Die Zeit, als hochgradige Abstraktion, wird selbst zum materiellen Objekt.

Hier wird eine Abstraktion „materialisiert“. Ein „Strichmännchen“ wird zum selbständigen Leben erweckt. Im übertragenen Sinne ist der Zeitbegriff einem Strichmännchen vergleichbar, was die Vereinfachung und die Abstraktion betrifft. Der Zeitbegriff bildet bestimmte Seiten objektiv und real gegebener Vorgänge ab und ist Ausdruck der Veränderung aller Dinge.

Drei Aspekte sind Bestandteil des Zeitbegriffes:

1. **Veränderung**
2. **Irreversibilität**
3. **Periodizität.**

Nicht alle drei Beziehungen kommen in allen Erscheinungen „gleichzeitig“ vor; aber alle Erscheinungen weisen mindestens eines dieser Merkmale auf. Dabei steht „Veränderung“ stets an erster Stelle. Ist das Strichmännchen (M_2) ein, wenngleich primitives, so doch homomorphes Abbild des Menschen (M_1)? - Diese Frage hatten wir bereits beantwortet. „**Zum Abbild wird ein Bild erst im Kopf des Betrachters...**“. Dies heißt doch nichts anderes, als dass

das Strichmännchen gewissermaßen die „assoziative Adresse“ bereitstellt unter der die eigentliche Information - das subjektive Abbild des Menschen - im Hirn des Betrachters aufgerufen wird. (Dies gilt für alle Zeichen - im weitesten Sinne des Wortes - und damit auch für die Sprache.) Und dieses Abbild ist geprägt von den persönlichen Erfahrungen jenes Betrachters und somit ganz individueller Natur. Und dieses individuelle Abbild ist alles andere als homomorph und objektiv. Es bildet mehr ab als eine Klasse von Objekten mit der Bezeichnung „Mensch“, nämlich auch alles, was dem Betrachter in seinem bisherigen Leben widerfuhr und in welchen Beziehungen das Objekt Mensch zum „Rest der Welt“ und zu ihm selbst steht. Nur insofern die genannten Erfahrungen unterschiedlicher Personen weitgehend deckungsgleich sind, kommt es auch zur Übereinstimmung in der Bedeutung von Begriffen. Dies ist - ich erwähnte es - im Bereich der Alltagswelt meist gegeben. Ansonsten sind Missverständnisse unvermeidlich.

Das vielleicht ist ein Grund dafür, dass die verschiedenen Sprachen - bei allen auch vorhandenen Gemeinsamkeiten - nicht eindeutig aufeinander abbildbar sind. Dies gilt um so mehr, je stärker die kulturellen, sozialen sowie geographischen Hintergründe der Völker sich voneinander unterscheiden sind. Das eigentliche Problem: Wie sind die **Gemeinsamkeiten** entstanden? - Nicht **unser** Problem.

dass der Mensch aber gern etwas seinen Vorstellungen entsprechendes in der Realität vorfinden will und sie deshalb nach seinem Bilde formen möchte, ist eine Eigenheit, die nicht nur dem Professor Higgins zueigen ist, welcher aus Eliza einen „Menschen formen“ möchte - einen Menschen jedoch, wie er ihn begreift. So werden subjektive Bilder - als lineare Reflexionen der Realität begriffen - auf jene „zurückgeworfen“.

Damit entlarvt der orthodoxe, einseitig auf die Spitze getriebene, Materialismus (oder der naive Realismus) sich als besonders „hinterlistige“, weil nicht auf den ersten Blick erkennbare, Form des Idealismus!

Es wird dunkel. Wir werden müde. Wir schlafen. Wir wachen auf. Es wird hell. Wir haben Hunger. Wir essen. Wir sehen und hören. Wir fühlen und riechen und schmecken. Wir merken und vergessen. Wir nehmen wahr. Wir lernen. Wir schauen auf die Uhr und beeilen uns. Wir gehen zur Arbeit. Wir bewegen uns. Wir fahren mit dem Auto oder laufen. Nichts bleibt, wie es war. Alles verändert sich. Wir verändern uns. Die Blätter verfärben sich und fallen von den Bäumen. Es fällt Schnee. Die Tage werden kürzer. Der Schnee taut. Die Tage werden länger. Die Bäume werden grün. Alles wiederholt sich. Nicht alles, nur vieles. Die Zeiger der Uhr rotieren - langsam. Die Tage vergehen, die Wochen, die Monate, die Jahre... Wir werden älter. Nichts hält sie auf: die **ZEIT!** Vergangenes kehrt nie zurück.

Lesen (oder hören) wir das Wort „Zeit“, so ist mit dem Entziffern dieser Zeichenfolge etwas verbunden. Assoziationen vielleicht löst dies aus, die irgendwie zu schaffen haben mit gerade formulierter Aufzählung, zu tun haben mit Eigenschaften wie **Veränderung, Wiederholung und Unumkehrbarkeit**.

Der Zeitbegriff abstrahiert von der unendlichen Vielfalt realer Prozesse. Es wird soviel von der Realität entfernt, bis jene drei Dinge (als Eigenschaften der sich verändernden Materie) übrigbleiben: Veränderung, Unumkehrbarkeit und Wiederholung. Das Bild bestimmter Seiten der Realität in Gestalt des Zeitbegriffes ist abgemagert bis auf das Gerippe eines Strichmännchens: Kopf, Rumpf, Gliedmaßen. Welchen Sinn dann aber hat der Zeitbegriff? - Ganz einfach: Die Zeit als quantitativ messbare Größe gibt uns die Möglichkeit, unterschiedliche Prozesse zu vergleichen und zu koordinieren. Um dies aber zu können, bedarf es bestimmter Geräte zur Zeitmessung, welche „Uhren“ genannt werden. (Und um jene Messung der Zeit unter anderem geht es in einem andern Textabschnitt.)

Die Zeit als quantitatives Maß spielt in der Physik eine entscheidende Rolle. Die Frage, wie qualitativ unterschiedliche und voneinander unabhängige Vorgänge überhaupt vergleichbar sein können, ist dabei die wirklich wichtige und entscheidende Frage, die uns noch sehr beschäftigen wird. Um die Eigenschaften der realen Prozesse dabei geht es. Und einen Teil dieser Eigenschaften finden wir wieder im Zeitbegriff. Da wir gern der Wirklichkeit Sachen aufdrängen, die **in uns** existieren, werden diese Eigenschaften einem imaginären Objekt zugeordnet. Und dieses angebliche Objekt heißt „Zeit“.

„Die Zeit“ ist eines der mystischen Elemente des Denkens überhaupt und damit eine der recht weitreichenden Mystifikationen der Realität - auch in der Wissenschaft!

„Die Zeit“ (für sich) ist genau so „real“ wie „das Gute“, „das Böse“, „die Liebe“, „der Tod“ usw. Dabei sind interessanterweise die Materialisationen in Form der Personifizierungen auch dieser Dinge Bestandteil verschiedenster Mythologien und Religionen. Eine Abstraktion wird materialisiert“. Ein

Strichmännchen beginnt zu leben.

Hier wird in der Philosophie von „Hypostasierungen“ gesprochen, bei der bestimmten Gedanken eine Realität lediglich zugesprochen wird, die ihnen jedoch objektiv nicht zukommt. Ich bleibe, schon um verwirrenden Begriffskollisionen aus dem Weg zu gehen, bei dem möglicherweise anschaulicheren „materialisierten Abstraktionen“. Auch der Universalienstreit kann in diesem Zusammenhang genannt werden.

Schon der alltägliche Umgang mit dem Zeitbegriff macht uns auf das Problem, um das es die „ganze Zeit“ geht, aufmerksam. Schon die Aussage „Ich habe keine Zeit“ weist auf ein handhabbares selbständiges Objekt mit der Bezeichnung „Zeit“ hin. Natürlich ist solche Handhabung nicht die Quelle für schwerwiegende Probleme. Diese Probleme aber zeichnen sich ab, verlässt man die Alltagswelt und versucht, etwas tiefer in die Zusammenhänge der Natur einzudringen. Dies nun ist nicht die Aufgabe des „schlichten Menschen von der Straße“, sondern eher die des Wissenschaftlers. Und an vorderster Front versucht der Physiker sein Glück, der aber, und zwar unabhängig möglicher verbaler Bekundungen, die Zeit genau so handhabt wie „Otto Normalverbraucher“ dies praktiziert. Die Zeit ist verantwortlich: für die Veränderung überhaupt und dafür, dass es periodische Prozesse gibt und schließlich auch für die Tatsache der Existenz irreversibler Vorgänge. So gesehen, ist es wahrhaft vergebliche Liebesmüh, herausfinden zu wollen, welche Eigenschaften die objektive Zeit in Wirklichkeit hat.

Haben wir - als ein wichtiges Beispiel für die „Materialisation einer Abstraktion“ - uns etwas mit dem Zeitbegriff auseinandergesetzt, so wissen wir jetzt, was die Zeit **nicht** ist. Doch die Physik kommt ohne diese wichtige Grundgröße nicht aus. Wie also finden wir den Weg von der philosophisch erkenntnistheoretischen Einschätzung zur konkreten physikalischen Zeit? - Diese Zeit führt (s.o.) in der Physik ihr eigenes eigenständiges Eigenleben (dies ist wörtlich gemeint), unbeeindruckt von philosophischen „Ismen“. Aber auch der jetzige Stand der Überlegungen müsste zu denken geben. An anderer Stelle wurde die Physik gekennzeichnet durch folgende Formulierung, ich wiederhole:

Das grundlegende Verständnis von der Physik ist charakterisiert durch das Nebeneinander von Raum, Zeit, Materie, Bewegung und Wechselwirkung (als Ausdruck von Eigenschaften der Objekte) sowie das Nebeneinander von vier - zunächst voneinander unabhängigen - Wechselwirkungsformen. Alle Wechselwirkungen sind von der Anlage her statischer Natur.

Die erkenntnistheoretische Sackgasse der Physik können wir in einem Punkt konkretisieren: Die Physik versucht auch die Eigenschaften der objektiven Zeit zu ergründen; und keiner merkt dabei, einem Phantom nachzujagen. Der Gedanke, dass dies ein Phantom (eine materialisierte Abstraktion) ist, wurde auch von einem Physiker bereits ausgesprochen, anders formuliert zwar, aber eindeutig. Und das vor über 100 Jahren. Lassen wir Ernst **Mach** zu Wort kommen (E. **Mach**, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, Leipzig 1933, Nachdruck: Darmstadt 1991, S. 217):

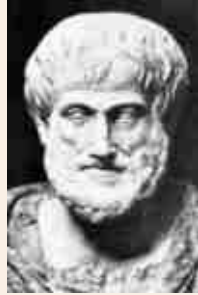
Ernst Mach



Wir sind ganz außerstande, die Veränderungen der Dinge an der Zeit zu messen. Die Zeit ist vielmehr eine Abstraktion, zu der wir durch die Veränderung der Dinge gelangen, weil wir auf kein bestimmtes Maß angewiesen sind, da eben alle untereinander zusammenhängen.

Auf diese Aussage kommen wir noch zurück. Solche, und noch weitergehende, Einsichten sind also nicht neu (nicht nur auf Ernst **Mach** bezogen). Folgende Textpassage dürfte recht aufschlussreich sein (Zitiert aus: R. **Wahsner**, Mensch und Kosmos - Die **Copernicanische** Wende, Textesammlung, Berlin 1978, S. 119 - **Aristoteles**).:

Aristoteles



Gleichzeitig ist klar, dass es außerhalb des Himmels auch keinen Ort und keine Zeit gibt Denn in jedem Ort kann ein Körper existieren; leer nennt man nämlich das, worin zwar kein Körper ist aber doch sein kann. Zeit ist ferner die Zahl der Bewegung, und Bewegung ist ohne natürlichen Körper nicht möglich.

Diese Sätze sind mehr als 2000 Jahre alt und entstammen einem - jedenfalls dem Namen nach - recht populären Autor: **Aristoteles** (384-322 v .Chr.). Jetzt müssten wir die Frage uns gefallen lassen, warum solche oder ähnliche Einsichten in der Physik bisher keine konkreten Auswirkungen zeitigten. Vielleicht war zu dem Zeitpunkt, als **Mach** solches formulierte, die Notwendigkeit einer weitgehenden Revision der Grundlagen der Physik nicht gegeben, weil anscheinend kein Anlass dazu bestand, oder irgendwelche „abgehobenen“ Ansichten für den Philosophen von Interesse sind, keineswegs jedoch für den bodenständigen Physiker. **Mach** war beides. Und trotz allem hatte auch dieser Umstand keine Konsequenzen konkreter Natur. Zu sehr Physiker war er - vielleicht. Es ist müßig, zu spekulieren. Wie dem auch sei, wir werden uns um die konkrete Beschäftigung mit dergleichen Fragen nicht drücken. Und diese konkrete Beschäftigung ist tatsächlich möglich - wie wir noch sehen werden.

Pygmalion-Effekt	Abbilder	Zeit	Kraft	Raum	Begriffe
------------------	----------	------	-------	------	----------

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Homepage

Einleitung

Physik

DPG-Beiträge

Kritik

Masse

Wellen

Pygmalion-Effekt

Erkenntnis

Ernst Mach

Die Zeit

Zufall+Notwend.

Gottes Urknall

Zwischenbilanz

Geschichten

Links

Der Autor

Auch der Kraftbegriff verführt dazu, ihn zu "missbrauchen" und ihn als selbständige, vom konkreten materiellen Wechselwirkungsgeschehen abgelöste, eigenständige "Ursache" misszuverstehen. Und diese "Ursache Kraft" findet ihre Legitimation im Feldbegriff, der wiederum als Abbild einer materiellen Entität betrachtet wird.

Abbilder

Zeit

Kraft

Raum

Begriffe

Inhalt

1. Abbilder und Begriffe
2. Das Objekt Zeit
3. Die Ursache Kraft
4. Der objektive Raum
5. Objektbezogene und relationale Begriffe

Einen der wichtigen Grundbegriffe der Mechanik finden wir im Kraftbegriff. Eine Kraft ist, so das Verständnis in der Physik, die "Ursache" für die Bewegungsänderung oder die Verformung von Materie. Jetzt müssen wir nur noch nach den Ursachen der jeweiligen Kräfte fahnden...

Pygmalion-Effekt - Die Ursache Kraft

Zunächst jedoch bleiben wir beim Thema, welches noch nicht abgeschlossen ist. Um die „materialisierten Abstraktionen“ handelt es sich. Eine davon beschäftigte uns recht lange. Eventuell hat der Leser eine Vorstellung gewonnen davon, worum es genau genommen geht. Das in der Tat schon wäre als Erfolg zu verbuchen. (Die Formulierungen mitunter sind komplizierter als die Gedanken.) Als ein weiteres Beispiel im gerade zu besprechenden Zusammenhang müssen wir im Kraftbegriff sehen. Eventuell wird hierbei noch deutlicher gezeigt werden können, was mit den materialisierten Abstraktionen gemeint ist, zumal wir einige Seiten dieser Problematik schon recht ausführlich behandelten.

Da ist in der klassischen Mechanik von der Ursache der Bewegungsänderung (Beschleunigung) einer Masse die Rede. Als Ursache gilt innerhalb der **Newtonschen** Mechanik die Kraft. Vier Kräfte kennen wir. Jene Kräfte werden „erklärt“ durch Felder. Unser Schwerpunkt im jetzigen Zusammenhang liegt in der Aussage: Als Ursache innerhalb der klassischen Mechanik gilt die Kraft. (dies ist ein Teil des sogenannten mechanistischen Standpunktes). Die Kraft als Ursache also. Folgende einfache Darstellung soll dies erläutern.

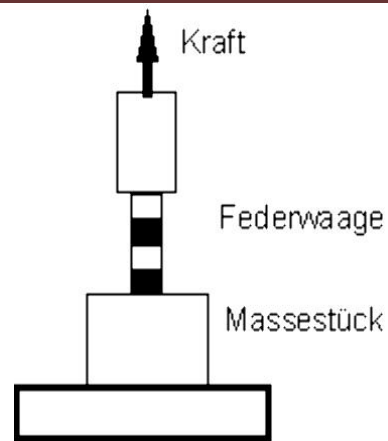


Abbildung 1

Das dargestellte Massestück soll angehoben werden. Dies kann erfolgen mit Hilfe der verschiedensten Vorrichtungen oder auch von Hand mittels der Muskel-„Kraft“, so sie ausreichend sein sollte. Zum Anheben eignen sich alle erdenklichen technischen Hilfsmittel, die da sein können: Flaschenzug, Motorwinde mit Elektro- oder Verbrennungsmotor, hydraulische oder pneumatische Hebevorrichtung oder Elektromagnet oder was sonst noch möglich ist. Der Phantasie sind fast keine Grenzen gesetzt. Die Ergebnisse werden sein: Das Anheben der Masse und die Dehnung der Feder in der Federwaage um einen bestimmten Betrag, welcher natürlich unabhängig ist von der Art und Weise, wie dieses Anheben erfolgt.

Andererseits lässt sich die (schwere) Masse ersetzen durch eine beliebige andere „Kraft“-Quelle, die genau wie die gerade beschriebenen beschaffen sein kann. Einzig wichtig ist die Dehnung der Feder des „Kraft“-Messers um diesen bestimmten Betrag. Auf diese Art lassen sich verschiedene Ursachen miteinander an ihrer Wirkung messen. Diese Wirkung genau ist jene beobachtete Federdehnung. Jetzt dürfen wir von den verschiedenen Ursachen absehen und die Größe der Federdehnung als ein Maß für „die Stärke der Ursache“ ansehen. Und diese Quantität ist die uns allen wohlbekannte Kraft!

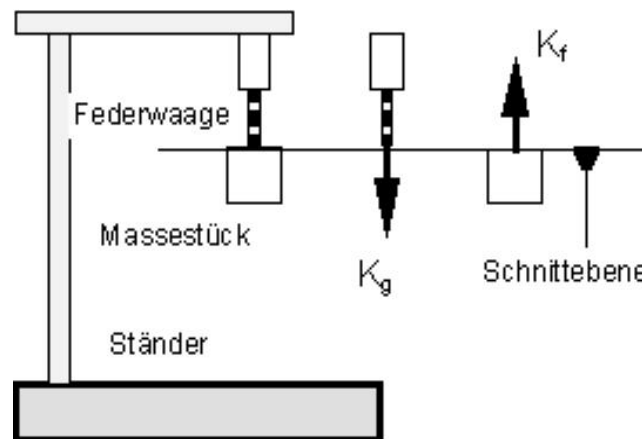


Abbildung 2

Bis hierhin hat alles seine Richtigkeit. Doch der „gedankliche Salto mortale“ folgt auf dem Fuße.

Die Kraft als **quantitatives** (relatives) Maß, in einem Abstraktionsprozess entstanden, mit dem der Vergleich **qualitativ unterschiedlicher Ursachen** erfolgen kann, wird zur Ursache selbst!

Die konkrete Ursache wird ersetzt durch ein abstraktes Maß: die „Stärke der Ursache“. Eine Abstraktion wird materialisiert. Eine „einheitliche Wirkung“ (die Federdehnung im Beispiel) benötigt eine „einheitliche Ursache“: die Kraft. Andererseits kann die „gleiche“ Ursache verschiedene Wirkungen haben: Eine Feder wird gedehnt, ein Gewicht gehoben oder ein Wagen in Bewegung gesetzt.

Eine andere Darstellung (Abbildung 2) soll dies untermauern. Zunächst existiert das System mit dem Tisch, dem Ständer und der Feder. In Höhe der Schnittebene denken wir uns dieses System aufgetrennt. Als nächstes ersetzen wir die konkrete Verbindung des Massestückes mit der Federwaage durch zwei - entgegengesetzt gleiche - Kräfte. Die eine ist die nach unten gerichtete Schwerkraft $\mathbf{K_g}$, welche an der Stelle „angreift“, an der zuvor die Masse befestigt war und die Feder dehnt. Die zweite Kraft ist die nach oben gerichtete Federkraft $\mathbf{K_f}$, welche dafür sorgt, dass die Masse nicht nach unten fällt. Haben wir bei dieser Vorgehensweise die quantitativen Verhältnisse im Blickfeld, so gibt es daran nichts auszusetzen.

Die Kräfte als quantitative Ausdrucksmöglichkeiten bei der Wechselwirkung physikalischer Systeme sind Bestandteil der Statik nebst Festigkeitslehre. Einem bestimmten Bauelement - einem Träger beispielsweise - ist es „völlig gleichgültig“, welches die wahre Ursache für seine Belastung ist. Hauptsache, eine bestimmte maximale Größe dieser Last wird nicht überschritten. Ob jene Last ein Gewicht ist oder die Wirkung eines hydraulischen Zylinders, bleibt völlig unerheblich, da in diesem Zusammenhang nur die Größe der Last von ausschlaggebender Bedeutung sein kann.

Verselbständigen („materialisieren“) wir diese Kräfte, so sind größere Schwierigkeiten unausweichlich. Diese Verselbständigung heißt, die Kraft als eigenständige Ursache einer Wirkung begreifen zu wollen, welche von der wahren Existenzgrundlage in Gestalt realer Objekte isoliert auftritt. Jetzt wird der Versuchsaufbau nicht mehr als konkretes System verstanden, sondern jetzt ist die Ursache der Federdehnung erst einmal eine Kraft: konkret die Schwerkraft (das Gewicht). Unausweichlich drängt dann sich die Frage nach der Ursache des Gewichtes auf. Diese Ursache ist das uns allen zur Genüge bekannte Gravitationsfeld. Nicht irgendwelche Kräfte sind Ursache irgendwelcher Wirkungen, sondern die Kräfte entstehen im Nachhinein als „gemeinsamer Nenner“ (Quantifizierbarkeit durch Abstraktion) bei den verschiedensten Wechselbeziehungen der verschiedensten Systeme. Im Rahmen der Phänomenologie makroskopischer Körper sind keine Schwierigkeiten zu erwarten, ersetzt man die konkreten Wechselwirkungen durch deren quantitatives Maß.

Ein letztes Beispiel (Abbildung 3) soll das Thema abrunden. Im unteren Teil des Zylinders sei Luft eingeschlossen. Stellen wir auf den Kolben ein Massestück, so wird einerseits jenes am Fallen gehindert, und andererseits die Luft um ein bestimmtes Maß komprimiert, was deren Druckerhöhung (und vorübergehenden Temperaturanstieg) zur Folge hat. Das Gewicht ist eine Kraft, welche eine Veränderung des Zustandes eines Gases verursacht. Die Ursache für die Tatsache, dass das Massestück nicht fällt, ist eine Kraft, welche in Form des Gasdruckes auf den Kolben und damit auf die Masse wirkt. Auch hier wieder befinden zwei entgegengesetzte Kräfte sich im Gleichgewicht. Letztere Kraft ist gleichfalls in der Lage, Arbeit zu verrichten (z.B. eine Last zu heben). Es ist nur erforderlich, die Luft im unteren Teil des Zylinders zu erhitzen. Thermische Energie wird zum Teil in mechanische Energie „umgewandelt“.

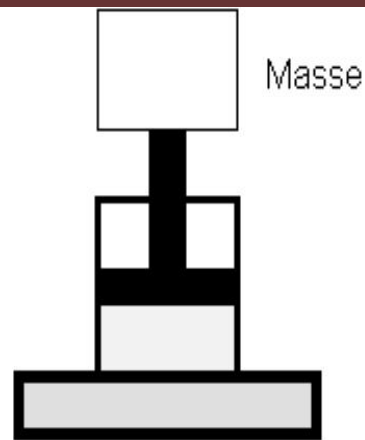


Abbildung 3

Der Druck im Zylinder ist Wirkung der Wärme. Und Wärme ist nichts anderes als die ungeordnete Bewegung der Atome und Moleküle in Stoffen. Dies gilt damit auch für Gasmoleküle. Diese Erkenntnis aber ist nicht sehr alt. Noch Ende des 18. Jahrhunderts wurde Wärme mit der Existenz eines Wärmestoffes („Caloricum“ oder „Phlogiston“ genannt) identifiziert. Ein heißer Körper enthält mehr Wärmestoff als ein kalter; und ein wärmerer Körper hat das Bestreben, einen Teil dieses Stoffes an die Umgebung bzw. an einen kälteren Körper abzugeben, bis ein Temperatúrausgleich erzielt wird. Die Frage nach dem Wesen dieses Stoffes musste naturgemäß unbeantwortet bleiben. Doch unabhängig von dieser Deutung gelangten viele Forscher zur Einsicht, die Wärme als (sich der unmittelbaren Beobachtung entziehenden „versteckte“) Bewegung der kleinsten Teilchen der Stoffe zu verstehen. Zum Beispiel Francis **Bacon** (1561-1621) in „Novum organon scientiarum“:

Francis Bacon



*Die Wärme selbst ist in ihrem Wesen nach nichts anderes als Bewegung...
Wärme besteht in wechselnder Bewegung der kleinsten Teilchen der Körper.*

Ungeachtet bestimmter Einsichten galt die Wärmestoffhypothese als die dominierende Vorstellung, zumal die phänomenologische Wärmelehre in vielen Punkten gut mit dem Wärmestoff vereinbar war. Anders formuliert: die Ergebnisse der phänomenologischen (quantitativen) Thermodynamik waren (innerhalb gewisser Grenzen) invariant in Hinsicht auf (qualitative) Erklärungsversuche, die „Ursache der Wärme“ betreffend.

Gesehen hatte die Wärmebewegung kein Mensch, weil es sich um die (versteckte) hypothetische Bewegung unsichtbarer hypothetischer Elemente handelte. Doch der englische Botaniker Robert **Brown** (1773-1858) beobachtete „unerklärliche Phänomene“ als er Pflanzenteile unter dem Mikroskop untersuchte. Im Pflanzensaft schwimmende Stoffteilchen bewegten sich völlig unmotiviert zick-zack-förmig in alle Richtungen. Später wurde diese Bewegung als „**Brown**sche Bewegung“ bezeichnet. Aber auch in Wasser aufgeschwemmte Tonpartikeln zeigten jenes ungewöhnliche Verhalten. Je kleiner die Teilchen, um so schneller zitterten diese. Die Ursache für dieses Verhalten - uns heute völlig klar - ist in der Wärmebewegung der Flüssigkeitsmoleküle zu sehen, welche einen Teil ihrer Bewegung auf die wesentlich größeren und deshalb unter dem Mikroskop sichtbaren Stoffpartikeln übertrugen.

Der Wärmestoff hingegen war die materialisierte Form des Abstraktums Wärme. Die Wärme zunächst ist eine Eigenschaft gasförmiger, flüssiger oder fester Stoffe. Wird diese Eigenschaft von eben jenen Stoffen getrennt, so steht sie neben diesen Objekten, an die sie in Wahrheit untrennbar gebunden ist. Aus einer losgelösten Eigenschaft wurde eine selbständige materielle Gegebenheit. Hier im wörtlichen Sinne ein Stoff: der Wärmestoff.

Diese Vorgehensweise ist vergleichbar mit dem Versuch, einen Ball zu zerlegen in die „Bestandteile“ Leder und Kugelförmigkeit und beide „Teile“ nebeneinander auf den Tisch zu legen.

Wieder einmal haben wir uns anscheinend vom eigentlichen Thema weit entfernt. Womit aber fingen unsere Überlegungen an? - Da ging es um eine Hebevorrichtung, welche von einem pneumatischen Zylinder bewegt werden sollte. Als Ursache des Anhebens des Gewichtes galt eine Kraft, erzeugt vom Gasdruck, insbesondere bei sich ausdehnender Luft infolge deren Erwärmung. Die Ursache jener Erwärmung zunächst war ein bestimmter spezieller Stoff, „Wärmestoff“ genannt. Die Ursache für das Heben einer Masse war somit die Zufuhr eines Stoffes. Dieser Wärmestoff war die „materialisierte Energie“ als Ursache für das Heben des Gewichtes.

Interpretieren wir jedoch die Wärme als Bewegung der Gasmoleküle, so wird mit einem Erwärmen des Gases auch die Bewegung jener Moleküle verstärkt, was zur Folge das Heben des Massestückes hat. Versteckte (mikroskopische) Bewegung wird (zum Teil) übertragen auf einen (makroskopischen) Körper. dass dabei als das Maß dieser Bewegung eine Kraft dient, hat nicht mehr die ausschlaggebende Bedeutung:

Ursache des Hebens der Masse ist die Wärme als mechanische Bewegungsform und nicht die **Größe** dieser konkreten Wechselbeziehung in Gestalt des quantitativen Kraftmaßes.

Andererseits „erzeugt“ das Gewicht der Masse einen Druck auf das Gas. Dieses Gewicht aber ist nichts anderes als der von uns unmittelbar beobachtbare Effekt, den wir mit dem Wort „Gravitation“ umschreiben. Fassen wir zusammen:

Eine Kraft stellt das quantitative Maß der Stärke einer Wechselwirkung innerhalb relativ starrer (makroskopischer) Systeme an einer definierten Schnittstelle dar. Dies ermöglicht den quantitativen Vergleich (zunächst) qualitativ verschiedener Wechselwirkungen. Kräfte treten nur im unmittelbaren Kontakt relativ starrer Systeme (zum Beispiel fester Körper) auf und besitzen Ersatzcharakter, das heißt, sie ersetzen die konkrete Wechselwirkung durch eine abstraktes Maß.

Die traditionelle Physik vermengt Qualitäten (die konkrete Wechselwirkung konkreter Systeme) mit Quantitäten (Stärke dieser Wechselwirkung in Form der Kraft, welche an deren Wirkung gemessen wird). Die Folge: es gibt neue Qualitäten - in Gestalt der Felder. Erst die Verselbständigung und damit die „Objektivierung“ der Kraft als kausale Ursache führt zu irreführenden Fragestellungen: nämlich zu der Frage nach der Ursache der Kraft. Und die Ursachen der „Fern“-Kräfte sind die Felder usw... So gesehen brauchen diese Felder den Vergleich mit dem Wärmestoff seligen Angedenkens keineswegs zu scheuen. Die Kraft als kausale Ursache bildet gewissermaßen die „erste Stufe der Materialisation“. Die „zweite Stufe“ haben wir mit Einführung des Feldes als selbständige materielle Struktur erklommen. Die Analogie zur „lebenden“ aber noch hölzernen Marionette Pinocchio vervollständigt sich, da jener zum Schluss ein Mensch wird aus „Fleisch und Blut“. Im Märchen gibt es dagegen nichts einzuwenden. Das äußerst schwerwiegende Problem der genannten materialisierten Abstraktionen besteht im Stellen irrelevanter Fragen, zum Beispiel: „Welche Eigenschaft besitzt die Zeit?“ oder „Welches ist die Ursache der elektrischen Kraft?“. Oder anders:

Aus dem Studium der „Anatomie des Strichmännchens“ wird versucht, die Anatomie des Menschen zu ergründen. Wenn dies auch übertrieben klingen mag, so gilt dies doch für die praktizierte Physik. Das Unverständnis über die Seltsamkeit der modernen Physik ist vergleichbar mit der Verwunderung darüber, dass der Mensch unverständlicherweise ein ganz klein wenig komplexer zu sein scheint, als eine naive Kinderzeichnung es zunächst vermuten lässt.

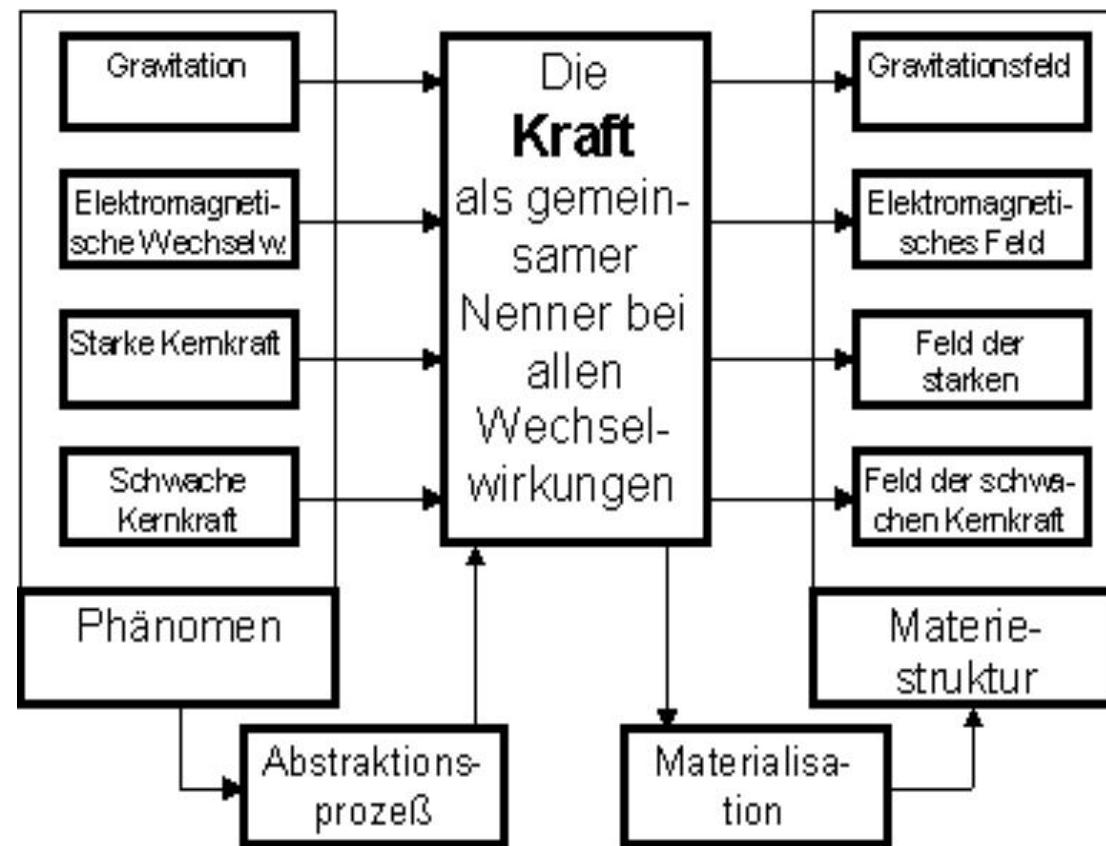
Wiederholen wir abermals die Aussage über das Verständnis von der Physik (“Statisches Paradigma”)

Das grundlegende Verständnis von der Physik ist charakterisiert durch das Nebeneinander von Raum, Zeit, Materie, Bewegung und Wechselwirkung (als Ausdruck von Eigenschaften der Objekte) sowie das Nebeneinander von vier - zunächst voneinander unabhängigen - Wechselwirkungsformen. Alle Wechselwirkungen sind von der Anlage her statischer Natur.

Jetzt hatten wir uns also mit einer weiteren Facette der Problematik des Nebeneinanders (Dualismus) von Bewegung und Wechselwirkung beschäftigt. Diese kam zum Vorschein in der „Existenz“ von verursachenden Kräften. Diese Kräfte fanden ihre Legitimierung in den Feldern. Der Dualismus von Bewegung und Wechselwirkung findet letztendlich sein Abbild wieder im Dualismus von Materie und Feld. Letzterer auch ist Merkmal **Einstein** scher Theorien. Anders formuliert:

Es „gibt“ die Felder deshalb, weil die Trennung von Bewegung und Wechselwirkung - von Kinematik und Dynamik - Wesensmerkmal des aktuellen physikalischen Weltbildes ist.

Selbst die abenteuerlichsten Hypothesen unserer Tage ändern nicht das geringste an dieser Tatsache. Folgende Darstellung soll in anschaulicher Form das Problem der materialisierten Abstraktionen am Beispiel des Kraftbegriffes verdeutlichen.



Abbildung

Pygmalion-Effekt	Abbilder	Zeit	Kraft	Raum	Begriffe
------------------	----------	------	-------	------	----------

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Pygmalion-Effekt

- Objektbezogene und relationale Begriffe -

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Einige Widersprüche bekommt man dadurch vielleicht in den Griff, wenn man zwischen objektbezogenen Begriffen (diese Begriffe bezeichnen materielle Gegenstände bzw. Klassen von Gegenständen) und relationalen Begriffen (jene drücken Beziehungen und/oder Prädikate aus) streng unterscheidet. Erst wenn Relationen und Prädikate zu Objekten werden, handeln wir uns Probleme ein.

Abbilder
Zeit
Kraft
Raum
Begriffe

Inhalt

1. [Abbilder und Begriffe](#)
2. [Das Objekt Zeit](#)
3. [Die Ursache Kraft](#)
4. [Der objektive Raum](#)
5. Objektbezogene und relationale Begriffe

Relationen und Attribute werden oft als selbständige Entitäten behandelt. Die hier getroffene (noch oberflächliche) Systematisierung ist eigentlich ganz elementar und leicht nachvollziehbar. Aber wen interessiert dies schon... ?

Pygmalion-Effekt - Objektbezogene und relationale Begriffe

Die bisher aufgezeigten Beispiele und Analogien mögen recht nützlich sein, dienen sie doch zur Veranschaulichung, ansonsten nur sehr abstrakt darstellbarer, Zusammenhänge. Doch werden wir jetzt - auf begrifflicher Ebene - klären, was ein Stuhl und die Zeit **nicht** gemeinsam haben. (Das war uns hoffentlich in diesem Text gelungen.) Dennoch möchte ich es noch etwas allgemeiner und geringfügig „wissenschaftlicher“ formulieren. Der Begriff „Stuhl“ beschreibt ein Objekt bzw. eine Klasse von Objekten mit bestimmten Eigenschaften. Welche das sind, setzen ich als bekannt voraus. Der Zeitbegriff jedoch bildet objektiv reale Beziehungen ab zwischen Prozessen objektiv realer Systeme.

Darauf kommt es an: Wir müssen unterscheiden zwischen „objektbezogenen“ und „relationalen“ Begriffen. Problematisch wird es, werden relationale Begriffskonstruktionen selbst als Abbilder realer Objekte betrachtet. Diese Fehlerquelle bezeichnete ich in diesem Text als „Materialisation von Abstraktionen“. Die Konfusion also beginnt dann, werden Relationen zu Objekten! Objektbezogene Begriffe sind allgemein bekannt. Wir brauchen sicherlich keine weiteren aufzuzählen. Mit einigen der relationalen Begriffe befassten wir uns sehr ausführlich. Fassen wir trotzdem - unter Beachtung der gerade formulierten Aussagen - einige Zusammenhänge wiederholenderweise zusammen:

1. **Der Zeitbegriff bildet auf allgemeine Weise die Relationen materieller Objekte und Prozesse ab, die mit Veränderung, Wiederholung und Nichtumkehrbarkeit beschrieben worden sind. Diese Beziehungen wurden - und werden! - de facto zum „realen Objekt Zeit“ materialisiert.**
2. **Der Raumbegriff dient der Darstellung der räumlichen Beziehungen materieller Objekte („Massepunkte“). Er aber wurde zur selbständigen Entität.**
3. **Mit „Wechselwirkung“ drücken wir aus, dass kein Objekt ohne ein anderes existiert. Irgendwie hängt alles zusammen. Nichts gibt es, was sich diesem „allumfassenden Zusammenhang“ entziehen kann. Aus einer Form dieser Beziehungen wurden - ich ging mehrfach darauf ein - die Felder als reale materielle Wesenheiten.**

(Diese Aufzählung ließe sich fortsetzen. Ich verzichte darauf.) Dann aber haben wir noch den „objektiven Zufall“. Der „Zufall“ beschreibt ein Ereignis, welches eben „zufällig“ eintritt und nicht „vorherbestimmt“ ist oder voraussagbar. Auch dieser Begriff beschreibt Beziehungen und keine Objekte. Und eigenartiger Weise blieb der Begriff das was er war: ein relationaler. Er wurde nicht zum gleichberechtigten Widersacher der Zeit, nicht bestrebt, die durch den gesetzmäßigen zeitlichen Ablauf der Prozesse gegebene Ordnung zu zerstören, weil er als gleichberechtigtes - aber antagonistisches - „Objekt Zufall“ neben dem „Objekt Zeit“ existiert. Niemand stellte die Frage, welche Eigenschaften der Zufall eigentlich habe. Der **Zufall ist Eigenschaft**, eine Eigenschaft realer Prozesse. Gefragt höchstens wird danach, wieso es eigentlich zufällige Ereignisse gibt, wieso die objektiv-realen Prozesse nicht vollständig determiniert seien. (Dies ist ein sehr interessantes Thema, welches nochmals aufgegriffen werden sollte.)

Was lernen wir daraus? - Wir haben uns mit drei Arten von Begriffen herumzuschlagen:

- **Zum ersten sind es die objektbezogenen Begriffe als Abbilder realer materieller Gegebenheiten.** (Auch hier ist zu beachten, wie bereits bemerkt, dass Begriffe erst über das Subjekt ihre objektbezogene Bedeutung erlangen, und damit zum Ab-Bild werden.)
- **Dann haben wir noch als zweite Kategorie die relationalen Begriffe kennengelernt, welche sich in zwei Untergruppen spalten lässt:**
 - **Die eine Sorte von Relationen wird selbst zum Objekt und**
 - **die andere bleibt das, was sie war, Ausdruck von Beziehungen der eigentlichen Objekte untereinander.**

Aus sprachlicher Sicht ist die Tatsache interessant, dass einige der analysierten Begriffe mit substantivierten Adjektiven verbunden sind. Wenn ein Gegenstand **warm** (Prädikat) ist, so ist **die Wärme** (Objekt, vormals Wärmestoff) daran schuld. Läuft ein Prozess in der und der **zeitlichen Reihenfolge** (Relation) ab, so haben wir es mit **der Zeit** (Objekt) zu schaffen. Aus ganz bestimmten **räumlichen Anordnungen** und Beziehungen (Relation) wird **der Raum** (Objekt), ohne den es scheinbar nicht geht. (Hiermit wird keine Aussage über die Entstehung der Begriffe getroffen.)

Prädikate und Relationen werden zu Gegenständen.

Die Relevanz der mit dieser Angelegenheit im Zusammenhang stehenden Probleme besteht in der Schwierigkeit, sich mit irrelevanten Fragen herumschlagen zu müssen. Wie also lautete eine bereits an anderer Stelle sinngemäß gestellt Frage? „**Welche Eigenschaften hat die Zeit?**“

Die Zeit **hat** keine Eigenschaften, sie **ist** Eigenschaft; sie repräsentiert eine Gruppe von Eigenschaften der sich verändernden Materie, welche im subjektiven Zeitbegriff ihre - vom allgemeinen Geschehen herausgelöste - abstrahierende Reflexion findet.

Der Zeitbegriff ist Ausdruck bestimmter Seiten der objektiv-realen Verhältnisse, aber nur und ausschließlich, aus unserer ganz besonderen Sicht, geprägt von ganz bestimmten Beziehungen, in welche wir hineingeboren wurden. (Mit einigen dieser „ganz bestimmten Beziehungen“ beschäftigen wir uns bereits.

Andere Beziehungen werden noch Gegenstand weiterer Überlegungen sein.) Um zu zeigen, dass die hier dargelegten Gedanken alles andere als besonders neu einzustufen sind, wollen wir bei **Mach** nachlesen (E. **Mach**, Erkenntnis und Irrtum, Leipzig 1926, Nachdruck: Darmstadt 1991, S. 141 ff.):

Ernst Mach



17. Wenn auch Begriffe keine bloßen Worte sind, sondern ihre Wurzeln in den Tatsachen haben, muss man sich doch hüten, Begriffe und Tatsachen für gleichwertig zu halten, dieselben miteinander zu verwechseln. Aus solchen Verwechslungen gehen ebenso schwere Irrtümer hervor, wie aus jenen der anschaulichen Vorstellungen mit Sinnesempfindungen, ja die ersteren sind viel allgemeiner schädlich. Die Vorstellung ist ein Gebilde, an welchem die Bedürfnisse des Einzelmenschen wesentlich mit gebaut haben, während die Begriffe, von den intellektuellen Bedürfnissen der Gesamtmenschheit

beeinflusst, das Gepräge der Kultur ihrer Zeit tragen. ... 18. J. B. Stallo hat in ausführlicher Darstellung und in anderer Form, unabhängig, im wesentlichen mit dem unmittelbar zuvor Gesagten übereinstimmende Gedanken dargelegt.*

*Fußnote Mach: J.B.Stallo, *The Concepts and Theories of modern Physics*. 1882 - Deutsch unter dem Titel: *Die Begriffe und Theorien der modernen Physik*. Herausgegeben von H. Kleinpeter, mit einem Vorwort von E.Mach. Leipzig 1901. ...

Stallos Ausführungen lassen sich kurz zusammenfassen in folgenden Sätzen: 1. Das Denken beschäftigt sich nicht mit den Dingen, wie sie an sich sind, sondern mit unseren Gedankenvorstellung (Begriffen) von denselben. 2. Gegenstände sind uns lediglich durch ihre Beziehungen zu anderen Gegenständen bekannt. Die Relativität ist also ein notwendiges Prädikat der Gegenstände der (begrifflichen) Erkenntnis. 3. Ein besonderer Denkakt schließt niemals die Gesamtheit aller erkennbaren Eigenschaften eines Objektes in sich, sondern nur die zu einer besonderen Klasse gehörigen Beziehungen. - Aus der Nichtbeachtung dieser Sätze gehen, wie Stallo weiter ausführt, mehrere sehr verbreitete, natürliche, so zu sagen in unserer geistigen Organisation begründete Irrtümer hervor. Als solche werden aufgezählt: 1. Jeder Begriff ist das Gegenstück einer unterscheidbaren Realität; es gibt so viele Dinge, als es Begriffe gibt.

Dies ist im wesentlichen Thema dieses Textes.

2. Die allgemeineren oder umfassenderen Begriffe und die ihnen entsprechenden Realitäten sind früher da, als die weniger allgemeinen; die letzteren Begriffe und Realitäten bilden oder entwickeln sich aus den ersteren durch Hinzufügen von Merkmalen. 3. Die Aufeinanderfolge der Entstehung der Begriffe ist identisch mit der Aufeinanderfolge der Entstehung der Dinge. 4. Die Dinge existieren unabhängig von ihren Beziehungen.

Auch dieses Thema könnte noch interessant werden.

In der Entgegensetzung von Materie und Bewegung, Masse und Kraft als besondere Realitäten sieht Stallo den ersten der bezeichneten Irrtümer, in der Hinzufügung der Bewegung zur trägen Materie den zweiten. Betrachtet man aber das starre Atom als das ursprünglich Existierende, aus dem alles abzuleiten ist, so unterliegt man der dritten der bezeichneten Täuschungen. Die Eigenschaften der Gase sind in der Tat viel einfacher als jene der Flüssigkeiten und starren Körper, ... Als Beispiele des vierten Fehlers behandelt Stallo die Hypostasierung [In diesem Text "Materialisation von Abstraktionen" genannt, W. N.] von Raum und Zeit, wie sie namentlich in Newtons Lehre von dem absoluten Raum und der absoluten Zeit sich offenbart.

Ich werde diese Aussagen nicht im einzelnen diskutieren, zumal wesentliche Seiten dieser "uralten Erkenntnisse" Gegenstand meiner bisherigen Ausführungen waren. Und auch die Einordnung in bestehende philosophische Systeme soll nicht unsere Aufgabe sein. Leider ist es so, dass man irgendwelche Aussagen dieser Art gern einem philosophische „Ismus“ zuordnet. Für denjenigen, der sich nicht vordergründig und ausschließlich mit diesen Dingen befasst, wäre dies nach meiner Auffassung eher verwirrend denn hilfreich. Wir beschäftigen uns mit konkreten Problemen der Physik. Und dabei bleiben wir auch. Und gerade bei einem solchen Vorhaben, ist es immer wieder interessant, sich mit Aussagen eines Ernst **Mach** auseinanderzusetzen.

Es sei dem Leser überlassen, Gemeinsamkeiten und auch Differenzen zu erkennen, wobei weniger die Übereinstimmung oder Divergenz im Detail, als vielmehr bestimmte kritische Grundhaltungen interessieren sollten, die, wie ich zeigen konnte, erstens nicht neu und zweitens durchaus wichtig für die

Beurteilung des aktuellen Erkenntnisstandes in der Physik sind. Noch bemerkenswerter allerdings ist die Tatsache, dass erkenntnistheoretische Überlegungen der genannten Art in der Physik noch nie eine wirklich bedeutende Rolle gespielt haben.

Pygmalion-Effekt	Abbilder	Zeit	Kraft	Raum	Begriffe
------------------	----------	------	-------	------	----------

[\[Home\]](#) **[\[Seitenanfang\]](#)**

Erkenntnistheoretische und methodologische Aspekte - Determiniertheit des Erkenntnisprozesses -

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Irgendwie existiert der Glaube an die "Objektivität" der Erkenntnistätigkeit, zumindest langfristig betrachtet. Das soll bedeuten, dass die gesellschaftlich-historischen Einflussgrößen letztendlich eliminiert werden. Dieser Einschätzung kann ich mich nicht anschließen.

Vorbemerk.

Erk.-Prozess

Ernst Mach
1838-1916



Man wird zugleich erkennen, dass für das historische Verständnis einer Wissenschaft nicht nur die Kenntnis der Gedanken wichtig ist, welche von den Nachfolgern angenommen worden sind, sondern dass mitunter auch flüchtige Erwägungen der Forscher, ja das scheinbar ganz verfehlte sehr wichtig und belehrend sein kann. Die historische Untersuchung des Entwicklungsvorganges einer Wissenschaft ist sehr notwendig, wenn die aufgespeicherten Sätze nicht allmählich zu einem System von halbverstandenen Rezepten oder gar zu einem System von Vorurteilen werden sollen. Die historische Untersuchung fördert nicht nur das Verständnis des Vorhandenen, sondern legt auch die Möglichkeit des Neuen nahe, indem sich das Vorhandene eben teilweise als konventionell und zufällig erweist. - **Ernst Mach**

Erkenntnistheoretische Aspekte - Determiniertheit des Erkenntnisprozesses

Dass der jetzige Stand der (physikalischen) Erkenntnis vom Erfassen wirklich grundlegender und allgemeiner Zusammenhänge noch weit entfernt ist, bedarf keiner Klärung. Schwieriger schon wird es, geht es um die Frage des „Abstandes“ der Erkenntnis von der Realität oder gar darum, ist der eingeschlagene Weg überhaupt der richtige. Hierbei kommt man zwangsläufig zur Problematik der „Determinanten des Erkenntnisprozesses“. Zu den Grundprinzipien der Mechanik noch einmal Ernst **Mach** (E. **Mach**, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, Leipzig 1921, Seite 179):

Ernst Mach



Newton hat sich in bezug auf unseren Gegenstand [die Mechanik, W.N.] zweierlei Verdienste erworben. Erstens hat er den Gesichtskreis der mechanischen Physik sehr erweitert durch seine Entdeckung der allgemeinen Gravitation. Dann hat er auch die Aufstellung der heute angenommenen Prinzipien der Mechanik zu einem Abschluss gebracht. Nach ihm ist ein wesentlich neues Prinzip nicht mehr ausgesprochen worden. Was nach ihm in der Mechanik geleistet worden ist, bezog sich durchaus auf die deduktive, formelle und mathematische Entwicklung der Mechanik auf Grund der Newtonschen Prinzipien.

An diesem Sachverhalt dürfte sich auch bis zum heutigen Zeitpunkt nichts geändert haben, zumal die klassische Mechanik kaum zum Gegenstand weiterer Forschung geworden ist. Aus erkenntnistheoretischer Sicht ist aber die Beschäftigung mit diesem Problemkreis unumgänglich.

Es wurde an anderer Stelle diese Notwendigkeit mit der Bemerkung vom determinierten Erkenntnisprozess nahegelegt. Diese Determiniertheit bezieht sich darauf, dass alle Schlussfolgerungen bestimmt sind von dem, was es zu erneuern gab. Die Art und Weise wie auf die Unzulänglichkeiten der klassischen Mechanik reagiert wurde, war und ist eindeutig determiniert von eben jenem, was sich als unzulänglich herausgestellt hatte. Dies betrifft **alle(!)** Gebiete der Physik. Hierzu **Treder** (H.-J. **Treder**, Die Relativität der Trägheit, Berlin 1972, Seite 2):

Hans-Jürgen Treder

Eine mathematische Fassung der von Mach und Einstein entwickelten Idee der Relativität der Trägheit wird also von einer Mechanik auszugehen haben, die grundsätzlich von der Newtonschen Mechanik verschieden ist, indem sie eine Abhängigkeit der trägen Masse von dem Gravitationspotential der anderen Körper enthält.

Dieser Satz demonstriert beispielhaft die Problematik der historischen Determiniertheit des Erkenntnisprozesses. Der erste Teil des Satzes

„Eine mathematische Fassung der von Mach und Einstein entwickelten Idee der Relativität der Trägheit wird also von einer Mechanik auszugehen haben, die grundsätzlich von der Newtonschen Mechanik verschieden ist...“

kann soll und ganz übernommen werden. Der zweite Teil dieser Aussage

„..., indem sie eine Abhängigkeit der trägen Masse von dem Gravitationspotential der anderen Körper enthält“

widerspricht bei näherer Betrachtung dem Inhalt des vorangegangenen Teil des Satzes. Denn das **Gravitationspotential** beschreibt genau eine jener Größen, die abhängig sind von der **Newtonschen** Mechanik und nur im historischen Kontext der Entwicklung der Ideen gesehen werden kann (das gleiche gilt auch für die „träge Masse“), die die Richtigkeit eben des **Newtonschen** Ansatzes **voraussetzt**. Ohne die **Newtonsche** Mechanik gäbe es auch kein „Gravitationspotential“. Letzteres ist nämlich Bestandteil eines Begriffssystems, das von (mechanistischen) Grundhaltungen geprägt ist, welche durch die **Newton** schen Auffassungen eindeutig determiniert wurden!

Zur Problematik der mechanistischen Grundhaltung bis zum Beginn dieses Jahrhunderts seien Albert **Einstein** und Leopold **Infeld** zitiert (A. **Einstein**, L. **Infeld** , Die Evolution der Physik, Wien 1950, Seite 82 f):

Albert Einstein / Leopold Infeld

*In der Mechanik lässt sich der Weg, den ein in Bewegung befindlicher Körper beschreibt ,
vorausberechnen, und auch seine Vergangenheit kann man bestimmen, wenn sein gegenwärtiger
Zustand samt den Kräften bekannt ist, die auf ihn einwirken.*

Die großartigen Erfolge der klassischen Mechanik legen den Gedanken nahe, das mechanistische Denken müsse sich folgerichtig auf alle Zweige der Physik ausdehnen lassen, und alle Erscheinungen müssten aus dem Walten von Kräften erklärt werden können, die sich entweder als Anziehung oder als Abstoßung äußern, ausschließlich von der Entfernung abhängen und zwischen unveränderlichen Partikeln wirksam sind. Diese Grundhaltung, das betreffend, was man unter „Mechanik“ verstand (und versteht) führte dazu - nachdem unüberwindliche Schwierigkeiten zur „Krise der Physik“ geworden waren - den mechanistischen Standpunkt als Grundlage einer einheitlichen Physik generell aufzugeben:

Die Welt ist auf Grundlage einer mechanistischen Theorie prinzipiell nicht erklärbar. „Mechanik“ und der konkrete Newtonsche Ansatz zu einer solchen wurden absolut identifiziert - ungerechtfertigt.

Diese Krise wurde nicht nur nicht überwunden, sondern hatte sich noch verschärft. Dies drückt sich u.a. im prinzipiellen Verzicht auf Anschaulichkeit aus. (Die Analyse dieser und weiterer Dinge soll u.a. das Anliegen der folgenden Ausführungen sein.) Als erstes sei die Problematik der Determiniertheit des (physikalischen) Erkenntnisprozesses hervorgehoben. Diese Determiniertheit beinhaltet mehrere Aspekte:

1. Zunächst sei die objektbezogene Determiniertheit genannt (realistischer Standpunkt, der an dieser Stelle nicht gemeint ist. „Realistisch“ heißt hier, „am Objektiven orientiert“, unabhängig vom Subjektiven. Nun aber ist der **Prozess der Erkenntnisgewinnung** selbst ein nach objektiven Gesetzen sich vollziehender Vorgang, den es zu beleuchten gilt. Ein „Realistischer Standpunkt“ darf nicht zur Simplifizierung der komplexen Vorgänge bei der Erkenntnisgewinnung führen. (Diese praktisch durchgeführte unzulässige Vereinfachung führte wohl u.a. auch teilweise zur Diskreditierung realistischer Auffassungen.).
2. Desweiteren ist die gesellschaftlich-kulturelle Determiniertheit des Erkenntnisprozesses gemeint. Dabei sind wiederum einige Gesichtspunkte zu unterscheiden: Ausbildung, Forschung, Kommunikation und nicht zuletzt die materiell technische Basis der Forschung.
3. Bei alledem darf der subjektive Aspekt keineswegs aus dem Blickfeld verloren werden. Gerade im Hinblick auf die progressiv anwachsende **Informationsflut** und die immer weitergehende **Spezialisierung**, ist es notwendig, Wesentliches von Zufälligem zu trennen und allgemeingültige Zusammenhänge zu erkennen.

Es wird die historische Determiniertheit der Erkenntnis angesprochen, wobei der Erkenntnisprozess nicht frei ist von individuellen Einschätzungen, Vorurteilen und auch unbewussten Grundhaltungen. Dazu nochmals Ernst **Mach** (E. **Mach**, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, Leipzig 1921, Seite 251):

Ernst Mach



In der Mechanik lässt sich der Weg, den ein in Bewegung befindlicher Körper beschreibt, vorausberechnen, und auch seine Vergangenheit kann man bestimmen, wenn sein gegenwärtiger Zustand samt den Kräften bekannt ist, die auf ihn einwirken.

Die nachfolgenden Überlegungen sollen sich mit der zuletzt genannten Tatsache beschäftigen (auf die anderen Aspekte näher einzugehen, würde den Rahmen dieser Darlegung sprengen). Betrachtet man den Erkenntnisprozess als einen Vorgang, der letztendlich sich der Kenntnis des Wesens der Dinge nähern soll, so wäre eine immer weitergehende Loslösung der konkreten Ergebnisse der physikalischen Forschung von nämlich jenen Zufälligkeiten zu fordern. Somit ist der Erkenntnisprozess als ein iterativer Vorgang - oder wie anders sollte man die immer weitergehende Objektivierung der Erkenntnis erreichen? - zu begreifen. Versteht man also den Erkenntnisprozess als einen iterativen Prozess, so wäre es notwendig, Konvergenzkriterien anzugeben. (Diese Forderung - in Analogie zu bestimmten mathematischen Verfahren - ist wohl legitim.) Wenn aber, wie oben behauptet, die Ergebnisse der physikalischen Forschung bestimmt sind von überholten Auffassungen, so wären Schwierigkeiten unvermeidlich.

Gibt es also bestimmte Grundvorstellungen, die jenseits jeder kritischen Sichtung stehen, die unbewusst zu Fragestellungen führen, welche die Antwort, zumindest zum Teil, implizieren? - Es gibt bestimmte Vorstellungen, die zwar zum Streit um philosophische Grundpositionen (um die es, dies sei wiederholt, an dieser Stelle nicht geht) beitrugen, deren konkrete sachbezogene Analyse bisher ausblieb.

Diese Grundvorstellungen drücken sich in der Art und Weise der Behandlung bestimmter Grundbegriffe aus. Es gibt nach wie vor den „objektiven Raum“, die „objektive Zeit“, die „objektiven kausalen Ursachen“ in Gestalt der Kräfte und Felder usw. Natürlich hat moderne Forschung ergeben, dass mit diesen Dingen „etwas nicht stimmt“. Was fehlt, ist der Bezug zur klassischen Denkweise. Die Kausalität wurde im Zuge der Kenntnisse über die „Quantenobjekte“ relativiert. Zeit und Raum hatten eine neue Bedeutung innerhalb der Relativitätstheorie erfahren.

Die Änderung der Begriffsinhalte bezog sich aber immer auf Bereiche der Realität, die sich von der Alltagswelt weitgehend abgrenzten. In der unmittelbar zugänglichen Welt blieb alles beim Alten. Was hat es z.B. mit der Kausalität wirklich auf sich? - Es kann gezeigt werden, dass verschiedene Dinge - gerade bei der Handhabung des **Kausalitätsbegriffes** - vermischt wurden. Sind die traditionellen Vorstellungen über Zeit und Raum wirklich nur **außerhalb** der Alltagswelt nicht mehr anwendbar? - Dabei sind die „Grundformen“ dieser Begriffe in einer Zeit entstanden, in der der (Er)Kenntnisstand nicht vergleichbar war mit dem heutigen. Die Relevanz aber eben jener Begriffe blieb bis heute unumstritten. Lediglich Modifikationen wurden zugelassen, dabei nicht beachtend, dass in den Vorstellungen, Begriffen und Theorien nur ein Ausschnitt dessen erfasst wird, was objektiv real existiert. Dieses „Fenster“ wurde (und wird) immer größer. Was aber unbeantwortet blieb, war die Frage danach, spiegeln die konkreten Erkenntnisse wesentliche Seiten objektiv realer Zusammenhänge wider, oder wurden nebensächliche Dinge zum Maßstab des Denkens?

Letzteres ist a priori nicht entscheidbar, was aber die Konsequenz einschließen müsste, jederzeit bereit zu sein, **grundlegende** Umwälzungen des physikalischen Begriffssystems zu akzeptieren. In der Praxis hatte man sich in der Weise arrangiert, dass Neuerungen sich lediglich auf neu erschlossene Gebiete bezogen und beziehen, das Althergebrachte in seinem „Geltungsbereich“ jedoch weiterhin Gültigkeit behält. Die Erkenntnisse der Quantenphysik z. B. zeigen keinerlei Rückwirkung auf die klassische Mechanik, die ihrerseits aber (s.o.) die Modalitäten all jener Neuerungen bestimmt, um die es geht. Hier sei an die Problematik erinnert, dass für Mikroobjekte eine Flugbahn im klassischen Sinne nicht mehr erklärt ist.

Dies u.a. ist eine Anspielung auf die **Heisenbergsche** Unschärferelation. Zur klassischen Bestimmung eines bewegten „Massepunktes“ (auf einer Bahnkurve) gehören nun einmal Ort und Geschwindigkeit (respektive Impuls) eben jenes Massepunktes. Da gemäß den quantenmechanischen Gesetzmäßigkeiten beide Größen nicht mehr **gleichzeitig mit beliebiger Genauigkeit** ermittelbar sind, wird in diesem Zusammenhang (unter bestimmten Bedingungen) der Begriff der Flugbahn relativiert. Spätestens jetzt wäre zu klären, was es mit dieser „Flugbahn“ denn nun auf sich habe, und worin sich „Quantenobjekte“ tatsächlich

von den „klassischen Objekten“ unterscheiden.

Eben solche Aussagen lassen sich über Energie, Impuls, Ort usw. treffen. Dies scheint eine Spezifik jener physikalischen Bereiche zu sein, die jenseits jeder **Anschaulichkeit** stehen und nicht auf klassische Objekte übertragbar ist.

Die Quantenobjekte besitzen eben Eigenschaften, die mit denen klassischer (mechanischer) Systeme nicht mehr vergleichbar sind. Vielleicht jedoch sind es die Vorstellungen von Raum, Zeit etc., die mit der Wirklichkeit sich nicht in Übereinstimmung befinden! Und genau darum geht es hierbei. **Zeichnen sich im Experiment Widersprüche zur Theorie ab, die eine Revision der Begriffe erforderlich machen, so muss dies generell erfolgen!** Da das aber damit verbunden sein müsste, genau jene Begriffe dann auch im klassischen Bereich nicht mehr als gültig ansehen zu dürfen, macht es erforderlich, jene psychologische Barrieren zu überwinden, die darin bestehen, allgemein anerkannte Prinzipien aufgeben zu müssen, und das ebenfalls auf Gebieten, wo die bestehenden Theorien prinzipiell über jeden Zweifel erhaben sind. Und dieser Zweifel ist scheinbar deshalb unberechtigt, weil genau in der traditionellen Physik keine quantitativen Divergenzen zwischen Theorie und Experiment auftreten. Dies aber ist ein Trugschluss. Die Tatsache der quantitativen Übereinstimmung von Theorie und Experiment beruht auf dem Fakt, dass die konkreten Verhältnisse den Fehler, der mit der fehlerhaften theoretischen Deutung (beispielsweise der klassischen Auffassung vom Raum und der Trägheit) verbunden ist, verschleiern. Tritt aber unter anderen Bedingungen ein Fehler augenscheinlich hervor, so bedeutet dies auch, dass im Hinblick auf die These von der Einheit der Materie dieser Fehler, wenn auch „versteckt“ schon dann vorhanden sein musste, als er noch nicht entdeckt war.

Nun aber ist die Formulierung „**eine Theorie ist innerhalb ihres Geltungsbereiches wahr**“ eine Tautologie, wenn diese Abgrenzung keine „echte metatheoretische“ Aussage ist. Die Entwicklung der Physik zeigt eine konservierende Haltung dahingehend, dass **ad hoc** der Gültigkeitsbereich aufgrund neuer Erfahrungstatsachen festgelegt wird, damit die alte Theorie nicht grundsätzlich verworfen werden muss. Folgende Zusammenfassung kann vielleicht formuliert werden:

Zusammenfassung

1. Jede Aussage, Theorie oder jedes Begriffssystem ist **entweder** wahr **oder** falsch. Diese Entscheidung aber kann nur durch die Erfahrung erfolgen.
2. Die Richtigkeit einer Aussage, Theorie oder eines Begriffssystems kann nie bewiesen, aber jederzeit widerlegt werden. Jede **Falsifikation** besitzt **globalen** und **absoluten** Charakter, schließt somit auch jene Bereiche ein, in denen bislang (scheinbar) keine Widersprüche zutage traten.
3. Der Erkenntnisprozess ist als iterativer Prozess aufzufassen. Die Theorie muss sich nach endlicher Zeit von mehr oder weniger zufälligen „Anfangsthesen“ (was damit gemeint ist, wird noch zu erläutern sein) vollständig lösen (notwendige, aber noch nicht hinreichende Konvergenzbedingung). Wird dies nicht beachtet, so entsteht nicht nur ein logischer Zirkel, sondern ein nicht mehr überschaubares Netz logischer und semantischer Abhängigkeiten, bei denen letztlich immer das „bewiesen“ wird, was in irgendeiner Form an irgendeiner Stelle vorausgesetzt wurde. Aufgrund der logischen Komplexität des Theoriengebäudes sind solche Fehler schwer bzw. überhaupt nicht erkennbar. (Und wenn sie erkannt werden sollten, zieht man die falschen Schlüsse.)
4. Es kann immer nur **eine richtige** Theorie geben, die den jeweiligen Erkenntnisstand abbildet. Jeder Iterationszyklus sollte diesen Bereich erweitern. Die Forderung nach Einheitlichkeit der Naturbeschreibung basiert auf der These von der Einheitlichkeit der (materiellen) Welt. Jeder Pluralismus in den Theorien ist ein Hinweis auf deren **absolute Inadäquatheit** (hinreichendes Divergenzkriterium), es sei denn, wir akzeptieren diesen Pluralismus als einen der Realität innewohnenden. Dann allerdings wäre die Suche nach der

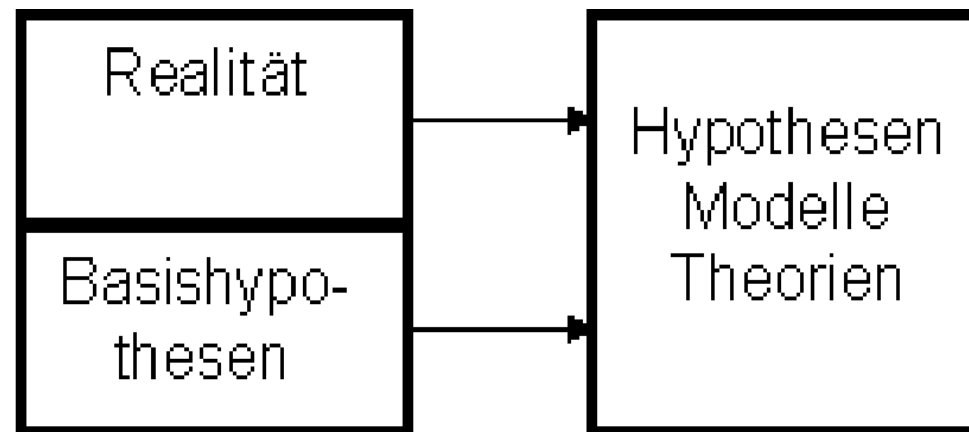
„Weltformel“ von vornherein als die Suche nach einem Phatom zu werten und somit prinzipiell zum Scheitern verurteilt. (Entweder - Oder!)

Hier zeigt sich die Schwäche der **Newton** schen Mechanik. Die Bewegungs- und Kraftgesetze waren die eine Angelegenheit; die „Ursache“ der Kräfte, das Wesen der Trägheit usw. hingegen gingen die Mechanik nichts an. Vom Ansatz her musste die klassische Mechanik ein phänomenologisches (quantitatives, pluralistisches) Modell bleiben und konnte somit prinzipiell niemals extrapolatorisch den Ausgangspunkt für eine - auch heute noch angestrebte - einheitliche Physik bilden.

Diese Formulierungen entsprechen nun absolut nicht den üblichen Auffassungen und führen zu Fragestellungen, die eng verbunden sind mit der Problematik der Modellbildungen. Um diese Angelegenheit nicht zur sinnlosen Auseinandersetzung mit erkenntnistheoretischen Grundhaltungen werden zu lassen, sind einige Begriffspräzisierungen erforderlich. Dies betrifft z.B. den Abbildcharakter der Erkenntnisse. Letztendlich bildet jedes Modell, welches bestimmte Seiten objektiv realer Zusammenhänge quantitativ beschreibt, eben ganz bestimmte materielle Gegebenheiten ab. Es ist letztlich nur eine Definitionsfrage, was unter „Abbild“ zu verstehen sei. Auch falsche Hypothesen sind richtige Abbilder, wenn sie als quantitative Modelle wahre Aussagen liefern. Die Ätherhypothese beispielsweise konnte einige Dinge „erklären“, auch wenn sie zu unüberwindlichen Widersprüchen führte und verworfen wurde. Letztlich hinderte diese, später als **falsch** herausgestellte, Hypothese Heinrich **Hertz** nicht daran, **richtige** Erkenntnisse über das Verhalten der „elektromagnetischen Wellen“ (der „Ätherwellen“) zu gewinnen. Hier an dieser Stelle nur soviel:

Konkrete Modelle (z.B. das Feldmodell der elektromagnetischen Erscheinungen) sind nicht nur Modelle der jeweiligen physikalischen Objekte und Prozesse, sondern bilden ebenso wesentliche Seiten des konkreten gesellschaftlich und historisch determinierten Erkenntnisprozesses ab.

Ziel des Erkenntnisprozesses wäre es nun, eine Darstellung zu finden, die sich **nur auf das Objekt** bezieht und somit weitgehend unabhängig von den anderen Einflussgrößen wird. Folgende Darstellung könnte die genannten Zusammenhänge einigermaßen sinnvoll veranschaulichen, obwohl diese vereinfachende Darstellung noch nicht alle Aspekte berücksichtigt.



Das mit „Realität“ bezeichnete Feld soll alles umfassen, was unmittelbar empirisch ermittelt wurde, wird oder werden kann. Unter „Basishypothese

(n)“ (oder „Interpretationsbasis“ oder Paradigma) wird all jenes zusammengefasst, was an Grundhaltungen, Vorstellungen usw. existiert, welche die Grundlage der **Interpretation** der bekannten Erscheinungen bilden.

Und was die Mechanik betrifft, so sind es die bereits mehrfach erwähnten Grundeinstellungen zur Raum-Zeit-Problematik, zur Wechselwirkung, zur **Kausalität** usw. Und es gibt genau ein Prinzip der klassischen Mechanik, welches all diese aufgezählten Grundhaltungen implizit enthält: das **Newton** sche Kraftgesetz. Unabhängig von dessen Richtigkeit sind die quantitativen Modellrelationen „innerhalb ihres Gültigkeitsbereiches“ richtige Abbilder der Objektbeziehungen.

Genau diese „Bezugsbasis“ der Physik ist gemeint, wenn weiter oben von „Anfangshypothesen“ die Rede war. Und diese Bezugsbasis (an anderer Stelle **Statisches Paradigma** genannt), das wäre im Sinne eines iterativen Erkenntnisprozesses zu fordern, müsste dann geändert werden, treten Widersprüche der daraus abgeleiteten Theorien zu Erfahrung auf. Wenn davon die Rede ist, dass es keinen direkten Weg von der Erscheinung zur Theorie gibt, so ist dies dahingehend zu verstehen, die empirischen Tatsachen in genau jenes Bild einzufügen, das durch die Bezugsbasis (oder Interpretationsbasis oder Paradigma) vorgegeben wurde.

**Theorien, Modelle usw. werden immer aus zwei Komponenten gebildet:
die unmittelbaren empirischen Daten und die historisch sowie
gesellschaftlich determinierte Interpretationsbasis.**

Erkenntnis	Vorbemerk.	Erk.-Prozess
------------	------------	--------------

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Erkenntnistheoretische und methodologische Aspekte

- Erkenntnistheoretische Vorbemerkungen -

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Wie auch immer, betrachtet man die konkrete Entwicklung der Physik in den vergangenen 100 Jahren, so kann durchaus zu einer pessimistischen Haltung unserer Erkenntnisfähigkeit gelangen. Es sei denn, man schraubt den Anspruch an die (hier physikalische) Erkenntnis so weit herunter, dass man sich mit einem pragmatistischen Standpunkt abfindet.

Vorbemerk.
Erk.-Prozess

**Bertrand
Russel**
1872 - 1970



Gibt es auf dieser Welt eine Erkenntnis, die so unumstößlich ist und gewiß ist, daß kein vernünftiger Mensch daran zweifeln kann? - Auf der ersten Blick scheint das vielleicht keine schwierige Frage zu sein, aber in Wirklichkeit handelt es sich um eine der schwierigsten, die es gibt. Wenn uns klar geworden ist, welche Hindernisse einer direkten und zuversichtlichen Antwort im Wege stehen, haben wir es in der Philosophie schon Stück weit gebracht. Die Philosophie ist nämlich nichts anderes als der Versuch, solche fundamentale Fragen zu beantworten, und zwar nicht gedankenlos und dogmatisch zu beantworten, wie wir das im Alltag und selbst in der Wissenschaft oft tun, sondern kritisch, nachdem wir untersucht haben, was solche Fragen rätselhaft macht, und nachdem wir die ganze Verworrenheit und Verschwommenheit unserer normalen Vorstellungen erkannt haben. - **Bertrand Russel**

Erkenntnistheoretische Aspekte - Vorbemerkungen

Es fällt schwer, sich mit dieser Problematik einigermaßen konstruktiv auseinanderzusetzen. Das liegt wohl daran, dass zwischen Philosophie und Naturwissenschaft eine bisher nicht überbrückte Kluft besteht. Anspruch und Gegenstand der Überlegungen beider Bereiche sind zu verschieden. Zunächst wäre zu klären, was „Erkenntnis“ denn nun sei und welche Grenzen der Erkennbarkeit dem Menschen **grundsätzlich** gesetzt sind. Schon die Frage, ob denn das, was die moderne Physik dem staunenden Publikum offeriert, Erkenntnis im klassischen Sinne sei, ist kaum zu beantworten. Und dennoch wäre dies notwendig. Dabei sind „meta-physische Spekulationen“ auf der einen Seite genau so wenig hilfreich, wie Ignoranz auf der anderen. Dass erkenntnistheoretische Erwägungen gerade auch bei den Klassikern der Physik keine unwichtige Rolle spielten, sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Die „wahren Philosophen“ jedoch begaben sich selten in die Niederungen der konkreten Einzelwissenschaft (von jener Zeit einmal abgesehen, als „Natur-Wissenschaft“ noch Bestandteil der „Natur-Philosophie“ war).

Die Naturwissenschaft, jedenfalls nach dem üblichen Verständnis, zunächst ist prinzipiell empirisch geprägt. Theoretische Durchdringung trägt grundsätzlich Ad-hoc-Charakter (dies gilt insbesondere für die moderne Physik). Fakten werden allenfalls in einen vorgegebenen Rahmen (Hier sei noch bemerkt, dass dieser „Rahmen“ schon recht betagt ist) eingefügt, ohne auch nur die Spur eines Gedankens darauf zu verschwenden, ob dies überhaupt der richtige Rahmen ist, weil es nur diesen einen gibt. Das Mosaik der naturwissenschaftlichen Erkenntnis muss innerhalb dieses Rahmens sich zwangsläufig „irgendwann“ zu einem weitgehend vollständigen Bild komplettieren lassen, andernfalls wäre Erkenntnis schlechthin unmöglich. Hier sind Naturwissenschaftler, und natürlich speziell die Physiker, zumindest „implizite Realisten“. Der Gegenstand der Physik ist ein ganz realer; und alles geht mit rechten Dingen zu. Dabei aber wird nicht beachtet, dass der gesellschaftlich-historische Erkenntnis-**Prozess** eine Eigendynamik entwickelt, die man kennen und respektieren sollte. Auf philosophischer Seite werden Grundsatzprobleme geklärt (oder auch nicht). Eine Rückkopplung auf den konkreten physikalischen Erkenntnisprozess ist selten erkennbar. Die Philosophie ist - sehr vereinfachend dargestellt - entweder nur interpretativ (analysiert den Ist-Zustand) oder „abgehoben“ (kümmert sich um - aus der etwas eingeeengten Sicht des Naturwissenschaftlers - Scheinprobleme und „metaphysische Dinge“). Nimmt man „meta-physisch“ wörtlich,

so müsste die Philosophie - zumindestens partiell im Rahmen erkenntnistheoretischer Überlegungen - die Rolle einer Metatheorie übernehmen. In der Praxis ist dies meiner Auffassung nach kaum der Fall. Wenn hier von „Erkenntnistheoretischen Aspekten“ die Rede ist, so soll es vor allem um einige konkrete Belange des konkreten physikalischen Erkenntnisprozess gehen.

Die Physik als die grundlegendste Naturwissenschaft setzt Maßstäbe, geht es um die Problematik der Erkenntnistätigkeit. Die Geschichte der Physik kann als Beispiel der Entwicklung naturwissenschaftlicher Denkweisen angesehen werden, an dem sich Kontroversen bezüglich erkenntnistheoretischer Grundhaltungen und philosophischer „Ismen“ entfachten. Naturwissenschaftliche Denkweise“ heißt auch, alle Erscheinungen als Ergebnisse „natürlicher Ursachen“ zu erkennen. Wunder sind ausgeschlossen. Nun wird es schon schwerfallen, den Begriff des Wunders zu definieren. „Wunder“ sind Erscheinungen, die im Gegensatz zu den Naturgesetzen stehen. Da aber sich alles nach diesen Naturgesetzen zu richten hat (das ist Teil des ursprünglichen materialistischen Standpunktes), sind Ereignisse „der besonderen Art“ ausgeschlossen. Das Problem nur ist, welches sind die objektiven Naturgesetze? Ein Wunder ist ein „singuläres Ereigniss“. Tritt ein „Wunder“ nachweislich mindestens zweimal auf, so ist es keines mehr, da hier aufgrund der Reproduzierbarkeit auch eine Gesetzmäßigkeit verborgen sein muss, selbst dann, lässt sich diese Gesetzmäßigkeit nicht in jenes Bild einfügen, welches den aktuellen Erkenntnisstand repräsentiert.

Vereinfachend könnte folgende Darstellung die aktuelle Situation beschreiben:

Variante A

Prämisse

Die Welt ist prinzipiell erkennbar

Hier wäre zu klären, was es mit der „Welt“ auf sich habe. Es geht dabei nicht um die Tatsache eines möglichen „Erkenntnishorizontes“, außerhalb dessen jedwede Erkenntnisgewinnung illusorisch wird. Nur die Frage nach der sinnvollen Erkenntnistätigkeit innerhalb jenes Erkenntnishorizontes soll an dieser Stelle gestellt werden. Sind die Erkenntnisse über „die Welt“ wirklich schon adäquate (qualitativ richtige) Abbilder der Realität bzw. auf dem Weg dorthin? Die Frage nach einem „Jenseits dieser Welt“ ist nicht Gegenstand jetziger und nachfolgender Überlegungen. Ein solches „Jenseits“ wäre in diesem Sinne als ein „Jenseits des Erkenntnishorizontes“ zu interpretieren. Dies erscheint sinnvoll und schließt jegliche mystische Spekulation aus. Somit wird die Problematik der Erkenntnis in zwei Teilprobleme gegliedert. Zum einen handelt es sich um die metaphysische - und damit vom Standpunkt der Naturwissenschaft unentscheidbare - Frage nach der Existenz eines Erkenntnishorizontes (ein Mensch, der nicht an allzu großer Selbstüberschätzung leidet, könnte durchaus zu dem Schluss gelangen, dass ein solcher existiert), und zum anderen wird das Problem der Erkenntnistätigkeit diesseits des (hypothetischen?) Erkenntnishorizontes aufgeworfen. Und um letzteres geht es im Rahmen folgender Überlegungen. (Vom Standpunkt dieser Anmerkungen betrachtet, ist die Aussage „Die Welt ist prinzipiell erkennbar“ eine Tautologie.)

Conclusio

Der konkrete Erkenntnisprozess muss dem Wesen der Dinge beliebig nahe kommen. Jeder Zweifel daran widerspräche der Prämisse ist somit unzulässig.

Jetzt taucht natürlich das Problem auf, was wir denn mit dem „Wesen der Dinge“ meinen könnten. Auch hier kann man etwas bescheidener vorgehen. Ich nehme den Standpunkt ein, dass qualitativ wahre Aussagen irgendwie schon etwas mit diesem „Wesen“ zu tun haben. Quantitative Modelle können qualitativ völlig falsch sein, und dennoch sind diese möglicherweise in der Lage, quantitative Relationen (näherungsweise) richtig abzubilden.

Variante B**Prämisse**

Der konkrete Erkenntnisprozess weist eine Reihe von Widersprüchen auf.

Conclusio

Die Welt ist prinzipiell nicht erkennbar.

Beide Auffassungen sind gleichermaßen einseitig und reflektieren jeweils nur einen Gesichtspunkt dieser Angelegenheit. Die Alternative zu diesen Haltungen könnte lauten:

Variante C**Prämisse**

Die Welt ist prinzipiell erkennbar, doch der konkrete Erkenntnisprozess weist eine Reihe von Widersprüchen auf.

Conclusio

Es ist erforderlich, sich nicht nur mit dem Ziel, sondern ebenfalls mit dem Vorgang der Erkenntnisgewinnung selbst zu beschäftigen.

Je weiter beobachtbare Objekte sich der Alltagsanschauung entziehen, um so größer die Bereitschaft, sich mit Formalismen und logischen Ungereimtheiten abzufinden. Letztlich legt die Erfahrung eine erkenntnis-pessimistische Haltung nahe. Alles, was von der Alltagserfahrung „hinreichend weit entfernt“ ist entzieht sich dem „gesunden Menschenverstand“. Da der Bereich der Realität, der sich der Alltagserfahrung entzieht, weitaus größer ist, als der gemeinhin überschaubare, so liegt eine erkenntnis-pessimistische Grundhaltung auf der Hand. Es muss somit die Frage nach der Möglichkeit bzw. Unmöglichkeit der

Wissenschaft schlechthin gestellt werden. Betrachtet man Wissenschaft lediglich als Mittel zum Zweck, als Anleitung zum technischen Handeln, so hat diese Frage keine Bedeutung (Pragmatismus).

These 1: **Die Welt ist prinzipiell erkennbar**

1. **Die historische Entwicklung der Wissenschaften zeigt das immer weitergehende Verständnis für die Zusammenhänge in der Natur. Das Auftreten von Widersprüchen beweist nicht das Gegenteil, wenn man bedenkt, wie kurz die Zeit bisher war, die der Wissenschaft zur Verfügung stand. (Es handelt sich um die „ersten Versuche“.)**
2. **Der Erkenntnisprozess ist ein nie abschließbarer Prozeß. Die Erkenntnis nähert sich asymptotisch der Wahrheit.**
3. **Allein die Tatsache des möglichen Zweifels an der Erkenntnisfähigkeit beweist diese indirekt.**

These 2: **Die Welt ist prinzipiell nicht erkennbar**

1. **Die historische Entwicklung der Wissenschaften zeigt das immer weitergehende Unverständnis für die objektiven Zusammenhänge in der Natur.**
2. **Die Art und Weise, wie Widersprüche beseitigt werden, beweist dass Erkenntnis und Realität nicht zwangsläufig konvergieren.**
3. **Der Erkenntnisprozess ist ein nie abschließbarer Prozess. dass die Erkenntnis sich der Wahrheit nähert, ist eine Wunschvorstellung. Es gibt in Wirklichkeit keinen echten konkreten Hinweis auf die Richtigkeit dieser Annahme.**
4. **Erkenntnisoptimismus ist ein Zeichen von Realitätsferne und Selbstüberschätzung.**

Dies ist nun absolut nicht neu. Das Anliegen dieser Darstellung ist nur, zu zeigen, auf welche Schwerpunkte eingegangen werden wird. Es sollen somit, das sei wiederholt, an dieser Stelle keine erkenntnistheoretischen Grundprobleme erörtert werden.

Hier und im folgenden wird eine erkenntnisoptimistische Grundhaltung **vorausgesetzt**. Die Welt (innerhalb des Erkenntnishorizontes) ist prinzipiell erkennbar. Es wäre „nur“ zu klären, wie aus der potentiellen Erkennbarkeit aktuelle Erkenntnis wird und welches die objektiven Kriterien der Bewertung des Erkenntnisstandes sind. Die Frage nach der Existenz eines grundsätzlichen Erkenntnishorizontes bleibt unbeantwortet. Gegenstand der hier skizzierten Überlegungen sollen die Probleme der Erkenntnistätigkeit „diesseits des Erkenntnishorizontes“ sein.

Einige wichtige Gesichtspunkte des Erkenntnisprozesses seien nochmals genannt:

1. **Die historische Determiniertheit des Erkenntnisprozesses:** Ist die Annäherung der Erkenntnis an das Wissen über das Wesen der Dinge als ein konvergenter iterativer Prozess zu deuten?
2. **Die Materialisation von Abstraktionen (Hypostasierungen):** Modelle und (Ab-)Bilder wurden und werden selbst zu objektiven Gegebenheiten (dies wurde besonders bei der Analyse der Begriffe Raum, Zeit und Kraft deutlich).
3. **Verschiebung der Fragestellungen und auch der Problemlösungen auf eine Abstraktionsebene, die nur noch formale Beschreibungen zulässt.** Das führt zum prinzipiellen Verzicht auf Anschaulichkeit, und zur dominierenden Rolle der Mathematik bzw. abstrakter Modelle usw.

Erkenntnis	Vorbemerk.	Erk.-Prozess
------------	------------	--------------

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Wissenschaft und Kritik - Wissenschaftskritik -

Passen Aussagen, Hypothesen und oder gar Theorien nicht in ein vorgegebenes Schema, so werden diese mit dem abwertenden Attribut "unwissenschaftlich" versehen. Zu solch unwissenschaftlichen Dingen zählen beispielsweise die Astrologie, Homöopathie und Radiästhesie. Solche Angelegenheiten werden dann als "pseudowissenschaftlich" klassifiziert, wenn jene äußerlich den Anschein der Wissenschaftlichkeit vermitteln wollen. Berechtigte Frage: Werden die etablierten Wissenschaften aber selbst ihrem eigenem Anspruch gerecht? - Die Antwort: Nein, leider nicht immer.

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges



**René
Descartes**
1596 - 1650

Der gesunde Verstand ist das, was in der Welt am besten vertheilt ist; denn Jedermann meint damit so gut versehen zu sein, dass selbst Personen, die in allen anderen Dingen schwer zu befriedigen sind, doch an Verstand nicht mehr, als sie haben, sich zu wünschen pflegen. Da sich schwerlich alle Welt hierin täuscht, so erhellt, dass das Vermögen, richtig zu urtheilen und die Wahrheit von der Unwahrheit zu unterscheiden, worin eigentlich das besteht, was man gesunden Verstand nennt, von Natur bei allen Menschen gleich ist, und dass mithin die Verschiedenheit der Meinungen nicht davon kommt, dass der Eine mehr Verstand als der Andere hat, sondern dass wir mit unseren Gedanken verschiedene Wege verfolgen und nicht dieselben Dinge betrachten. Denn es kommt nicht bloß auf den gesunden Verstand, sondern wesentlich auch auf dessen gute Anwendung an. René Descartes:

Abhandlung über die Methode, richtig zu denken und Wahrheit in den Wissenschaften zu suchen, zitiert aus: S. 3. **Philosophie
Schülerbibliothek, S. 9599**

Inhalt

1. Aufklärung
2. Erfolge von Wissenschaft und Technik
3. Wissen ist die treibende Kraft
4. Ptolemäus (I)
5. Ptolemäus (II)
6. Tradition oder Fortschritt
7. Klimakatastrophe
8. Archimedes und die Klimakatastrophe
9. Anspruch und Wirklichkeit
10. Tierversuche
11. Information (I)
12. Information (II)
13. Information (III)

Wissenschaft und Kritik - Wissenschaftskritik

Aufklärung

04.07.2000

Der Glaube an die Kraft des eigenen Verstandes oder der Glaube an die Unfehlbarkeit der Autoritäten - das ist hier die Frage.

Ich kann diese Frage leider nicht (end)gültig beantworten, sondern sie nur stellen.

Aufklärung ist der Ausgang des Menschen aus seiner selbstverschuldeten Unmündigkeit. Unmündigkeit ist das Unvermögen, sich seines Verstandes ohne Leitung eines anderen zu bedienen. Selbstverschuldet ist diese Unmündigkeit, wenn die Ursache derselben nicht am Mangel des Verstandes, sondern der EntschlieÙung und des Mutes liegt, sich seiner ohne Leitung eines anderen zu bedienen. Sapere aude! Habe Mut, dich deines eigenen Verstandes zu bedienen! ist also der Wahlspruch der Aufklärung.

Diese Sätze sind mehr als 200 Jahre alt und stammen von Immanuel **Kant**, der sie 1784 formulierte. Wie es aussieht, sind diese Aussagen heutzutage aktueller denn je.

Es scheint schwierig zu sein, sich seines "*eigenen Verstandes zu bedienen*". Nicht nur in den Wissenschaften. Die sich anhäufenden Informationen fordern geradezu eine sehr weitgehende arbeitsteilige Wissensverarbeitung. Und das sich immer weiter entwickelnde "Spezialistentum" förderte geradezu ein sich anhäufendes Wissen.

Allein die Wissenschaft Physik ist vom Einzelnen kaum noch zu überschauen, weil es nicht mehr nur die bekannten Fachgebiete gibt, sondern sich jede Fachdisziplin in die unterschiedlichsten Forschungsgebiete mit kaum noch abzählbaren Forschungsthemen aufgliedert. Und einige dieser speziellen Forschungsgebiete betrifft die Suche nach einer einheitlichen Theorie. Ein Widerspruch in sich! (vgl. Die Suche nach dem geistigen Band)

Zu welchen Auswüchsen das führt, kann man an den gigantischen Anlagen der Teilchenphysiker (z.B. **DESY** und **CERN**) ablesen. Natürlich sind die wissenschaftlichen Betreiber dieser Anlagen zutiefst von deren Notwendigkeit überzeugt. Viel jedoch scheint bisher - an **verwertbarer Erkenntnis** - nicht herausgekommen zu sein. (Ich meine **Erkenntnis - nicht praktische Nutzenanwendung!**) Und dies liegt dann ausschließlich daran, dass die vorhandenen Geräte (Beschleuniger, Speicherringe etc.) natürlich viel zu klein sind. Es müssen unbedingt größere Anlagen geschaffen werden, die natürlich auch "ein klein wenig mehr" kosten. Eine Grenze ist nicht abzusehen. (vgl. Wer soll das bezahlen?...)

Diese Grenze ist m. E. längst überschritten. Selbst der wohlwollendste Beobachter müsste langsam den Mut finden, sich seines "*eigenen Verstandes zu bedienen*". Man sollte durchaus zur Kenntnis nehmen, dass die wichtigsten Erkenntnisse der so genannten modernen Physik im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts gewonnen wurden. Die Nutzenanwendung dieser Theorien reicht von der Atomenergie bis zur Mikroelektronik und dem Laser z.B.

Das Problem: Um sich seines eigenen Verstandes bedienen zu können, sind umfangreiche Kenntnisse und Erfahrungen erforderlich. So jedenfalls sehen es die Spezialisten.

Doch sehen jene mitunter auch "den Wald vor lauter Bäumen nicht" mehr. Es ist durchaus möglich, sich über eine Wissenschaft (oder auch Wissensgebiet) einen gewissen (qualitativen) Überblick zu verschaffen, ohne in Details zu ertrinken. Dabei ist eine gewisse kritische Distanz durchaus empfehlenswert, wenn man sich beispielsweise mit populärer Literatur beschäftigt. Auch mit solcher, die von wirklichen Fachleuten geschrieben wurde.

Skepsis ist schon angebracht, wenn man liest, dass die Wissenschaft "ganz genau weiß", wie das Universum entstanden ist und mit welcher abstrakten theoretischen Konstrukten die Teilchenphysiker ihre Erkenntnisse beschreiben.

"Des Kaisers neuen Kleider" lassen grüßen.

Ich befürchte, dass die Wissenschaften - mit der Physik an der Spitze - ihrem einstigen aufklärerischen Anspruch nicht (mehr?) gerecht werden.

Es zählen - leider - nur noch Autoritäten, und der eigene Verstand zählt fast überhaupt nicht mehr.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Erfolge von Wissenschaft und Technik

27.06.2000

Der jeweils aktuelle Stand des Wissens führte offensichtlich auch zu dessen Überschätzung. So war es in der Vergangenheit schon des öfteren gewesen. Wie sollten wir unsere heutigen Erkenntnisse bewerten?



In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts bereiste der 1734 geborene Wolfgang Ritter von Kempelen u.a. die Herrscherhäuser Europas. Im Marschgepäck befand sich ein vorgeblich schachspielender Automat, der sicherlich für einiges Aufsehen sorgte. Diese Maschine bestand aus einer vor einem Kasten sitzenden als Türke gekleidete Figur, die durch ein undurchschaubares im Kasten befindliches mechanisches Werk aus Rädern und Hebeln bewegt wurde. Auf dem Kasten befand sich ein Schachbrett, dessen Figuren der "Türke" mit sicherer Hand bewegte. Und die europäische "feine Gesellschaft" bewunderte den "schachspielenden Türken", der zudem nicht nur wirklich Schach spielen konnte, sondern auch alle Partien - selbst gegen gekrönte Häupter - gewann.

Der Kasten war 120 cm lang, 90 cm hoch und etwa 60 cm breit. Trotz der nicht sonderlichen Größe und der zur Schau gestellten aufwendigen Mechanik verbarg sich im Kasten, für die Zuschauer selbstverständlich unsichtbar, ein Zwergmensch, der durch ein ausgeklügeltes mechanisches System die Schachfiguren "fernbediente". Erst nach dem

Tod v. Kempelens wurde das Geheimnis gelüftet. Zwar kaufte auch damals die Gesellschaft das Wunderding eines "schachspielenden mechanischen Menschen" nicht wirklich ab, aber der kunstfertige v. Kempelen verstand es, seine trickreiche Erfindung gut darzubieten, so dass ihm seinerzeit keiner wirklich auf die Schliche kam. Der Unterhaltungswert war unbestritten.

"Schachspielende Automaten" sind heutzutage nun wahrhaft nichts Besonderes. Lediglich mit Mitteln der Mechanik sind sie nicht realisierbar. Auch heute nicht! Das konnte im 18. Jahrhundert natürlich niemand wissen. Ob es spezielle Schach-Computer sind oder Programme, die auf einem gewöhnlichen PC laufen - die Mikroprozessor-Technik ermöglicht Dinge, die vor 250 Jahren **prinzipiell** nicht umsetzbar waren. Nicht einmal **denkbar** waren sie. Die kühnste Phantasie hätte dazu nicht gereicht. Physik und Technik beschränkten sich damals auf die schon gut bekannten Gesetze der Mechanik und die beginnende Nutzung der Wärmeenergie. Die erste praktisch nutzbare Dampfmaschine baute 1769 der Schotte James Watt. Die Lehre von den elektrischen und magnetischen Erscheinungen steckte noch in den Kinderschuhen.

Das Geistesleben des 18. Jahrhunderts war aber geprägt von der Vorstellung der erkenn- und beherrschbaren Natur. So wenig man tatsächlich in der Lage war, die Grenzen dieser Denkweise auch nur zu **erahnen**, so bestimmte diese Geisteshaltung dennoch die kommenden Jahrhunderte.

Und der Wahn, die Welt als Ganzes zu begreifen, ist charakteristisch auch für die heutige Zeit und die modernen Wissenschaften - mit der Physik als Vorreiter für eine vorgeblich rational begründete "Welt"-Anschauung.

Wie sollte man die Errungenschaften der **heutigen** Wissenschaften einschätzen? - Man kann sich selbstverständlich nicht in einen Beobachter des 23. Jahrhunderts hineinversetzen, der

sich mit der Geschichte des 20. und dem beginnenden 21. Jahrhunderts auseinandersetzt. Aber man darf getrost davon ausgehen, dass ein solcher Beobachter über unsere Naivität reichlich amüsiert sein wird.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Vorrausgesetzt, es gibt dann überhaupt noch jemanden , der sich über irgend etwas amüsieren kann.

“Wissen ist die treibende Kraft”

12.07.2000

“Wissen ist die treibende Kraft” lautet die Überschrift eines Artikels der Zeitung DIE WELT vom 12.07.2000.

Wissen ist die treibende Kraft

In diesem Jahrhundert werden wir entscheidende wissenschaftliche Durchbrüche erzielen. Diese werden die Fragen beantworten, wie das Leben auf der Erde wirklich entstand, die Entwicklungsgeschichte des Menschen verlief, unsere Gene funktionieren oder das Gehirn arbeitet.

Sir John Maddox, Chemiker und langjähriger Chefredakteur des Wissenschaftsmagazins 'Nature' schaut optimistisch nach vorn. Gemeinsam mit 100 Forschern, darunter ein Dutzend Nobelpreisträgern, denkt er in dieser Woche auf dem Expo-Kongress 'Science and Technology - Thinking the Future' über wissenschaftliche und technische Entwicklungen in der Zukunft nach.

*Einschränkend vermerkte Maddox allerdings auf einem Symposium am Dienstag, dass wir für eine ganze Reihe von Fragen, **“einfach noch zu dumm sind, um sie zu stellen”**. Außerdem seien einige Dinge nicht zu realisieren, **“weil sie technisch nicht machbar sind - etwa das Zeitreisen”**. Anderen Durchbrüchen stünden ethische, ökologische oder finanzielle Bedenken entgegen.*

Diese Sätze waren u.a. in der Zeitung **DIE WELT** vom 12.07.2000 zu lesen. Eine recht interessante Einschätzung des aktuellen Wissenstandes, will ich meinen. Nun, Sir John konnte allerdings - das muss man durchaus anerkennen - mit einer "ganz kleinen" Einschränkung aufwarten: Wir seien "nur" zu dumm, einige wichtige Fragen zu stellen. Alle bisher gestellten Fragen - da besteht kein Zweifel - werden mit Sicherheit auch beantwortet werden können. Nur eine Frage der Zeit sicherlich ist es - und des Geldes wohl auch.

Das Problem: Sind die bisher gestellten Fragen in den Wissenschaften überhaupt schon die "richtigen" (relevanten) Fragen? Sind wir tatsächlich in der Lage, das alles von unserem derzeitigen Erkenntnisstand aus beurteilen zu können?

Ich möchte hierbei ernsthafte Zweifel anmelden. Wie dem auch sei, die allzu optimistische Einschätzung des aktuellen Wissens scheint eine nie zu überwindende Krankheit zu sein. Folgendes Zitat (auf die Physik bezogen) dürfte recht aufschlussreich sein:

Als ich meine physikalischen Studien begann und bei meinem ehrwürdigen Lehrer Philipp von Jolly wegen der Bedingungen und Aussichten meines Studiums mir Rat erholte, schilderte mir dieser die Physik als eine hochentwickelte, nahezu voll ausgereifte Wissenschaft, die nunmehr, nachdem ihr durch die Entdeckung des Prinzips der Erhaltung der Energie gewissermaßen die Krone aufgesetzt sei, wohl bald ihre endgültige stabile Form angenommen haben würde. Wohl gäbe es vielleicht in einem oder dem anderen Winkel noch ein Stäubchen oder ein Bläschen zu prüfen und einzuordnen, aber das System als Ganzes stehe ziemlich gesichert da, und die theoretische Physik nähere sich merklich demjenigen Grade der Vollendung, wie ihn etwa die Geometrie schon seit Jahrhunderten besitze.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Max **Planck** (1858-1947) äußerte diese Sätze 1924 in einer Vorlesung.

Was soll man davon halten? - Etwas Nachdenklichkeit - und Bescheidenheit - könnte durchaus nicht schaden!

Oder?...

Ptolemäus (I)

22.07.2000

Astronomische Betrachtungsweisen galten stets als WELT-Bilder. Für eines dieser Bilder steht der Grieche Claudius Ptolemäus, Astronom und Mathematiker, etwa von 90 bis 170 lebend.

Hier einige Aussagen des Claudius **Ptolemäos**:



Nun stellen sich manche Philosophen, ohne gegen die hier entwickelten Ansichten etwas einwenden zu können, ein ihrer Meinung nach glaubwürdigeres System zusammen und geben sich dem Glauben hin, daß keinerlei Zeugnis wider sie sprechen werde, wenn sie z.B. das Himmelsgewölbe als unbeweglich annähmen, während sie die Erde um dieselbe Achse von Westen nach Osten täglich nahezu eine Umdrehung machen ließen, ...

Wenn auch vielleicht, was die Erscheinungen in der Sternenwelt anlangt, bei der größeren Einfachheit des Gedankens nichts hinderlich sein würde, dass dem so wäre, so ist doch diesen Männern nicht entgangen, dass aus den uns selbst anhaftenden Eigenschaften und den eigenartigen atmosphärischen Verhältnissen die ganze Lächerlichkeit einer solchen Annahme ersichtlich werden muss.

...so müssten sie doch zugeben, dass die Drehung der Erde die gewaltigste von ausnahmslos allen in ihrem Bereich existierenden Bewegungen wäre, insofern sie in kurzer Zeit eine so ungeheuer schnelle Wiederkehr zum Ausgangspunkt bewerkstellige, dass alles, was nicht niet- und nagelfest wäre, scheinbar immer in einer einzigen Bewegung sein müßte, welche der Bewegung der Erde begriffen sein müsste, welche der Bewegung der Erde entgegengesetzt verlief.

Jetzt filtern wir folgende Aussagen heraus:

1. Da gab es zu jener Zeit "**manche Philosophen**", die bereits zur Auffassung gelangten, dass die Erde selbst um ihre Achse rotiere. Namen wurden hier keine genannt. Die **Kopernikanischen** Gedanken waren nicht grundsätzlich neu, und nicht darin bestand ihr revolutionärer Charakter, sondern darin, dass man sie wohl später erst zur Kenntnis nahm und mit ihnen sich ernsthaft befassen musste und dies auch tat. Die Konsequenzen dieser Sichtweise waren - zu jener Zeit - unannehmbar. Sie widersprachen dem gesunden Menschenverstand und - jeglicher Erfahrung!
2. Die größere "**Einfachheit des Gedankens**" wurde erkannt. Gemeint ist sicherlich die Tatsache, dass ein anderes Bezugssystem als die feststehende Erde es bietet, eine einfachere formale mathematische Beschreibung der beobachtbaren Veränderungen am Himmel zur Folge haben könnte.
3. "**Die ganze Lächerlichkeit einer solchen Annahme**" folgt aus den sich daraus ergebenden Konsequenzen. Die Argumentation erfolgte - aus unserer heutigen ach so überlegenen Sicht - auf recht naive Weise. Gegenargumente hätten eines Kenntnisstandes bedurft, der zu jener Zeit nicht vorhanden war und nicht vorhanden sein konnte.

Seit **Kopernikus** galt diese Angelegenheit nun gar nicht mehr als lächerlich. Mit einem formalen mathematischen Modell der Beschreibung der

"himmlischen Bewegungen" hätte man zur Not sich noch abfinden können. Doch Giordano **Bruno** fand, wie es nun einmal das Los für verstockte Ketzer war, den Flammentod. Seine "Gottes"-Lästerung bestand in der Verdrängung des Menschen aus dem Mittelpunkt der "Welt". Wenn schon die Erde der Mittelpunkt dieser Welt nicht war, sondern die Sonne, so hätte man dies unter Umständen noch gelten lassen. Ist jedoch "die Sonne" eine nur unter unendlich vielen anderen noch, so stimmt die ganze Schöpfungsgeschichte nicht mehr.

Interessant erscheint jetzt die Frage danach, wie - heutzutage scheinbar offensichtliche - Irrtümer und Fehleinschätzungen derart langlebig sein konnten - und dies trotz der wirklich vorhandenen anderen Ansichten oder wenigstens Denkansätze

Am **Ptolemäischen** Beispiel erkennen wir die recht komplexe Problematik auch dahingehend, dass es nicht schlichte Unwissenheit war, die ein später als falsch sich erwiesenes Weltbild dermaßen konservierte und etwa 1500 Jahre vergehen mussten, um sich von solch unrichtigem Bild zu trennen.

Auch Ignoranz ist nicht der richtige Ausdruck dafür. **Ptolemäus** war mit Sicherheit kein ignoranter Dummkopf. Man hatte höchstwahrscheinlich nach bestem Wissen und Gewissen für eine Weltsicht sich entschieden, die (fast) alle Fragen der Menschen zu jener Zeit befriedigend beantwortete, jedenfalls die Fragen jener Menschen, die solche Fragen überhaupt zu stellen gewillt und befähigt waren. Dagegen ist nichts einzuwenden. Und von ungehöriger Arroganz wäre es, herablassend auf jene Zeit und jene Menschen zurückzublicken, die sich nicht einen Deut schlechter oder besser verhielten als wir selbst uns verhalten oder verhalten würden.

Das Problem bestand weniger in irrigen Ansichten als vielmehr darin, dass solche Ansichten sich gesellschaftlich etablieren konnten. Irrtümer wurden Lehrmeinungen, die, von Generation zu Generation "vererbt", kaum noch Veränderungen erfuhren. Zur Ideologie beginnen Lehrmeinungen dann zu werden, tangieren sie die Interessen gesellschaftlicher Gruppen. Die Wahrheit ist dann so etwas von unwichtig, wie man es sich unwichtiger kaum vorstellen kann. Und außerdem: man bekämpft ja nie die Wahrheit - man wähnt sich ja im Besitz derselben. Man bekämpft ja nur die "Irrlehren", die jenen Besitz streitig machen könnten.

Heutzutage haben wir genügend Abstand zu jenen historischen Begebenheiten, sodass wir einigermaßen gelassen urteilen können.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Die **Wahrheit** hat sich heute **endgültig** durchgesetzt. Und geradezu in höchstem Maße **lächerlich** wäre es, an diesen uns allen mehr oder weniger bekannten **unumstößlichen** Wahrheiten auch nur den geringsten Zweifel zu hegen!

Ptolemäus (II)

17.09.2000

Wissenschaftliche Theorien können durchaus zu Ideologien werden. So jedenfalls befürchtete es schon Karl Popper. Es scheint schon ein ziemlicher Unterschied zu sein, ob man die Erde als feststehend und den "Rest der Welt" sich um diese bewegend sich denkt, oder ob das Zentrum des Planetensystems die Sonne bildet, um die alle anderen Objekte kreisen. Zumal wir von dieser Bewegung unmittelbar nichts bemerken. (vgl. Ptolemäus (I))

Nun war es aber so, dass man auch mit Hilfe des **Ptolemäischen** Systems - im Rahmen der damaligen Beobachtungsgenauigkeiten - zu annähernd richtigen Aussagen kam. Die Bewegungen sämtlicher seinerzeit bekannter Planeten waren berechenbar - das war ja beabsichtigt.

Dieses Modell hatte aber entscheidende Nachteile. Doch kann man **jedes** Modell dahingehend modifizieren, dass es den Beobachtungstatsachen irgendwie gerecht wird. Dies führt jedoch erstens zu einer Komplizierung des Systems (Stichwort "Epizyklen") und zweitens zur uneinheitlichen Behandlung der Himmelskörper.

Die Fixsterne bereiteten hier die wenigsten Sorgen. Doch die Planeten teilten sich in zwei Gruppen: Die eine Gruppe bestand aus den Planeten Merkur und Venus (aus heutiger Sicht innerhalb der Erdbahn befindlich) und den Planeten außerhalb der Erdbahn (Mars, Jupiter, Saturn).

Erst wenn man die Sonne in den Mittelpunkt des Planetensystems rückt und um diese die Planeten sich bewegend denkt, bekommt man plötzlich eine einheitliche Ordnung in den Bewegungsablauf der Planeten.

Doch auch Kopernikus blieb an den "vollkommenen" Kreisbahnen haften, sodass sein System ganz so vollkommen **nicht** wurde. Erst **Johannes Kepler** (1571-1630) konnte mit seinen elliptischen Bahnen den Erfahrungstatsachen gerecht werden.

Betrachtet man diese grob skizzierten geschichtlichen Tatsachen und fragt danach, was aus solchen Erfahrungen zu lernen sei, so muss man leider feststellen, dass man in den Wissenschaften anscheinend **nichts** gelernt hat.

Hier seien einige Äußerungen Karl **Poppers** (1902-1994) aus dem Jahr 1990 zitiert:

Die Physik und die Biologie sind zwei Fächer, die mich brennend interessieren. Überall, auch in diesen Fachbereichen, gibt es einen Dogmatismus, gegen den es schwierig wird, sich durchzusetzen. Ein Beispiel für eine physikalische Ideologie ist der Big Bang, der Urknall. Fast jeder, vor allem fast jeder Physiker, glaubt daran, und es spricht doch sehr viel gegen diese

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Hypothese. Das, was einmal dafür gesprochen hat, ist längst verschwunden. In den frühen zwanziger Jahren sprach dafür, dass die Theorie erstens ungeheuer einfach war und dass sie zweitens alles das erklären konnte, was man damals gewusst hat und gerne erklären wollte... Heute ist das nicht mehr der Fall. Die Theorie vom Urknall kann nicht oder fast nichts mehr erklären, und auch das nur mit den kompliziertesten Hilfhypothesen. Es ist ja eine komplizierte Ideologie geworden.

Tradition oder Fortschritt

02.08.2000

Aller wissenschaftlich-technischer Fortschritt basiert auf Tradition. Aber irgendwann nahmen auch die Traditionen ihren Anfang.

Einst gab es Kutschen mit Pferdeantrieb. Wichtiges Merkmal waren Räder (meist vier). Dann noch mussten Sitzmöglichkeiten für die Passagiere geschaffen werden. Ob das Ganze nun überdacht war oder nicht, hing vom Verwendungszweck ab und von den Komfortbedürfnissen der Fahrgäste.

Als der Dampfantrieb die Pferde ablöste, änderte sich im Prinzip fast nichts. Allerdings konnte die Dampfkutsche auf der Straße sich nicht durchsetzen, erlangte aber auf der Schiene als Lokomotive für lange Zeit beträchtliche Bedeutung. Erst eine von Nikolaus **Otto** (1832-1891) gebaute Gaskraftmaschine, die auf der Pariser Weltausstellung 1867 mit der Goldmedaille ausgezeichnet wurde, war der Vorläufer eines nach dem Viertaktverfahren arbeitenden

Verbrennungsmotors, den **Otto** 1876 konstruierte.

Karl Friedrich **Benz** (1844-1929) entwickelte 1878 den ersten stationär verwendbaren Zweitaktmotor und baute 1886 das erste Automobil. Dies war ein dreirädriges Gefährt mit einem Einzylinder-Viertaktmotor und elektrischer Zündung.

Gottfried **Daimler** (1834-1900), als der technische Direktor der Deutz-Motorenfabrik, wurde im Jahre 1890 Mitbegründer der Daimler -Motorengesellschaft, welche mit der von **Benz** 1883 gegründeten Gesellschaft anno 1926 zur **Daimler-Benz AG** fusionierte. (Irgendwelche Nachkommen gerade genannter Firmen soll es meines Wissens auch heute noch geben. Und Autos werden gleichfalls noch gebaut.)

Wie jedoch unterscheiden sich die damals fabrizierten Fahrzeuge von den heutzutage hergestellten Automobilen **grundlegend**?

Überhaupt nicht!

Zugegeben, es gibt einige kleine technische Detailverbesserungen, die den Gebrauchswert schon etwas anheben konnten. Doch Fahrgestell mit vier Rädern inklusive Lenkung und Bremsanlage plus Verbrennungsmotor und Passagierkabine sind auch heute noch vorhanden. Die Formen haben sich allmählich gewandelt. Einer Pferdekutsche sehen die Autos überhaupt nicht mehr ähnlich. Aber diese Veränderungen entstanden langsam, kaum wahrnehmbar.

Auch am Motor hat sich im Grundsatz nichts geändert. Die technischen Verbesserungen bezogen sich stets auf das Modifizieren des bereits Vorhandenen und vollzogen sich allmählich und ebenfalls kaum merklich, führten aber auch zu einem immer höheren Kompliziertheitsgrad der Konstruktion. Das Automobil ist etwa 115 Jahre alt, und erst der direkte Vergleich der damaligen "Motorkutschen" mit den jetzigen Erzeugnissen der Automobilindustrie führt uns das Ergebnis einer gewaltigen Entwicklung vor Augen, die auf diesem Gebiet augenscheinlich stattgefunden hat.

Die Erfindung des Rudolf **Diesel** (1858-1913) bewegt sich ebenfalls auf vorgegebenen Bahnen. Der nach ihm benannte Motor (1897) weist alle Merkmale jener Verbrennungsmotore auf, die es im Laufe der Zeit so gegeben hat. Auch dieser Motor fand seine Anwendung im Kraftfahrzeug und in zunehmendem Maße auch im Pkw.

Betrachten wir in diesem Zusammenhang den von Felix **Wankel** 1957 konstruierten Kreiskolbenmotor, so konnte die im Prinzip einfachere, und mit Sicherheit auch effizientere, Konstruktion aufgrund einiger technischer Schwierigkeiten sich nicht durchsetzen.

Nur, hätte man bei der Einführung der Hubkolbenmotoren (nach **Otto** und **Diesel**) ebenfalls vor "unüberwindlichen Schwierigkeiten" kapituliert, so gäbe es heutzutage keine Autos. Hat sich aber erst einmal eine Entwicklung durchsetzen können, so gibt sie nie "freiwillig" den Weg frei für Neuerungen. "Objektive" Gründe dafür, dass etwas **nicht** realisierbar ist, lassen sich immer finden. Jede - sogar sinnvolle - Alternative zu bekannten Konstruktionsprinzipien der Verbrennungsmotore hat nicht die geringste Chance. Auch hierbei sind starre "gesellschaftliche Strukturen" (hier die Automobilindustrie in und mit ihrem globalen gesellschaftlichen Umfeld) für praktizierten Konservatismus verantwortlich, dem nicht einmal der internationale Wettbewerb etwas anzuhaben vermag. Diese Strukturen kapseln sich weitgehend ab von "störenden Umwelteinflüssen" und stabilisieren sich selbst.

Dieses interessante Thema will ich nicht weiter verfolgen. Wichtig für uns ist es, die Ähnlichkeit im Verhalten **aller** gesellschaftlichen Strukturen zu erkennen. Grundlegende Änderungen sind durch weitreichenden Strukturwandel und vorübergehende Instabilitäten charakterisiert. Jedes halbwegs stabile System wird sich darum mit aller Macht solchen Änderungsbestrebungen solange widersetzen - bis auch "alle Macht" nicht mehr hilft und es seine Stabilität verliert.

Alle technischen Errungenschaften haben Tradition. Darin liegt ihre Stärke - und ihre unüberwindbare Schwäche zugleich! Die Schwäche liegt eindeutig in der nicht vorhandenen Innovativität. Innovationen lassen sich nicht "entwickeln", sie entstehen (wie auch immer) oder sie gibt es eben nicht. "Planbare Innovationen" sind "schwarze Schimmel". Die gerade angedeuteten technischen Entwicklungen aber sind aus Innovationen hervorgegangen, die die Grundlage bildeten für das vorhandene technische

Niveau. Die technische Entwicklung ist somit gekennzeichnet durch das **kosequente Verfolgen** irgendwann einmal gegebener Neuerungen.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Dies alles gilt - und das ist das Hauptproblem - ebenso für die Wissenschaften: Alle wissenschaftlichen Errungenschaften haben Tradition. Darin liegt ihre Stärke.
Und ihre unüberwindbare Schwäche zugleich!

Klimakatastrophe

22.04.2001

Vertrauen ist gut - Kontrolle ist besser. Was aber, wenn eine Kontrolle kaum möglich ist?

Es gibt Schlagworte, die kennt jeder. Und zunächst vertraut man den hinter diesen Schlagworten stehenden wissenschaftlichen Erkenntnissen. Dieses Vertrauen ist notwendig, denn schließlich kann man nicht alles wissen und, persönlich nachvollzogen, überprüfen sowie bewerten. Und wenn sogar "die ganz große Politik" hinter diesen Dingen steht...

Konkret: Da finden wir in den Physikalischen Blättern (ab 2002 **Physik Journal**) der Ausgabe 2/2001 unter der Überschrift **Rio, Kioto, Den Haag und nun?** (Dr. Mojib **Latif**, Forschungsgruppe "Gekoppelte Klimamodelle", MPI für Meteorologie, Hamburg) u.a.:

Der Klimagipfel in Den Haag ist gescheitert. ... Man muss es ganz klar sagen: Es sieht nicht gut aus für den globalen Klimaschutz.

*... **Der Klimawandel ist in vollem Gange**, und seine Anzeichen sind unverkennbar. So war die Dekade 1990 bis 2000 die wärmste in den letzten 1000 Jahren. Der Gehalt von Kohlendioxid (CO₂) war seit 500000 Jahren nicht mehr so hoch wie heute. **Der Grund hierfür ist unstrittig** : Der Mensch erzeugt Energie vor allem durch das Verbrennen fossiler Brennstoffe ..., dabei entsteht CO₂, das zusammen mit den anderen so genannten Treibhausgasen zu einer Erwärmung der unteren Luftschichten mit dem "zusätzlichen Treibhauseffekt", führt.*

*...Warum aber passiert so wenig, wenn die "**Beweislage**" **so klar** ist?*

*...Die Mitteltemperatur hat sich in den letzten 100 Jahren um etwa 0,7 °C erhöht. **Es gibt praktisch keinen Zweifel daran, dass der Mensch für den Großteil dieser Erwärmung verantwortlich ist.*** [Hervorhebungen W.N.]

Fassen wir zusammen: Der CO₂-Gehalt der Atmosphäre nimmt zu. Dadurch steigt langfristig aufgrund des "**zusätzlichen Treibhauseffektes**" die Temperatur. Die Ursache finden wir im Einfluss des Menschen. Da gibt es "**praktisch keinen Zweifel**". Schon diese Formulierungen sind dazu angetan, jeden Zweifel an diesen "Tatsachen" als sträfliche Ignoranz darzustellen. Doch ein paar Zeilen weiter werden diese apodiktischen Sätze dennoch ein ganz klein wenig relativiert:

Selbst hier in Deutschland sind die Bürger nicht bereit, Opfer für den Klimaschutz zu bringen. Die Debatte um die hohen Benzinpreise und die Ökosteuer zeigen dies nur zu deutlich.

...[Teil der Begründung, W.N.:] Schließlich spielt aber auch die Unsicherheit in den Klimaprognosen eine wichtige Rolle. Es ist für uns Klimaforscher nur schwer zu vermitteln, dass exakte Prognosen prinzipiell nicht möglich sind, da nichtlineare Systeme für manche Überraschung gut sind.

*...Die Unsicherheit in den Modellrechnungen haben verschiedene Gründe. Einerseits weiß man gar nicht, wie sich Parameter wie z.B. die Weltwirtschaft oder die Bevölkerungszahl und damit der Ausstoß von Treibhausgasen in den nächsten hundert Jahren entwickeln werden. Andererseits gibt es auch Unsicherheiten in der Formulierung der Modelle selbst. **Und schließlich kommt noch die Unsicherheit infolge der chaotischen Natur des Klimas dazu. Trotz der Unsicherheiten in den Prognosen steht aber fest**, dass sich die Atmosphäre bei weiter rasant ansteigendem CO₂-Gehalt mit einer Geschwindigkeit erwärmen würde, die einmalig für die Menschheit wäre.* [Hervorhebungen W.N.]

Was soll man von diesen Aussagen halten? Wie soll man, wenn man zudem kein Spezialist der Klimaforschung ist, solche widersprüchlichen Aussagen bewerten? Dies ist, ohne sich in dieses Thema weiter zu vertiefen, anscheinend nicht möglich. Dennoch: Man kann zwar nicht alle Zusammenhänge kennen und interpretieren, aber mit einigen Stichworten kommen wir schon einen ganz kleinen Schritt weiter. Es war von der "chaotischen Natur des Klimas" die Rede. Die Beiträge Prognosen und Chaos gingen auf verschiedenen Aspekte determinierter Prozesse ein. Hier die wesentlichen Punkte:

- Der Prozess läuft nach objektiven Gesetzmäßigkeiten ab, ist also ein deterministischer Prozess.
- Es steht ein "hinreichend genaues" Modell des Prozesses zur Verfügung.
- Es sind die Rand- und Anfangsbedingungen des Systems respektive Prozesses (System- und Prozessparameter) "hinreichend genau" bekannt.

Nun verhalten sich im Allgemeinen komplexe, nichtlineare Prozesse, zu denen auch Wetter und Klima gehören, eben chaotisch. Dies sagt nichts anderes aus, als dass sich solche Systeme über einen bestimmten Zeitraum hinaus nicht mehr prognostizieren lassen. **Kleine Fehler und Ungenauigkeiten** in den Modellen sowie **geringe Abweichungen in den Prozessparametern** führen nach "hinreichend langer Zeit" zu einem **völligen Versagen** des Modells! Und ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt wird in der einschlägigen Schriften und sonstigen Informationen nicht einmal explizit erwähnt. Man setzt stillschweigend voraus, dass das Wettergeschehen "entchaotisiert" wird, in Gestalt der Temperatur, über einen **längeren Zeitraum** gemittelt, die man dann als relevanten Klima-Parameter interpretiert. Letztlich läuft das darauf hinaus, dass die mittlere globale Temperatur (wie ist die eigentlich definiert und wie wird sie praktisch ermittelt?) eine **lineare(!) Funktion der CO₂-Konzentration** sein soll! Unsicherheiten bestehen, so kann man obiges Zitat interpretieren, somit lediglich in der exakten Bestimmung des Proportionalitätsfaktors dieser linearen Abhängigkeit. Es bliebe trotzdem die Frage offen: Was bedeutet "längerer Zeitraum" konkret? Die Klimaforscher haben sich auf einen Zeitdifferenz von 30 Jahren geeinigt, als es darum ging einen "Klimazeitraum" zu definieren. Eine recht willkürliche Sache, wie es scheint. Wären nicht beispielsweise 3.000 Jahre eine für erdgeschichtliche Vorgänge angemessenere Zeitspanne? Oder 300.000 Jahre? (Das aber ist Spekulation.)

Doch sind die verwendeten Simulations-Modelle, auf Superrechnern implementiert, trotz gewaltiger Fortschritte auf diesem Gebiet, lediglich **sehr grobe Annäherungen** (wenn überhaupt) an die Realität. Und was die Bestimmung der "Prozessparameter" anbelangt, so sind diese ebenfalls nicht von hervorragender Güte. Damit dürfte die obige Aussage, dass die Mitteltemperatur sich in den **"letzten 100 Jahren um etwa 0,7 °C erhöht"** hat, nicht besonders vertrauenserweckend sein, schon aus jenem Grund nicht, weil für den interessierten Laien nicht nachvollziehbar ist, welches Datenmaterial dem zugrunde liegt und mit welchen mathematischen Tricks diese Daten "aufbereitet" werden, die ja zum Teil auch aus einer Zeit stammen, als es noch keine Satelliten gab. Und zu den "interessierten Laien" sind durchaus die Politiker zu zählen, da sie - erstens - interessiert sind oder es sein sollten und sie - zweitens - als Laien auf diesem Fachgebiet agieren und den Aussagen der Wissenschaftler vertrauen (müssen).

Des langen Textes kurzer Sinn: Die Unsicherheiten bezüglich der - globalen! - Messwerterfassung aller klimarelevanten Parameter sowie die Unsicherheiten bezüglich der zur Anwendung kommenden Modelle sind dermaßen groß, dass eine 100-jährige Vorhersage beispielsweise völlig absurd ist!

Wie also ist es um die Objektivität wissenschaftlicher Aussagen bestellt, und welchen Einfluss üben zeitgeistige Strömungen auch auf die Politik aus. Unbestritten soll der sparsame Umgang mit den natürlichen Ressourcen sein. Und dass man bei der Verringerung der Emission von tatsächlichen Schadstoffen (z.B. Schwefel- und Stickoxide) durch entsprechende Maßnahmen Fortschritte gemacht hat, ist dem positiven Einfluss des Umweltschutz-Gedankens zu verdanken. Doch dass man seit geraumer Zeit das Kohlendioxid zum Umweltfeind Nr. 1 erklärt, ist nicht so leicht nachzuvollziehen, zumal der so genannte Treibhauseffekt - in diesem Beitrag nicht genauer erläutert - vielfach falsch erklärt wird .

Und welche Rolle spielen hier die Medien, die ebenfalls zu einer einseitigen Information beitragen? Der tatsächliche wissenschaftliche Meinungsstreit findet (fast) hinter verschlossenen Türen statt, zumindest in Deutschland. Und noch etwas: Der Vorsprung der Kernkraftwerke in punkto Umweltweltfreundlichkeit dürfte etwas zusammenschrumpfen (vgl. Kernenergie (I) und Kernenergie (II)).

Und hier eine etwas neuere Meldung zum Thema (spiegel online, 19.01.2001, Link nicht mehr gültig):

Das Abschmelzen der westantarktischen Eisdecke, auf das frühere Studien hingedeutet haben, gehört zu den Horror-Szenarien der Klimaforschung: Würde der kalte Panzer in den nächsten Jahrhunderten schmelzen, könnte der Meeresspiegel um mehrere Meter steigen, was katastrophale Folgen für die

Doch offenbar hat sich die Erderwärmung noch nicht gravierend auf die Eismassen ausgewirkt. Eine neue Untersuchung von US -Forschern legt vielmehr nahe, dass zumindest ein Teil der westantarktischen Eisdecke nicht wie befürchtet dünner wird, sondern mit hoher Wahrscheinlichkeit sogar deutlich zulegt.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Archimedes und die Klimakatastrophe

03.07.2001

Anscheinend ist es einfach, wissenschaftliche Aussagen immer wieder unreflektiert und teilweise fehlerhaft abzuschreiben.

Ohne eine signifikante Reduktion der Treibhausgasemissionen werden Gletschermassive und Polarkappen weiter schmelzen und so zu einem dramatischen Anstieg des Meeresspiegels führen.

(Quelle: www.expeditionzone.com, Link nicht mehr gültig).

Solche oder artverwandte Aussagen kann man fast überall nachlesen, geht es um Fragen des "Treibhauseffektes" oder der anstehenden Klimakatastrophe.

Diese Themen werden recht kontrovers diskutiert. Interessant in diesem Zusammenhang ist, dass fast immer undifferenziert von "**den Polarkappen**" die Rede ist. Abgesehen davon, dass sich im Norden die Eisschicht anscheinend im Zunehmen befindet, so unterscheidet sich die dortige Polarkappe von der südlichen erheblich. Denn die nördliche Polarkappe schwimmt - im Gegensatz zur südlichen, die Festland "unter ihren Füßen" hat - fast vollständig auf dem Meer.

Was also geschähe, wenn das gesamte **nördliche** Eis schmelzen würde? Um wie viel würde sich aufgrund der ungeheuren Wassermengen der Meeresspiegel anheben?

Eindeutige Antwort: **nicht einen Millimeter!**

Die Begründung ist elementar. Da das spezifische Gewicht von Eis - hier haben wir es mit einer so genannten Anomalie zu tun - kleiner ist als das des Wassers, schwimmt Eis immer auf der Oberfläche. Dies gilt für Eisberge ebenso, wie für die Eisdecke eines Sees im Winter. Schmilzt das Eis, so beansprucht das Schmelzwasser exakt jenes Volumen, das vorher vom Eis verdrängt wurde.

Nun zählt das Prinzip des **Auftriebes** nicht unbedingt zu den absoluten Neuigkeiten der Physik. Bereits der Griechen **Archimedes** (etwa 287 v. Chr. - 212 v.

Chr.) entdeckte dieses Gesetz, welches als das **Archimedische Prinzip** in die Geschichte der Physik einging.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Anspruch und Wirklichkeit

06.08.2001

Dass Anspruch und Realität in den Wissenschaften nicht immer übereinstimmen, ist teilweise bekannt.

Ein Beispiel aus der Pharmazie. Die Wissenschaften bedienen sich - wie sollte es auch anders sein - "wissenschaftlicher Methoden". Wie das im Einzelnen aussieht, ist zunächst nicht ganz so wichtig. Jedenfalls dürfen wir uns in einer gewissen Sicherheit wiegen, wenn wir es mit Aussagen der Wissenschaften zu tun haben. Da weiß man, wie "die Welt" entstanden ist und was man von den Atomen zu halten hat. Auch die Struktur des Universums scheint keine unentschlüsselbaren Geheimnisse zu verbergen. Die Angelegenheit mit der in Aussicht gestellten Klimakatastrophe zeigt sogar handfeste politische Konsequenzen. Und über die "Bausteine des Lebens" hat man derweil soviel herausgefunden, dass man - endlich - in der Lage ist, die Medizin auf ein bisher noch unbekanntes Niveau zu heben. Das "Züchten von Ersatzteilen" ist nunmehr nur noch eine Frage der Zeit - und des Geldes natürlich auch, sowie der Akzeptanz wissenschaftlicher Tätigkeiten jeglicher Couleur.

Nun gut, die Sache mit dem Urknall und die Kenntnisse über die Struktur der Welt sind im praktischen Sinne gesellschaftlich nicht besonders bedeutungsvoll. Doch die medizinische Forschung mit all ihren Verheißungen weckt Hoffnungen, von denen sich erst später herausstellen könnte, wie trügerisch viele davon sind. Nun, so könnte man etwa argumentieren, der Fall Contergan liegt "unendlich weit" zurück - vierzig Jahre ungefähr. Denn schließlich hat man aus Fehlern gelernt. Pannen dieser Art sind heutzutage so gut wie ausgeschlossen.

Doch da findet man im Nachrichtenmagazin **DER SPIEGEL** (30/01) einen Artikel mit einer - für den **SPIEGEL** geradezu reißerischen - Überschrift:

Die große Hormon-Blamage

Fünf Millionen Frauen in Deutschland schlucken Hormone als Schutz vor Altersleiden jeder Art. Jetzt offenbaren neue Studien: Die von Gynäkologen hoch gelobten Östrogene nutzen als Jungbrunnen wenig, die Nebenwirkungen der Dauertherapie wurden hingegen unterschätzt.

Die Sache mit dem permanent verschriebenen Östrogen könnte unsereins - bei hinreichend gutem Willen - als eine Panne ansehen, die man nicht überbewerten sollte, weil sie - hoffentlich - noch keinen allzu großen Schaden angerichtet hat. Dem allerdings ist nicht so. Denn immerhin, sollten sich die neueren Erkenntnisse bewahrheiten, ist man hier fast vier Jahrzehnte einem gewaltigen Irrtum erlegen. Als medizinischer Laie fragt man sich ganz besorgt, wie dies über einen **solch großen Zeitraum** überhaupt möglich sein kann! Gehe ich persönlich von meinen laienhaften medizinischen Kenntnissen aus, so war ich bislang der Meinung, die Angelegenheit mit den Hormonen ist ein "alter Hut"; und auf diesem Gebiet sind kaum neue Erkenntnisse zu erwarten.

So kann man sich irren!

Hier noch eine Textpassage aus besagtem **SPIEGEL**-Artikel:

Herbeigeredet sind nach Ansicht der Kritiker die allermeisten Wohltaten, die den Östrogenen zugeschrieben wurden. "Die Ärzte fielen auf Studien rein, die, weil sie nur ausgelesene Frauengruppen berücksichtigten, das Bild verzerrten", sagt Mühlhauser. Die positiven Ergebnisse bei den Anwenderinnen gingen offenbar auf deren Lebensstil zurück: Wer die Therapie machte, war zumeist gesundheitsbewusster, gebildeter und sportlicher. "Peinliche Wissenslücken" in der Gynäkologie, so empört sich Mühlhauser, würden erst jetzt geschlossen. Die jahrzehntelange Verordnung komme einem "unkontrollierten Experiment" gleich. Ähnlich harsche Kritik übt auch der US-Osteoporoseforscher Robert Recker: "Östrogen wurde schon massenhaft eingesetzt, bevor es überhaupt klinisch erforscht war."

Hier noch einige Aussagen, die nachdenklich machen sollten:

Mühlhauser zufolge ist solche Prophylaxe nichts als "pures Wunschdenken"; und leidvoll ist vor allem die Gewinnung des für Presomen verwendeten Östrogens: Der Wirkstoff stammt aus dem Urin von Stuten, die in den USA einzig zu diesem Zweck stets aufs Neue geschwängert werden. Als Wirkstofflieferantinnen verbringen sie ihr Leben in engen Boxen bei knapper Wasserzufuhr, weil der Urin dann ertragreicher ist. Die als Nebenprodukt entstandenen Fohlen werden an den Schlachthof weitergereicht.

Da kann ich mir auf medizinischem Gebiet natürlich kein eigenes fundiertes Urteil erlauben; ich glaube aber, mich auf bestimmten anderen Gebieten so weit auszukennen, dass ich mir sehr wohl ein Bild über Sinn und Unsinn wissenschaftlicher Aussagen machen kann. Wenn es also in der Medizin (beispielsweise) so zugeht wie in der Physik und der Kosmologie (oder umgekehrt), dann will bei der "großen Hormonblamage" noch nicht einmal die rechte Schadenfreude aufkommen. Es steht zu viel auf dem Spiel. Unter anderem auch die Glaubwürdigkeit der Wissenschaften. Und deren Akzeptanz. Vielleicht, so dürfte man mutmaßen, ist vieles bereits verspielt worden.

Dann gibt es Kritiker der Kritik, die behaupten, durch Kritik werden die unwissenden Laien (und Konsumenten von Pharmaka) nur in überflüssiger Weise verunsichert. So kann man das natürlich auch sehen. Damit allerdings hat man den Gipfel der Anmaßung erklommen, da sich jene Leute im Besitz der "absolut endgültigen Wahrheit letzter Instanz" wähnen.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Tierversuche

22.07.2001



Tierversuche werden für die verschiedensten Zwecke durchgeführt. Das war schon immer so. Muss es aber immer so bleiben?

Aus einem Aufsatz von Carl Friedrich von **Weizsäcker** aus dem Jahr 1947 (Quelle: Tierversuche, Forschungsfreiheit, Xenotransplantation, Link nicht mehr gültig) erfahren wir:

Ein guter Freund, der in einem Institut biologischer Richtung tätig ist, führte mich vor Jahren durch seine Arbeitsräume und zeigte mir unter anderem eine große Anzahl von Mäusen, die erbliche Anlage zum Karzinom haben und alle früher oder später daran sterben. Im weißen Laborkittel, mit der hingebenden Liebe des Wissenschaftlers zu seiner Sache, zeigte er mir die in dem peinlich sauberen Zimmer aufgehäufte Summe willkürlich hervorgebrachten wehrlosen Leidens. Als ich später im Kreis der Mitarbeiter jenes Instituts auf diesen Widerspruch hinwies, traf ich auf Verwunderung, ja auf Zweifel am Ernst meiner Frage. Wie kann man Wissenschaft wollen und an ihren Mitteln Anstoß nehmen? Ich muß gestehen: ohne es mir ausdrücklich vorzunehmen, und ohne dass im übrigen ein Schatten auf meine freundschaftlichen Beziehungen zu diesem Kollegenkreis gefallen wäre, habe ich doch das Institut nicht mehr betreten. Das war Drückebergerei. Die Dinge ändern sich dadurch nicht, dass ein einzelner es unterläßt, sie anzusehen.

Bemerkenswerte Sätze aus einer Zeit, als das Thema Tierversuche wirklich kein Thema für den "Normalbürger" war, denn der hatte, zwei Jahre nach dem schrecklichen Krieg, wahrlich andere Sorgen. Doch die Tradition der Tierversuche blieb ungebrochen. Hier ein anderer Text aus dem darauf folgendem Jahrzehnt:

Das war er also, der berühmte Chirurg, der seit Wochen Schlagzeilen in der Welpresse machte: Wladimir Petrowitsch Demichow, Professor und Chef des wissenschaftlichen Forschungslaboratorium im Ersten Medizinischen Institut der Moskauer Universität. Bilder von den Hunden, denen man einen zweiten Kopf aufgesetzt hatte, liefen damals durch alle Illustrierten. Im Januar 1959 war Demichow zum ersten Mal in die Ostzone gekommen, um seine Künste an der Charité und an der Leipziger Universitätsklinik vorzuführen. (...) In Paralleloperationen tauschte er bei zwei Hunden Herzen und Lungen aus. Einigen Hunden hatte er allein das Herz entfernt und es anderen zusätzlich eingepflanzt. (...) Schließlich hatte er viele kleine Hunde halbiert und den Kopfteil samt Vorderpfoten auf den Hals eines großen Hundes verpflanzt. Die Aorta des kleinen wurde mit der Halsschlagader des großen Hundes verbunden. (...) Die meisten Hunde überlebten diese brutalen Operationen. Damit war der Beweis erbracht, dass der chirurgischen Technik schwierigste Organverpflanzungen möglich sind.



Der "Überlebensrekord" eines Hundes mit zwei (!) Herzen lag bei etwa drei Monaten. Dann traten die bekannten Abstoßungs-Reaktionen (siehe auch Die Geschichte der Transplantation) ein. Fremdes Gewebe und fremde Organe werden früher oder später abgestoßen. (Dieses Problem ist bis heute nicht wirklich befriedigend gelöst. Die Gentechnik und Stammzellenforschung sollen hier eines Tages tatsächliche Abhilfe schaffen. So jedenfalls die bekannte Argumentation.)

Die Sätze über den russischen "Wunderchirurgen" entstammen dem bereits zitierten Buch **Der achte Tag der Schöpfung** aus dem Jahr 1964. Liest man solche Texte heutzutage, so kann man sich leider des Eindrucks nicht erwehren, dass hier ein Wissenschaftler seinem Spieltrieb freien Lauf gelassen hat. Die experimentelle Methode als unabdingbares Element des wissenschaftlichen Fortschrittes! Dass dabei ein paar "minderwertige"

Tiere geopfert wurden, störte kaum. Nun ist es für den Laien äußerst schwierig einzuschätzen, welche entscheidende Rolle Tierversuche bei den unbestreitbaren Erfolgen der Transplantations-Chirurgie beispielsweise tatsächlich spielten. Die spektakulären Versuche des genannten russischen Wissenschaftlers vor etwa 40 Jahren trugen wohl kaum wesentlich dazu bei.

Wie auch immer, die aktuellen Fakten müssten nachdenklich stimmen. Hier einige Sätze der Vereinigung "Ärzte gegen Tierversuche" e.V. :

Jahr für Jahr werden weltweit etwa 100 Millionen Tiere in den Laboratorien der Universitäten und der Pharmaindustrie "geopfert", das heißt vergiftet, infiziert, verätzt, verstümmelt, operiert, radioaktiv bestrahlt, gentechnologisch manipuliert und umgebracht. Affen, Hunde, Katzen, Meerschweinchen, Kaninchen, Ratten und Mäuse. Tiere als Wegwerf-Messinstrumente und Demonstrationsobjekte für Forschung und Wissenschaft. Nicht nur Tierschützer,

immer mehr engagierte Ärzte und Wissenschaftler fordern das Ende der Tierversuche aus medizinischen und ethischen Gründen.

Und wenn **von Weizsäcker** vor über einem halben Jahrhundert die Frage "Wie kann man Wissenschaft wollen und an ihren Mitteln Anstoß nehmen?" stellte, so kommt man mittlerweile nicht umhin, die Einsicht zu akzeptieren, dass man endlich doch an den Mitteln Anstoß nehmen **muss**. Ganz ohne Tierversuche wird es wohl nicht gehen. Wo aber liegt die Grenze? Und wer ist in der Lage, Grenzen vorzugeben? Wie man auch die Einzelheiten (auf einige dieser Details verweisen die **externen Links**) bewerten mag, so sollte man die Freiheit von Wissenschaft, Forschung und Lehre keineswegs als eine Freiheit von Verantwortung, auch den Tieren gegenüber, begreifen! Selbst, wenn man die - absolut fragwürdige - Haltung **der Zweck heiligt die Mittel** teilt, so liegt die Überzeugung nahe, dass in einer Vielzahl der Fälle es kaum noch um einen Zweck geht: Die Forschung selbst, mit all ihren oftmals negativen Begleiterscheinungen, ist zum Zweck geworden. Und die haarsträubenden Aktivitäten des russischen Chirurgen vor über vier Jahrzehnten sind leider kein einmaliger Ausrutscher geblieben.

Hier der Beweis (Nachtrag 03.01.2002):

Unter "Design-Kind? Warum nicht!" finden wir (Link nicht mehr gültig):

Am 02.09.01 verstarb im Alter von 78 Jahren Dr. Christiaan Barnard, der 1967 das erste menschliche Herz verpflanzte. Im Juli 01 wurde in DIE WELT ein Interview mit Dr. Barnard zu den neuen Perspektiven und Problemen der Fortpflanzungsmedizin, Genetik und Stammzellforschung geführt. Die unkonventionellen Ansichten des Pioniers der Transplantationschirurgie können Sie hier nachlesen.



Und hier einige bemerkenswerte Sätze des "Pioniers der Transplantationschirurgie" im Rahmen dieses Interviews:

Barnard: ...Ich selbst habe übrigens auch mal eine Kopftransplantation durchgeführt. An einem Hund, aber ohne den alten Kopf zu entfernen. Er hatte anschließend zwei Köpfe.

DIE WELT: Warum? Aus reiner Experimentierfreude?

Barnard: Ja, ich würde das auch nicht wiederholen. Damals war ich in der UdSSR eingeladen, wo gerade ziemlicher Rummel herrschte über so einen Tierversuch. Ich sah, wie einfach das ist, und wollte es hinterher auch mal ausprobieren. Man muss nur die Blutadern zusammenfügen, und der Hund kann mit zwei Köpfen umherlaufen. Der zweite Kopf sprach anschließend sogar auf Milch an, und beide Köpfe tranken gleichzeitig. Das zeigte ich dann stolz meinem Chef im Krankenhaus. Aber der sagte nur, ich solle sofort aufhören damit.

DIE WELT: Was wäre passiert, wenn Sie auch die Nervenstränge des zweiten Kopfes hätten anschließen können?

Barnard: Das hätte eine ziemliche Konfusion im inneren Befehlssystem des Hundes ergeben.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Information (I)

30.08.2001

Das Wichtigste in den Wissenschaften scheint die Beschaffung von Informationen zu sein. Doch wie geht man mit der Infolut um?



"**Wissen ist Macht**", äußerte ein kluger Mensch vor geraumer Zeit. Dieser Ausspruch stammt aus dem Jahr 1597 und von einem gewissen Francis Bacon (1561-1626).

Diesen Slogan (eventuell nicht ganz sauber interpretiert) machen sich in allen Ländern die Regierungen zur Maxime. Als **ein** Instrument zur Umsetzung dieser Erkenntnis sind die Geheimdienste zu nennen. Wenn man weiß, was der "Gegner" will und kann und tut, dann ist Gefahr nur noch halb so groß - von jener Gefahr einmal abgesehen, die ein Geheimdienst an sich schon verkörpert.

Das Ganze funktioniert anscheinend recht gut. Im Allgemeinen. Und solange man es nicht übertreibt.

Da gab es einst in deutschen Landen einen Staat, dessen Name mir momentan entfallen ist, den es aber nicht mehr gibt. Und dabei hatte man damals weder Kosten noch Mühe gescheut, dafür zu sorgen, dass es ihn möglichst lange noch geben wird.

"Wissen ist Macht". Unter anderem.

Ein wichtiger Machtfaktor in jenem Land war die Information. Und weil Information als so wichtig angesehen wurde, hatte man eine mächtige Institution geschaffen, die - neben vielem anderen auch - mit der Beschaffung, Verwaltung und Auswertung von Informationen beschäftigt war. Das - äußerst unrühmliche - Ende dieses Landes kennen wir. Dieser nicht mehr vorhandene deutsche Staat hielt weltweit wohl eine Spitzenposition, wenn es um die "Pro-Kopf-Information" ging. Es brachte jedoch nichts, weil es **zu viele** Informationen waren, und weil diese vielen Informationen gefiltert und interpretiert und ignoriert wurden auf Basis einer ganz bestimmten Ideologie. Selbst wenn es Menschen gegeben haben sollte, die aufgrund ihres Wissens ein solches Ende hätten voraussagen können, so hat dies nichts genützt. Die Informationen waren da, aber niemand in der Lage, aus den vorhandenen Informationen - auch im Sinne der damaligen regierenden Gruppe - langfristig einen Nutzen zu ziehen, jenen Nutzen nicht gerechnet, den die Wissenden für sich persönlich haben herauschlagen können.

Was lernen wir daraus?

Erstens bilden Informationen kein Allheilmittel gegen (gesellschaftliche) Krankheiten jeglicher Art.

Zweitens gibt es weder "die Menschheit" noch "den Staat", sondern aus Menschen und Gruppen von Menschen sich zusammensetzende gesellschaftliche Strukturen, die bestimmten Gesetzmäßigkeiten unterliegen. Einzel- und Gruppeninteressen bestimmen den Lauf der Dinge - und zwar **aller** gesellschaftlichen Dinge.

Und drittens sollten wir der Vernunft eine nur untergeordnete Bedeutung zugestehen, weil man den Einfluss der Vernunft des Einzelnen - das kann als erwiesen gelten - wirklich nicht überbewerten darf. Selbst der größte Schwachsinn ist anscheinend immer begründbar. Um dies zu veranschaulichen, ist es nicht einmal erforderlich, rückblickend einen Abstecher in die "Geschichte der Menschheit" zu unternehmen. Auch die Gegenwart bietet genügend Anhaltspunkte für die ungebrochene Macht des Irrationalen.

Wir wissen sehr viel, und wir können sehr viel. Wenn wir bedenken, wie sich das Wissen in unserem Jahrhundert hatte entwickeln können, so kann einem geradezu schwindlig werden. Und alles was wir erreicht haben, war dadurch nur erreichbar, weil (auch) alle technischen Errungenschaften auf einem naturwissenschaftlichen Weltbild aufbauen konnten, das nicht einmal übermäßig alt ist. Und in Bezug auf dieses Weltbild haben alle bisherigen Äußerungen offensichtlich keinen Wert. Wissenschaft zeichnet sich durch Objektivität aus. Wissenschaft betreiben heißt, sich mit den Tatsachen zu befassen.

Wissenschaft betreiben bedeutet, sich an dem orientieren, was Beobachtung und Experiment an Informationen bereitstellen.

Das Problem: Ist man überhaupt in der Lage, die Informationen richtig zu bewerten? Bilden unsere etablierte wissenschaftliche Weltsicht und die etablierten gesellschaftlichen Strukturen, die diese etablierte wissenschaftliche Weltsicht vertreten und verfeinern, überhaupt die Voraussetzungen dafür, der Informationsflut noch Herr zu werden?

Erstens ist man nicht wirklich in der Lage, alle bereits vorhandenen Informationen sinnvoll zu interpretieren oder gar zu nutzen, sondern man sucht das Heil in der **Beschaffung** immer weiterer Informationen, ohne die alten überhaupt in ein einigermaßen geschlossenes Bild einfügen zu können. Die Auswüchse der gigantischen Experimentiertechnik zeichnen ein deutliches Bild von den Problemen, mit denen etwa die Physik zu kämpfen hat. Zweitens sind - auch und gerade auf wissenschaftlichem Gebiet - Einzel- und Gruppeninteressen Motor und Richtschnur für die konkrete Entwicklung, spätestens seit die Forschung zu einem gewichtigen Wirtschaftsfaktor geworden ist. Und - drittens - ist man seit Jahrzehnten dabei, die Vernunft auf ein Abstellgleis zu rangieren.

Dies sind recht provokante Äußerungen, die zu untersetzen man durchaus in der Lage ist. Im nächsten Beitrag dazu etwas mehr.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Information (II)

10.09.2001

Die Aufgabe der Experimentalphysik besteht heutzutage fast nur noch darin, die ungeheuren Datenmengen zu noch gewaltigeren Datengebirgen zu vermehren.

Schaut man auf der Homepage des Deutschen Elektronen-Synchrotron DESY (siehe Foto) nach, so findet man unter anderem folgende Informationen:



Das Deutsche Elektronen-Synchrotron DESY, Mitglied der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren, ist ein nationales Zentrum der physikalischen Grundlagenforschung. Standorte von DESY sind Hamburg und Zeuthen. Die hier betriebenen Beschleuniger werden für die Teilchenphysik und für die Forschung mit Synchrotronstrahlung genutzt.

... Die jährlichen Zuwendungen von DESY Hamburg betragen 270 Mio. DM bei 1046 Planstellen, von DESY Zeuthen 25 Mio. DM bei 126 Planstellen. Der Etat wird zu 90 Prozent vom Bund (Bundesministerium für Bildung und Forschung) und zu 10 Prozent von der Stadt Hamburg beziehungsweise dem Land Brandenburg getragen.

Nun, 270 Millionen Mark (oder 138 Millionen Euro) sind wahrlich kein Pappenstiel. Man erwartet dafür etwas. In erster Linie wohl Erkenntnisse.

Gewiss kann man eine Großforschungseinrichtung - hier am Beispiel des DESY - auch aus kritischer Distanz betrachten. In seinem **SPIEGEL** -Artikel (44/1999) formulierte ein Hans **Graßmann** einige kritische - und auch etwas polemisch vorgetragene - Gedanken, die in der wohl etwas unrealistischen Aufforderung gipfelten: Sperre das Desy zu! (Link nicht mehr gültig). Hier einige Zeilen jenes Artikels:

Beispiel Desy, Hamburg, Großforschungslabor für Teilchenphysik mit weit über 1000 Mitarbeitern und um die 250 Millionen Mark Etat pro Jahr. Wissen Sie, lieber Steuerzahler, was die "Teilchenphysiker" am Desy tun? Und vor allem, warum sie es tun?

Sie möchten es gerne wissen? Bitte sehr, dies ist, was das Desy tut: Neben einigen weniger wichtigen Dinge studiert man vor allem Pomeronen, Strukturfunktionen und Leptoquarks. (Diese Auflistung basiert auf einem Vortrag, den kürzlich ein leitender Desy-Manager am Cern gab. Sie berücksichtigt nur die Teilchenphysik, mein eigenes Spezialgebiet.)

...Die Strukturfunktion des Protons beschreibt, wie das Proton (ein Bestandteil des Atomkerns) aus kleineren Quark- und Gluonteilchen zusammengesetzt ist. Denn das Proton ist kein punktförmiges Teilchen, sondern es hat eine innere Struktur. Entdeckt wurde dies in Stanford vor über 40 Jahren. Die Protonstruktur wurde inzwischen - Zeit genug war ja - ziemlich genau vermessen. Das Desy ist nun damit beschäftigt, jährlich neue Weltrekorde der Messgenauigkeit aufzustellen. Zum Beispiel zu messen, ob das Proton bei einer bestimmten Energie 200 oder doch eher 205 Gluonen enthält - eine Frage, die weder für den Rest der Physik noch für den Rest der Welt irgendeine Bedeutung hat. Im Grunde genommen nicht einmal für die Strukturforscher selbst, denn die Messungen werden allmählich genauer als die theoretischen Vorhersagen, sind also von nichts sagender Genauigkeit. Auf diese Kritik antwortete der Desy-Mann, man könne nun einmal so genau messen mit den Geräten, die man habe. Deshalb tue man es.

...Wir befinden uns in einem Teufelskreis: Die Physik ist eindeutig auf dem Rückzug aus unserer Gesellschaft. Und das führt zu Zuständen, wie sie am Desy herrschen. Und das Desy wiederum, indem es behauptet, seine sinnlose Massenproduktion von Zahlenkolonnen sei Physik, treibt diesen Rückzug weiter voran, unter Dampf gehalten von einer Unmenge verbrannter Steuergelder. Es besteht die Gefahr, dass eine sich immer besser organisierende, gleichgültig gemachte Spaßgesellschaft irgendwann nicht mehr in der Lage ist, diesen Rückzug auch nur zu bemerken.

Nun ja, diese Kritik kann vielleicht nicht in allen Punkten kritiklos hingenommen werden, aber sie berührt leider den Kern der Angelegenheit: Die Grundlagenforschung (hier vorrangig die Physik) erschöpft sich im **Beschaffen** von ungeheuren Datenmengen ("sinnlose Massenproduktion von Zahlenkolonnen").

Dies hat nicht unbedingt nur etwas mit dem DESY zu tun. Die beobachtende Astronomie, um ein weiteres Beispiel zu nennen, steht auch nicht wesentlich besser da. Die heutige Beobachtungstechnik - vom gigantischen stationären Teleskop bis hin zum Hubble-Weltraumteleskop - verschafft uns Sichten auf bislang unbekannte Gebiete. Verschafft sie uns aber tatsächlich neue **Einsichten** ? Wie es aussieht, darf man durchaus daran zweifeln.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Information (III)

Das Ergebnis wissenschaftlicher Forschungstätigkeit kann sich sehen lassen. Die Mengen bedruckten Papiers sind gewaltig.

Im Jahr 1905 veröffentlichte ein "technischer Experte III. Klasse" des Berner Patentamtes in den Annalen der Physik (Band 17) drei Aufsätze:

- Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt
- Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen
- Zur Elektrodynamik bewegter Körper

Im ersten Aufsatz geht es um die Problematik der Lichtquanten (siehe auch Einstein und die Lichtquanten). Der zweite Beitrag setzt sich mit der so genannten **Brownschen** Bewegung auseinander. Und im dritten Aufsatz wurde der Grundstein für die Spezielle Relativitätstheorie gelegt. Der Autor der drei

Aufsätze dürfte allgemein bekannt sein. Mindestens **einen** Physiker kennt wohl jeder: Albert **Einstein**.

Was die Quantenhypothese angeht, so wurde der Beitrag "Über das Gesetz der Energieverteilung im Normalspektrum" am 14.12.1900 vorgetragen von Max **Planck**. Die wegweisenden Arbeiten (im Sinne der traditionellen Physik), an diesen Beispielen aufgezeigt, sind durchaus überschaubar. Auch mit den Namen gibt es kaum Probleme - **Einstein** ist zur Legende geworden. (Legenden sind jedoch nicht völlig unproblematisch, aber das soll momentan nicht interessieren.)

Die wissenschaftliche Arbeit ist die eine Seite der Medaille - das Publizieren der Forschungsergebnisse und Erkenntnisse die andere. Die "Zeitschrift für Physik" beispielsweise wurde 1920 gegründet und erreichte zehn Jahre später einen Umfang von stolzen 6900 Seiten. In diesem Zeitraum erschienen weltweit etwa 120 physikalische Zeitschriften - ein Drittel davon in Deutschland. Nach dem Zweiten Weltkrieg änderte sich so vieles, unter anderem übernahmen Zeitschriften aus dem englischsprachigen Raum die Führungsrolle. Und der Papierberg wurde immer größer.

Die Publikationsflut scheint keine Dämme zu kennen. Werten wir nur die international bedeutenden Zeitschriften aus, so erhalten wir etwa folgende Statistik (Quelle: **Physik-Handbuch** 1998, Stand der Daten 1996):

Land	Anzahl der Zeitschriften	Anzahl der Seiten
Deutschland	2	13130
Frankreich	3	7240
Großbritannien	6	34770
Japan	2	6660
Niederlande	4	78490
Russland	1	2480
USA	7	140140

Das macht summa summarum etwa 280000 bedruckte Seiten pro Jahr. Möge auch nur die Hälfte davon physikalisch relevante Informationen enthalten, so kommen wir auf ungefähr 140000 Seiten. Aufgrund der weitgehenden Spezialisierung der Forschungsgebiete, sind vielleicht ein Zehntel davon wichtig. Das Ergebnis kann sich immer noch sehen lassen. Für 14000 Seiten Text im Jahr (oder 1160 Seiten im Monat) müsste man sich interessieren. Dies ist sinnlos (auch dann, wenn diese Milchmädchen-Rechnung mit großer Vorsicht zu genießen ist). Wer ernsthaft sich bemühen würde, sich für **alle relevanten** Informationen seines Fachgebietes zu interessieren, käme nicht mehr zur seiner eigentlichen Arbeit.

Was aber sind "alle relevanten Informationen"?

Und: Worin besteht diese Arbeit denn eigentlich?

Ganz einfach: Im Produzieren von Forschungsergebnissen, die in einem wichtigen Fachjournal veröffentlicht werden können. Den Sprung in die Massenmedien, und damit in das Bewusstsein der Laien, gelingt nur wenigen spektakulären Forschungsthemen.

Und was dabei mitunter herauskommt, ist gleichfalls mit Vorsicht zu genießen.

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

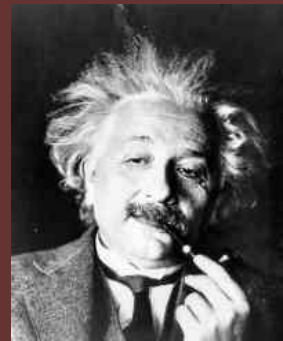
L

[\[Home\]](#) **[\[Seitenanfang\]](#)**

Hier sind einige ergänzende Gedanken zum Titelthema Physik zu finden.

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Physik	Elektrodynamik
WissTheorie	Quanten
WissKritik	Weltformel
Gesellsch	DPG-Tagungen
Technik	Sonstiges
Astronomie	
Sonstiges	
	Albert Einstein 1879 - 1955



Sie stellen es sich so vor, dass ich mit stiller Befriedigung auf ein Lebenswerk zurückschaue. Aber es ist ganz anders. Da ist kein einziger Begriff, von dem ich überzeugt wäre, dass er standhalten wird, und ich fühle mich unsicher, ob ich überhaupt auf dem rechten Wege bin. Die Zeitgenossen sehen in mir eine Art Ketzer und Reaktionär, der sich selber überlebt hat. Das hat mit Mode und Kurzsichtigkeit zu schaffen, aber das Gefühl der Unzulänglichkeit kommt von innen.

Albert Einstein

Wissenschaft und Kritik - Physik

Hundert Jahre moderne Physik

09.04.2000

Die Physik des 20. Jahrhunderts gilt als die moderne Physik. Es ging um eine Krisenbewältigung. In den letzten hundert Jahren hat die fundamentale Naturwissenschaft Physik eine teilweise sehr seltsame und somit sehr nachdenkswerte Entwicklung genommen. Zum Ausgang des 19. Jahrhunderts kriselte es gewaltig, zu jener Zeit etwa, als man sich im Besitz aller grundlegenden Erkenntnisse wähnte.

Im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts waren es die neuen Theorien vom Raum, von der Zeit und von der Materie sowie den atomaren und subatomaren Strukturen, die einen Weg aus der Krise zu weisen schienen. Die Jahre danach bescherten uns unter anderem die technische Nutzenanwendung eben jener Erkenntnisse: von Hiroshima und Nagasaki bis Tschernobyl, vom Transistor bis zum Mikroprozessor und vom Laser bis zur Atomuhr. Nichts schien unmöglich.

Und weil die Erfolge - und auch die "Erfolge" - von Wissenschaft und Technik die Richtigkeit der Theorien offensichtlich bestätigten, kam kein Physiker auf die absurde Idee, daß möglicherweise die Physik - im letzten Drittel des 20. Jahrhunderts - in eine neue Krise zu stolpern begann, die, bei Licht besehen, nur die nicht bewältigte Krise von vor hundert Jahren war. Und dies neue alte Krise manifestiert sich u.a. in der immer aufwendiger werdenden experimentellen Forschung, wobei die Ergebnisse äußerst bescheiden zu nennen sind. Das Theoriegebäude der Physik weist nach wie vor logische Ungereimtheiten auf, die bislang nicht beseitigt werden konnten. Und Aussagen über die Welt als Ganzes und die Struktur der Materie sind dermaßen spekulativ, daß man sich darüber

nur wundern kann. Die aufwendige und sehr weitgehend arbeitsteilige Forschung spottet

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

jeglichem Einheitsbestreben. Dabei war es - und ist es immer noch - das Ziel, zu einer möglichst einheitlichen und geschlossenen Darstellung der Physik zu gelangen. Man ist der Meinung, daß alle anstehenden Probleme - und davon gibt es mehr als genug - durch entsprechende materielle und personelle Aufwendungen lösbar sind. Die Erfolge des bisher beschrittenen Weges legt diese Vermutung nahe. Nun wäre es aber möglich, daß sich dieser Glaube als falsch herausstellen könnte. Es ist durchaus denkbar, daß dieser Weg sich als Sackgasse erweist.

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Zunächst gilt die Wissenschaftstheorie als ein Teilgebiet der Philosophie. Einerseits geht es um die Klärung grundlegender Fragen. Erkenntnistheoretische sowie methodologische Fragen gehören dazu. Andererseits nehmen die praktizierenden Wissenschaftler von dermaßen "praxisfremden" Überlegungen kaum bis überhaupt nicht Notiz. Und wenn, dann kommen nur negative Haltungen zum Vorschein. Diese Einstellung hat traurige Tradition. - Die hier vorgestellten Texte zu diesem Thema deuten einige Problempunkte wirklich nur an, ohne auch nur den geringsten Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben. Anschaulichkeit hat auch hier Vorrang.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges



**Thomas S.
Kuhn**
1922 - 1996

Beobachtung und Erfahrung können und müssen den Bereich der zulässigen wissenschaftlichen Überzeugungen drastisch einschränken, andernfalls gäbe es keine Wissenschaft. Sie allein können jedoch nicht ein bestimmtes System solcher Überzeugungen festlegen. Ein offenbar willkürliches Element, das sich aus zufälligen persönlichen und historischen Umständen zusammensetzt, ist immer ein formgebender Bestandteil der Überzeugungen, die von einer bestimmten wissenschaftlichen Gemeinschaft in einer bestimmten Zeit angenommen werden.

Thomas Samuel Kuhn, 1962

Inhalt

1. [Wissenschaftstheorie](#)
2. [Erkenntnis - was ist das?](#)
3. [Evolutionäre Erkenntnistheorie](#)
4. [Evolutionäre Erkenntnistheorie \(I\)](#)
5. [Evolutionäre Erkenntnistheorie \(II\)](#)
6. [Evolutionäre Erkenntnistheorie \(III\)](#)
7. [Evolutionäre Erkenntnistheorie \(IV\)](#)
8. [Der blinde Fleck](#)
9. [Die Realität und deren Interpretation](#)
10. [Zwei Welten](#)
11. [Mathematik und Erkenntnis](#)
12. [Begriffe](#)
13. [Alice im Wunderland](#)
14. [Das Experiment und die Wahrheit](#)
15. [Erkenntnis und Wahrheit](#)
16. [Reduktionismus](#)
17. [Bausteine](#)
18. [Arbeitsteilung](#)
19. [Zeitreise](#)
20. [Wissen wir, was wir nicht wissen?](#)

Wissenschaft und Kritik - Wissenschaftstheorie

Wissenschaftstheorie

18.04.2000

Wissenschaftstheorie als konstruktive Wissenschaftskritik verstanden. Einige Vorbemerkungen.



Es ist eben nicht so was Unerhörtes, dass, nach langer Bearbeitung einer Wissenschaft, wenn man wunder denkt, wie weit man schon darin gekommen sei, endlich sich jemand die Frage einfallen läßt: ob und wie überhaupt eine solche Wissenschaft möglich sei. Denn die menschliche Vernunft ist so baulustig, dass sie mehrmalen schon den Turm ausgeführt, hernach aber wieder abgetragen hat, um zu sehen, wie das Fundament desselben wohl beschaffen sein möchte. Es ist niemals zu spät, vernünftig und weise zu werden; es ist aber jederzeit schwerer, wenn die Einsicht spät kommt, sie in Gang zu bringen.

Diese Sätze sind schon etwas betagt und entstammen einem Buch, dessen erste Auflage anno 1783 erschien. Der Autor heißt Immanuel **Kant** und lebte von 1724 bis 1804; und Philosophie-Professor in Königsberg (im damaligen Ostpreußen) war er obendrein. Eines seiner wichtigsten Werke heißt **Kritik der reinen Vernunft**, doch das obige Zitat ist dem Vorwort der **Prolegomena zu einer jeglichen künftigen Metaphysik** entnommen. Doch schrieb **Kant** seine **Prolegomena** ("Vorbemerkungen") erst **nach** der "Kritik".

Wie dem auch sei, die gerade zitierte Aussage sollte zu denken geben, zumal der "*Turm der Wissenschaft*" vor über zweihundert Jahren so gewaltig in seiner Höhe noch gar nicht gewesen sein konnte.

Die Wissenschaftstheorie - als philosophische Disziplin - setzt sich mit erkenntnistheoretischen, methodologischen und den damit einhergehenden sozialen Zusammenhängen auseinander. Und ein tiefgreifendes (meines Erachtens bislang ungelöstes) soziales Problem finden wir im heutigen Wissenschafts- und Lehrbetrieb, der eine (wie alle anderen gesellschaftlichen Strukturen auch) vom Einzelnen nicht mehr beeinflussbare Eigendynamik entwickelt. Somit muss eine wissenschaftstheoretische Auseinandersetzung immer eine erkenntniskritische Vorgehensweise implizieren - im positiven und konstruktiven Sinne verstanden. Und eine Kritik an den etablierten **Institutionen** von Lehre und Forschung sollte **nicht als Kritik an der Wissenschaft an sich** missverstanden werden.

Es ist niemals zu spät, vernünftig und weise zu werden; es ist aber jederzeit schwerer, wenn die Einsicht spät kommt, sie in Gang zu bringen.

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

So Kant. Die Frage: Wie schwer ist es heutzutage, "*vernünftig und weise zu werden*", nachdem die Wissenschaften mehr als zwei Jahrhunderte Weiterentwicklung erfahren konnten?

Die folgenden Beiträge werden sich, nicht gerade besonders systematisch, mit einigen Seiten der Analyse wissenschaftlicher Tätigkeit auseinandersetzen. Vielleicht gelingt es sogar, keine all zu große Langeweile aufkommen zu lassen.

Erkenntnis - was ist das?

26.04.2000

Die Frage danach, was Erkenntnis denn eigentlich sei, ist bis heute nicht erschöpfend beantwortet worden.

Erkenntnis: Erfassen eines Objektes durch ein Subjekt. Seit den Anfängen der Philosophie wird die Frage nach dem Wesen und den Methoden der E. diskutiert.

Dies sind die ersten Sätze, die wir unter dem Stichwort "Erkenntnis" in einem philosophischen Wörterbuch (Rainer Hegenbart, Wörterbuch der Philosophie, München 1984) finden. Diese Aussagen werden uns auch nicht weiterhelfen.

Nun befasst sich die Philosophie mit vielen grundlegenden Fragen, beispielsweise: Ob und wie Erkenntnis überhaupt möglich sei. Die unterschiedlichsten philosophischen Strömungen und "Ismen" nehmen sich dieses Themas seit Jahrtausenden an.

Die Wissenschaftler - an vorderster Front die Physiker - kümmert(e) dies fast überhaupt nicht. Die Forschung wird betrieben, ohne Rücksicht auf erkenntnistheoretische und methodologische Erwägungen, von einigen - meist prominenten - Physikern einmal abgesehen. Folgende Namen (eine kleine ungerechte Auswahl) fallen mir in diesem Zusammenhang ganz spontan ein: Ernst Mach (österr. Physiker, 1838 - 1916), Albert Einstein (1879 - 1955), Werner Heisenberg (1901 - 1976) und Carl Friedrich von Weizsäcker (geb. 1912). Diese Physiker machten sich sehr wohl Gedanken über die Theorien, welche irgendwann einmal entstanden sind oder die sie selbst entwickelt haben.

Doch bringen uns allgemeine Überlegungen genannter Art nicht unbedingt weiter. Interessanter schon ist die Frage nach dem Erkenntniswert ganz konkreter Theorien.

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts läuteten zwei Theorien das Zeitalter der modernen Physik ein: Die Quantentheorie und die (zunächst spezielle) Relativitätstheorie. Diese Theorien werden heutzutage von der "offiziellen" Physik nicht mehr hinterfragt, weil sie sich eindeutig und für alle Zeiten(!) bewährt haben.

Bewährt aber haben sie sich (wenn überhaupt) lediglich in der technischen Anwendung. Einerseits ist man bestrebt, "die Welt" der rationalen Erklärung zugänglich zu machen, doch andererseits gibt man sich mit "pragmatischen Argumenten" zufrieden.

Die bislang unbeantwortete Frage: Kann eine der bestehenden Theorien überhaupt die Ausgangsbasis bilden für eine künftige angestrebte einheitliche Theorie?

Evolutionäre Erkenntnistheorie

17.12.2001

Den Erkenntnisprozess als einen evolutionären Vorgang zu begreifen, scheint so abwegig nicht zu sein. Doch der Teufel steckt im Detail.

Eines dieser Details wäre es, sich mit verschiedenen Standpunkten auseinander zu setzen. Drei Namen vielleicht sind es, die ich hervorheben möchte und im 20. Jahrhundert mit dem Begriff **Wissenschaftstheorie** in Verbindung gebracht werden können. Da wäre Karl Popper zu nennen. Dieser lebte von 1902 bis 1994.

Sein Motto lässt sich vielleicht mit "**Versuch und Irrtum**" umschreiben. Der zweite im Bunde, Thomas Samuel Kuhn, von 1922 bis 1996 lebend, prägte den Begriff des "**Paradigmas**". Er glaubte nicht an die **evolutionäre Entwicklung** der Wissenschaften. Wahrer wissenschaftlicher Fortschritt wird immer mit einem **revolutionären** Umbruch verbunden sein. "**Paradigmenwechsel**" lautet hier das Stichwort. Und - last but not least - wäre Hugo Dingler (1881 - 1954) zu nennen. Der Standpunkt dieses zu Unrecht ziemlich in Vergessenheit geratenen Philosophen lässt sich, ganz grob umrissen, mit den Worten "**Methodik**" oder "**Methodik statt Erkenntnistheorie**" oder "**Prinzip der pragmatischen Ordnung**" beschreiben.

Vielleicht werde ich mich in einem späteren Beitrag mit allen Dreien beschäftigen (wenn ich irgendwann dazu in der Lage bin) und Gemeinsames aber auch Gegensätzliches herauszuarbeiten versuchen. Momentan halte ich es mit "Versuch und Irrtum". Einige Seiten des Erkenntnisprozesses wird man damit sicherlich erfassen können. Und: Bei Licht besehen sind **Revolution** und **Evolution** so weit voneinander nicht entfernt, wie man eventuell zu glauben geneigt ist. Denn die **Evolution** kommt ohne die **Revolution** (in der Biologie **Mutation** genannt) nicht aus. Ohne bisweilen **grundlegendes Umdenken**, wird es keinen Erkenntnisfortschritt geben - auch keinen evolutionären. Und was die Methodologie angeht, so kann man nachweisen - ich habe dies teilweise bereits getan -, dass gerade die Physik von methodischen Fragwürdigkeiten nur so strotzt. Aber den Erkenntnisprozess ausschließlich auf die - unbestritten sehr wichtige und wesentliche - **Methode der Erkenntnisgewinnung** reduzieren zu wollen, halte ich persönlich für etwas einseitig.

Wo liegen die grundsätzlichen Unterschiede zwischen Evolution und Revolution? - Abstrakt kann man diese Frage dahingehend beantworten, dass die **Evolution** immer als Ausgangsbasis den **gegebenen** Stand der Dinge nimmt. Eine Zurück gibt es nicht. Nur eine Vervollkommnung des des bereits Erreichten kommt in Betracht.

Die **Revolution** hingegen stellt auch das bisher Erreichte in Frage. Irgendwann - so sieht es z.B. **Thomas Kuhn** - wird ein **grundlegender Wandel** nötig sein, denn ein **generelles Umdenken** erst wird für den notwendigen Erkenntnisfortschritt sorgen. Von **Paradigmenwechsel** war bei ihm die Rede. Als Beispiel eines solchen Wechsels nannte er die **Kopernikanische Wende**.

Geht man dieses Problem, konkret auf die gegebene Physik bezogen, an, so ist es nicht gerade leicht, darüber zu befinden, was "zum gegebenen Erkenntnisstand" gehört, und welcher "Paradigmenwechsel" notwendig sein könnte, die mögliche "Krise der Physik" zu überwinden.

In den Augen der praktizierenden Wissenschaftler im arbeitsteiligen Forschungsprozess gibt es - erstens - keine zu bewältigende Krise, und - zweitens - haben die Paradigmenwechsel, wenn es denn welche gegeben haben sollte (Stichworte **Relativität** und **Quanten**), bereits zur Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert stattgefunden.

War das nun ein **revolutionärer Schritt** oder ein Schritt in einem **evolutionären Prozess**?

Der Teufel steckt, wie so oft, auch hier im Detail - und in der Sichtweise des Betrachters. Einerseits wird gern von einer revolutionären Umwälzung gesprochen, zu deren wesentlichem Element

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

die "**Unanschaulichkeit der modernen Physik**" wurde. Die Begriffe **Raum, Zeit, Kausalität** erfuhren z.B. eine Neubewertung; und der "gesunde Menschenverstand" wurde in die Schranken gewiesen. Außerdem gewannen die mathematischen Formalismen die Oberhand. Andererseits fußt diese vorgebliche "Revolution des physikalischen Denkens" auf genau jenen Erkenntnissen des ausgehenden 19. Jahrhunderts, denn es wurden die etablierten Theorien **nicht** wirklich **verworfen**, sondern man wies ihnen lediglich ein **Gültigkeitsbereich** zu.

Meiner Meinung wird weder das Bild von der Evolution noch das von der Revolution allein den **Tatsachen** wirklich gerecht.

Versuch und Irrtum. Dies kennzeichnet die Evolution. In der Wissenschaft ist das anscheinend ganz anders.

Kurt X. wird wegen dringenden Mordverdacht verhaftet. Seine geschiedene Frau soll durch sein Tun vom Leben zum Tode befördert worden sein. Ingrid X. wurde erwürgt in ihrer Wohnung aufgefunden. Der Verdacht fiel sofort auf Herrn X., zumal dessen nicht gerade besonders guter Ruf für eine Täterschaft sprach. Auch die Nachbarin will den Kurt am Tatort - und ungefähr zur Tatzeit - gesehen haben, als dieser fluchtartig die Wohnung seiner Ex-Frau verließ. Selbstverständlich wurden auch die Fingerabdrücke des einschlägig vorbestraften Tatverdächtigen in der Wohnung des Opfers gefunden. (Was auch kaum verwunderlich ist.) Kurt X. hatte zwar bislang weder Mord noch Totschlag auf dem Gewissen, aber Diebstahl, Einbruch sowie schwere Körperverletzung zählten durchaus zu seinem kriminellen Repertoire.

Locker und gelassen - und nachsichtig lächelnd - hörte sich der Tatverdächtige die Anschuldigungen an. Nicht einmal die "Bullenschweine" wurden, wie sonst üblich, unflätig beschimpft. Kommissar Y. zeigte erste Anzeichen von Verunsicherung. Sein "alter Freund" verhielt sich auffallend zivilisiert. Irgend etwas stimmte also nicht! Endlich ließ sich Kurt nicht länger betteln und erwähnte, offensichtlich sehr gelangweilt, dass er diesmal ein absolut todsicheres Alibi habe, an dem keine Macht der Welt - nicht einmal der gnädige Herr Kommissar - rütteln könne. Kurt lächelte aufreizend freundlich.

Die Sache war schnell geklärt. Kurt befand sich zur Tatzeit in Polizeigewahrsam. 300 Kilometer vom Tatort entfernt. Wegen Trunkenheit am Steuer. Bei über zwei Promille Alkohol im Blut. Da war nichts zu machen. Den Kurt konnte der Kommissar vergessen. Die Arbeit begann von vorn. **Alle** Indizien und Zeugenaussagen mussten neu bewertet werden. Wie widersprüchlich auch alles schien, es mussten Lösungen gefunden werden. Und der wahre Täter (oder die Täterin?) auch.

Was dies alles mit der Wissenschaft zu tun hat, ist recht einfach zu erklären. Nehmen wir einmal an, eine physikalische Theorie (beispielsweise) habe sich endgültig bewährt. Dies könnte (beispielsweise) die Elektrodynamik sein. Nun ist es gerade diese physikalische Disziplin, die, wie keine andere, aus unserem alltäglichen Leben nicht wegzudenken ist. Ohne Elektrizität läuft fast überhaupt nichts. Und ohne die Radiowellen wäre unser Leben durchaus ein wenig ärmer. Aber auch das Licht zählt zu den physikalischen Phänomenen, die mit Hilfe der Elektrodynamik beschrieben werden. Diese physikalische Theorie entstand im 19. Jahrhundert und hatte sich bis heute bewährt. Die Indizien sind erschlagend. Keine Macht der Welt ist in der Lage, an der Richtigkeit der Elektrodynamik zu rütteln...

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Nun gibt es aber seit Ende des 19. Jahrhunderts Hinweise, dass es mit der unumschränkten Gültigkeit dieses Fachgebietes gar nicht so weit her ist. Als Stichwort möchte ich nur **Quantentheorie** erwähnen.

Und hier verlässt uns die Analogie zum Kriminalfall. Anders als im "wahren Leben", ist es in der Wissenschaft **nicht** üblich, noch einmal von vorn zu beginnen, "wenn irgend etwas nicht stimmt". Karl **Popper** (1902 - 1994) fordert aber - zumindest implizit - genau ein solches Vorgehen. Eine (z.B. physikalische) Theorie ist jederzeit **widerlegbar**, aber **nie** endgültig **beweisbar**. (Ob sich Popper aber der **Konsequenzen** einer solchen Haltung wirklich bewusst war, kann ich nicht einschätzen.)

Evolutionäre Erkenntnistheorie (II)

05.05.2000

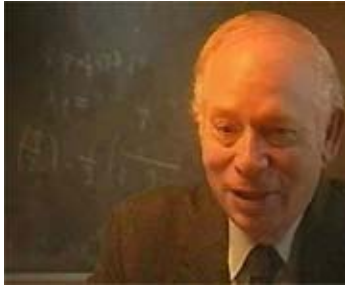
Zwei Auffassungen vom Erkenntnisprozess. Unüberwindbare Widersprüche oder nur Missverständnisse?

Die kritische Wahrheitssuche der Menschen hat ihre bisherigen Höhepunkt in den gegenwärtig so verlästerten Naturwissenschaften gefunden. Aber es muß

betont werden, daß auch die Naturwissenschaftler oft irren und aus ihren Irrtümern manchmal eine naturwissenschaftliche Mode gemacht wird. Alle Menschen sind fehlbar, und unsere Suche nach objektiver Wahrheit ist bedroht von unserer Hoffnung, sie bereits gefunden zu haben.

Diese Sätze schrieb Karl **Popper** anno 1984. Sie sind im Vorwort der vierten Auflage seines Buches "Objektive Erkenntnis - Ein evolutionärer Entwurf" nachzulesen. Diese Sätze bedürfen - für sich genommen - keines Kommentars. Mit Blick auf die aktuelle Physik jedoch kommt man nicht umhin, einschätzen zu müssen, dass solche - oder vergleichbare - Aussagen völlig ohne Einfluss auf die konkrete Forschung geblieben sind.

Nun möchte ich die "Gegenpartei" zu Wort kommen lassen. Hier handelt es sich um einen amerikanischen Physiker, der 1979 (zusammen mit zwei anderen Kollegen) mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurde. Gemeint ist Steven Weinberg, von dem 1992 ein Buch erschien, welches ab 1993 auch als deutsche Ausgabe mit dem Titel "Der Traum von der Einheit des Universums" erhältlich war. Im Kapitel "Wider die Philosophie" rechnet **Weinberg** (geb. 1934) u.a. mit den Philosophen im allgemeinen und den "Wissenschaftssoziologen" im besonderen ab.



Es ist schlicht und einfach falsch, aus der Beobachtung, daß die Wissenschaft ein sozialer Prozeß ist, den Schluß zu ziehen, daß das Endprodukt, unsere wissenschaftlichen Theorien, durch die an diesem Prozeß beteiligten sozialen und historischen Kräfte festgelegt werde. Eine Gruppe von Bergsteigern mag über den besten Weg zum Gipfel streiten, und ihre Argumente mögen durch die Geschichte und die soziale Struktur der Expedition bedingt sein, doch am Ende finden sie entweder einen geeigneten Weg zum Gipfel, oder sie finden ihn nicht, und wenn sie tatsächlich den Gipfel erreichen, werden sie den Weg kennen. ... Nach meiner festen Überzeugung entdecken wir in der Physik etwas Reales, etwas, das so ist, wie es ist, unabhängig von den sozialen oder historischen Bedingungen, die uns erlauben, es zu entdecken.

...Die Wissenschaftler selbst scheinen von diesen radikalen Kritikern der Wissenschaft kaum oder überhaupt nicht beeindruckt zu sein. Ich kenne keinen aktiven Wissenschaftler, der sie ernst nähme. Für die Wissenschaft stellen sie insofern eine Gefahr dar, als sie diejenigen beeinflussen könnten, die sich noch nicht in der Wissenschaft betätigt haben, besonders diejenigen, die

über die Finanzierung der Wissenschaft entscheiden, sowie neue Generationen von potentiellen Wissenschaftlern.

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Zwei ziemlich wahllos herausgegriffene Zitate. Und dennoch zeigen sie unterschiedliche Positionen, wie sie unterschiedlicher nicht sein können. In den folgenden Beiträgen werde ich versuchen, Sinn und Unsinn der einen oder der anderen Haltung offen zu legen. Vielleicht gelingt es mir, das Anliegen wissenschaftstheoretischer Überlegungen einigermaßen plausibel darzulegen.

Evolutionäre Erkenntnistheorie (III)

15.05.2000

Die Physiker sind also mehrheitlich der Auffassung, dass erkenntnistheoretische Überlegungen eher unnütz und sinnlos sind. Doch ganz so einfach sollte man es sich nicht machen, zumal es sich heutzutage bei der Forschung um einen sehr tiefgreifenden arbeitsteiligen Prozess handelt.

Im letzten Text kamen ein Philosoph und ein Physiker zu Wort. Dass es sich bei dem (physikalischen) Erkenntnisprozess irgendwie um einen Vorgang handelt,

bei dem aus Irrtümern und Fehlern gelernt wird, ist eine Einschätzung, die wohl beide Seiten teilen.

Die Physiker jedenfalls sind der Meinung, dass die Forschung - früher oder später - ihre selbst gesetzten Ziele erreicht. Und sollten irgendwelche Ziele "völlig unerwartet" einmal "später" (oder etwa gar nicht) erreicht werden, so kann es daran nur liegen, dass die für die Forschung nun einmal notwendigen Mittel nicht bereitgestellt wurden. Oder nicht bereitgestellt werden konnten. Oder dass die Mittel in die "falschen" Forschungsprojekte geflossen sind. Oder...

Welche Gründe man auch "finden" wird, eines ist absolut sicher: Am **beschrifteten Weg** der Erkenntnisgewinnung liegt es mit Bestimmtheit **nicht!** Und damit möchte ich noch einmal den Nobelpreisträger **Weinberg** zu Wort kommen lassen (Der Traum von der Einheit des Universums, S. 194):

Die "Verhandlungen" über Veränderung der wissenschaftlichen Theorie werden weitergehen, und Wissenschaftler werden aufgrund von Berechnungen und Experimenten immer wieder die Meinung ändern, bis sich schließlich die eine oder Auffassung unverkennbar als objektiver Erfolg herauschält. Nach meiner festen Überzeugung entdecken wir in der Physik etwas Reales, etwas, das so ist, wie es ist, unabhängig von den sozialen oder historischen Bedingungen, die es uns erlauben, es zu entdecken.

Diese Sätze sind recht interessant. Zum einen wurden sie von einem kompetenten Physiker formuliert, zum zweiten dürfte diese darin enthaltene Grundhaltung typisch sein für die Ansichten der Fachwissenschaftler überhaupt, und zum dritten sind es konkrete Aussagen, denen man mit konkreten Argumenten begegnen kann. Die in diesen Sätzen zum Ausdruck kommende Haltung lässt sich vielleicht folgendermaßen systematisieren:

1. Die Theorie nähert sich - durch Gegenüberstellung von Theorie (Berechnung) und Praxis (Beobachtung, Messung) immer mehr der Wahrheit. Irrtümer werden sukzessive herausgefiltert.
2. Gegenstand der (hier physikalischen) Forschung ist objektiv real.
3. Der konkrete **historische Verlauf** der Entwicklung einer Wissenschaft (hier der Physik) hat **langfristig** keinen Einfluss auf die **Ergebnisse** der Forschung.
4. Die gesellschaftlichen Bedingungen und gesellschaftlichen Strukturen von Lehre und Forschung behindern die Objektivität der Forschungsergebnisse **langfristig** keineswegs.

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Beginnen wir bei der ersten These, Hier herrscht grundsätzlich Konsens. Mit "Versuch und Irrtum" könnte diese Vorgehensweise umschrieben werden. Hypothesen und Theorien werden solange verworfen oder modifiziert, *"bis sich schließlich die eine oder Auffassung unverkennbar als objektiver Erfolg herauschält"*.

Das Problem aber: Was ist ein "objektiver Erfolg"? Und: Wer befindet darüber, was als Erfolg zu werten ist und was nicht? Am Beispiel der Elektrodynamik sei dies näher erläutert.

Evolutionäre Erkenntnistheorie (IV)

30.05.2000

Es ist durchaus möglich, dass der Begriff der evolutionären Erkenntnistheorie leicht zu Missverständnissen und Fehlinterpretationen führen kann. Auf Aspekte dieses Sachverhaltes gehen die folgenden Ausführungen ein.

Wenn behauptet wird, dass die Lebens- und Überlebens-Chancen des Individuums, der Population oder der Art von seiner/ihrer Anpasstheit an die Umwelt abhängen, so lässt diese Aussage einen gewaltigen Interpretationsspielraum zu. Dieser Satz ist so allgemein gehalten, dass man nicht besonders viel damit

anfangen kann.

Andererseits hindert uns jedoch kein Mensch daran, den Begriff der **Evolution** - von den biologischen Prozessen gelöst - auf Vorgänge anzuwenden, die auch einer **Entwicklung** unterliegen. Vielleicht ist es eine Definitionsfrage, von **evolutionären Prozessen** in irgendwelchen anderen Zusammenhängen zu sprechen (anderes Stichwort: **Selbstorganisation**).

Und einen möglichen "anderer Zusammenhang" finden wir im (menschlichen) **Erkenntnisprozess**. Auch hier sollte man differenzieren und abgrenzen, um nicht ins Uferlose abzugleiten. Sicherlich ist es auch für Gemeinschaften auf der Stufe der "Jäger und Sammler" überlebensnotwendig, sich "angemessen" zu verhalten. Dies setzt einen gesellschaftlichen und individuellen Lernprozess voraus. Doch darum geht es hier nicht.

Vom wissenschaftlichen Erkenntnisprozess ist die Rede. Wenn man nun behauptet, es handele sich hierbei möglicherweise um einen **evolutionären Prozess**, so sollte man diese Aussage schon etwas genauer erläutern.

Das Ziel der Forschung nun einmal ist es, Informationen zu sammeln. Zunächst. Dann wäre es vielleicht nicht schlecht, ist man in der Lage, diese Informationen in ein systematisches Gewand zu kleiden, welches **Theorie** genannt wird.

Nehmen wir beispielsweise die astronomischen Verhältnisse, so ist es - erst einmal - angemessen und legitim, die Bewegung der "himmlischen Objekte" auf unseren subjektiven egozentrischen Standpunkt zu beziehen, der sich als geozentrisches "Welt"-Bild im Ptolemäischen System in mathematischer Vollendung wiederfand.

Die bekannten Relationen zwischen den astronomischen Konstellationen und dem Kalender schließlich sind **unabhängig** von der "Richtigkeit" des allgemein akzeptierten "Welt"-Bildes. Und es gab eine Zeit, da erhöhte es mit Sicherheit nicht die individuelle Überlebens-Chance, wenn man von der Richtigkeit eines **anderen** Systems überzeugt war und diese Überzeugung auch noch öffentlich verkündete.

Giordano **Bruno** endete auf dem Scheiterhaufen. Selbst, wenn Bruno widerrufen hätte und eventuell am Leben geblieben wäre, so hätte das geozentrische "Welt"-Bild **nicht** bis in unsere Tage überlebt.

Theorien "sterben", wenn sie sich nicht auf Dauer bewähren konnten. Und nun kommen wir zu einigen entscheidenden Fragen:

1. **Was heißt "auf Dauer bewähren"?**
2. **Was heißt wissenschaftliche Erkenntnis?**
3. **Was bedeutet Wahrheit?**
4. **Setzt sich die Wahrheit letztendlich tatsächlich durch?**

Handelt es sich bei dem wissenschaftlichen Erkenntnisprozess mithin um einen **evolutionären Vorgang**, bei dem unser theoretisches Wissen über die objektive Realität (vorausgesetzt, wir nehmen den Standpunkt ein, dass es eine solche objektive Realität gibt) einen immer höheren Grad an Objektivität erfährt und sich von subjektiven, historischen und gesellschaftlichen Einflüssen immer unabhängiger macht?

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Der Begriff der Evolution ist - so scheint es - zu sehr vorbelastet, so dass man eher von einem iterativen Vorgehen sprechen sollte, geht es um die Erkenntnistätigkeit.

Von allem unberührt scheint die Tatsache zu sein, dass die Überlebens-Chancen der "Menschheit" nicht unbedingt mit dem Grad der Adäquatheit der wissenschaftlichen Erkenntnisse korreliert sind.

Der blinde Fleck

24.08.2000

Die richtigen Fragen zu stellen ist erheblich schwieriger, als diese Fragen dann zu beantworten.



Jedes Weltbild, es mag noch so unvollkommen sein, suggeriert den Eindruck innerer Geschlossenheit. Daraus aber erwächst für den Forscher die Gefahr, dass sich bei ihm ein Wahrnehmungsdefekt ausbildet, eine Art "blinder Fleck", der ihm die bestehenden Wissenslücken verdeckt. ... Ich möchte Ihnen das an einer Erfahrung verdeutlichen, die sicher der eine oder andere von Ihnen auch schon einmal gemacht hat, wenn ihm ein altes Lexikon oder Lehrbuch aus Großvaters Zeiten in die Hände fiel. ... Wirklich interessant wird die Lektüre aber in dem Augenblick, in dem man nach Gründen zu suchen beginnt, aus denen man auf die uns geläufigen Antworten damals nicht gekommen war. Bei der Suche kann nämlich regelmäßig eine sehr erstaunliche Erfahrung machen: In den meisten Fällen stellt sich heraus, dass die Probleme nicht deshalb ungelöst blieben, weil ihre Lösung zu schwierig gewesen wäre, sondern deshalb, weil sie als Probleme überhaupt nicht gesehen wurden. Anders ausgedrückt: Die meisten Antworten wurden nicht gefunden, weil man die Fragen, die zu ihnen hätten führen können, erst gar nicht gestellt hatte.

Diese Aussagen sind erstens schon sehr betagt aber auch recht aufschlussreich. Hoimar v. Ditfurth (1921 - 1989) äußerte jene Sätze im Jahr 1973 in einem Vortrag.

Die folgenden Ausführungen entnehmen wir einem Buch eines anderen Autors:



Das Weltbild der Menschen jeder Epoche ist grundsätzlich von lückenloser Geschlossenheit. Zu keiner Zeit hielten sich die Menschen für allwissend, aber sie erkennen gewöhnlich auch nicht die Dimensionen der eigenen Ignoranz. Was sie nicht wissen, erscheint ihnen nicht als Loch, das in ihren Kenntnissen gähnt (die größten wissenschaftlichen Entdeckungen begannen in der Regel damit, dass man solche "Löcher" überhaupt erst feststellte).

Diesen Text schrieb 1979 der als Science-Fiction-Autor bekannte polnische Schriftsteller Stanislaw Lem (1921-2006) im Vorwort zu seinem Buch Summa technologiae.

Es ist doch interessant, dass zwei wirklich verschiedene Autoren völlig unabhängig (davon kann man wohl ausgehen) zu einem fast identischen Ergebnis gekommen sind. Bestimmte Einsichten liegen geradezu auf der Hand, zumindest dann, wenn der Blickwinkel nicht durch allzu weitgehende Spezialisierung arg eingeschränkt ist.

Es erhebt sich somit die Frage (zumindest, wenn man nicht blind ist für das Erkennen von Zusammenhängen, die das einzelwissenschaftliche Forschungsgebiet überschreiten), ob die aktuellen Forschungsgebiete und -themen die wirklich relevanten sind, jene nämlich, die dem Erkenntnisfortschritt tatsächlich dienen.

Im Beitrag Wissen ist die treibende Kraft ging es um ein vergleichbares Anliegen.

Zwei Problempunkte meiner Meinung nach sind die entscheidenden:

1. Die Überschätzung des aktuellen Kenntnisstandes
2. Die Unfähigkeit, zu erkennen, was für die aktuelle und künftige Forschung wirklich wichtig ist.

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Die Realität und deren Interpretation

24.09.2000

Unser Zugang zur Realität ist grundsätzlich ein indirekter. Dies hat Konsequenzen.

Die Aussagen der modernen Wissenschaften - speziell der Physik - sind teilweise recht weitreichend. So "weiß" man beispielsweise mit ziemlicher Sicherheit, wie das Universum entstanden sein muss.

Die Folgerungen aus den Theorien werden immer indirekter - und an Konsequenzen immer reicher. Die "dunkle Materie" in galaktischen und kosmischen Dimensionen ist eine davon. Viele Dinge "existieren" nicht durch eine **direkte** Beobachtung (hier wäre zu klären, wie "direkt" unsere Erfahrungen über "die Welt" überhaupt sein können), sondern durch indirekte Schlussfolgerungen aus bestehendem Wissen.

Letztlich läuft es darauf hinaus, dass es eine interpretationsfreie Beobachtung und Messung überhaupt nicht gibt - nicht geben kann. Dies tritt zwar im Rahmen der modernen Physik besonders deutlich in Erscheinung, ist aber nicht grundsätzlich neu.

Schon bei der Erfassung der Realität im täglichen Umgang mit ihr haben wir es immer mit - angeborenen und erlernten - Formen der **Interpretation** der Sinneseindrücke zu tun.

Wir nehmen "die Welt" nicht so wahr, wie sie **ist**, sondern so, wie wir sie im Rahmen unserer Möglichkeiten wahrnehmen **können** . Das ist genau genommen alltägliche Erfahrung.

Auch die Philosophen haben sich dieses Themas angenommen - seit Jahrtausenden schon. Dies führte zu den verschiedensten Auslegungen bis hin zur Leugnung der Realität als solche oder zu dem unerkennbaren "Ding an sich" eines Immanuel Kant. Auch die pragmatische Sichtweise kam zu ihrem Recht. Wenn wir die Realität schon nicht wirklich **erfahren** können, so haben wir immerhin die Möglichkeit, unsere Kenntnisse mehr oder weniger erfolgreich **anzuwenden**.

Betrachtet man die Erkenntnisse der Quantenphysik, so scheint der pragmatische Standpunkt voll zum Tragen zu kommen. Man **versteht** zwar nicht so recht, was im Bereich der "Quantenobjekte" wirklich geschieht, aber man kann das gegebene Wissen in Gestalt mathematischer Modelle sehr erfolgreich **anzuwenden** .

Das Problem aber: Wenn es gewisse Unsicherheiten gibt (nur ein unverbesserlicher Ignorant dürfte dies bestreiten), so sollte man große Vorsicht walten lassen, wenn man den unmittelbaren Erfahrungsbereich verlässt. Bereits die Dynamik der Galaxien ist im Rahmen der "direkten" astronomischen Beobachtung nicht recht verständlich, wenn wir unsere vorhandenen Kenntnisse (klassische Mechanik, Relativitätstheorie und anderes astrophysikalisches Wissen) zu Rate ziehen. Hier gibt es zwei Möglichkeiten, die Beobachtungstatsachen zu interpretieren:

1. Die bisherigen Theorien müssen revidiert werden.
2. Da sich die traditionellen Theorien "endgültig" bewähren konnten, kann man nur zu dem Schluss gelangen, dass es neben der mit herkömmlichen Mitteln nachweisbaren Materie noch andere Massen geben muss, deren Existenznachweis in diesem Fall ein **indirekter** ist.

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Die Wissenschaft geht grundsätzlich den zweiten Weg. Kein Mensch kann aber sagen, ob dies der richtige Weg ist, es sei denn, die "dunkle Materie" wird noch auf andere Weise unabhängig nachgewiesen. Meines Wissens sind bislang noch keine Erfolge zu verzeichnen.

Zwei Welten

01.10.2000

Irgendwie scheint die Welt zweigeteilt zu sein. Hier ICH - und dort draußen der Rest der Welt. Dort der Himmel mit seinen eigenen Gesetzen - und hier die von uns (scheinbar) direkt erfahrbare Realität.

Hier das Licht - und dort die Finsternis.
Hier die Wärme - und dort die Kälte.

Die Naturwissenschaften konnten einige Dinge klären. So ist - das weiß nun jeder - Dunkelheit die Abwesenheit von Licht. Und Kälte ist die Abwesenheit von Wärme.

Nicht nur dies: So erscheint die - einstmals - **qualitative** Kluft zwischen "verschiedenen" Erscheinungen lediglich als **quantitative** Abstufung **eines** Phänomens. Und spätestens seit Isaac **Newton** gelten im (astronomischen) Himmel und im "irdischen Jammertal" die gleichen physikalischen Gesetze (der "theologische Himmel" bleibt davon unberührt).



Nur mit dem Gegensatz von Geist und Materie tut man sich immer noch schwer. So richtig vorangekommen ist man hier immer noch nicht. Doch glaubten einige "Ketzer" bereits im 18. Jahrhundert, der Lösung ziemlich nahe zu sein. Für Julien Offray de La **Mettrie** (1709-1751, siehe Bild) ist "Der Mensch eine Maschine". (Dies ist der Titel seines Hauptwerkes). Nun wissen wir heute, dass die Sache nicht ganz so einfach ist, wie man es einstmals dachte. (Der "mechanistische Materialismus" wurde in die Schranken gewiesen.)

Ausschließlich in den Naturwissenschaften - insbesondere in der Physik - hat man den Dualismus überwunden. Sollte man denken.

Leider ist dem nicht so. Seit nunmehr fast einhundert Jahren "existieren" mindestens **zwei Welten**: Die Welt der klassischen Physik und die Welt der Quanten beispielsweise.

So können wir in den **Physikalischen Blättern** (Heft 10/2000, S. 65) nachlesen (Dr. **Bader** , Physiklehrer und Lehrbuchautor aus Ludwigsburg):

Nur am Rande erfahren die Schüler, dass hier [im Bereich der Quanten, W.N.] *völlig neue Gesetze* walten; man vergeudet viel Zeit und Überzeugungskraft, den Entweder-oder-Dualismus [Hier ist der Dualismus-Begriff etwas anders, mehr technisch, zu verstehen, W.N.] "Welle-Teilchen" glaubhaft zu machen. (...)Vor allem soll im 13. Schuljahr die in der klassischen Physik bewährte Anschauung zurücktreten. Die Schüler sollen erfahren, dass Quantenphysik abstrakt ist, kein "unscharfes" Anhängsel der klassischen Physik.

Also: Die Quantenphysik ist durch "*völlig neue Gesetze*" gekennzeichnet; und anschaulich sind diese Gesetze schon gar nicht.

Und hier haben wir ihn wieder (eher immer noch) diesen Dualismus: Es gibt eine unüberwindbare Grenze, welche die Welt der (abstrakten und unverständlichen) Quanten von der Welt der dem "gemeinen Verstand" durchaus zugänglichen klassischen Physik scheidet.

Lassen wir uns von den (vermeintlichen) Erfolgen der modernen Physik nicht beirren, so haben wir (wenn wir es denn wollen) nur zwei Möglichkeiten, diesen Dualismus zu

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

überwinden: Entweder es gelten "*völlig neue Gesetze*", dann aber - hier sollte man konsequent sein! - für die **gesamte** Physik. Oder aber die "*völlig neuen Gesetze*" der Quantenobjekte erweisen sich als Hilfskonstruktionen, die bestenfalls zur quantitativen Modellierung taugen, aber nicht als Erkenntnisse betrachtet werden dürften. Und: Abstrakt ist nicht die (Quanten)Physik, sondern es sind die Modelle, die man zur **Beschreibung** der quantenphysikalischen Zusammenhänge zur **Anwendung** bringt. Dies ist vielleicht nicht ganz so schlimm. Weniger akzeptabel erscheint mir die Tatsache, dass man diese Modelle als die **einzige** Beschreibungsform der Quanten-Realität betrachtet. Wenn dem aber so ist, so sind ungezügelten Spekulationen Tür und Tor geöffnet, und das Irrationale findet Einzug in die - nun nicht mehr ganz so exakte - Wissenschaft Physik.

Mathematik und Erkenntnis

11.10.2000

Die Anwendung mathematischer Methoden entscheidet darüber, ob eine Wissenschaft den Naturwissenschaften zugerechnet werden kann.

Die Naturwissenschaften hingegen beschäftigen sich ausschließlich mit Dingen, die der quantitativen Analyse zugänglich sind, und daher ist die Mathematik die geeignete Sprache für sie. ...Mathematik ist die Sprache der Naturwissenschaften, weil wir den Begriff "Naturwissenschaften" auf all das beschränken, was sich mathematisch behandeln lässt. Wenn etwas nicht zumindest bis zu einem gewissen Grad mathematisch fassbar ist, ist es keine Naturwissenschaft.

Jene Sätze (und vieles mehr) sind nachzulesen im Buch **Das Ende der Physik** von David **Lindley** (deutsche Fassung 1994 bei Birkhäuser). Diese Aussage eines Physikers dürfte - erstens - wohl repräsentativ für die Einstellung der Mehrheit der Physiker zu sein und erscheint mir - zweitens - als eine sehr gefährliche Haltung, die allerdings auf eine etwa vierhundertjährige Tradition verweisen kann.

Gefährlich aus einem ganz einfachen Grund: Einerseits beanspruchen die Naturwissenschaftler für sich, die "einzig wahre Welterkenntnis" liefern zu können; doch andererseits betrachtet man "die Welt" aus einem derart eingeschränkten Blickwinkel, dass vom einstigen aufklärerischen Anspruch kaum noch etwas übrig

bleibt. Und schließlich, nähme man den überzogenen Anspruch der Physiker ernst, wären weite Bereiche der Biologie - zum Beispiel - kaum den Naturwissenschaften zuzurechnen.

Ich glaube nicht, dass die Einstellung **Lindley** s ein einmaliger Ausrutscher in der Physik-Szene ist, wenngleich selten in dieser Schärfe und Eindeutigkeit artikuliert.

Selbst wenn man die quantitative mathematische Modellierung der Natur-Phänomene als **Ziel** anstrebt (ich persönlich möchte da einige Zweifel anmelden), so bliebe immerhin noch das "qualitative Zwischenstadium" zu akzeptieren, welches jede wissenschaftliche Analyse wohl durchlaufen hat und auch durchlaufen muss. Und schließlich sollte man hinter den mathematischen Relationen nicht die **Realität** aus den Augen verlieren, zu deren **Beschreibung** jene doch **dienen** sollten. Hier kommt man nicht umhin, zumindest auf die Physik bezogen, zu konstatieren, dass sich die Mathematik vom **Hilfsmittel** zum **Selbstzweck** entwickelt hat.

Dies hat weitreichende Folgen. Die Verselbständigung der mathematischen Abstraktionen führt u.a. zu nicht mehr kontrollierbaren Phantasiekonstrukten in der Physik. Und die damit einhergehende Einschränkung des Blickwinkels (Stichwort: **Spezialisierung**) erschwert es immer mehr, die wirklich wichtigen **Fragen** und **Zusammenhänge** zu entdecken, ohne welche die naturwissenschaftliche Forschung zur "toten", sich selbst genügenden und letztlich gesellschaftlich irrelevanten

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Tätigkeit wird.

Das Argument, dass die allseits bekannten technischen Errungenschaften meine Behauptungen Lügen straft, zieht nicht. Noch zehrt die Technik von den Erkenntnissen des 19. Jahrhunderts und des beginnenden 20. Jahrhunderts. Es sieht so aus, dass wir eine Grenze erreicht haben, die dem technischen Fortschritt mit den derzeit **gegebenen** Erkenntnissen gesetzt ist.

Vielleicht ist das auch gut so.

Begriffe

14.10.2000

Die Physik und die Verwendung undefinierter Begriffe. Welche Konsequenzen hat das?

Analysiert man Aussagen von Politikern, so handelt man sich enorme Probleme ein. Meist gibt es nicht geringe Schwierigkeiten, aus Politikertexten einen **Inhalt** herauszufiltern. Ist beispielsweise aus irgend einer politischen Ecke aus irgend einem Anlass vom "drohenden Sozialabbau" die Rede, so stelle ich mir (in meiner unverbesserlichen Naivität) die Frage, was mit "Sozialabbau" denn **konkret** gemeint sein könnte.

Steige ich tiefer in die Problematik ein (oder versuche es wenigstens), so werde ich mit einem kaum noch überschaubaren Netz von gesellschaftlichen Abhängigkeiten konfrontiert, von dessen Verständnis ich "unendlich" weit entfernt bin. (Nicht mein augenblickliches Thema.)

Aber Worthülsen, gleich welcher Schattierung, "verkaufen" sich anscheinend recht gut. Oder auch nicht. Je nach dem. Der Wähler hat ja die Wahl. So er denn

wählt.

Das "Schöne" eben ist, schwammige Begriffe lassen einen gewaltigen Interpretationsspielraum zu. So ist es auch gewollt. Man **bezweckt** eben etwas. Und die Zielgruppen kennt man ebenfalls. Man spricht Emotionen an - nicht den Verstand. Zumindest versucht man dies. Und es funktioniert im Allgemeinen auch ganz gut. (Ob das aber wirklich gut ist, darf bezweifelt werden.)

Der schlampige Umgang mit der Sprache spielt im alltäglichen Alltag nicht die ganz große Hauptrolle. Irgendwie kommt man schon klar. Mal besser - mal schlechter. Da ist es doch tröstlich, wenn man weiß, dass in den Wissenschaften die verwendeten Begriffe **exakt** definiert sind und voneinander **streng abgegrenzt** verwendet werden. Wie sonst wären saubere Aussagen möglich. Von den Aussagen der Wissenschaftler hängt ja einiges ab. Ein ganzes "Welt"-Bild beispielsweise. Und der Einsatz der - oft nicht unbeträchtlichen - Gelder für die wichtigen Forschungsprojekte ebenso.

Wer solches annimmt, liegt leider völlig falsch. Wer die Mühe nicht scheut, über die Grundbegriffe der Physik nachzudenken, erlebt ein klägliches Fiasko. Es klingt unglaublich, und dennoch ist es wahr: Alle Begriffe der klassischen Mechanik beispielsweise (hier finden wir die historische und logische Basis der Physik) werden undefiniert verwendet oder gehen aus Zirkeldefinitionen hervor. Ich möchte hier nur als besonders krasses Beispiel den Massenbegriff nennen. (Ausführlicher dazu in meinem DPG-Beitrag von 1998).

Selbst kompetente Kritiker aktueller Schulweisheit finden dies nicht sonderlich schlimm. Man kennt es ja nicht anders. Und, was "schon immer so war", soll "auch immer so bleiben". An altbewährten Dingen hat man nicht herumzumäkeln.

Das mag stimmen, solange wir über den altbewährten und altbekannten Gartenzaun nicht doch einen ganz kleinen Blick in die "große weite Welt" riskieren. Hier könnten sich unsere altbewährten Denkgewohnheiten - auch die wissenschaftlichen - als unzulänglich erweisen.

Wo der "Gartenzaun" unseres "Welt"-Bildes endet, ist schwerlich abzugrenzen. Jedenfalls beginnen die Unsicherheiten mit Sicherheit bereits jenseits unseres Sonnensystems. Und wenn wir einen Blick über unsere Galaxis hinaus in die Tiefen des Weltalls wagen, so sollten wir mit Schlussfolgerungen nicht gar zu großzügig umgehen. Und wenn wir das **Universum** (schon die Anwendung **dieses**

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Begriffes birgt Probleme) zum Gegenstand unseres Denkens machen, so riskieren wir durchaus, uns der Lächerlichkeit preiszugeben.

Meiner Meinung nach gibt es nur zwei Menschengruppen, die bei der Definition von Begriffen **vor derenAnwendung** (fast) keine Kompromisse dulden (doch selbst hier gibt es Schwierigkeiten): Die Juristen und die Mathematiker. Die Physiker gehören leider nicht dazu!

Alice im Wunderland

02.11.2000

Was haben Alice im Wunderland und die Wissenschaft gemeinsam? - Viel nicht. Oder vielleicht doch ein ganz klein wenig?

"... und ich wäre dir dankbar, wenn du nicht dauernd so schnell verschwinden und wieder auftauchen würdest. Das macht einen ja ganz schwindlig!"
"In Ordnung", sagte die Katze, und diesmal verschwand sie ganz langsam, zuerst das Schwanzende und zum Schluss das Grinsen, das noch einen Augenblick in

der Luft hing, als der Rest schon nicht mehr zu sehen war.

"Also so was! Ich habe schon häufig eine Katze ohne Grinsen gesehen", dachte Alice, "aber ein Grinsen ohne Katze! Das ist wirklich das Kurioseste, was mir in meinem ganzen Leben begegnet ist!"

Nun ist der kleinen Alice - wer kennt sie wohl nicht (und sie dürfte mittlerweile fast 150 Jahre alt sein) - im Wunderland reichlich Wundersames passiert. Interessanterweise bin ich auf diese Textpassage irgendwann einmal durch ein Wörterbuch der Philosophie aufmerksam geworden.

Nun könnte man meinen, dass "Alice im Wunderland" und die Philosophie nicht besonders viel gemeinsam haben. Aus diesem Grund zitiere ich nun einen Text aus besagtem Wörterbuch ("Wörterbuch der Philosophie" von R. Hegenbart, 1984 München, Stichwort **Zeit**):

Gegenpol: -> Raum, höchste Abstraktion des (Vor- und) Nacheinander von Ereignissen. Der Begriff Zeit widerspiegelt die formal quantitative Seite des Nacheinanders, im Unterschied zu dem der Veränderung, der die inhaltlich qualitative Seite darstellt... Die u. a. bei -> Newton auftretende Frage, ob die Zeit absolut ist, d.h. auch "vergeht", wenn nichts da ist, was sich verändern könnte, ist eine Folge der hohen Abstraktionsstufe und der sprachlichen Formulierung: Zeit ist ein sehr selbständiger Begriff; dieser scheint daher auf einen ebenso selbständigen Gegenstand zu verweisen. Betrachtet man die Z. noch etwas konkreter als Nacheinander, so wird zweifelhaft, ob das unabhängig von Ereignissen sein kann, die sich einander als Vorher-Nachher zuordnen lassen. L. Carroll läßt in seiner Geschichte "Alice im Wunderland" eine stark lächelnde Katze auftreten, die ganz allmählich, Stück für Stück, verschwindet. Zuletzt bleibt nur das Lächeln zurück.

Alle Veränderungen "hängen" an der Zeit.

Ich habe keine Zeit.

Die Zeit vergeht.

Die Zeit also **ist** etwas. Etwas sehr Mysteriöses obendrein. Und im sprachlichen Umgang tun wir so, als wäre sie etwas von uns und der materiellen Realität völlig Unabhängiges. Dies kommt formal in der Physik beispielsweise dadurch zum Ausdruck, dass sie in den Gleichungen in denen sie auftritt, als "unabhängige Variable" fungiert. Und alle "zeitabhängigen" Prozesse gelten als "determiniert" dergestalt, dass der Systemzustand zu **einem** beliebigen Anfangszeitpunkt eindeutig **alle** Systemzustände **zu allen Zeiten** in "Vergangenheit" und "Zukunft" bestimmt. Der Zufall hat - zumindest prinzipiell - keine Chance.

Nun wissen wir aus der Praxis, dass dem mit Sicherheit **nicht** so ist. Auch in der Quantenphysik hatte man sich - noch im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts - sehr kontrovers mit der Problematik der "Indeterminiertheit der Quantenobjekte" auseinandergesetzt. Selbst **Einstein** war der Überzeugung: "Gott würfeln nicht."

Es würde wohl zu weit führen, in einem kurzen Beitrag, alle Aspekte auch nur anzudeuten. Doch könnte das Erlebnis der kleinen Alice einige sonst schwerer fassbaren Zusammenhänge veranschaulichen.

Das meiner Meinung nach sehr schwerwiegende Problem liegt in der Verselbständigung bestimmter Begriffe (Raum, Zeit, Kraft) besonders in der Physik. Hier werden diese Begriffe, vom realen Geschehen völlig losgelöst, als eigenständige Wirklichkeiten betrachtet. Dies ist meiner Überzeugung nach die Quelle für äußerst schwerwiegende Fehler im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess.

Im Alltag haben wir sicherlich keine Probleme damit. Doch wagen sich die Wissenschaftler in Bereiche (kosmische Strukturen auf der einen Seite und subatomare auf der anderen), die mit unserer unmittelbar erlebbaren Erfahrung recht wenig gemein haben. Da "weiß" man mit ziemlicher Präzision wie groß und wie alt das Universum ist. Und vieles andere weiß man ebenfalls.

Man sollte skeptisch sein.

Ich kann mir nicht helfen, wenn ich bestimmte Erkenntnisse der modernen Wissenschaften zur Kenntnis nehme, muss ich unwillkürlich an "Alice im Wunderland" denken. Dort verschwindet eine grinsende Katze und lässt zum Schluss für kurze Zeit nur noch das Grinsen zurück (ohne Katze).



Lewis Carroll
1832 - 1898

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Im Wunderland ist das wohl möglich. Aber in der Realität?...

Wer das Thema nicht gar zu langweilig findet, der kann hier weiter lesen:

- Der Pygmalion-Effekt
- Zufall und Notwendigkeit
- Wieso weiß die Uhr, wie spät es ist?

Das Experiment und die Wahrheit

19.11.2000

Experimente (und Beobachtungen) entscheiden über die Richtigkeit von Hypothesen und Theorien. Wenn es denn wirklich so einfach wäre!

Da gibt es eine Reihe von Forschungsprojekten, die sich irgendwie mit Fragen befassen, deren Antworten - zunächst - für den Durchschnittsbürger von ziemlich zweitrangiger Bedeutung sind. Das war in der Vergangenheit fast immer so. Es gab nur wenige Entdeckungen, die in kurzer Zeit von der Erkenntnis zur praktischen Nutzenanwendung sich entwickelt haben. Die Entdeckung der Röntgenstrahlen bildete eine der nicht gerade häufigen Ausnahmen. Wilhelm Conrad **Röntgen** (1845-1923, Bild rechts) entdeckte 1895 die später nach ihm benannten Strahlen. Und für diese Entdeckung erhielt er 1901 (nach nur sechs Jahren - es ging damals unglaublich schnell!) den Nobelpreis für Physik. Dies war die erste Preisverleihung überhaupt.



Doch weitaus schneller noch reagierte die Industrie. Schon wenige Monate nach der Entdeckung der "X-Strahlen" wurde bei **SIEMENS** die erste Röntgenanlage gebaut. Hier lag allerdings die mögliche Nutzenanwendung des Phänomens geradezu auf der Hand. So war es denn auch die Hand seiner Frau (Bild links), von der **Röntgen** höchstselbst am 22. Dezember 1895 eine "Röntgenbild" erhielt.

Wie dem auch sei, der Weg von einer - unvorhergesehenen und oft unvorhersehbaren - Entdeckung bis zur praktischen Nutzenanwendung war und ist im allgemeinen weitaus länger und auch langwieriger. (vgl. [Die Forschung und der Nutzen](#)). Und so kann man wirklich nicht erwarten - und man darf es auch nicht -, dass die Grundlagenforschung von vielleicht möglichen, eventuell in ferner Zukunft liegenden, Nutzenanwendungen sich leiten lässt.

Hier allerdings taucht das Problem auf (vgl. [Wer soll das bezahlen?](#)), dass der Aufwand der Experimentalphysik im allgemeinen mit den vor hundert Jahren noch üblichen Laborforschung nicht vergleichbar ist.

Und zu den Großprojekten der Experimentalphysik gehören nun einmal die Beschleuniger und Speicherringe. Diese Anlagen haben heutzutage gewaltige Ausmaße erreicht und dienen **ausschließlich** der Erkenntnisgewinnung. Zwei europäische Zentren der Teilchenphysik seien hier beispielsweise, stellvertretend für alle anderen, genannt: Das **Deutsche**

Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg sowie das **CERN** (ursprünglich: Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, offizieller Name jetzt: **Organisation européenne pour la recherche nucléaire**) bei Genf.

Und um letzte "Organisation" soll es in den nachfolgenden Ausführungen gehen. So erreichte den interessierten Leser am 8. November des Jahres 2000 - auf den

Tag genau 105 Jahre nach der denkwürdigen Entdeckung der "X-Strahlen" durch **Röntgen** - die Meldung, dass man am CERN die Suche nach den "Higgs-Bosonen" eingestellt habe (Quelle: rp-online). Der LEP-Beschleuniger wurde abgeschaltet. Hier war man auf der Suche nach den so genannten Higgs-Bosonen, wichtiges Glied des "Standardmodells" der Teilchenphysik.

Die Versuche wurden abgebrochen, **obwohl** man weder eindeutig den Nachweis erbracht hatte, dass es diese "Dinger" gibt, noch, dass sie **nicht** existieren! (Und außerdem: die Amerikaner machen ja am Fermi-Lab weiter.)

Die alles **entscheidende** Frage im jetzigen Zusammenhang: Wann ist **eindeutig entschieden** - und von **wem** wird entschieden -, ob ein Experiment erfolgreich oder erfolglos (im Sinne der Theorie) war? - Das hier angeführte Beispiel zeigt, dass diese Frage nicht immer eindeutig und objektiv beantwortbar ist. Einerseits scheint es verantwortungslos, ein Projekt vorzeitig abzubrechen, ebenso verantwortungslos ist es sicherlich, unnötige Mittel in eine nicht erfolgversprechendes Vorhaben zu investieren. Ich mag darüber nicht vorschnell urteilen.

Was jedoch haben nun die Röntgenstrahlen mit den gewaltigen Teilchenbeschleunigern am **CERN** zu tun?

Nicht viel. Die X-Strahlen wurden zufällig entdeckt. Und **Röntgen** begann anschließend mit einer genauen Untersuchung des Phänomens und erkundete die Eigenschaften der neuen unsichtbaren Strahlen. Die Frage nach der Wahrheit wurde nicht gestellt. Es galt ja nicht, eine Theorie zu beweisen oder zu widerlegen (das Widerlegen fällt ohnedies weitaus schwerer als das Bestätigen).



Da hatte Heinrich **Hertz** ab 1886 schon mit anderen Problemen zu kämpfen, als es galt, die elektromagnetischen Wellen nachzuweisen. Hier gab es bereits die **Maxwell** sche Theorie des elektromagnetischen Feldes. Und die **Hertz**schen Versuche brachten den - **endgültigen!** - Beweis für die Wahrheit der zugrundeliegenden Theorie. An diesem Wahrheitsgehalt konnten auch andere Experimente nicht rütteln, die den Weg wiesen in die "Quanten-Realität". Experimente waren dazu da, Voraussagen der Theorien auf ihren Wahrheitsgehalt hin zu überprüfen.

Und die Experimente der Teilchenphysiker sind eine Steigerung dessen, was vorher die Experimentalphysik zu bieten hatte und hat.

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Welche Steigerungen wird man sich somit noch einfallen lassen, wenn die bisherige Technik versagt und nicht in der Lage ist, weil "zu klein", eindeutige Resultate zu bringen? Irgendwann "geht es nicht mehr weiter". Ist dann das "Ende der Physik" erreicht? Ich habe dabei ein ungutes Gefühl. Irgend etwas stimmt hier nicht.

Doch was zählen schon subjektive "Gefühle"! Aber darüber, was - im naturwissenschaftlichen Sinne - "Wahrheit" bedeutet, sollte man durchaus bereit sein nachzudenken. (Vielleicht komme ich in einem künftigen Text auf dieses Thema noch einmal zurück.)

Erkenntnis und Wahrheit

Aussagen können wahr oder falsch sein. Einfacher geht es nicht. In der Physik sieht man dies anscheinend völlig anders.

Im alltäglichen Sprachgebrauch hat man es im allgemeinen mit dem Begriffspaar **Wahrheit** und **Unwahrheit** zu tun. Handelt es sich bei der Unwahrheit um eine **bewusste** Falschaussage (die Motivation ist hier nebensächlich), so handelt es sich eben um eine Lüge.

Jedenfalls haben wir es mit Aussagen zu schaffen, denen ein bestimmter Wahrheitswert zugeordnet werden kann: **wahr** oder **falsch**. Damit haben wir, klammern wir die subjektiven Unwägbarkeiten erst einmal aus, kaum grundsätzliche Schwierigkeiten.

In der Wissenschaft sieht dies schon ein wenig anders aus. Hier haben wir es ebenfalls mit Aussagen zu tun, die entweder **wahr** sein können oder eben auch **falsch**. Das Problem hier allerdings: Es ist nicht leicht, einer (z.B. physikalischen) Aussage einen solchen Wahrheitswert eindeutig und unwiderruflich zuzuordnen.

Karl **Popper** sprach von der "**objektiven Wahrheit**", womit er sich von bestimmten subjektivistischen und relativistischen Anschauungen, die jene objektive Wahrheit **generell** leugnen, zu distanzieren bemühte. Für **Popper** war **ein** Kriterium für die Wissenschaftlichkeit von Aussagen, Hypothesen und Theorien, dass sie kritisierbar zu sein hatten, wobei er unter "kritisierbar" ausschließlich "falsifizierbar" verstand.

Eine Aussage (Hypothese, Theorie) ist nie endgültig verifizierbar, aber jederzeit falsifizierbar. Der **objektive Wahrheitsgehalt** wird dabei nicht in Frage gestellt, jedoch unser **Wissen** um jene Wahrheit relativiert. Dieses Wissen wird **immer** unvollkommen und verbesserungswürdig sein.

Soweit die durchaus nachvollziehbare Theorie. Die Praxis sieht schon etwas anders aus. Denn jetzt spielen subjektive und gesellschaftliche Zusammenhänge **trotz allem** die gewichtige Hauptrolle, dies um so tiefgreifender, je weitgehender die Spezialisierung der Forschungstätigkeit die **Bewertung** deren Ergebnisse erschwert.

So gibt es in der Physik - ungeachtet erkenntnistheoretischer und methodologischer Erwägungen - dennoch "endgültig erwiesene" Theorien, die grundsätzlich nicht zur Disposition stehen. Solche Theorien besitzen - sollten empirische Hinweise dies nahe legen - einen Gültigkeitsbereich. Nun kann man solch einen "Gültigkeitsbereich" lediglich quantitativen Relationen zubilligen - nicht jedoch qualitativen Aussagen.



Konkretes Beispiel: Die **Maxwellsche Elektrodynamik** (James Clerk **Maxwell**, 1831 - 1879) konnte sich zum Ende des 19. Jahrhunderts endgültig (**endgültig** !!) etablieren, obwohl man sich Anfang des 20. Jahrhunderts vom Äther als dem Träger sämtlicher elektromagnetischer Erscheinungen sich verabschiedete. Das **Feld** als eigenständige physikalische Entität nahm dessen Platz ein.

Aussagen aber - dies behaupte ich - sind **entweder** wahr **oder** falsch.

Somit kann den **Maxwellschen** Gleichungen an sich kein Wahrheitswert (jedoch ein Geltungsbereich) zugeordnet werden. Nur deren (qualitative) **Interpretation** kann wahr sein oder auch falsch!

Damit lassen sich beispielsweise folgende zwei Aussagen formulieren:

1. Das **Maxwellsche** Gleichungssystem beschreibt als Eins-zu-eins-Abbild eine reale, vom Betrachter unabhängige, objektive Realität.
2. Das **Maxwellsche** Gleichungssystem beschreibt als Analogiemodell ganz bestimmte Wechselwirkungsverhältnisse unter ganz bestimmten Bedingungen.

Vor der Entdeckung der Quanteneffekte konnte man durchaus der Meinung sein, dass die erste Aussage wahr ist. Doch seit Formulierung der Quantenhypothese (**Planck** 1900), spätestens aber seit der Lichtquantenhypothese (**Einstein** 1905) wäre es erforderlich gewesen, den ersten Satz als falsch zu erkennen und ihn durch eine Aussage von der Art des zweiten Satzes zu ersetzen.

Alle Experimente, die im Zusammenhang mit den Quanten stehen, hatten somit die erste Aussage falsifiziert!

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Da aber die **Maxwell** sche Elektrodynamik "innerhalb ihres Gültigkeitsbereiches" sich "endgültig als wahr" erwiesen hatte, machte man sich über deren **Interpretation** auch dann keine Gedanken, als unüberwindlich scheinende Denkschwierigkeiten auftraten.

Der Stand der Dinge: Hundert Jahre nach der **Plancks**chen Quantentheorie hat sich - nun unwiderruflich - ein pragmatischer Standpunkt etabliert, der jede Frage nach der Wahrheit im Keim erstickt.

Reduktionismus

04.01.2001

Es geht um die Beantwortung bestimmter Fragen. Und irgendwie sollen die Antworten irgend etwas erklären.

"*Lob des Reduktionismus*", so lautet die Überschrift eines Kapitels des 1992 erschienenen Buches **Dreams of a Final Theory**. Autor ist der Nobelpreisträger Steven **Weinberg**. Die deutsche Übersetzung wurde bereits ein Jahr später unter dem Titel **Der Traum von der Einheit des Universums** herausgegeben. Auch wenn man nicht in allen Punkten die Meinung dieses prominenten Physikers vertritt, so ist die Lektüre durchaus empfehlenswert. Hier der erste Satz genannten Kapitels:

Wenn Sie danach fragen, warum die Dinge so sind, wie sie sind, und man Ihnen als Erklärung irgendein wissenschaftliches Prinzip nennt und Sie weiterfragen, warum dieses Prinzip wahr sei, und wenn Sie wie ein ungezogenes Kind mit Ihrem 'Warum' fortfahren, wird irgend jemand Sie früher oder später einen Reduktionisten nennen.

Irgendwie ist es immer das Ziel der Wissenschaften gewesen, die komplexe Realität zu verstehen, indem man sie sowohl auf einfachere Zusammenhänge zu "reduzieren" sich bemühte als auch auf die - irreduziblen! - Eigenschaften der "Elemente der Realität" zurückführen wollte. Dieser "Reduktionismus" beherrscht nach wie vor die Mehrheit der Physiker.

Was aber **sind** "die einfacheren Zusammenhänge"? Ab welcher Fragestellung hört die ganze "Reduziererei" nun auf? - Allgemein sind wir nicht in der Lage, diese Frage sinnvoll zu beantworten. Aber ein Beispiel möchte ich nennen: Die elektrische Ladung gilt als irreduzible Eigenschaft bestimmter Elementarteilchen. Und ebenso die **Masse** wird als eine nicht auf andere Bestimmungsgrößen oder Zusammenhänge rückführbare Eigenschaft der Materie angesehen. Damit hat man sich abzufinden, weil alle auf dieser Annahme beruhenden Folgerungen nachweislich überprüf- und sogar anwendbar sind. Was wollen wir denn mehr!?

Eigentlich sind wir so klug wie vorher. Doch unterliegen die elektrischen Ladungen und die Massen ganz bestimmten quantitativen Gesetzmäßigkeiten (z .B. den Erhaltungssätzen). Und die sind dem Fachmann bekannt. Dem Physiker genügt dies. Doch wieso eigentlich? - Hier verweist man gern auf die mit diesem Stand der Kenntnis verbundenen Erfolge. Ich jedoch begnüge mich damit nicht und frage ganz unverschämt nach ("*wie ein ungezogenes Kind*"), was es mit diesen elektrischen Ladungen wohl auf sich haben mag. Nicht nur, dass man auf diese Frage (noch) keine Antwort weiß (das sollte man den Wissenschaftlern keineswegs ankreiden), doch hält man es nicht einmal für nötig, darüber **nachzudenken** und diese Frage überhaupt zu **stellen**. (Das allerdings wiegt schwerer.)

Was also eine "elektrische Ladung" nun wahrhaftig ist, werden wir vergeblich zu erfragen versuchen. Der Physiker kann mit all den Dingen vielleicht virtuos umgehen; aber von einem wirklichen Verständnis der Zusammenhänge kann keine Rede sein. Die elektrische Ladung ist eine jener "irreduziblen Eigenschaften" bestimmter Objekte, über die wir auf alle Fälle so viel wissen, dass wir den gesamten Begriffsapparat sehr gut beherrschen. Die Frage nach dem "Wesen der Ladung" wird als sinnlos deklariert.

Die "elektrische Ladung" ist keine Frage, sondern eine Antwort!

Was aber ist das "Wesen der Seele". Die Seele war einst eine "irreduzible Eigenschaft" des Menschen, zeitweise im Körper wohnend, aber grundsätzlich auch ohne ihn existenzfähig. Irgendwie ist das schon ziemlich eigenartig. Denn es gab eine Zeit, da wollte man auch das Leben "mechanistisch" erklären. Und der Mensch sei in Wahrheit nichts anderes, als eine - allerdings **sehr komplizierte** - Maschine. Und eine Eigenschaft - von vielen - der "Maschine Mensch", ist es, so etwas wie ein Bewusstsein entwickeln zu können. Die Wissenschaft anzuwenden bedeutete einstmals durchaus auch, jenen **dualistischen Standpunkt** aufzugeben und Schluss zu machen mit der Irreduzibilität der Seele, auch wenn dies einst auf recht naive Weise erfolgte. Aber dass die "Seele des Elektrons", die elektrische Ladung eben, eine seiner irreduziblen Eigenschaften ist, wird nicht einmal mehr erwähnt, so selbstverständlich ist das.

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Und, wenn wir etwas weiter nachfragen, so erhalten wir die Antwort, dass es in der Physik vier fundamentale (also irreduzible) "Kräfte" gibt, von denen auch jeder Laie mindestens zwei kennt: die Gravitation und die elektromagnetische Wechselwirkung. Zwei weitere "Kräfte" oder "Wechselwirkungen" begegnen uns in atomaren und subatomaren Gefilden. Und Ziel der Forschung nun ist es, ein einheitliches Bild zu finden, in das diese vier "Kräfte" sich einordnen lassen. Trotz angeblicher Teilerfolge, entzieht die Gravitation sich bisher sämtlichen Bemühungen, sich in einen solchen Rahmen einfügen zu lassen. Das ist insofern sehr interessant, weil diese Kraft es ist, mit der wir ständig umgehen müssen. Nichts Alltäglicheres gibt es, als dass wir unser eigenes Gewicht ein Leben lang spüren.

Bausteine

25.02.2001

Über die Komplexität der Welt und wie wir sie wahrnehmen.

Um Missverständnissen vorzubeugen: Natürlich ist man sich - in der Physik mit Sicherheit auch - bewusst, dass die Realität mitunter komplexer ist, als man dies vor nicht all zu langer Zeit noch vermutete. Wetterprognosen beispielsweise sind nur über einen begrenzten Zeitraum mit einiger Sicherheit möglich; danach verschwimmen sie in der Unergründlichkeit des Chaos. Mögen die Computer noch so leistungsfähig sein, irgendwann und irgendwo stößt man an **prinzipielle** Grenzen.

Nun war die Chaos-Forschung - vielleicht vor zwei Jahrzehnten etwa (so ganz genau weiß ich das nicht mehr) - geradezu zur Modeerscheinung geworden. Modeerscheinungen jedoch sind - wie das Wort besagt - nicht sehr langlebig.

Langlebiger jedoch - und oft auch viel älter - sind die **tatsächlichen** Probleme, mit denen sich die Wissenschaften befassen und zum Teil noch immer befassen. Eines dieser Probleme finden wir in der Auffassung, dass mit der **Anerkennung** der "Naturgesetze" auch deren **Erkennung** möglich sei. Und **einen** Aspekt dieser Überzeugung finden wir in der Vorstellung, dass alles Geschehen in der Welt geradezu "vorherbestimmt" sein müsse.

Holen wir also etwas weiter aus und lesen nach bei einem berühmten Vertreter des Mechanismus, **Pierre Simon Marquis de Laplace** französischer Philosoph, Astronom, Physiker und Mathematiker (1749-1827):

Der momentane Zustand des 'Systems' Natur ist offensichtlich eine Folge dessen, was im vorherigen Moment war, und wenn wir uns eine Intelligenz [Dies ist der berühmt-berüchtigte Laplacesche Dämon, W.N.] vorstellen, die zu einem gegebenen Zeitpunkt alle Beziehungen zwischen den Teilen des Universums verarbeiten kann, so könnte sie Orte, Bewegungen und allgemeine Beziehungen zwischen all diesen Teilen für alle Zeitpunkte in Vergangenheit und Zukunft vorhersagen. Die Astronomie, der Teil unseres Wissens, der dem menschlichen Geist zur größten Ehre gereicht, gibt uns eine wenn auch unvollständige Vorstellung, wie diese

Intelligenz beschaffen sein müsste. Die Einfachheit der Gesetze, nach denen sich die Himmelskörper bewegen, und die Beziehungen zwischen den Massen und Abständen erlauben der Analysis, ihren Bewegungen bis zu einem gewissen Punkt zu folgen; und um nun den Zustand dieses Systems großer Massen für zukünftige oder vergangene Jahrhunderte zu bestimmen, genügt es dem Mathematiker, dass ihre Orte und Geschwindigkeiten zu einem Zeitpunkt gegeben sind: Die Menschheit verdankt diese Möglichkeit den leistungsfähigen Instrumenten, die sie benutzt, und den wenigen Beziehungen, die man zu Berechnung braucht. Aber unser Unwissen um die verschiedenen Ursachen, die beim Werden eines Ereignisses zusammenwirken sowie ihre Komplexität zusammen mit der Unvollkommenheit der Analyse verhindern, dass wir die gleiche Sicherheit bei den meisten anderen Problemen haben. Es gibt also Dinge, die unbestimmt sind, die mehr oder weniger wahrscheinlich sind, und wir versuchen die Unmöglichkeit, sie zu bestimmen, dadurch zu kompensieren, dass wir die verschiedenen Grade der Wahrscheinlichkeit bestimmen. Es ist also so, dass wir einer Schwäche des menschlichen Geistes einer der schönsten und genialsten mathematischen Theorien verdanken, die Wissenschaft von Zufall und Wahrscheinlichkeit.

Hier erscheint die Unmöglichkeit der **uneingeschränkten** Vorhersage **aller** Prozesse des Weltgeschehens lediglich eine Folge unserer eigenen Unvollkommenheit und des menschlichen Unvermögens zu sein, **alle** Parameter der **Welt** zu erfassen und sie auch verarbeiten zu können. Zufall und Wahrscheinlichkeit verdanken - so sah man dies damals - ihre Existenz einer "Schwäche des menschlichen Geistes". Spätestens zu Beginn des 20. Jahrhunderts jedoch, als die Quantenphysik mit einigen Ungereimtheiten die Physiker zu verunsichern begann, wurde auch der Zufall nicht mehr als unser eigenes subjektives Unvermögen angesehen, die Wirklichkeit vollständig zu erfassen, sondern Bestandteil der Wirklichkeit selbst. Einen Haken hat diese Angelegenheit immer noch: Die Realität wurde zwar als kompliziert erkannt, jedoch nicht als komplex eingestuft.

Worin liegt der Unterschied?

Kompliziert ist vielleicht ein Haus. Aber jene Kompliziertheit ist durch arbeitsteilige Prozesse beherrschbar. Vom Entwurf des Architekten über die konkreten Bauzeichnungen und Berechnungen des Bauingenieurs bis hin zur Realisierung des Vorhabens durch die handwerklich Tätigen, bleibt ein solches Vorhaben noch halbwegs überschaubar. Sehen wir von den Logistik-Problemen einmal ab, die Großbaustellen so mit sich bringen können, birgt der Häuserbau keine unergründlichen Geheimnisse. Also: Es existieren irgendwelche Pläne, die die Voraussetzung liefern, aus gegebenen Bausteinen, Bauelementen und Baugruppen usw. (dies gilt für die Technik schlechthin), ein Produkt herzustellen. Die Eigenschaften der Bausteine (etc.) selbst sind unabhängig von dem Gesamtgebilde, welches aus ihnen zusammengesetzt werden soll. Und somit ist es möglich, mit Hilfe eines Planes aus einer endlichen Vielfalt von Bausteinen eine potenziell unendliche Vielfalt von Produkten herzustellen. Davon "lebt" die gesamte heutige Technik: vom LEGO -Baukasten bis hin zum Mikroprozessor.

Ein Aspekt der Komplexität bei materiellen Systemen tritt dann in Erscheinung, wenn einerseits die Eigenschaften eines Systems nicht mehr auf die Eigenschaften der Elemente des Systems reduziert werden können, und wenn andererseits die Eigenschaften der Elemente nicht mehr losgelöst vom System existieren, dessen Bestandteil sie sind.

Nun basierte der **klassische Determinismus** u.a. genau auf jener naiv-reduktionistischen Vorstellung, welche **die Welt** als aus Bausteinen mit ihren eigenen und stabilen Eigenschaften zusammengesetzt betrachtete. Diese naive Vorstellung wurde zwar relativiert, aber nicht gänzlich zu den Akten gelegt . Dies beweisen die Teilchenphysiker, die mit immer größeren Beschleunigern den **Bausteinen der Materie** auf den Pelz rücken wollen, um deren Eigenschaften in Erfahrung zu bringen.

Denn - so der unerschütterliche Glaube - wenn man die Eigenschaften der Bausteine kennt, dann kennt man die ganze Welt.

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

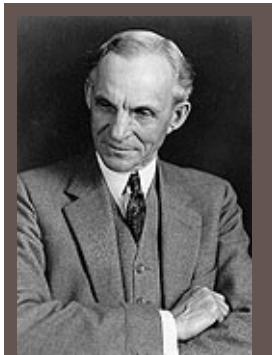
Hat sich somit an der durchaus als veraltet geltenden Einschätzung eines Marquis de **Laplace grundlegend** etwas geändert, was den Lauf der Grundlagenforschung auch **grundlegend** beeinflusst hätte?

Nun ja, den "absoluten Determinismus" hat man aufgegeben, aber bestimmte Grundhaltungen, die u.a. zu ihm führen konnten, spielen auch heute noch eine dominante Rolle.

Arbeitsteilung

26.04.2001

Ohne Arbeitsteilung läuft nichts. Doch die Arbeitsteilung in den Wissenschaften ist nicht gänzlich unproblematisch.



Henry Ford
1863 - 1947

Es gab eine Zeit, da konnten sich nur Wohlhabende bis Reiche ein Auto zulegen. (Ob die Tendenz wieder in diese Richtung geht, bleibt abzuwarten. Doch ist dies nicht das augenblickliche Thema.) Jedenfalls hatte ein gewisser **Henry Ford (1863-1947)**, er gründete 1903 die Ford Motor Company, anno 1913 eine recht brauchbare Idee, die sich letztendlich weltweit etablieren konnte: Die Montage am Fließband, ersetzte die bis dato übliche handwerkliche Produktionsweise. Hinzu kam die Standardisierung von Bauteilen und Baugruppen sowie sonstige Arbeitsteilung, beispielsweise in der Vorfertigung. (Ganz nebenbei: **Ford** gründete 1936 die **Ford Foundation**, eine Stiftung zur Förderung von Wissenschaft, Bildung und Wohlfahrt.)

Das "Prinzip Arbeitsteilung" war zwar nicht wirklich nagelneu, aber es wurde auf eine bis dahin noch nicht bekannte Weise perfektioniert. Der Arbeiter am Band - das gilt aber für alle Formen arbeitsteiliger Prozesse - hatte nur noch seine ganz speziellen Handgriffe zu beherrschen. Alles andere war uninteressant. Eine (relativ) niedrige Qualifikation der Arbeiter reichte aus, um durch eine kaum überschaubare Anzahl von Arbeitsschritten, ein Auto herzustellen.

Die Voraussetzung dafür, dass dies überhaupt funktioniert, liegt in der **Vorbereitung** der Produktion. Diese erfordert einen ungeheuer großen Aufwand, angefangen von den Konstruktionsunterlagen über die detaillierte Ausarbeitung des technologischen Ablaufes bis hin zur Konstruktion und Herstellung der speziellen Produktionsmittel (Anlagen, Maschinen, Vorrichtungen, Werkzeuge usw.). Dies ist eine dermaßen triviale Selbstverständlichkeit, dass man sie wirklich nicht ausdrücklich erwähnen muss.

Im Gegensatz zur Fertigung des eigentlichen Produktes - das gilt bekanntermaßen für alle Massenartikel - handelt es sich bei der Vorbereitung der Produktion (im o.g. Sinne) um hochqualifizierte Arbeiten, verbunden mit hohen technischen Investitionen. Doch lohnt der gesamte Aufwand nur bei großen Produktionsstückzahlen, die auch abgesetzt werden müssen, um zu erschwinglichen Preisen auf dem Markt erscheinen zu können. Sonst funktioniert das Ganze nicht und macht auch keinen Sinn.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts, und im gesamten 19. Jahrhundert vorher auch, formte der allseits bekannte Aufschwung von Wissenschaft und Technik das gesellschaftliche Leben. Und noch zum Ende des 19. Jahrhunderts basierten die Fortschritte in Naturwissenschaft und Technik auf den Leistungen **einzelner** hervorragender Wissenschaftler, Erfinder und Industrieller. Diese Tradition schien noch bis zum Beginn des 2. Weltkrieges kaum infrage gestellt zu werden. Doch zeichnete es sich bereits in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts ab, dass das sich immer weiter entwickelnde Wissen vom Einzelnen kaum noch überschaubar war, selbst **innerhalb einer Wissenschaft** nicht mehr.

Auch in der Physik begann eine immer tiefer greifende Aufspaltung in Fach- und Forschungsgebiete Fuß zu fassen. Und - spätestens - in der zweiten Hälfte eben jenes Jahrhunderts gab es **den Physiker** überhaupt nicht mehr, sondern nur noch eine Vielzahl einzelner Spezialisten, die sich jedoch mit immer spezieller werdenden Teilproblemen befassen, wobei jene Spezialisten zu ihren allgemeinen Fach-Kenntnissen spezifisches Wissen und Erfahrungen sich aneignen mussten. Anders schienen die stets umfangreicher werdenden Informationen nicht zu bewältigen zu sein, und die immer spezieller werdenden Probleme ebenso nicht. Mit dieser weitgehend arbeitsteiligen Forschung wuchsen auch die materiellen Aufwendungen für die Wissenschaft. Ein Ende ist nicht abzusehen.

Vergleichen wir diese Form der Arbeitsteilung mit der eingangs erwähnten Form arbeitsteiliger (Fertigungs-)Prozesse, so finden wir einen grundlegenden Unterschied: In der Produktion ist **vorher** bekannt, was man will und kann und mit welchen Mitteln vorgegebene Ziele erreichbar sind. **Die intellektuelle Leistung wird vor der eigentlichen Produktion erbracht**, wobei die Produktion selbst nach vorgegebenen Technologien geradezu "automatisiert" erscheint.

Zunächst nutzte man als "Automaten" nicht besonders hoch qualifizierte und auch nicht sonderlich gut bezahlte Arbeitskräfte, die als Beteiligte am "Gesamtkunstwerk" keine Ahnung von all den Zusammenhängen hatten, die für die Fertigung nun einmal notwendig sind. Da letztere später immer teurer wurden, ging man nach und nach dazu über, jene Menschen teil- und schrittweise durch "echte Automaten" zu ersetzen, nicht zuletzt in der Automobil-Produktion. Und ebenso wichtig ist: Das Baustein-Prinzip kam voll zur Geltung. Technische Systeme sind eben "zusammen gesetzt". Und so kann man **alle** damit im Kontext stehenden **Probleme** auf zu lösende **Teil**-Probleme reduzieren.

In der Forschung hingegen sind es gerade hoch qualifizierte - und hoch spezialisierte - Akteure, welche die eigentliche Arbeit erledigen. Eine Arbeit ist dies, bei der eben **nicht vorher bekannt ist, was dabei herauskommt**, dann wäre sie ja überflüssig. Die "Produktion" von neuem Wissen und neuen Erkenntnissen ist das Ziel, wobei es um das Erforschen des Unbekannten (Grundlagenforschung mit nicht immer exakt formulierbarer Aufgabenstellung) geht, oder um das Verbessern des Vorhandenen (anwendungsorientierte Forschung mit konkreten Ziel-Vorgaben).

Die entscheidende Frage ist, jedenfalls auf die Grundlagenforschung gemünzt: Können arbeitsteilige Prozesse hier überhaupt zu sinnvollen Ergebnissen führen? Und wenn ja, welches sind die Voraussetzungen dafür? Und wie kann man die Forschungsergebnisse bewerten, ohne über all jene Detailkenntnisse zu verfügen, die dazu eigentlich notwendig wären (vgl. Klimakatastrophe)?

Konkretes Beispiel: Muss ein Teilchen-Physiker, und sei es nur am Rande, über das Allgemeinwissen hinausgehende Kenntnisse in der Astronomie und der Astrophysik verfügen? Reicht es aus, die Quantenphysik **anwendungsbereit zu beherrschen**, oder sollten seine Kenntnisse schon etwas tiefer gehen und alle historischen und erkenntnistheoretischen sowie methodologischen Zusammenhänge mit einschließen? Helfen Querverbindungen zu anderen Wissenschaften (z. B. Chemie und Biologie) bei der Lösung spezieller Probleme? Sind - die Grundlagenforschung angehend - die anstehenden Probleme **überhaupt in Teil**-Probleme auflösbar? Und wenn nicht, welche Konsequenzen ergeben sich daraus?

Das Schlagwort von der "interdisziplinären Forschung" hilft uns nicht weiter. Hier wird das Problem - vielleicht - **erkannt** aber noch lange **nicht gelöst**. Und welchen Einfluss haben (oder sollten haben) allgemeingültige Erkenntnisse z.B. in der Systemtheorie, der Synergetik und der Chaos-Theorie. Letztere Wissensgebiete beschränken sich nicht auf die Physik, sondern haben Bedeutung in **allen** Wissenschaften - jedenfalls sollten sie diese Bedeutung haben.

Hier beginnt es schwierig zu werden: Einerseits kann ein Einzelner noch nicht einmal seine "eigene" Wissenschaft überblicken, doch andererseits ist grenzüberschreitendes Wissen vielleicht nötig, da es viele ungenutzte Erfahrungen gibt, die man eigentlich nutzen müsste, um überhaupt etwas erreichen zu können. Auch der Einwand, dass entsprechende interdisziplinäre Forschungsgruppen das Problem - zumindest prinzipiell - lösen könnten, zieht nicht. Hier wäre eine übergeordnete Instanz vonnöten, die diese Art der "Produktion von Erkenntnissen" plant, lenkt und (an)leitet. Das funktioniert nur dann (s.o.), wenn **vorher all das bekannt wäre, was man ja erst ergründen will**.

In diesem Beitrag wurden nur **einige wenige Aspekte** der Problematik der arbeitsteiligen (vgl. Die unterschätzten Vögel) Forschung angeschnitten. Fragen gestellt, aber nicht beantwortet. Fragen sind dies, die einen "ernsthafte Forscher", auf welchem Gebiet auch immer, überhaupt nicht interessieren, das er ja seine - **ganz speziellen** - Probleme zu lösen hat. Und derjenige, der sich - eventuell - dafür interessiert, hat keinen Einfluss auf das Wissenschaftsgeschehen, das eigenen Gesetzen unterworfen ist. Man kümmert sich halt um die ganz speziellen Fragen, die einen selbst interessieren.

Der Kreis schließt sich. Was in der materiellen Produktion und im sonstigen gesellschaftlichen Leben (fast reibungslos) zu funktionieren scheint, wirft bei der "ideellen Produktion von Erkenntnissen" viele ungeklärte Fragen auf. Hier scheinen wir auf Grenzen zu stoßen, die in der etablierten Wissenschaft mit all ihren Institutionen in Lehre und Forschung kaum zu überschreiten sind. (vgl. Tradition und Fortschritt). Letztlich hat man den Eindruck, dass die Wissenschaft auf vielen Gebieten (zwei Beispiele: Hirnforschung und Neurophysiologie sowie Energiegewinnung mit Hilfe der Kernfusion) auf der Stelle tritt. Seit einem halben Jahrhundert ungefähr. Das sollte zu denken geben. Auch die einheitliche physikalische Theorie hat es offensichtlich nicht sonderlich eilig, endlich entdeckt zu werden. Viele bisherigen Ziele, kaum glaubt man, sie erreicht zu haben, rücken, einer Fata Morgana gleich, wieder in weite Ferne.

Arbeitsteilige Prozesse funktionieren nur dort (wenn überhaupt), wo wir es mit bekannten und bewährten Dingen und Strukturen zu tun haben. Aber sogar da entwickeln viele Formen (Politik, Wirtschaft und Recht, um nur drei Beispiele zu nennen) eine kaum noch überschau- und beeinflussbare Eigendynamik. Das ist nun einmal das Los komplexer Systeme.

Und wenn Einzel- und Gruppeninteressen im Verein mit einem beschränkten Wissens- und Verantwortungshorizont das gesellschaftliche Geschehen weitgehend bestimmen, muss man mit eigenartigen, selten positiven, Entwicklungen rechnen.
Auch und gerade in den Wissenschaften!

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Zeitreise

06.05.2001

Eigentlich sollte man aus der Geschichte lernen. Auch aus der Geschichte der Wissenschaften.



Als Science-Fiction-Fan in etwas jüngeren Jahren legte ich Wert darauf, dass Sci-Fi-Geschichten zumindest einen Hauch von Realitätsbezug aufzuweisen hatten. Da war ich pingelig. Und Zeitreisen sind grundsätzlich unmöglich. Davon war ich schon als Jugendlicher überzeugt - und bin es heute noch. Und was - prinzipiell - unmöglich ist, hat selbst in einer Si-Fi-Story nichts verloren.

Der englische Autor **Herbert Georg Wells** (1866 - 1946) sah dies anscheinend etwas anders. Sein 1895 erschienener Roman **Die Zeitmaschine** zählt zu den Klassikern der utopischen Literatur.

Nun sind natürlich "prinzipielle Unmöglichkeiten" mit gewisser Vorsicht zu genießen. Man kann ja nie wissen, was in späteren Jahren noch so ausgeheckt wird. Aber Zeitreisen, da bleibe ich konsequent, werden auch in ferner Zukunft die Grenzen zum physikalisch Unmöglichen überschreiten. Da bin ich sicher. Und ob die literarischen Produkte mit solchen Unmöglichkeiten leben können, ist Ansichts- und Geschmacksache.

Aber mit bestimmten Fiktionen, da bin ich mittlerweile etwas toleranter geworden, kann man durchaus gedanklich spielen, um bestimmte Dinge zu veranschaulichen. Und Gedankenexperimente sind und bleiben eben Experimente gedanklicher Natur: Fiktionen, die auch dem Ziel dienen können, die Möglichkeit oder Unmöglichkeit irgend einer Sache nahe zu legen.



Also schicken wir einen (fiktiven) "Zeitreisenden" auf die Reise in das 19. Jahrhundert, eingedenk der Tatsache, dass es sich eben um eine **Gedanken**-Spielerei handelt. Und dieser Mensch soll, sagen wir einmal, den Heinrich **Hertz** (1857-1894, siehe Foto) besuchen. In Karlsruhe. Ende Oktober des Jahres 1886.

Nun gelten natürlich auch für Historiker als Zeit-Reisende - man will ja wissen, was tatsächlich geschah - gewisse Regeln, die einzuhalten sind. Nur so unauffällig wie möglich beobachten. Auf keinen Fall eingreifen, um den Lauf der Geschichte nicht zu beeinflussen. Somit ist es selbstverständlich, dass der Zeitreisende sich der Zeit gemäß zu verhalten hat. Und Gegenstände aus der "falschen Zeit" haben auf einer Zeitreise nichts verloren. Aber mit dem Einhalten von Vorschriften war es schon immer eine unergründliche Angelegenheit...

Unser Wissenschaftshistoriker suchte also die Technische Hochschule Karlsruhe auf. Und irgendwie nahm er - "ganz unauffällig" (Einzelheiten sind nicht überliefert) - Kontakt auf mit dem jungen Professor **Hertz**. Dieser beschäftigte sich gerade mit "sehr schnellen elektrischen Schwingungen". **Hertz** führte zu diesem Zeitpunkt Versuche mit einem **Induktorium (Ruhmkorffscher Funkeninduktor)** und verfolgte mit einer Leiterschleife inklusive **Funkenmikrometer** die außerhalb des Induktors zu beobachteten elektrischen Entladungen.

Unser Zeitreisender hatte es geschafft, die Vorschriften zu umgehen. Zu den "verbotenen Gegenständen" zählte ein simpler Taschenrechner. Nun begab es sich, dass der Historiker aus Unachtsamkeit eben jenen Taschenrechner irgendwo liegen ließ. Diesen Verlust bemerkte er erst, als er wieder die Heimat-Zeit erreichte...

Das war die Vorgeschichte. Ob Professor **Hertz** diesen Taschenrechner letztlich fand, ist nicht überliefert worden. Aber, nehmen wir einmal an, ein solcher Gegenstand aus der Zukunft wäre bei jenem prominenten Physiker im 19. Jahrhundert aufgetaucht, so haben Spekulationen über einen solchen Vorfall einen durchaus tieferen Sinn.

Denn den Sinn eines **Taschenrechners** zu erraten, dürfte einen Gelehrten des 19. Jahrhunderts durchaus nicht schwer fallen. Und die Bedienung dieses Gegenstandes könnte durch die eindeutigen Symbole der Tastatur - auch ohne Anleitung - in kurzer Zeit zu beherrschen sein.

Ein solcher "Wundergegenstand" hätte aber zu jener Zeit **grundsätzlich unlösbare Rätsel aufgegeben**. Es wäre - **prinzipiell** - unmöglich gewesen, das Geheimnis jener "Rechenmaschine" zu lüften. Aus unserer retrospektiven Sicht ist es ein Leichtes, zu begründen, warum es damals unmöglich gewesen wäre, die Funktionsweise eines Taschenrechners - wie auch immer - zu ergründen. "Keine Macht der Welt" wäre damals dazu in der Lage gewesen. Ein solches Wunderwerk der Mikroelektronik lässt sich nicht mal eben schnell erfinden. Die Entwicklung von Wissenschaft und Technik nahm - das wissen wir **rückblickend** - einen Lauf, der grundsätzlich nicht voraussehbar war. Wenngleich die Arbeit des Experimentalphysikers Heinrich **Hertz** einen wichtigen Meilenstein dieser Entwicklung kennzeichnete, so hatte der jung verstorbene Wissenschaftler noch nicht einmal an eine Nutzenanwendung **seiner eigenen Arbeiten** denken können.

Was also hätte ein Heinrich **Hertz** mit einem Taschenrechner anfangen können? Zunächst kann er ihn benutzen, ohne zu begreifen, wie das Ding funktioniert. Doch wird die Neugier groß genug sein, ihn zu öffnen, um hinter das Geheimnis dieses kleinen Gerätes zu kommen. Vielleicht wird er herausfinden, dass es mit einer **elektrischen Vorrichtung** zu tun hat. Er wird eine aus einem seltsamen Material bestehende Platte entdecken. Darauf sind - seiner Vermutung nach aus Kupfer bestehend - dünne Bänder aufgeklebt. Zu einem "Klecks" aus einer undefinierbaren harten Masse führen viele dieser seltsamen "flachen Drähte", was ihn zunächst nicht sonderlich interessiert. Er kann ja nicht wissen, dass es sich bei diesem "Klecks" um das "Hirn" der "Rechenmaschine" handelt: den in Kunstharz eingegossenen Prozessor.

Und überhaupt: Schon all die eingesetzten Materialien geben Rätsel auf. Das alles bedarf einer näheren Analyse.

Natürlich bedarf es nur sehr geringer Phantasie unsererseits, zu "erraten", dass der Ausgang dieser Analyse nicht zu den gewünschten Resultaten führen **kann**. Es fehlen schlicht das Wissen und die technischen Voraussetzungen für alles. **Wir** wissen das. **Wir** können das einschätzen. Rückblickend.

Aber alle Experten des ausgehenden 19. Jahrhunderts wussten nicht einmal, was sie nicht wissen!

Sie waren nicht einmal in der Lage - und das ist keineswegs abwertend gemeint - den Grad ihrer Unwissenheit auch nur annähernd abzuschätzen! Im Gegenteil: Man war eher der Meinung, dass alle wesentlichen Erkenntnisse bereits gewonnen wurden und die künftige Forschung sich mit mehr oder weniger (un) wesentlichen Einzelheiten begnügen müsse.

So bedauerte **Hertz** selbst einmal:

Es tut mir wirklich manchmal leid, dass ich nicht damals [etwa das Jahrhundert vorher, W.N.] gelebt habe, wo es noch so viel Neues gab; es gibt zwar auch jetzt genug Unbekanntes, aber ich glaube nicht, dass noch jetzt so leicht etwas gefunden werden kann, was so umgestaltend auf die ganze Anschauungsweise einwirken kann wie in jener Zeit, wo Teleskop und Mikroskop noch neu waren.

Dennoch: Von der drahtlosen Telegraphie - Guglielmo **Marconi** (1874-1937) gelang 1901 die erste Funkverbindung über den Atlantik - bis hin zum Rundfunk (1923) bestand noch eine direkte Verbindung zur reinen Forschung des H. **Hertz**. Und die Erfindung der Elektronenröhre durch den englischen Physiker John Ambrose **Fleming** im Jahr 1905 bedeutete den Beginn der Elektronik im heutigen Sinne. Weitere Stichworte (eine kleine Auswahl) im Zusammenhang mit den notwendigen physikalischen Fachgebieten, Erfindungen und Entdeckungen: **Quantenphysik, Festkörperphysik, Halbleiterphysik, Transistoren, Digitalelektronik, Mikroelektronik, Integrierte Schaltkreise, Mikroprozessor.**

Die Entwicklung von Wissenschaft und Technik war weder voraussehbar, noch war sie in irgend einer Weise planbar. Eines fügte sich zum Anderen, wobei wesentliche Entdeckungen und Erfindungen - unabhängig voneinander - den Weg zu jenen technischen Errungenschaften führten, von denen **ein** industrielles Produkt eben der Taschenrechner ist, dessen Stammvater etwa 1972 "das Licht der Welt erblickte". Und bereits 1974 stellte die Firma Hewlett-Packard den ersten programmierbaren Taschenrechner her.

Die - in welthistorischen Dimensionen betrachtet - kleine Zeitspanne von noch nicht einmal 90 Jahren - von 1886 bis 1972 - ist im Hinblick auf die stattgefundene Entwicklung von Wissenschaft und Technik aus der Sicht des 19. Jahrhunderts grundsätzlich nicht überbrückbar. Somit erhebt sich die Frage nach der erkenntnistheoretischen Relevanz solcher Überlegungen aus **heutiger** Sicht. Und genau mit diesem Problem wird sich der nächste Beitrag befassen.

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Wissen wir, was wir nicht wissen?

12.05.2001

Fortgeschrittene Technologien geben unlösbare Rätsel auf. Zählen die Rätsel der Natur zu diesen?

Erkenntnistheoretische Überlegungen sind nun wahrhaft nicht neu. Doch möchte ich momentan niemanden mit der Aufzählung der einschlägigen "Ismen" und "Logien" langweilen. Erkenntnistheorie als Bestandteil der verschiedensten philosophischen Strömungen ist ein weites Betätigungsfeld. Auch die rivalisierenden - oder sich gegenseitig ignorierenden - Geistes- und Naturwissenschaften scheinen ein ergiebiges Thema zu sein, aber nicht das augenblickliche. Tatsache jedoch: Einerseits wird der Erkenntnistheorie nicht jegliche Existenzberechtigung abgesprochen, doch andererseits haben Überlegungen dieser Art noch nie

einen Einfluss auf die konkreten naturwissenschaftlichen Forschungen ausgeübt. Die Fachwissenschaftler hatten schon immer das getan, was sie für richtig hielten, was heutzutage nur durch die nie in ausreichendem Maße zur Verfügung gestellten finanziellen Mittel begrenzt wird. Von "übergeordneten Bewertungen" hielten sie nie besonders viel.

Nun waren es aber gerade die bekannten "Helden der Physik", die sich dennoch Gedanken machten über jenes Gedanken-Gebäude, das man **Physik** zu nennen pflegt. Gedanken waren dies, die vielleicht eher als "Ad-hoc-Rechtfertigung" gedient haben dürften für das, was sie ohnehin als Forscher anzustellen liebten. Vielleicht ist diese Einschätzung teilweise ungerecht, denn immerhin schrieb Albert **Einstein** (1879-1955) in einem der Briefe an seinen Freund Maurice **Solovine**:

Sie stellen sich vor, daß ich mit stiller Befriedigung auf ein Lebenswerk zurückschaue. Aber es ist ganz anders. Da ist kein einziger Begriff, von dem ich überzeugt wäre, daß er standhalten wird, und ich fühle mich unsicher, ob ich überhaupt auf dem rechten Wege bin. Die Zeitgenossen sehen in mir einen Ketzer und Reaktionär, der sich selber überlebt hat. Das hat mit Mode und Kurzsichtigkeit zu schaffen, aber das Gefühl der Unzulänglichkeit kommt von innen. Es kann wohl nicht anders sein, wenn man kritisch und ehrlich ist, und Humor und Bescheidenheit halten einen im Gleichgewicht, den äußeren Einwirkungen zum Trotz.

Eine derartige Selbsteinschätzung hat sehr wenig mit Koketterie und plakativer Bescheidenheit zu tun, schon deshalb nicht, weil diese Sätze an eine vertraute Person gerichtet waren. Ganz privat und ganz persönlich. Man darf getrost davon ausgehen, dass der "bedeutendste Physiker aller Zeiten" sich sehr wohl Gedanken machte über den Wert der physikalischen Erkenntnis im Allgemeinen und über das, was er selbst geschaffen hatte im Besonderen. Sicherlich liegt man nicht falsch, nimmt man an, dass **Einstein** ganz genau wusste, wovon die Rede ist, wenn er solche Sätze niederschrieb. Und "das Gefühl der Unzulänglichkeit" setzt ein gewaltiges Maß an Erkenntnisfähigkeit voraus. Gerade das Erkennen der Grenzen ist die **erste Voraussetzung** dafür, diese Grenzen - wenn man **ganz großes** Glück hat - eines Tages zu überwinden. **Vielleicht**. Und wissenschaftliche Erkenntnis hatte, zumindest bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts, noch etwas zu tun mit dem Überschreiten von Grenzen in ein vorher absolut unbekanntes und unerkanntes Terrain, von dessen **Existenz** man vorher noch nicht einmal etwas **ahnen** konnte.

Im Beitrag Zeitreise versuchte ich zu veranschaulichen, dass es bestimmte **grundlegende Erkenntnisgrenzen** gibt, die durch **bewusstes und zielstrebiges Handeln** nicht zu überschreiten sind. Dort ging es darum, dass ein Vertreter des 19. Jahrhunderts sicherlich einige Schwierigkeiten gehabt haben dürfte, wäre er mit Gegenständen aus unserer Zeit konfrontiert worden. Das Beispiel mit dem Taschenrechner hatte ich gewählt, weil wir hier ein "selbsterklärendes Objekt" vorfinden, dessen **Verwendungszweck** auch von einem Menschen zu erraten ist, der einen derartigen Gegenstand zum ersten Mal in den Händen hält, vorausgesetzt, er beherrscht die arithmetische Symbolik. Hier kommt man auch durch Probieren ans Ziel.

Doch eine schlichte CD mit den aktuellen Hits des Frühjahres 2001 würde **unlösbar** Rätsel aufgeben. Die in allen Regenbogenfarben schillernde "Rückseite" der Scheibe könnte bestenfalls als Beugungsgitter für optische Versuche erhalten. Und unter dem Mikroskop vielleicht wären die seltsamen Vertiefungen sichtbar (die so genannten **Pits**, mit deren Hilfe die digitalisierte Musik auf der Scheibe codiert ist), die eben als Beugungsgitter für das Licht fungieren. Das wars dann schon. Weiter möchte ich die Sache nicht vertiefen. Nur soviel noch: Die eine Seite dieser Scheibe ist mit irgendwelchen Texten, Bildern und/oder sonstigen "Hieroglyphen" bedruckt; und welchen Sinn diese haben sollen, bleibt wohl unklar. Die "Rückseite" hingegen erfüllt offensichtlich überhaupt keinen Zweck, außer dass sie als nicht ganz korrekter Spiegel, weil nicht **völlig** spiegelblank, zu gebrauchen ist. Jede physikalische, chemische und sonstige Analyse dieser Scheibe wird kein Resultat bringen. Der Verwendungszweck wird ewig ein Rätsel bleiben und selbst die blühendste Phantasie der phantasiereichsten Menschen transzendieren.

Da können wir uns im hellen Schein unserer Überlegenheit fast einen Sonnenbrand holen, weil wir - und hier dürfen wir gewiss sein - niemals mit Erzeugnissen einer überlegenen künftigen Technologie konfrontiert werden. Den "Reisenden aus der Zukunft" sollten wir vergessen. Auch auf die ETs ist kein Verlass. Meines Wissens hat noch kein Alien irgend einen Gegenstand irgendwann versehentlich irgendwo liegen gelassen. Die ab und an bemühten UFO-Besatzungen legen augenscheinlich sehr großen Wert darauf, uns nicht mit sicht- und greifbaren Gegenständen ihrer Kultur zu verunsichern. Wie dem auch sei, uns bleiben Überraschungen dieser Art mit Sicherheit erspart.

Und das Eingeständnis unserer eigenen Unzulänglichkeiten ebenso.

Doch vielleicht ist letztere Einschätzung eine Fehl-Einschätzung. Haben wir es denn nicht in Wahrheit durchaus mit "Technologien" zu tun, die gegenüber den unsrigen einen Vorsprung haben, der sich nicht nach Jahrzehnten oder Jahrhunderten misst, sondern nach Jahrmilliarden? Diese Frage überrascht vielleicht. Aber

denken wir an die biologische Evolution, deren Produkt unter anderem wir selbst sind, so müssen wir durchaus anerkennen, dass das bisherige wissenschaftliche Bemühen um das Verstehen des Lebens mit all seinen Begleiterscheinungen nicht von jenem Erfolg gekrönt wurde, den man sich einstmals erhoffte. Und je mehr **Wissen** man anhäufte, um so weniger schien man wirklich zu **begreifen**.

Dabei fing alles so vielversprechend und hoffnungsvoll an, damals, als man noch nicht ganz so viel wusste wie heute, damals, als man glaubte, fast alles schon verstanden zu haben. Ein gelegentlich zitierter Vertreter der Französischen Aufklärung, der Arzt Julien Offray de **La Mettrie** (1709-1751, siehe Foto) betitelte ein Buch mit **Der Mensch eine Maschine** (L'Homme Machine, 1747) Dieses Buch stieß seinerzeit auf ziemlich wenig Verständnis. Hier ein kleiner Auszug (Der Mensch eine Maschine, S. 19. Philosophie Schülerbibliothek, S. 12790):



Der Mensch ist eine Maschine, welche so zusammengesetzt ist, dass es unmöglich ist, sich zunächst von ihr eine deutliche Vorstellung zu machen und folglich sie zu definieren. Deshalb sind alle Untersuchungen theoretischer Natur, welche die grössten Philosophen angestellt haben, das heisst, indem sie gewissermassen auf den Flügeln des Geistes vorzugehen versuchten, vergeblich gewesen. Also kann man nur practisch, oder durch einen Versuch der Zergliederung der Seele, nach Art der Aufklärung über die körperlichen Organe, ich will nicht sagen mit Sicherheit die Natur des Menschen enträthseln, aber doch wenigstens den möglichst höchsten Grad von Wahrscheinlichkeit über diesen Gegenstand erreichen.

Die "Zergliederung der Seele" nach dieser Methode hat bisher nicht wirklich viel gebracht, sehen wir von den mehr oder weniger erfolgreichen "Seelenklempnern" einmal ab, Sigmund **Freud** (1856-1939) mit einbegriffen. Jene "Bewusstseins-Analytiker" befassen sich mit dem **Phänomen** Seele. Doch auch die physiologische Analyse des Hirns ist bislang so erfolgreich nicht wie man es gerne hätte. Die Frage nach dem "Wesen der Seele" sei zunächst zurückgestellt. Auf alle Fälle ist die Speicherung von Informationen im Hirn (oder wo auch immer) ein wichtiger Bestandteil dessen was wir **Bewusstsein** nennen, zumindest die wichtigste Voraussetzung dafür (notwendige, aber noch nicht hinreichende Bedingung). Aber die Art und Weise der Ablage der Informationen im Hirn ist - leider immer noch - **völlig** unbekannt. Und die Informationsdichte des Gehirns lässt im Vergleich jeden technischen Massenspeicher (Festplatte & Co.) der aktuellen PC-Kultur steinalt aussehen. Selbst das sprichwörtliche Spatzenhirn ist all unseren technischen Errungenschaften haushoch überlegen. (Ein interessantes Thema in diesem Zusammenhang wäre die Künstliche Intelligenz.)

Haben wir es hier nicht tatsächlich mit einer "Technologie" zu tun, die zwar - diesen Standpunkt vertrete ich persönlich - kein bewusst planendes Handeln einer wie auch immer gearteten "höheren Instanz" als Ursache hat? Wenn hier von Erkenntnisstranken die Rede ist, so soll dies keineswegs im Sinne einer "metaphysischen Glaubens- oder Grundsatzfrage" verstanden werden, sondern ganz schlicht und ganz einfach und ganz praktisch im folgenden Sinn:

Sind wir überhaupt in der Lage, einzuschätzen, was wir nicht wissen?

Haben wir auch nur einen blassen Schimmer davon, welche Kenntnisse uns **fehlen**, um "die Seele zu zergliedern"? Ist das Wissen, um das wir uns **bemühen**, nicht selbst erst die **Voraussetzung** dafür, bestimmte Zusammenhänge zu begreifen?

Befasst sich unsere Forschung nicht tatsächlich zum Teil mit drittrangigen bis absolut unwichtigen Nebeneffekten, eben jenen unwesentlichen Epiphänomenen, die mit dem Kern der Angelegenheit so wenig gemein haben wie die Ergebnisse der chemischen und physikalischen Analyse des Materials einer CD mit dem Klang der Musik, die ein CD-Player dieser Scheibe zu entlocken vermag? Und stehen wir nicht vor ähnlichen Problemen in den grundlegenden Fragen der Physik und zum Beispiel auch der Kosmologie?

Einerseits haben wir keine Veranlassung, die unbestreitbaren Erfolge von Wissenschaft und Technik infrage zu stellen - andererseits sollten wir diese Erfolge nicht überbewerten. Solche Überschätzung führte stets dazu, dass man sich in den Wissenschaften fast am Ende einer Entwicklung wähnte. Und kurze Zeit später stellte sich heraus, dass dieses "Ende" kaum der Anfang ist. Aus diesen historischen Tatsachen sollte man durchaus lernen wollen. Jedenfalls wäre es nicht schlecht, jene überhaupt zur Kenntnis zu nehmen.

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

[\[Home\]](#) [[Seitenanfang](#)]

Wissenschaft und Kritik - Wissenschaft und Gesellschaft -

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Grundlagenforschung wird vorrangig von der Gesellschaft - sprich Steuerzahler - finanziert. Und die Ergebnisse der Forschung müssen alle ausbaden - jedenfalls die negativen. Und Außerdem: Wissenschaft ist nun einmal Bestandteil der Kultur.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges



**Friedrich
Dürrenmatt**
1921 - 1990

- 16** Der Inhalt der Physik geht die Physiker an, die Auswirkung alle Menschen.
17 Was alle angeht, können nur alle lösen.
18 Jeder Versuch eines Einzelnen, für sich zu lösen, was alle angeht, muss scheitern.

Friedrich Dürrenmatt, aus dem Anhang zu "Die Physiker" (3 von 21 Punkten)

Inhalt

1. Wissenschaft und Gesellschaft
2. Wer soll das bezahlen?
3. Die Forschung und der Nutzen
4. Der versehentliche Mäusetod
5. Eine seltsame Wette
6. Die unterschätzten Vögel
7. Eine dumme Frage
8. Der Bundespräsident und die Genforschung
9. Contergan
10. Der achte Tag der Schöpfung
11. Fortschritt und Stagnation

Wissenschaft und Kritik - Wissenschaft und Gesellschaft

Wissenschaft und Gesellschaft

19.05.2001

Wissenschaft ist Bestandteil der Kultur. Das ist nicht neu. Aber viele Fragen bleiben trotzdem offen.

In einer Pressemitteilung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) vom 17.05.2001 war unter anderem zu lesen:

Sich mit Physik zu beschäftigen, gilt unter Jugendlichen geradezu als exotisch: Beinahe zwei Drittel aller Schülerinnen und Schüler wählen dieses Fach zum frühestmöglichen Zeitpunkt ab. Unter den rund 250.000 Abiturienten in diesem Jahr sind die Physikerinnen und Physiker fast eine Randerscheinung.

Solche Aussagen sind, obgleich aus aktuellem Anlass formuliert (der hier nicht ganz so wichtig ist), nicht gerade neu. Diese Sätze beschreiben ein Symptom - fragt sich nur, für welche (gesellschaftliche) Krankheit. Zumindest die Naturwissenschaften scheinen einigermaßen "out" zu sein. Andererseits waren es gerade die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse, die letztlich den Weg wiesen auch hin zu unseren alltäglichen technischen Errungenschaften.

In einem anderen Zusammenhang formuliert (eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Problematik der Homöopathie), finden wir folgenden Text (Erfolge der Homöopathie - nur ein Placebo-Effekt?, Link nicht mehr gültig):

Die Erkenntnisse der Wissenschaft sind ein kostbarer, kollektiver Besitz der Menschheit, der in der Vergangenheit schwer erkaufte worden ist. Märtyrertum und Scheiterhaufen stehen unübersehbar am Weg. Für diesen Besitz, dessen Gültigkeit immer wieder vorurteilsfrei überprüft worden ist, tragen wir alle eine große Verantwortung. Wenn es sich um Behauptungen handelt, die man testen kann - und nur solche gelten definitionsgemäß als (natur)wissenschaftlich - dürfen und müssen wir daher die Autorität der wissenschaftlichen Methodik in Anspruch nehmen, um die Richtigkeit der Behauptung zu klären. Ein Rückfall in abergläubisches Denken ist ein Prozeß, dem die Hüter kultureller Werte nicht gleichgültig zusehen sollten. Es liegt an uns, etwas dagegen zu tun, daß unsere Nachfahren das auslaufende Jahrhundert [das 20. Jahrhundert, W.N.] mit einem Rückfall in das Zeitalter magischen Denkens verbinden werden.

Mit diesen Sätzen habe ich einige Probleme. Zum Beispiel: **"Die Erkenntnisse der Wissenschaft sind ... Besitz der Menschheit"**. Meint man hier wirklich die **Erkenntnisse**, oder deren gesellschaftlich relevanten - sowohl die positiven als auch die negativen - **Folgen** (z. B. die der Technik und die der Anwendung der Erkenntnisse in der Schulmedizin)? Die Erkenntnisse an sich (im Sinne von allgemeingültigen Informationen über die Natur und deren Gesetzmäßigkeiten) bedürfen eines Substrates. Dies zunächst sind die toten Datenträger, vom handschriftlichen historischen Manuskript bis hin zu den Inhalten einer Web-Seite, auf einem Web-Server gespeichert.

Das genügt aber nicht. Es bedarf des wissenden und handelnden Menschen. "Die Menschheit" ist es mit Sicherheit nicht, sondern es sind die Spezialisten, die sich einen ganz kleinen und ganz bescheidenen Ausschnitt jenes Wissens und jener Erfahrungen angeeignet haben und - vielleicht - diesen Auszug um einen ganz bescheidenen und ganz kleinen Beitrag bereichern.

Da nicht jeder alles wissen kann, bleibt jedem Vertreter des "Restes der Menschheit" nichts anderes übrig, als zu glauben.

Oder er **glaubt** eben **nicht!**

Er muss den **Experten** trauen und vertrauen.

Oder er **vertraut** eben **nicht!**

Nachvollziehbare Erkenntnis - der ursprüngliche Grundgedanke der Aufklärung - gibt es längst nicht mehr. Das angehäuften Wissen (vgl. auch Information (I), Information (II), Information (III)) ist einfach nicht mehr vom Einzelnen erfass- und überschaubar und auch nicht mehr objektiv zu bewerten. Deshalb verbleibt beim Laien eine Wissenslücke, die durch Vertrauen, Misstrauen und/oder Skepsis - ausgefüllt wird.

Je nach individueller Erfahrung!

Je nach individuellen Vorurteilen!

Und wir alle, die Experten auf ihrem jeweiligen Fachgebieten ebenso, sind nun einmal Laien in allen anderen Bereichen. **"Die Erkenntnisse der Wissenschaft sind ... Besitz der Menschheit"** bleiben darum leere Worthülsen, die lediglich eine hinter ihnen stehende Ideologie kennzeichnen.

Nun ist auch von der **"Autorität der wissenschaftlichen Methodik"** die Rede. Dies ist ein weites Feld. Mit dieser "Autorität" sind weitreichende Probleme

verknüpft. Grund genug, sich dieses Themas einmal ausführlicher anzunehmen. Ob dieser Besitz aber wirklich immer **"vorurteilsfrei überprüft worden ist"**, bedarf der näheren Analyse. Denn: Selbst die "vorurteilsfreieste" Untersuchung bedient sich **immer - IMMER UND OHNE JEDE AUSNAHME!** - gegebener **Vor**-Urteile in Gestalt des vorhandenen Theorien-Potenzials (Paradigmata etc.). Es geht einfach nicht anders. Aber man sollte sich dieser Tatsache bewusst sein.

Konkret auf die Homöopathie bezogen: Bei der so genannten "Potenzierung" einer homöopathischen Arznei handelt es sich um dermaßen hochgradige Verdünnungen, dass vom eigentlichen Wirkstoff im Lösungsmittel nicht **ein** Molekül mehr vorhanden sein **kann**. Nehmen wir dies als gegeben hin, so gibt es **logisch** - bitte nicht die Logik ignorieren, wie es in Physikerkreisen seit etwa 100 Jahren zur Mode wurde! - nur **zwei** Möglichkeiten, mit diesem Widerspruch fertig zu werden. Entweder - **erstens** - wir haken das Ganze als Spinnerei und Einbildung ab, wohlwollend als "Placebo-Effekt" bezeichnet, und/oder betrachten alles, weniger wohlwollend artikuliert, als einen **"Rückfall in abergläubisches Denken"**.

Die **zweite** Möglichkeit, diese Angelegenheit - zumindest hypothetisch - betrachten zu wollen, genau besteht darin, anzunehmen, das Lösungsmittel bewahrt bestimmte **Informationen** auf über - noch völlig unbekannte - Wirk-Mechanismen. Wichtig dabei ist, dass eine schrittweise Verdünnung über viele Stufen stattfindet.

Die zweite Möglichkeit wird von der "seriösen Physik" grundsätzlich ausgeschlossen, bzw. nicht einmal in Erwägung gezogen, da sie allgemein erkannten und anerkannten Gesetzen zuwiderlaufen würde. (Soviel zur "Vorurteils-Freiheit".)

Lediglich die "Pseudo-Wissenschaften" nehmen sich dieser Hypothese mit - zugegeben - recht bescheidenem Erfolg an. Aber auch hier gilt - wie in der traditionellen Physik schon seit 100 Jahren etwa - der totale Pragmatismus: Der Erfolg gibt recht - so es denn Erfolge gibt. Dann aber - bitte sehr - **nicht mit zweierlei Maß messen!** Entweder wir akzeptieren diesen Pragmatismus auf **allen Gebieten** - z. B. Quantenphysik (vgl. Welle oder Teilchen, Zur Dominanz der Elektrodynamik bei der Erarbeitung der Quantenphysik, Quanten) und Homöopathie -, oder wir sind uns nicht zu fein, **beides** zu hinterfragen, auch dann, wenn wir noch nicht in der Lage sind, diese Fragen zu **beantworten**. Die Bereitschaft aber, wenigstens **Fragen** dieser Art zu akzeptieren, sollte kennzeichnend sein für die ach so seriöse und ach so stolze Wissenschaft! Der Versuch, diese Fragen dann auch zu beantworten (oder es wenigstens zu **wollen**), wäre der nächste Schritt. Dann erst, wenn man diesen Weg zu beschreiten bereit ist - und man ist es offensichtlich nicht -, dürfen wir, im Rahmen der bekannten Grenzen, von **Vorurteils-Freiheit** reden.

Aber dann gibt es noch das eigentliche, völlig ungeklärte, Problem: Vom **Placebo-Effekt** ist die (unverständliche) Rede. Beim Testen von "richtigen" (also wirkstoffhaltigen) Medikamenten (Verum) wird Wert darauf gelegt, den - auch hier wesentlich in Erscheinung tretenden - **Placebo-Effekt** zu eliminieren. Dabei bedient man sich so genannter **Doppelblind-Studien** (eine Form praktizierter **wissenschaftlicher Methodik** hier in der Medizin). Hierbei weiß weder der Proband noch der beobachtende Arzt, um jedwede bewusste und auch unbewusste Beeinflussung auszuschließen, welche der Versuchspersonen das echte Medikament und welche das **Placebo** erhält.

Placebo: Hier ein Scheinmedikament, das mit dem echten identisch ist - bis auf eine "Kleinigkeit": Es enthält genau jenen Wirkstoff **nicht**, den man testen will.

Und erst, wenn die Wirkung des wirkstoffhaltigen Präparates "statistisch signifikant" (was das genau bedeutet, ist ein Thema für sich) die "Wirkung" des **Placebos** übertrifft, hat das Präparat eine schwierige Hürde genommen. Die andere - noch schwierigere - Hürde heißt **Nebenwirkung**. Nicht das momentane Thema. Jedenfalls gehen den klinischen Tests erst einmal Tierversuche voraus, bei denen - so hofft man - erhebliche, die Gesundheit und das Leben der Menschen bedrohende, Nebenwirkungen mit "hoher Wahrscheinlichkeit" (ein ziemlich dehnbarer Begriff) auszuschließen sind.

Jetzt allerdings wundere **ich** mich - als bekennender medizinischer Laie -, wie denn ein **Schein**-Medikament überhaupt **tatsächlich** etwas bewirken kann. Nun, es geht um die psychologische Wirkung des gesamten Ablaufes der Behandlung beispielsweise. Schon der "Arzt an sich" ist mitunter Wirkung und Therapie genug. Die "Einbildung" bewirkt - jedenfalls zum Teil - das Gleiche, wie das Medikament, dessen Wirkung auf chemischer Einflussnahme beruht. Die Psyche "emuliert" also (teilweise) die chemische Wirkung der Arznei und kommt dabei nicht einmal ohne Nebenwirkung aus.

Emulation: Begriff aus der Informatik. Im Gegensatz zur **Simulataion**, tut hierbei ein Programm nicht nur so als ob es etwas tut, sondern es führt die Aktivitäten der simulierten Original-Hard- oder Software, eventuell mit Einschränkungen, **tatsächlich** aus. Mit einem Flug-**Simulator** kann man natürlich nicht wirklich abheben und fliegen. Aber ein Drucker, der einen "Laserjet" **emuliert**, verhält sich gegenüber dem Betriebssystem des Computers genau so wie der echte Drucker eines bekannten Herstellers es tun würde. Das Betriebssystem "bemerkt" diesen "Schwindel" überhaupt nicht.

Wie der Placebo-Effekt aber tatsächlich funktioniert, ist - bis heute! - **völlig** ungeklärt. Der "Placebo-Effekt" **bezeichnet** ein offensichtlich **reales Phänomen**. Von den Vertretern der Schulmedizin (ist beileibe nicht abwertend gemeint; ich jedenfalls versuche, **nicht** zu ideologisieren) wird aber nach außen hin so getan, als handele es sich dabei um eine **Erklärung**. Dies gilt generell für viele Dinge, die in den Wissenschaften eine **Benennung** - und eventuell auch eine **Systematisierung** - erfahren, wobei man mit einer **Bezeichnung** schon eine **Erklärung** in der Hand zu haben vorgibt. Zumindest dem Laien gegenüber. Und wenn man behauptet, dass ein Placebo - psychologisch determiniert -, den "Selbsttheileffekt" stimuliert, so haben wir damit auch nur **konstatiert**, dass Psyche und Physis, sich gegenseitig beeinflussen können, auf welchem Wirkungsmechanismus auch immer dies beruhen möge. Damit jedoch ist das Problem lediglich verlagert worden aber keineswegs als gelöst zu betrachten.

Der **Placebo-Effekt** ist somit keine Antwort auf bestimmte medizinische Fragen, sondern eine bislang unbeantwortete Frage.

Die **Erfolge der Hömöopathie - nur ein Placebo-Effekt?** - Nun ja, das ist ein Standpunkt, den man durchaus akzeptieren mag.

Wenn jetzt nur noch jemand erklären könnte, wie dieser "Emulations-Effekt" eigentlich funktioniert, wäre höchstwahrscheinlich vielen Menschen geholfen. Ich jedenfalls würde mich über diesen Erkenntnisgewinn mit Sicherheit freuen.

Nur sollten wir jetzt konsequent sein und fragen: **Die Erfolge der seriösen Pharmakologie - nur ein Placebo-Effekt?** - Wie auch immer, sogar die Wirksamkeit der wirkstoffhaltigen Medikamente beruht zu einem nicht zu vernachlässigbaren Prozentsatz ebenfalls auf eben diesem Phänomen.

Schließlich wird die ganz schwere demagogische Keule geschwungen: **"Ein Rückfall in abergläubisches Denken ist ein Prozeß, dem die Hüter kultureller Werte nicht gleichgültig zusehen sollten."** Auch hier fallen mir einige Fragen ein: Was ist tatsächlich abergläubisches Denken?

Gibt es in den Wissenschaften eine Art "Leitkultur", denen sich **alle** Menschen zu unterwerfen haben? (Ein Teil dieser "Leitkultur" ist beispielsweise die wissenschaftliche Methodik. Und eine Form dieser Methodik im Zusammenhang mit klinischen Tests von Medikamenten habe ich weiter oben kurz erwähnt.)

Wer jedoch sind die **Hüter** dieser kulturellen Werte?

Und ob wir einen **Rückfall "in abergläubisches Denken"** zu beklagen haben, wage ich zu bezweifeln. Doch, und das kommt der Sache vielleicht etwas näher, scheint der Aberglaube - **trotz** aller Erfolge von Wissenschaft und Technik! - nie gänzlich ausgerottet worden zu sein. Und wenn dem so ist, dann haben die Grals-**"Hüter kultureller Werte"** einen nicht zu unterschätzenden Anteil daran. (Welcher Anteil dies sein könnte, ist Hauptthema dieser Web-Site.)

Die Wissenschaften - zunächst vordergründig die Natur-Wissenschaften - sind also ein vielschichtiges gesellschaftliches Phänomen. Ein Teil davon beinhaltet das, was wir **Allgemeinbildung** nennen. Doch (siehe erstes Zitat) scheint der naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung kein besonders hoher Stellenwert zuzukommen. Dies ist verwunderlich, da es doch - insbesondere in der Physik - um die Befriedigung von Neugier geht. Oder zumindest ging.

Warum ist man nicht mehr neugierig auf das Erkennen naturwissenschaftlicher Zusammenhänge?

Ein Grund - vielleicht - ist die sich breitmachende Ideologisierung der Wissenschaften. In diesem Text bin ich auf das Beispiel der Homöopathie eingegangen, ohne dass ich mich - dabei selbst ideologisierend - grundsätzlich einer "alternativen Medizin" verschreibe. Schon deshalb nicht, weil ich die **Details** nicht einschätzen kann.

Und die Erfolge der traditionellen Medizin zu ignorieren, wäre schlicht und einfach nur dumm.

Mindestens genau so dumm jedoch ist es, mit Scheuklappen vor den Augen durch die Welt zu tanzen und damit dem Aberglauben tatsächlich Tür und Tor zu öffnen, dabei vorgebend, diesen zu bekämpfen.

Der anderer Grund - möglich kann dies durchaus sein - ist das sich Ausbreiten der "Irrationalismen der neuen Art". Zu diesen, den wohl nicht zu unterdrückenden Drang der Menschen nach Mystik befriedigenden, Aktivitäten zählen die ungezügelten Spekulationen jener Art, wie wir sie z.B. in der **Ur-Knall-Theorie** mit all ihren "Derivaten" vorfinden.

Zum Abschluss noch einmal einen Satz aus dem schon weiter oben zitierten Text, diesmal im gerade aufgezeigten Zusammenhang zu betrachten:

Es liegt an uns, etwas dagegen zu tun, daß unsere Nachfahren das auslaufende Jahrhundert [das 20. Jahrhundert, W.N.] mit einem Rückfall in das Zeitalter magischen Denkens verbinden werden.

Über den **"Rückfall in das Zeitalter magischen Denkens"** ärgere ich mich über alle Maßen.

Und diesen Ärger habe ich im Beitrag Gottes Urknall in - zugegeben, nicht besonders freundliche und sachliche - Worte gefasst.

Es gibt also eine Menge Fragen. Einige davon habe ich hier gestellt.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Wer soll das bezahlen ...?

02.04.2000

Wer hat so viel Geld? - Wissenschaft ist zum Wirtschaftsfaktor geworden.

Nie zuvor beschäftigten sich so viele Menschen mit Themen der Forschung, wie es etwa seit Mitte des 20. Jahrhunderts der Fall ist. Wahrscheinlich wurde auch hier - wie so oft - der Krieg "der Vater aller Dinge".

Hier ein Beispiel eines gewiss oft missverstandenen und fehlinterpretierten Ausspruches:

Krieg ist aller Dinge Vater, aller Dinge König. Die einen macht er zu Göttern, die anderen zu Menschen, die einen zu Sklaven, die anderen zu Freien. [Heraklit aus Ephesus: Fragmente, S. 8. Philosophie Schülerbibliothek, S. 45]

Wie dem auch sei, geht es um Rüstung (oder Verteidigung?), werden weder Kosten noch Mühe gescheut. Und dass es nur darauf ankommt, möglichst viel Geld einzusetzen und möglichst viele Leute möglichst konzentriert auf möglichst sinnvolle oder auch "sinnvolle" Ziele anzusetzen, um jene Ziele in möglichst kurzer Zeit auch zu erreichen, bewiesen wohl erstmalig die Amerikaner im Zweiten Weltkrieg als es (wie man meinte) darum ging, Deutschland beim Bau der Atombombe zuvorzukommen. Wie wir wissen, war man damals äußerst "erfolgreich".

Sehr erfolgreich war man in der Tat - nur zwölf Jahre später - als man sich anschickte, das Weltall zu erobern. Zwar ist aus der "Eroberung" bis heute nicht wirklich etwas geworden, aber immerhin konnte die Sowjetunion 1957 mit einer für die damalige Zeit unglaublichen Sensation aufwarten: Der erste Sputnik umkreiste die Erde.

Die Amerikaner ließen sich - nach anfänglichem Schock - nicht lumpen; und damit begann ein zweiter "Rüstungswettlauf".

Es wurden weder Kosten noch Mühe gescheut!

Der nächste Etappensieg ging an die USA: Abermals zwölf Jahre später - 1969 - landeten die ersten Menschen auf dem Mond. Es ging schon längst um mehr. Die Überlegenheit des einen oder des anderen Wirtschaftssystem galt es zu beweisen.

Als dann - diesmal mit einem zeitlichen Abstand von zwanzig Jahren - das eine der Systeme aufgrund seiner Unterlegenheit unterging, lag das sicherlich nicht an der ersten bemannten Mondlandung. Aber es lag u. a. an der ökonomischen Überlegenheit der USA und des westlichen Systems überhaupt. Wissenschaftliche Erfolge jedenfalls - das wissen wir jetzt - sind ein Spiegelbild der wirtschaftlichen Potenzen einer Nation oder einer Gruppe verbündeter Nationen. Und so ist es kein Zufall, dass auch in der Grundlagenforschung die USA dem Rest der Welt mindestens eine Nasenlänge voraus sind, weil sie vor wirtschaftlicher Stärke nur so strotzen.

Doch sogar hier ist man - sieben Jahre [bezieht sich auf das Jahr 2000] sind mittlerweile verstrichen - **trotz** allem an Grenzen gestoßen: Das gewaltigste Projekt

aller Zeiten der Teilchenphysiker konnte **nicht** realisiert werden. Der Bau des sogenannten **SUPERCONDUCTING SUPER COLLIDER** (ein gigantischer Teilchenbeschleuniger) wurde Ende 1993 vom amerikanischen Kongress gestoppt, nachdem bereits eine Milliarde Dollar (so etwa) in den texanischen Sand gesetzt wurde.

Von Karl **Popper** erfuhren wir - das liegt nun auch schon zehn [bezieht sich ebenfalls auf das Jahr 2000] Jahre zurück - (aus einem Interview der Zeitung **DIE WELT** am 29.01.1990):

Ich bin begeisterter Anhänger der Wissenschaft. Physik und Biologie sind für mich großartige Wissenschaften, und ich halte die meisten Physiker und Biologen für sehr geschickt und gewissenhaft. Aber: Sie stehen unter Druck. Diesen Druck gibt es erst seit dem Zweiten

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Weltkrieg, seitdem so viel Geld für die Wissenschaft ausgegeben wird. Wer eine vorherrschende Mode angreift ist , draußen? und erhält - vielleicht - kein Geld mehr. Das ist alles sehr traurig. Ja, die Wissenschaft ist leider gefährdet - ihre ursprüngliche Reinheit ist, leider, nicht mehr selbstverständlich.

Alles alte Geschichten?

Das mag stimmen, aber hochaktuell sind sie.

Die Forschung und der Nutzen

22.10.2000

In welchem Verhältnis stehen anwendungsorientierte Forschung und Grundlagenforschung zueinander?

Von C. F. v. **Weizsäcker** erfuhren wir schon vor einem halben Jahrhundert (aus einem 1950 gehaltenen Vortrag vor der Hauptversammlung der Max-Planck-Gesellschaft):



Wie kommt die reine Forschung dazu, derart der Praxis neue Wege zu öffnen? Ich möchte behaupten: nicht obwohl, sondern weil sie auf unmittelbare Anwendungen keine Rücksicht nimmt. Es ist eines der Vorurteile unserer Zeit, man erreiche ein Ziel am besten, wenn man ihm mit Scheuklappen zustrebe. Das Auge, das starr auf einen Punkt gerichtet ist, kann nicht in Ruhe den Horizont absuchen. Das scheinbar Überflüssige ist oft das Notwendigste. Die Gelassenheit, die Muße, die liebevolle Hingabe an ein Ziel, das nicht um eines Nutzens willen verfolgt wird, gehören zu den wichtigsten Voraussetzungen für den schöpferischen Vorgang, in dem Neues gefunden wird. Das reine Hingebensein an die Erkenntnis ist die entscheidende Vorbedingung der Forschung gerade auch dann, wenn man ihre Anwendung wünscht.

Diese Sätze wurden formuliert, als man noch recht optimistisch in die Zukunft zu blicken schien. Zwar waren erst fünf Jahre nach dem Krieg verstrichen; und der Aufbau des zerstörten Städte begann oder war bereits im vollen Gange. Die Gründung der "beiden deutschen Staaten" lag erst ein Jahr zurück. Die "Wirtschaftswunder-Ära" der Bundesrepublik setzte wohl fünf Jahre später ein. Es handelte sich um eine Zeit, an die ich mich nicht bewusst erinnern kann.

Ebenfalls fünf Jahre später hörte ich, dass Albert **Einstein** (wer eigentlich war das?) in Amerika (wo liegt das eigentlich?) gestorben sei. Daran erinnere ich mich tatsächlich noch.

Erst viel später erfuhr ich - wann genau, das kann ich nicht mehr sagen -, dass besagter **Einstein** einen gewichtigen Beitrag geleistet hatte auch für die Schaffung der Atombombe. Eine recht einfach scheinende Formel wies indirekt den Weg dorthin. Und hier sei Otto **Hahn** erwähnt, dem 1938 - zusammen mit Lise **Meitner** und Fritz **Strassmann** - der Nachweis der Urankern-Spaltung gelang.



Irgendwie haben wir es mit wissenschaftlichen Entdeckungen zu tun, die ausschließlich das Ergebnis **reiner Forschung** waren. An irgendeine "praktische Nutzenanwendung" war seinerzeit nicht zu denken. Keiner der beteiligten Wissenschaftler (**Hahn** war Chemiker, das Foto zeigt ihn 1967 bei der Einweihung eines Forschungsreaktors) konnte zum Zeitpunkt der wesentlichen theoretischen (**Einstein** 1905: Spezielle Relativitätstheorie) und experimentellen (**Hahn** 1938: Kernspaltung) Entdeckungen auch nur **ahnen**, welche **Folgen** ihre Forschungsergebnisse haben würden.

Wie dem auch sei, noch Mitte des 20. Jahrhunderts hatte man (ich erwähnte es schon) gute Gründe, bezüglich der Wissenschaften recht optimistisch in die Zukunft zu schauen - **trotz** aller negativen Begleiterscheinungen und **trotz** der Tatsache des möglichen - und tatsächlichen - militärischen Missbrauchs wissenschaftlicher Erkenntnisse.

Auch andere physikalische Forschungsgebiete - Stichwort Halbleiterphysik - zeigten praktische Auswirkungen: Die Transistoren begannen die Elektronenröhren nach und nach abzulösen. Und die Mikroelektronik in ihrer heutigen technisch perfektionierten Erscheinungsform ist immer noch nicht an ihre endgültigen Grenzen gestoßen.

Aber bitte beachten: Alle genannten - und auch nicht erwähnten - technischen Realisierungen, aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken, basieren auf physikalischen Erkenntnissen des 19. Jahrhunderts und jenen Forschungsergebnissen, die im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts (so etwa) gewonnen wurden. Andererseits vervielfachte sich der personelle sowie materielle Aufwand in der Grundlagenforschung im bzw. **nach** dem Zweiten Weltkrieg: Aus den Forschungsprojekten einzelner "Freaks" entstanden ganze "Subkulturen". Hatte das Forschungsgerät des beginnenden 20. Jahrhunderts noch Platz in einem kleinen Labor oder auf einem Arbeitstisch, so misst man beispielsweise den Umfang der gigantischen Beschleuniger der heutigen Teilchenphysiker nach Kilometern. Hier geht es um die reine Erkenntnisgewinnung.

Was aber wissen wir tatsächlich mehr? Oder - genauer - was haben wir tatsächlich mehr begriffen?

Die "zielgerichtete Forschung" steht nicht wesentlich besser da. Nein, ich meine nicht die Halbleitertechnologie und die LASER-Technik beispielsweise. Hier gibt es - und auf vielen anderen Gebieten ebenfalls - gewaltige technische Fortschritte!

Auf der Basis längst vorhandener Erkenntnisse jedoch.

Und die wohl bislang gewaltigste wissenschaftlich-technische Fehleinschätzung betrifft die gesteuerte Kernfusion. Noch Mitte der 50er Jahre des vergangenen Jahrhunderts (daran erinnere ich mich sogar

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellschaft
Technik
Astronomie
Sonstiges

persönlich) verlagerte man die technische Nutzenanwendung auf das Ende eben jenes Jahrhunderts: "In 30 bis 40 Jahren ist es geschafft". Dieser Zeitraum ist längst verstrichen, doch an der Prognose "In 30 bis 40 Jahren ist der Durchbruch sicher" hat sich fast überhaupt nichts geändert.

Wie auch immer man zu all dem steht, etwas Nachdenklichkeit wäre durchaus angebracht. Die angewandte Forschung und die Grundlagenforschung entwickelten im Rahmen ihrer Institutionen eine Eigendynamik, die durchaus beachtenswert ist.

Der versehentliche Mäusetod

14.01.2001

Hier geht es nicht um Rinder und BSE, sondern um Mäuse. Das ist nicht ganz so schlimm. Sollte man denken.

*Und sie laufen! Nass und nasser
wird's im Saal und auf den Stufen:
Welch entsetzliches Gewässer!
Herr und Meister! hör mich rufen! -
Ach, da kommt der Meister!
Herr, die Not ist groß! Die ich rief, die Geister
werd' ich nun nicht los.
Goethe, aus "Der Zauberlehrling"*

Da passieren viele unerfreuliche Dinge auf dieser Welt. Auch Katastrophen und andere Unglücksfälle ereignen sich relativ oft und erfreuen das wissbegierige Publikum. Die Zeitungen sind voll davon. Und das Fernsehen bringt das alles in schönen bunten und oft auch aktuellen Bildern. Ebenso die Katastrophenfilme Hollywoodscher Prägung kommen beim Publikum ausgezeichnet an.

Viele Ereignisse dieser Art - von der Massen-Karambolage auf der Autobahn bis hin zum spektakulären Flugzeugabsturz - sind entweder auf technische Fehler und/oder auf **menschliches Versagen** zurückzuführen. Da übersieht der Lokführer - zum Beispiel - ein wichtiges Signal oder der Pilot erwischt - versehentlich - die falsche Landebahn oder ein Stück Eisen liegt auf der Startbahn herum und verursacht einen fatalen Reifenschaden mit noch fataleren Folgen bei einem High-Tech-Flieger oder...

Es geht sogar **noch** spektakulärer: Der Reaktorunfall im Jahre 1986 in Tschernobyl ist das wohl berühmteste Beispiel dieser Art. Dagegen nehmen sich lokale Katastrophen vergleichsweise harmlos aus. Irgendeine Explosion in einer Fabrik für pyrotechnische Artikel oder in einem Kraftwerk richtet zwar gewaltigen Schaden an und sorgt unter Umständen für unermessliches Leid, aber dieser Schaden ist - und das ist nicht zynisch gemeint - lokal abgegrenzt. Einige Kilometer vom Unglücksort entfernt ist die Welt noch ziemlich in Ordnung.

Dies gilt natürlich nicht mehr für "Störfälle" (schon dieses Wort ist eine zynische Verniedlichung), bei denen radioaktives Material und/oder hochgiftige Stoffe mit im Spiele sind.

Über "richtige" Naturkatastrophen gäbe es auch einiges zu sagen. Ich lasse dies sein, da es ein zu vielschichtiges Thema ist.

Wie auch immer, menschliches Versagen spielt bei der Verursachung von Unfällen jeglicher Art eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Die Möglichkeiten der menschlich verursachten Pannen (dpa-Meldung vom 11.01.2001, nachzulesen beispielsweise bei **rp-online**) wurde um eine weitere Variante "bereichert". Hier ein Teil des Textes von **rp-online**:

London (dpa). Gen-Forscher haben aus Versehen ein für Mäuse absolut tödliches Virus hergestellt. Dies zeige die wachsende Bedrohung für den Menschen, dass Biotechniken von skrupellosen Regierungen oder Terroristen zur Schaffung gefährlicher Bio-Waffen eingesetzt werden könnten, schreibt das britische Magazin "New Scientist" (Nr. 2273, S. 4) in seiner neuesten Ausgabe. Die australischen Wissenschaftler wollten mit Hilfe gentechnischer Eingriffe ein Virus schaffen, das die Vermehrungsrate von Mäusen dämpft. Im Labor entstand jedoch ein für die Tiere absolut tödliches neues Virus.

Über den Missbrauch wissenschaftlicher Erkenntnisse - durch wen auch immer - möchte ich an dieser Stelle nicht berichten. Das wäre ein Thema für sich.

Doch an dem Satz

“Gen-Forscher haben aus Versehen ein für Mäuse absolut tödliches Virus hergestellt.”

beruhigt mich keineswegs die Tatsache, dass dieses Virus nur **für Mäuse absolut tödlich** ist.

Und noch mehr als der mögliche **bewusste** Missbrauch bestimmter Forschungsergebnisse **beunruhigt** mich an dieser Meldung die konkrete Ursache des Mäuse-Sterbens: "**aus Versehen**".

Und, weil es so schön zum Thema passt: Da strahlte ein privater Fernsehsender am Sonabend (13.01.2001) den Hollywood-Streifen von 1995 **Outbreak: Lautlose Killer** aus. Hier ging es natürlich nicht nur um ein paar Mäuse (obwohl mit solchen Filmen sicherlich eine Menge "Mäuse" zu verdienen sind). Sondern die Vereinigten Staaten (die von Amerika - Europa ist hoffentlich noch(?) nicht so weit) waren bedroht: Von einem Killervirus, das allerdings aus Afrika importiert und noch nicht im Labor eines korrupten Wissenschaftlers im Auftrag einer noch skrupelloseren Regierung "selbst gebaut" wurde.

Na ja, Hollywood! Die Traumfabrik lebt ja unter anderem von Katastrophen - echten und erfundenen.

Da können **wir** uns doch ganz beruhigt zurücklehnen, weil wir ja "absolut sicher" sein dürfen, dass uns ein "molekularbiologisches Tschernobyl" auf ewig erspart bleiben wird.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Oder?

Ach so: Um Mäusepopulationen unter Kontrolle zu halten, gibt es ein altbewährtes, weniger risikobehaftes sowie ökologisch fast unbedenkliches "Mittel": Die **Katzen**. Diese sind, im Gegensatz zu den Viren, sogar mit dem bloßen Auge zu erkennen. Und ein weiches Fell haben die. Und wenn man sie streichelt, beginnen sie zu schnurren...

Eine seltsame Wette

21.01.2001

Wetten können durchaus spannend sein. Aber den Ausgang einer Wette sollte man schon erleben dürfen.

Das letztere nahm ich bisher an. Da gibt (mittlerweile "gab") es eine beliebte Fernsehsendung einer öffentlich-rechtlichen Fernsehanstalt. Um irgendwelche Wetten soll es dort gehen. Dies kommt anscheinend beim Publikum sehr gut an. Seit fast zwei Jahrzehnten. (Am 20.01.2001 sollen es mehr als 15 Millionen Zuschauer gewesen sein.) Wetten sind dann einigermaßen spannend, wenn deren Ausgang halbwegs ungewiss ist. Sonst hat das Ganze ja keinen Sinn.

Da schrieb - dies liegt breits ein paar Jahre zurück - der "Vater der Si-Fi-Literatur", der französische Schriftsteller **Jules Verne** (1828-1905) u.a. einen Roman, in dem es ebenfalls um eine Wette ging. Der Held dieses Romans, Phileas Fogg, wettete, dass er es schaffen würde, mit den damals üblichen Verkehrsmitteln - wir schreiben das Jahr 1872 - in 80 Tagen die Erde zu umrunden. Und er schaffte es tatsächlich.

Diese Wette allerdings würde heutzutage niemanden mehr sonderlich beeindrucken. Schon der erste Sputnik benötigte 1957 nicht **80 Tage** sondern **100 Minuten** etwa. Die tatsächliche technische Entwicklung hat somit in relativ kurzer Zeit die blühende Phantasie eines phantasiereichen Autors überflügelt.

Also: Der Ausgang von Wetten muss ungewiss sein; doch auf das Ergebnis sollte man nicht allzu lange warten müssen. Sonst wird die Wette ja sinnlos. 80 Tage sind vielleicht noch akzeptabel.

Die Zeit der verrückten Wetten scheint längst noch nicht vorüber zu sein. So finden wir bei **rp-online** folgende auf den 15.01.2001 datierte Meldung:

Chicago (pte). Kann der Mensch dank des medizinischen Fortschritts 150 Jahre alt werden, oder ist spätestens nach etwa 130 Jahren das Leben zu Ende? Darüber haben zwei amerikanische Wissenschaftler eine Wette abgeschlossen, deren Sieger am 1. Januar 2150 ermittelt werden soll.

An dieser Wette stört mich ungemein, dass ich auf das Ergebnis satte 150 Jahre warten muss. Da es aber höchst unwahrscheinlich ist, dass ich über 200 Jahre alt werde, kann ich die Sache wohl vergessen.

Beide Wett-Kontrahenden vertreten - natürlich - verschiedene Standpunkte. Der eine sagt, mehr als 130 Jahre sind **grundsätzlich** nicht drin. Der andere hingegen behauptet, dass dank neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse - auch den Alterungsprozess betreffend - eben jener Alterungsprozess verzögert werden könnte.

Das mit dem "wissenschaftlichen Fortschritt" allerdings ist eine recht undurchsichtige Angelegenheit. Einerseits konnte gerade im 20. Jahrhundert der Beweis erbracht werden, dass - fast - nichts unmöglich ist. Andererseits wächst die Gefahr, dass mit immer größerer Einflussnahme unsererseits die möglichen Nebeneffekte sich unserem Einfluss gänzlich entziehen, besonders dann, wenn in das biologische Geschehen auf noch nicht überschaubare Weise **direkt** (gentechnisch) eingegriffen wird. (vgl. Der versehentliche Mäusetod).

Einerseits würde ich mich durchaus dafür interessieren, wie es in 150 Jahren auf dieser Welt so zugehen wird. Der Ausgang oben zitierter Wette wäre in diesem Zusammenhang ziemlich drittrangig.

Andererseits: Was sind schon 150 Jahre?!

Für einen Menschen allerdings eine - meiner Überzeugung nach - unüberbrückbare Zeitspanne. Selbst wenn es gelänge, das individuelle Lebensalter signifikant zu verlängern, was an echter Lebensqualität wäre damit in der Tat gewonnen?

Und welche gesellschaftlichen Auswirkungen hätte dies alles?

Wäre man überhaupt in der Lage - körperliche und geistige Aktivität vorausgesetzt -, mit den sich verändernden gesellschaftlichen Verhältnissen fertig zu werden?

Wer sich lediglich mit **einzelnen** wissenschaftlichen Problemen (dieser Größenordnung) befasst, herausgelöst aus sämtlichen Zusammenhängen, macht - dies meine Überzeugung - schwerwiegende Fehler.

Meine - sehr egoistisch geprägte - Hoffnung: Ich erlebe den - vielleicht - irgendwann einmal

Physik	realisierten Wahnsinn nicht mehr.
WissTheorie	
WissKritik	Meine - nicht ganz so egoistische - Hoffnung: Die "Menschheit" hat bisher noch alle Widrigkeiten überlebt. Und "Weltuntergangs -
Gesellsch	Propheten" waren bisher immer noch de facto widerlegt worden.
Technik	
Astronomie	Aber eine Wette, die zweite Hoffnung betreffend, möchte ich nicht abschließen.
Sonstiges	Schon weil ich deren Ausgang nicht erleben werde.

Die unterschätzten Vögel

01.02.2001

Von wissenschaftlicher Seite werden wohl immer noch die Fähigkeiten der Tiere unterschätzt. Oder: Welche Probleme verbergen sich hinter arbeitsteiligen Forschungsprozessen?

Aus einer Pressemitteilung des **Universitätsklinikums Tübingen vom 29.01.2001** ist zu erfahren (Quelle: Informationsdienst Wissenschaft):

Tübinger Wissenschaftler entdecken die für Selbst-Bewusstsein verantwortlichen Hirnregionen.

In den letzten Jahren hat die empirische Erforschung des menschlichen Bewusstseins einen enormen Aufschwung erlebt. Eine der Kernfragen bezieht sich dabei auf das Vorhandensein und die Bedeutung von Selbst-Bewusstsein und deren neuronalen Grundlagen.

Die Unterscheidung zwischen Selbst und Fremd ist eine biologische Notwendigkeit aller Lebewesen. Andererseits ist die Fähigkeit, über sich selbst und seine eigene Wahrnehmungen zu reflektieren, eine der höchsten kognitiven Leistungen.

Als ein Test für reflexives Selbst-Bewusstsein gilt der in den 70er Jahren von G. Gallup und B. Amsterdam durchgeführte 'Spiegel-Test'. Nur Kleinkinder ab dem 18. Lebensmonat und erwachsene Schimpansen erkennen sich selbst im Spiegel. Diese Fähigkeit wird auf das Vorhandensein von Selbst-Bewusstsein zurückgeführt.

(...)

Die Ergebnisse zeigen einen dramatischen Unterschied in der neuronalen Verarbeitung des eigenen Gesichts im Vergleich zu einer emotional nahestehenden Person. An der Selbsterkennung sind stammesgeschichtlich sehr junge Areale (linker Frontallappen), die mit der Fähigkeit zur Selbstreflexion in Verbindung gebracht werden, und sehr alte (limbisches System), das vielleicht mit dem diffusen Gefühl des 'Selbst' oder 'Ich' zusammenhängt, beteiligt.

So weit ich es recht verstanden habe, erfordert dass Sich-Selbst-Erkennen stammesgeschichtlich **"sehr junge"** Hirnareale, welche zudem bereits **lokalisiert** werden konnten. Und: **"Nur Kleinkinder ab dem 18. Lebensmonat und erwachsene Schimpansen erkennen sich selbst im Spiegel."** Letzteres ist ein Kriterium für die mögliche Existenz des Selbst-Bewusstseins.

Als Laie auf diesem Gebiet habe ich dem nichts hinzuzufügen und kann die genannten Ergebnisse in keiner Weise bewerten.

Die Angelegenheit wäre damit eindeutig und klar und würde kaum noch Fagen aufwerfen, hätte eine andere Pressemeldung, (vollständiger Text: **rp-online** , zufällig ebenfalls vom 29.01.2001) nicht doch für einige Verunsicherung gesorgt:

Hamburg/Bochum (dpa/Inw). Meeresvögel können auch im Orkan im Anflug auf eine Felswand zentimetergenau das Loch ihrer Behausung treffen und hineinschlüpfen. ... Es ist aber auch bekannt, dass manche darüber hinaus klug sind. Was sie alles können, haben erst neue wissenschaftliche Untersuchungen aufgezeigt, die sich vor allem mit Rabenvögeln befassen.

Erstaunliche Ergebnisse haben die Biopsychologen der Ruhr- Universität Bochum als Zieheltern von acht kleinen Elstern erzielt, die zu den Rabenvögeln gehören. Der Ruf dieser ja auch sprichwörtlich schlauen Vögel wurde mehr als bestätigt: Elstern können schon sehr früh gezielt nach einem Gegenstand suchen, den man vor ihnen versteckt. Sie erreichen dabei eine Leistungsstufe, die sonst nur Menschen, Menschenaffen und Hunde erreichen. Aber nicht nur das: Sie scheinen sich auch selbst im Spiegel zu erkennen. Das Wissenschaftsmagazin der Universität, "Rubin", berichtet darüber in seiner neuesten Ausgabe.

(...)

Zu den hervorstechenden Eigenschaften der Elstern gehört auch ein komplexes Sozialverhalten. So erkennen sie auch ihre eigenen Artgenossen individuell. Ausgeklügelte Bochumer Experimente mit einem Spiegel machten zudem einen erstaunlichen Grad von Selbstwahrnehmung deutlich.

Im Unterschied etwa zu Wellensittichen, die auch nach Jahren einen Spiegel in ihrem Käfig noch als Artgenossen behandeln, zeigten sich die Elstern dem Spiegelbild gegenüber neugierig und erkundend. Das selbstbezogene Verhalten markierter Elstern vor einem Spiegel legt den Schluss nahe, dass sie im Spiegelbild ihren eigenen Körper wahrnehmen.

(...)

Ein Grund dafür, warum Vögel so lange unterschätzt wurden, ist, **dass der Aufbau ihres Gehirns sich sehr von dem der Menschen und Säugetiere unterscheidet**. [Hervorhebung W.N.] Vermutlich werden die Leistungen, die hier von der Großhirnrinde vollbracht werden, im Vogelgehirn von anderen und anders zusammengeschalteten Instanzen ausgeführt. Es ist damit ebenfalls sehr hoch organisiert.

Die Wissenschaftler in Tübingen haben bestimmte Ergebnisse erbracht. Die von der Uni Bochum aber ebenfalls. Die Forschungsergebnisse **für sich betrachtet** besitzen selbst schon einen bestimmten Wert im Sinne mehr oder weniger neuer Erkenntnisse.

Dieses "mehr oder weniger" bezieht sich darauf, dass m. E. die Fähigkeiten der Tiere im allgemeinen und die der Vögel im besonderen bislang von wissenschaftlicher Seite oft unterschätzt wurden. Die "neuen Erkenntnisse" weisen auf die Tatsache hin, dass man **endlich** versucht, altbekannte Fakten der exakten wissenschaftlichen Analyse zugänglich zu machen.

Doch wie soll man - und dies besonders als Außenstehender - die Erkenntnisse beider Forschergruppen **im Zusammenhang** bewerten? Tatsache bleibt: Die Ergebnisse beider Gruppen sind sicherlich wahr, wenngleich zum Teil widersprüchlich erscheinend. Kein Zweifel. Aber: Beide Wahrheiten sind eben nur **Teil** -Wahrheiten!

Welche Fragen jedoch - für die künftige Forschung auf den Gebieten der Verhaltensforschung,

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Psychologie, Hirnforschung etc. - ergeben sich aus den genannten Fakten, wenn man sie **zusammen** betrachtet?

Der Zwiespalt: Arbeitsteilige Forschungsprozesse zum einen (anders geht es anscheinend nicht) und die Erkenntnis, dass zum anderen die **Ergebnisse der arbeitsteiligen Forschungsprozesse** durchaus einer "zusammenfassenden weiterführenden Interpretation" bedürfen.

Eine dumme Frage

18.02.2001

Irgendwie heißt es, es gibt keine dummen Fragen, sondern nur dumme Antworten. Ich befürchte, das stimmt sogar.

Da tauchte in einem Diskussionsforum, um Physik geht es dort, folgender Eintrag auf:

Name: Peter

Text: Hallo,

kann mir jemand - ohne komplizierte Formeln - anschaulich erklären, wie ein Funkgerät funktioniert und was genau eine Welle ist (also sind das nun kleine Teilchen oder nicht?)?

Danke.
Viele Grüße

Peter

Das Dumme an dieser Angelegenheit ist, dass es unmöglich scheint, auf diese klare und eindeutige Frage, die alles andere als dumm ist, eine eindeutige und klare Antwort zu geben.

Doch der Reihe nach. "wie ein Funkgerät funktioniert", ist ganz so einfach zu **erklären** nun auch wieder nicht.
Was also sind "elektromagnetische Wellen"?
Hier muss ich passen.

Aber ich konnte bereits - im Alter von 14 Jahren etwa - einige konkrete Erfahrungen machen. Schon als Kind und Jugendlicher interessierte ich mich für alles, was mit Elektrizität und Radio zu tun hatte.
Die Materialbeschaffung für meine Basteleien war relativ unproblematisch, da sich in Kellern und auf Böden noch "Altlasten" in Gestalt ausgedienter Volksempfänger und artverwandter Gerätschaften herumtrieben.
Und so war mein allererstes Gerät, welches tatsächlich funktionierte, und als aktives Bauelement eine Radioröhre enthielt, ein Hochfrequenzgenerator im UKW-Bereich. Und als Nebeneffekt - ich hatte bis dato keine Ahnung davon - strahlte dieser Oszillator, völlig unkontrolliert allerdings, elektromagnetische Wellen aus, die im Radio im Nebenzimmer empfangen werden konnten.

Nach "intensivem Literaturstudium" und einigen technischen Verbesserungen inklusive Antenne, war es mir gelungen, die Reichweite auf "gigantische" 1000 Meter (etwa) zu erhöhen. Auch hatte ich das Problem der Frequenzmodulation in den Griff bekommen, und konnte somit mein erstes "Rundfunkprogramm" ausstrahlen. Das neue Tonbandgerät (in meiner Klasse war ich damals der Einzige, der einen solchen "Luxusgegenstand" vorzuweisen hatte) lieferte die aktuellen Hits.

Natürlich wusste ich, dass ich mich jenseits der Legalität bewegte. Und somit stellte ich, zum Leidwesen meiner Kumpels aus der näheren Umgebung, mein "Super-Rundfunkprogramm" nach kurzer Zeit wieder ein. Ich verspürte keine Lust, mir überflüssigen Ärger aufzuhalsen, zumal es schon Informationen aus der Nachbarschaft gab, da in den Nachmittagsstunden der Fernsehempfang oftmals aus "unerfindlichen Gründen" gestört wurde.

Also, wie ein Funkgerät funktioniert, wusste ich. Ich hatte ja einen wesentlichen Teil davon, den Sender, mit recht primitiven Mitteln bereits realisiert.

Natürlich **wusste** ich überhaupt nichts!

Aber diese meine Unwissenheit hinderte mich keineswegs daran, mir ein gewisses technisches Know-How anzueignen und von den Erfahrungen der Generationen von Physikern und Technikern zu partizipieren, ohne diese Erfahrungen unbedingt nachvollziehen zu müssen.

Was also sind elektromagnetische Wellen?
Soll ich hier einen Hinweis auf die "Maxwellschen Gleichungen" ins Feld führen?
Das aber ist keine Antwort auf Peters Frage.

Es kommt aber noch böser: "*also sind das nun kleine Teilchen oder nicht?*"

Hier kann ich nur sagen: Voll erwischt! Immer auf das Schlimme!
Wollte ich auf diese Frage eine einigermaßen korrekte und erschöpfende Antwort geben, so müsste ich sehr weit ausholen und zumindest die Geschichte der Elektrodynamik und Quantenphysik andeutungsweise aufrollen. Und für den Außenstehenden wäre dies nur sinnlose "Eierei" - und äußerst langweilig außerdem. Und ohne Formeln läuft da fast überhaupt nichts!

Fazit: Ich bin - leider! - nicht in der Lage, auf obige "dumme" Frage eine befriedigende, korrekte und halbwegs sinnvolle Antwort zu geben!

Ich bin mir sicher, man **weiß** erst dann wirklich etwas, wenn man in der Verfassung ist, auch "dumme" Fragen zu beantworten.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Und: Die Anzahl der "dummen" Fragen allerdings, dies mein persönlicher Eindruck wenn ich die Entwicklung der Physik verfolge, scheint immer größer zu werden.

Was weiß man überhaupt, und was sind nur "technologische Handlungsvorschriften", die es uns erlauben, dieses - vermeintliche - Wissen mehr oder weniger erfolgreich **anzuwenden**?

Der Bundespräsident und die Genforschung

21.05.2001

Der Bundespräsident fasste ein heißes Eisen an. Man könnte dieses Thema auch Wissenschaft und Verantwortung nennen.

Hier ein Auszug aus der Rede des Bundespräsidenten in der Staatsbibliothek zu Berlin vom 18.05.2001 (Für einen Fortschritt nach menschlichem Maß):



Fast täglich erreichen uns atemberaubende Meldungen aus Wissenschaft und Forschung. Gerade die so genannten Lebenswissenschaften lassen uns staunen, in welche Bereiche der Natur wir vordringen können. Lange schon hat uns der Fortschritt in Biologie und Medizin nicht mehr so stark bewegt wie heute. Krankheiten, die wir für unbesiegbar gehalten hatten, scheinen heilbar zu werden. Genetische Defekte lassen sich möglicherweise korrigieren. Neue Pflanzensorten sollen den Hunger ganzer Weltregionen stillen. Heute scheinen Menschheitsträume wahr zu werden. Wir werden zu Mitspielern der Evolution. Gleichzeitig werden Ängste wach.

Wir erleben ja höchst Widersprüchliches: Einerseits hören wir, schon bald solle der erste Mensch geklont werden. Und auf der anderen Seite sind wir nicht imstande, eine seit Jahrhunderten bekannte Tierseuche in den Griff zu bekommen.

Ob "uns atemberaubende Meldungen aus Wissenschaft und Forschung" täglich erreichen oder ob "Menschheitsträume wahr" werden, sei dahingestellt. Doch es gab schon andere Menschheitsträume, auf die Johannes **Rau** konsequenterweise eingegangen ist:

Wenn ich von manchen Verheißungen angesichts der großen Möglichkeiten der Lebenswissenschaften höre, dann erinnert mich das an die Euphorie, die viele in den fünfziger und sechziger Jahren erfasst hatte. Damals ging es um die friedliche Nutzung der Atomenergie, die auch ich lange Jahre für den richtigen Weg gehalten habe.

Damals träumten viele - nicht nur Wissenschaftler - von nie versiegender Energie zu konkurrenzlos niedrigen Preisen.

Die Atomenergie sollte alles möglich machen: Wüsten zum Blühen bringen, Autos zum Fahren und sie sollte sogar das Sprengen für den Straßenbau erleichtern. Heute staunen die meisten über so viel Naivität und über so viel schlichten Glauben an den Fortschritt.

Als der Deutsche Bundestag am 3. Dezember 1959 das Gesetz über die friedliche Nutzung der Kernenergie verabschiedete, hat sich ein Abgeordneter der

Stimme enthalten. Alle anderen haben dafür gestimmt. Die Kernenergie zu nutzen, das erschien als das Selbstverständlichste von der Welt. An die Brisanz vieler Probleme, zum Beispiel der Entsorgung, hat man zu wenig gedacht und andere hat man sich gar nicht erst vorstellen können. Das sollte uns ein wenig skeptisch machen, wenn neue Technologien das Paradies auf Erden zu versprechen scheinen.

Bekanntermaßen plant man nunmehr den Ausstieg aus der Kernenergie. Auch wenn dieser Prozess sich über Jahrzehnte hinziehen wird [Nun ja, dieser Ausstieg vollzieht sich in Deutschland wesentlich schneller. Nachtrag 2018.], so ist zunächst die politische Entscheidung, es überhaupt zu tun, äußerst beachtenswert, wie auch immer man die Modalitäten dieses Ausstieges bewerten mag. Die Risiken der Kernenergie (siehe auch die Artikel [Kernenergie \(I\)](#) und [Kernenergie \(II\)](#)) sind hinreichend bekannt. Sie waren **grundsätzlich** bereits bekannt, als sich Wissenschaftler und Politiker noch eine ziemlich rosarote Zukunft für die Kernenergie ausmalten. Aus wissenschaftlicher Sicht gab es keine wirklich unvorhersehbaren Überraschungen. Die eigentlichen Probleme zeichneten sich später auf technischer, gesellschaftlicher und menschlicher Ebene ab. Und noch etwas: Radioaktivität, so sie denn in einem größeren Umfang freigesetzt wird (bei einem Reaktorunfall beispielsweise) lässt sich nicht verheimlichen. Radioaktive Strahlung ist nachweis- und messbar.

Und was die Genforschung und -technologie betrifft, so ist deren Nutzen sicherlich abschätzbar. Es gibt genügend positive Beispiele dafür.

“Neue Pflanzensorten sollen den Hunger ganzer Weltregionen stillen.”

Nun ja, das darf man ruhigen Gewissens bezweifeln, da wissenschaftliche Erkenntnisse sowie technische und industrielle Realisierungen noch nie gesellschaftliche Probleme gelöst haben. Globale Probleme "der Menschheit" schon gar nicht. Und Appelle an Vernunft, Verantwortung und Gewissen taugen bestenfalls dazu, das Gewissen derjenigen zu beruhigen, die solche Appelle "an die Menschheit" richten, oder - ein wenig bescheidener - an die Nation.

Doch was die Risiken der neuen Forschungen und Technologien angeht, so kann man hier überhaupt noch nichts eingrenzen. Ich persönlich habe da ein "ungutes Gefühl". Doch das ist irrational! Was zählen schon subjektive Vermutungen? Es zählen Fakten!

Die Fakten im Zusammenhang mit der [Kernenergie](#) sind - da hat diese Technologie einen gewissen Vorsprung - bekannt.

Und außerdem: Wer wird - moralisch und juristisch - verantwortlich gemacht, wenn etwas schief geht? - Dazu in einem der nächsten Beiträge mehr. Das Stichwort wird lauten: [Contergan](#). Auch hier war man schlauer - **hinterher**. Der Preis für diesen Erkenntnisgewinn jedoch war sehr hoch.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Contergan

26.05.2001

Aus Erfahrung wird man klug? Es gibt aber Erfahrungen, auf die man durchaus verzichten kann



Wo andere Menschen Arme haben, habe ich rechts nur einen kurzen Armstummel mit drei Fingern und links nur einen kleinen Finger, direkt an der Schulter. Ich bin - so nennt das der Volksmund nun mal - ein "Contergan-Kind", geboren 1961.

Diese Sätze stammen von Elke Klink. Sie ist ehrenamtliche Geschäftsführerin des **Bundesverbandes der Contergan-Geschädigten** in Köln und Leiterin der dortigen Beratungsstelle.

Nun weiß man natürlich, dass die **Anzeige der möglichen Risiken und Nebenwirkungen** von Arzneimitteln - in oder auf der Packung (Gebrauchsinformation) - zum Medikament gehört wie die Verpackung selbst. Der

Gesetzgeber will das so, jedenfalls seit 1978. Um ein Maximum an Sicherheit zu gewährleisten, gibt es in der Bundesrepublik ein Arzneimittelgesetz, welches in der jetzigen Form aber erst seit 1978 besteht (Gesetz über den Verkehr mit Arzneimitteln - AMG). Der **Hersteller** eines Medikamentes muss dessen Wirksamkeit und weitgehende Unbedenklichkeit nachweisen, also Wirkungen, Nebenwirkungen und Risiken exakt dokumentieren. Eine **Zulassungspflicht** in diesem Sinne gab es vorher noch nicht. Arzneimittel wurden lediglich **registriert**.

Dieses Gesetz hat man nicht einfach deshalb eingeführt, weil es für alles nun einmal Gesetze geben muss, sondern darum, weil es sich aufgrund bestimmter Erfahrungen offensichtlich erforderlich machte. Eine dieser Erfahrungen ist mit einem "**völlig harmlosen und von Nebenwirkungen absolut freien Beruhigungs- und Schlafmittel**" verbunden. Besonders werdende Mütter konnten das frei erhältliche, also nicht rezeptpflichtige Medikament unbedenklich einnehmen, um gewisse mit der Schwangerschaft einhergehende Beschwerden zu lindern. Der in diesem Präparat enthaltene Wirkstoff wurde vom Hersteller Thalidomid genannt, und das Mittel selbst kam in der Bundesrepublik 1957 unter dem Namen **Contergan** auf den Markt. Der Rest der Geschichte dürfte fast allgemein bekannt sein. Hört oder liest man das Wort **Contergan**, so fallen einem vielleicht die Begriffe **Arzneimittel-Skandal** ein oder gar **Justiz-Skandal**. Oder: Wie werden Medikamente getestet? Oder: Wann ist man sicher, dass eine neue Arznei wirklich das hält, was man sich von ihr verspricht? Dies betrifft die gewünschte Wirkung ebenso wie die unerwünschten, aber bekannten und in ihrem Risiko abschätzbaren Nebenwirkungen.

Jetzt soll es nicht um die Be- oder gar Verurteilung der Verantwortlichen der Herstellerfirma **Grünenthal** gehen, denen man vorwerfen kann - und es auch getan hat -, dass sie zumindest fahrlässig gehandelt haben. Wie dem auch sei, hier einige Sätze des Contergan-Herstellers selbst:

Das Schlafmittel Contergan wurde 1957 nach Voruntersuchungen auf den Markt gebracht, die aus heutiger Sicht wenig umfangreich waren, damals jedoch dem gängigen Standard entsprachen. Besonders verhängnisvoll war das scheinbare Fehlen von Toxizität. Da kaum akute Toxizitätserscheinungen beim Labortier oder den Versuchspersonen aufgetreten waren, hielt man chronisch-toxische Schäden oder gar Schäden an der werdenden Frucht für unmöglich - falls über fruchtschädigende Wirkungen überhaupt nachgedacht worden ist. 1957 fiel nämlich noch in eine Zeit, in der Untersuchungen der Einwirkung exogener Chemikalien auf die Entwicklung der Frucht noch mehr unter akademischen Gesichtspunkten als unter dem Blickwinkel der Sicherheitsprüfung von Industrieprodukten unternommen wurden.

Wer diese Aussagen lediglich als Ausreden ansieht, macht es sich etwas zu leicht. Denn, hätte man das Medikament nach heutigen Standards untersucht, so jedenfalls die Argumentation des Herstellers, wäre es möglicherweise gar nicht auf dem Markt erschienen. Doch andererseits gibt es durchaus ernst zu nehmende Hinweise dafür, dass selbst nach heutigen Maßstäben jenes Präparat eine Chance gehabt hätte, zugelassen zu werden. Die - auch im Nachhinein - durchgeführten Tierversuche bestätigten scheinbar die Harmlosigkeit des Medikamentes. Gerade der Wirkstoff Thalidomid "bewies" im Tierversuch seine Unbedenklichkeit - für Tiere. Womit andererseits als erwiesen gelten darf, dass die Sache mit den Tierversuchen eben **nicht gänzlich unbedenklich** ist. Wie auch immer, ohne den Contergan-Skandal hätte damals kein politischer Handlungsbedarf bestanden, das Arzneimittelgesetz zu verschärfen. Dies hatte ohnehin noch lange genug gedauert. Selbst nach dem Ende des Contergan-Prozesses - 1970 - mussten weitere 8 Jahre vergehen, bis das neue Gesetz in Kraft trat.

Unser aller Sicherheit - hier im Kontext mit pharmazeutischen Erzeugnissen - stützt sich somit auf zwei tragende Säulen: Zum einen sind es die **wissenschaftlichen Methoden**, die uns Sicherheit geben sollen und zum zweiten gibt es den **Zwang** von Seiten des Gesetzgebers, diese Methoden auch kompromisslos **anzuwenden**, wobei weit gehende Vorschriften die Sicherheit des potenziellen Patienten sichern sollen. Die Nachweislast wird dem Hersteller der Pharmaka übertragen. So jedenfalls die Theorie. Und was Aspekte der wissenschaftlichen Methoden angeht, hier einige Aussagen des Bundesverbandes der Pharmazeutischen Industrie:

Aus den Ergebnissen der toxikologischen Untersuchungen müssen die potentielle Toxizität des Arzneimittels und seine gefährlichen oder unerwünschten toxischen Wirkungen hervorgehen (...) Die Untersuchungen werden an verschiedenen Tieren und auch an Mikroorganismen, Zellkulturen und isolierten Organen gemacht.

...Die Wirksamkeit jedes neuen Arzneimittels muß am Menschen/Patienten nachgewiesen werden. Das setzt den Versuch am Menschen voraus, ein Versuch, der nur unter besonderen Vorgaben durchgeführt werden darf.

Das alles geschieht streng nach anerkannten wissenschaftlichen Methoden und nach noch strengeren Vorgaben des Gesetzgebers. Somit können wir beruhigt in die Zukunft blicken, da uns ein zweites "Contergan-Desaster" erspart bleiben wird. - Man kann dies aber auch anders sehen. Hier eine weitere Aussage des "Contergan-Kindes" Elke Klink:

Manchmal fragt man mich, ob ich nicht Haß in mir habe, auf die Menschen, die mir das angetan haben. Ich habe keine Haßgefühle, auch nicht gegen die Firma Grünenthal, die Contergan hergestellt hat. So etwas kann immer wieder passieren, auch heute noch.

Es ist stets kurzsichtig, im Fall einer wie auch immer gearteten Katastrophe, lediglich vordergründig und ausschließlich nach den Schuldigen zu suchen und letztlich auch zu finden - moralisch und/oder juristisch. Die Wurzeln sitzen tiefer. Die Möglichkeiten der Einflussnahme - auch auf das Leben - haben sich in den letzten Jahrzehnten vervielfacht. Und je größer die Einflussnahme, um so größer die Risiken - gerade die noch nicht abschätzbaren. Es fehlen einfach die Erfahrungen. - Nochmals der Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie:

Die laufenden Forschungen lassen erwarten, dass in Zukunft Krankheiten wie Aids, Rheuma oder Arteriosklerose mit Hilfe der Gentechnik ursächlich behandelt werden können. Und auch bei Krebs, Infektions- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen werden heute mit Hilfe der Biotechnik Biopharmaka entwickelt, die herkömmlichen Medikamenten oft überlegen sind.

Sehr optimistische Erwartungen. Und welche Erfahrungen wohl werden gemacht werden müssen, um die mit diesen Technologien verbundenen Risiken überhaupt abschätzen zu können? - Der Contergan-Fall liegt über 40 Jahre zurück, ist aber aktueller denn je.

Fast hätte ich es vergessen, da gab einen weiteren Fall. Der ereignete sich im Jahr 2001. Auch diesmal war es wieder ein deutscher Pharma -Hersteller, der "ins Gerede" kam. Die Rede ist von **Lipobay®**, einem Cholesterinsenker aus dem Hause **BAYER**, der ab August vom Hersteller vom Markt genommen wurde.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Der achte Tag der Schöpfung

02.06.2001

Der Mensch als Vollender der Schöpfung? - Keine besonders beruhigende Vorstellung



Die Überschrift dieses Beitrages ist nicht von mir erfunden, sondern der ein wenig hochtrabende Titel eines Buches. Das Buch über den **Forschergeist am Schaltbrett der Natur** - so der nicht minder anspruchsvolle Untertitel - befasst sich mit vielen Fragen der naturwissenschaftlichen Forschung. Hier einige Themen (eine kleine Auswahl) dieses Werkes: **Der Code des Lebens - Krebs ist ein Druckfehler - Viren werden umgebaut - Darf Leben angetastet werden? - Braucht der Mensch Ersatzteile? - Reparatur im Krankenhaus - Das Feuer der Sterne.**

Alles aktuelle Themen. Bekanntermaßen werden einige der aufgeworfenen Fragen recht kontrovers diskutiert, so als wüsste man nicht so recht, was man will und kann, soll und darf - oder womöglich auch nicht darf. Gerade die Bio-Wissenschaften bieten Angriffspunkte für mancherlei Kritik. Vielleicht ist das gut so. Sachliche Kritik jedoch setzt Sachkenntnis voraus. Diese Sachkenntnisse besitzen leider nur die Spezialisten und Fachexperten, die jedoch wenig an Kritik interessiert sein dürften. Der "Rest der Menschheit" hat mit der Bewertung wissenschaftlicher Erkenntnisse naturgemäß nun einmal große Probleme. In diesem Rahmen sollten - unter anderem - populäre Darstellungen wissenschaftlicher Zusammenhänge eine wichtige Rolle spielen. Aber auch hier kann der Laie nicht mit der Vermittlung nachvollziehbarer Erkenntnisse rechnen, weil dies einfach nicht möglich ist. Man kommt letztlich nicht umhin, zu glauben und zu vertrauen oder eben **nicht** zu glauben und den Darlegungen der Autoren - wenn überhaupt - mit Argwohn zu folgen.

Anknüpfend an den Beitrag Contergan zitiere ich nochmals den Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie:

Die Gen- und Biotechnik gelten heute als Leitwissenschaften des 21. Jahrhunderts: Die laufenden Forschungen lassen erwarten, daß in Zukunft Krankheiten wie Aids, Rheuma oder Arteriosklerose mit Hilfe der Gentechnik ursächlich behandelt werden können. Und auch bei Krebs, Infektions- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen werden heute mit Hilfe der Biotechnik Biopharmaka entwickelt, die herkömmlichen Medikamenten oft überlegen sind.

Diese Aussagen sind nicht absolut taufersch, sondern ein paar Jahre alt. Auch folgende Argumente sind nicht völlig neu:

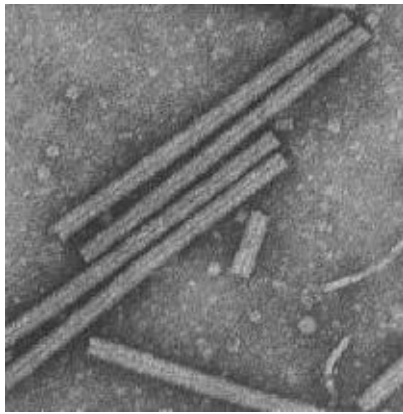
Die Ergebnisse von Studien und Branchen-Reports zu den Perspektiven der Biotechnik in Deutschland, prognostizieren, daß von der Biotechnik bei der Bekämpfung von Infektions-, Krebs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen entscheidende Fortschritte und neue Therapieansätze erwartet werden. 1997 gab es weltweit schon über 600 genehmigte Gentherapien. Erste Therapieerfolge, zum Beispiel bei der Behandlung einer erblichen Immunschwächekrankheit, liegen bereits vor; ...

Wie dem auch sei, ähnlich gelagerte Fragen kommen auch in dem von mir bereits zitierten Buch vor, dessen Anspruch, das nehme ich nun einmal an, ein aufklärerischer Anspruch ist. Eine vergleichbare Textpassage aus diesem Buch liest sich so:

Krebs ist ein Druckfehler [im genetischen Code, W.N.]

Die Forscher treibt nicht nur die Neugier, wenn sie den Code entschleiern wollen. Sie sehen eine der größten Aufgaben vor sich, die sich Menschen jemals gestellt haben. Dies ist die Bekämpfung des Krebses. Krebs entsteht, wenn eine Zelle (...) nicht mehr der Regulation des Organismus unterworfen ist und sich nach ihren eigenen Gesetzen teilt und vermehrt. (...) Wenn es möglich ist, daß falsch codierte Zellen ihren Bauplan auf gesunde Zellen übertragen, dann müßte man gesunde Zellen auch so aktiv machen können, daß sie den entarteten Zellen den richtigen Bauplan wieder übermitteln.

Hier einige weitere Sätze. Um den "Umbau" von Viren geht es. Ist eigentlich "ganz einfach":



Dieses Virus besteht aus einer winzigen Eiweißröhre (siehe Foto), in deren Innern sich ein RNS-Molekül befindet. Mit flüssigem Phenol wurde die Eiweißhülle abgelöst. Übrig blieb der aus 6000 Buchstaben bestehende genetische Code. Löscht man einzelne Buchstaben in diesem Text, dann kann entweder gar keine neue Eiweißhülle aufgebaut werden, oder sie wird anders zusammengesetzt als die des ursprünglichen Virus. Auf ähnliche Weise wurden auch andere Viren, etwa das der spinalen Kinderlähmung (...) verändert.

Als Viren-Umbau-Anleitung für den ambitionierten Heimwerker ist diese Beschreibung sicherlich nicht sonderlich geeignet, aber immerhin recht anschaulich. Doch weiter im Text:

"Die Biochemiker fangen an, richtig Gott zu spielen", sagte ein Nobel-Laureat auf dem letzten Treffen der Preisträger (...). Er saß in den Zuschauerreihen und konnte somit pointierter reden, als es einer der beteiligten Forscher je gewagt hätte. Aber er drückte in diesem einen Satz die Gefühle des Unbehagens aus, die viele Menschen heute beschleichen.

Die "Gefühle des Unbehagens" kamen in einigen meiner Beiträge bereits mehrfach vor. Selbst der Bundespräsident konnte sich eines solchen Gefühls nicht gänzlich erwehren - und wurde dafür auch schon heftig kritisiert. Um diesen Sachverhalt soll es jetzt nicht gehen. Es geht um das erwähnte Buch. Dem mit der Materie vertrauten Leser, wird vielleicht aufgefallen sein, dass "irgend etwas nicht stimmt". Was also ist das ganz Besondere an diesem Buch (**Herbert L. Schrader, Der achte Tag der Schöpfung - Forschergeist am Schaltbrett der Natur**)?

Es ist nicht vordergründig dessen Inhalt, sondern sein Alter! Mittlerweile kann dieses Buch auf ein für solche Publikationen geradezu biblisches Alter, weil "völlig veraltet", verweisen: Erschienen ist es **1964(!)** bei Ullstein.

Die Sache ist recht aufschlussreich. Deshalb werde ich nochmals, voraussichtlich im nächsten Beitrag, auf dieses Buch eingehen - und auf jenen Zeitraum, der seit dessen Erscheinen verstrichen ist. **"Der achte Tag der Schöpfung? - Forschergeist am Schaltbrett der Natur?"** Nun ja, heutzutage **formuliert** man dies sicherlich etwas bescheidener, ohne wirklich bescheidener zu sein.

Das Bild zeigt eine elektronenmikroskopische Aufnahme des Tabakmosaikvirus. Bereits 1956 begannen am **Max-Planck-Institut für Virusforschung** in Tübingen Versuche unter anderem mit eben diesem Virus.

Doch zum Schluss die aktuellere und absolut positive Meldung (**FOCUS** 23/2001):

Treffsichere Therapie - Eine neue Generation von Krebskillern kuriert bislang unheilbare Tumoren - allen voran die in den USA zugelassene Pille Gilvec.

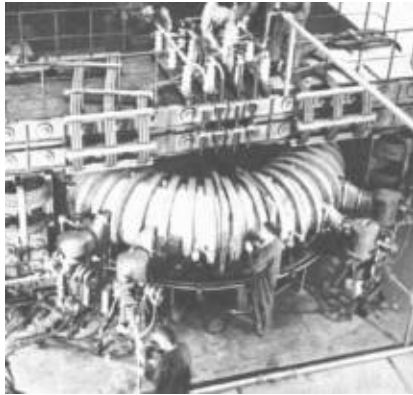
Endlich **der** Durchbruch! - Der wievielte "entscheidende Durchbruch in der Krebstherapie" ist das eigentlich schon? Ich habe nicht mitgezählt.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Die Zukunft gibt fast unlösbare Rätsel auf - die Vergangenheit vielleicht nicht ganz so viel.

Unsere Zeit ist - so das allgemein anerkannte Vorurteil - eine sehr schnelllebige Zeit. Jedenfalls gilt dies für mehr oder weniger oberflächliche Modeerscheinungen. Was gestern noch "in" war, ist heute schon "megaout" und morgen erinnert sich kein Mensch mehr daran. Und bei dem "Wettkampf mit dem technischen Fortschritt" bleibt man als Konsument immer der Verlierer. Da kauft man einen nagelneuen PC - und drei Tage später ärgert man sich über alle Maßen, weil ein vergleichbares System fast nur noch die Hälfte kostet. Die Hardware wird immer leistungsfähiger - und die Software-Pakete auch. Somit gleicht sich alles wieder aus - jedenfalls was die Geschwindigkeit betrifft. Sieht man die Angelegenheit etwas nüchterner, so fragt man sich nach dem Wert von immer umfangreicherer Software, deren Leistungsmerkmale man ohnehin kaum kennt, geschweige denn ausnutzt.

Die Entwicklung der Rechentechnik - um bei diesem Beispiel zu bleiben - nahm einen Verlauf, der wahrlich nicht vorhersehbar war. Selbst mit der "Geburt" des Mikroprozessors war das Revolutionäre dieser Idee nicht kalkulierbar. Der erste (4-Bit-)Mikroprozessor - der "4004" - wurde 1971 von einer unbedeutenden kleinen Firma namens Intel vorgestellt. Auf ein paar Tausend Stück wurde damals der Bedarf pro Jahr geschätzt. Doch hatte man sich gründlich geirrt. Einer der Pioniere von Intel, Ted Hoff, soll einmal bemerkt haben: ***"Die eigentliche Erfindung des Mikroprozessors war nicht so bedeutsam wie die schlichte Erkenntnis, dass es für so etwas einen Markt gab."*** Ein unverhoffter Erfolg, wie es scheint.



Oftmals war es so, dass der wirklich große Erfolg sich geradezu unbemerkt einschlich. Dies gilt für die Technik gleichermaßen wie für die Wissenschaft. Andererseits gibt es recht betagte Forschungen, deren Ziel sich immer weiter in die Zukunft verschiebt. Als Beispiel sei das - bereits mehrfach erwähnte - Problem der Energiegewinnung mit Hilfe der gesteuerten Kernfusion genannt. (Das Bild zeigt eine russische Versuchsanlage zur Kernverschmelzung Mitte vorigen Jahrhunderts, etwa 1957). Die Zielstellung ist alt und die Versuche der technischen Realisierung nicht minder. Dennoch scheint der Erfolg immer noch auf sich warten zu lassen. Seit 40 Jahren ungefähr. Auch in der theoretischen Physik hat man einige uralte Probleme zu lösen. Die einheitliche Theorie ist bis jetzt immer noch Zukunftsmusik geblieben.

Einerseits werden, vom jetzigen Stand der Erkenntnis ausgehend, Hoffnungen geweckt. Insbesondere in der Medizin sollen die Gen- und Biotechnologien Krankheiten ursächlich behandelbar machen. Andererseits lösen gerade diese Technologien derzeit (warum eigentlich nicht schon vor zehn Jahren oder noch früher?) sehr kontroverse Diskussionen aus. "Hoffnungen - Chancen - Risiken", so die Inhalte der Argumentations-Schwerpunkte. Nicht zuletzt über die damit einhergehenden ethischen Probleme wird zurzeit lautstark nachgedacht. Eine neue "Ethik-Kommission" [das war im Jahr 2001] soll Argumente abwägen helfen. Selbst diese Instanz wird schon von verschiedenen Seiten als überflüssig kritisiert. Und schließlich erreichen uns fast täglich Meldungen von irgendwelchen Erfolgen auf diesem Gebiet. So schnelllebig ist die Zeit!

Sind das aber wirklich Erfolge oder in Wahrheit nur Eintagsfliegen?
Wer kann das beurteilen?

Wissenschaft und Gesellschaft - ein altes Thema, weil Wissenschaft und Gesellschaft eben **nicht** zu trennen sind. Es ist schwer einzuschätzen, warum gerade zum jetzigen Zeitpunkt Themen diskutiert werden, die eigentlich schon länger aktuell waren. Aber Vermutungen anzustellen sollte durchaus legitim sein. Tatsache ist, dass nicht alle Verheißungen der Wissenschaftler bisher in Erfüllung gingen. Sehen wir nur die letzten 50 Jahre, so fällt dem kritischen Betrachter auf, dass durchaus Diskrepanzen zwischen Anspruch und Realität, gerade die Wissenschaften betreffend, zu beobachten sind. Irgend etwas stimmt hier nicht. Der Achte Tag der Schöpfung ist eben (noch?) nicht angebrochen.

Es wäre kurzsichtig, Wissenschaftskritik mit Wissenschaftsfeindlichkeit gleichzusetzen. Gerade, weil sich eine durchaus als wissenschaftsfeindlich einzustufende Stimmung, oder nur Gleichgültigkeit, auf weite Kreise der Bevölkerung auszubreiten scheint, darf es an Kritik nicht mangeln. Teil dieser Kritik ist vielleicht die Auseinandersetzung mit der Vergangenheit. Dabei sind durchaus Analogieschlüsse zulässig, die eine Bewertung der jetzigen wissenschaftlichen Aktivitäten ermöglichen helfen.

Fehleinschätzungen gab es schon immer, dies lässt sich - **rückblickend** - belegen.

Fehleinschätzungen gibt es gewiss auch heute, das sollte man - **vorausschauend** - einkalkulieren.

Einerseits gibt es durchaus zu honorierende Erfolge. Doch andererseits scheint der Erkenntnisfortschritt auf vielen Gebieten zu stagnieren. Das Selbstbewusstsein der "Macher" wird davon nicht berührt. Denn die Erfolge der Wissenschaft sind unbestritten. Und die Misserfolge? - Letztere gibt es nicht. Die scheinbaren Misserfolge der Gegenwart sind die Erfolge der Zukunft. Es ist alles nur eine Frage des Geldes und der Zeit. Und wenn ein Forschungsziel eben noch **nicht** erreicht werden konnte, so bedeutet dies nur, dass es von der Gesellschaft nicht gebührend gewürdigt und gefördert wurde.

Ist das wirklich so einfach?

Zweifel sind erlaubt.

Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

[Home] [Seitenanfang]

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Wir können uns drehen und wenden wie wir wollen. Und über die Erkenntnis lässt sich "gar trefflich" streiten. Als "Generalargument" für die Richtigkeit wissenschaftlicher Erkenntnis gilt, jedenfalls für die Physik, die Nutzanwendung in der Technik. Dieses "Argument" wird gern herangezogen, wenn andere Argumente zu versagen drohen. Nun sind auch technische Nutzanwendungen völlig problemlos nicht. Und auch Fehleinschätzungen anderer Art gab und gibt es.

Physik

WissTheorie

WissKritik

Gesellsch

Technik

Astronomie

Sonstiges



Carl- Friedrich
v. Weizsäcker
1912 - 2007

Die Bomben über Hiroshima und Nagasaki haben den zweiten Weltkrieg beendet. Auch bei den Siegern wurde die Freude über das Ende des Krieges rasch von der Sorge überschattet: würden wir einen dritten Weltkrieg überleben, in dem diese Bomben fallen?

Einige amerikanische Physiker, die an der Bombe gearbeitet hatten, schlugen vor, den Russen die Konstruktionsgeheimnisse freiwillig mitzuteilen. So sollte Amerika durch die Tat beweisen, daß es nur den Frieden wolle. Der Gedanke war wohl weltfremd, aber er war nicht so weltfremd, wie er den Menschen erscheinen mochte, die die Konsequenzen der neuen Erfindung nicht so rasch übersahen wie die Erfinder selbst. Wir wissen heute, wie selbständig die Russen die Atomtechnik entwickelt haben, wir wissen, wie rasch sie die Bombe besaßen. Der Geheimnisverrat, über den ja viel gesprochen worden ist, wird ihnen doch kaum mehr als ein bis zwei Jahre Arbeit erspart haben

C . F. v. Weizsäcker, **Atomenergie und Atomzeitalter, 1957**

Inhalt

1. [Technik](#)
2. [Kernenergie \(I\)](#)
3. [Kernenergie \(II\)](#)
4. [Die Brennstoffzelle und das Energieproblem](#)

5. [Künstliche Intelligenz \(I\)](#)
6. [Künstliche Intelligenz \(II\)](#)
7. [Cogito ergo sum](#)
8. [Schachcomputer](#)

Wissenschaft und Kritik - Wissenschaft und Technik

Technik

25.12.2001

Einige ganz persönliche Erinnerungen und Gedanken



Auf dieser Seite erscheinen Zitate aus dem Jahr 1957. Es gibt Aussagen, die sind viel älter, aber das Jahr 1957 ist immerhin ein Jahr, an das ich mich persönlich erinnern kann. Es begann das so genannte **Internationale Geophysikalische Jahr** (1.7.57 bis 31.12.58).

Zitat **Bertelsmann Universallexikon**, Stichwort **Internationales Geophysikalische Jahr**:

Abkürzung IGJ, internationale Forschungsunternehmung zur gemeinsamen Beobachtung von Erscheinungen aus den Bereichen des Wetters, des Erdmagnetismus, von Polarlicht und Nachthimmelslicht, Ionosphäre, Sonnenaktivität, kosmischer Strahlung, Gletscherbewegung, ozeanischer Zirkulation, Erdbeben, Schwerkraft und radioaktiver Strahlung, vom 1. 7. 1957—31. 12. 1958 veranstaltet vom Internationalen Rat der Wissenschaftlichen Unionen (International Council of Scientific Unions); Schwerpunkte: Antarktisforschung, Raketen- und

Satellitenmessungen, Meeresforschung. Die Beobachtungsstationen befanden sich längs der 3 IGJ -Meridiane 75° w. L., 10° und 40° ö. L.; ein 2. Gitter von 3 Zonen umspannte die Erde am nördlichen Polarkreis, am Äquator und über Antarktika. Insgesamt beteiligten sich 54 Nationen.

Das Jahr 2002 nun ist das Jahr der Geowissenschaften, im Rahmen der Initiative “Wissenschaft im Dialog” des **Bundesministeriums für Bildung und Forschung**. Herausragendes Ereignis damals war der erste **Sputnik**, der am 4. Oktober 1957 auf die Umlaufbahn geschickt wurde. Bereits ein Monat später, am 3. November des gleichen Jahres, begann Sputnik 2 seine Runden zu drehen. An Bord befand sich als erste “offizielle Weltraumreisende” die Hündin Laika.

Das Zeitalter der Raumfahrt begann! Nun ja, der kugelförmige erste Satellit hatte nur einen Durchmesser von 58 Zentimeter und wog schlappe 83 Kilogramm. Ziemlich mickrig und ernüchternd erschien mir das. Aber der zweite “Begleiter” beherbergte bereits ein Versuchstier und brachte immerhin etwas mehr als 500 Kilogramm auf die Waage. Aber Sputnik 3, am 15. Mai 1958 in die Umlaufbahn gebracht, stieß mit über 1300 Kilogramm in hanfestere Dimensionen vor.



Immerhin profitieren wir heutzutage in Gestalt der Nachrichtensatelliten, die uns gar viele Fernsehprogramme bescheren, auch von jenen Anfängen.

Diese mögliche künftige Nutzenanwendung war auch damals bereits im Gespräch. Dass es - viel später - auch einmal Navigationssysteme geben würde, war grundsätzlich nicht vorhersehbar, da hierzu technische Voraussetzungen geschaffen werden mussten, von denen man damals noch nicht einmal träumen konnte. Nachtrag 2018

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Und das Zeitalter der friedlichen Anwendung der Kernenergie war gleichfalls angebrochen. Das bedurfte keiner Frage. Die Frage war nur, **wann sämtliche** Energie aus Atomenergie gewonnen werden würde. Darüber, **dass** dies in absehbarer Zeit geschehen würde, herrschte wohl allseits Einigkeit.

Heute sind wir klüger - die Vergangenheit betreffend.

Doch die Klugheit hat wohl Grenzen - geht es um die Gegenwart und die Zukunft.

Das aktuelle Thema ist der Ausstieg aus der Kernenergie.

Vor 40 bis 50 Jahren gab es andere Schwerpunkte und auch gewisse Fehleinschätzungen. Da wurden - wenige Jahre nach dem Zweiten Weltkrieg - Pläne bekannt zur atomaren Aufrüstung auch der Bundeswehr. Im Göttinger Manifest der 18 Atomwissenschaftler vom 12. April 1957 (als **Göttinger Erklärung** populär geworden) warnten führende Physiker vor den Gefahren der atomaren Bewaffnung und den Gefahren des atomaren Wettrüstens überhaupt, wenngleich "das Gleichgewicht der Kräfte" immerhin als notwendiges Übel betrachtet wurde, aber nicht auf Dauer angestrebt werden sollte. Dass 32 Jahre später der **Kalte Krieg** beendet sein würde, konnte niemand ahnen. Und dass damals die Gefahr eines Atomkrieges nicht nur in der Phantasie einiger unverbesserlicher Pessimisten bestand, sondern ziemlich real war, dürfte heutzutage allgemein bekannt sein.

Einer der Unterzeichner der **Göttinger Erklärung** war C. F. v. Weizsäcker (1912 - 2007). Grund genug, sich mit der Problemstrecke der Kernenergie für friedliche Zwecke zu befassen. Im Buch **Atomenergie und Atomzeitalter** (1. Auflage 1957 und 2. Auflage 1958) sind zwölf Vorlesungen **v. Weizsäcker**s abgedruckt, die auch aus heutiger Sicht interessant zu lesen sind. So sehr man auch schon damals gegen die atomare Rüstung war, so gab es an einer Tatsache nicht den geringsten Zweifel: Die friedliche Nutzung der Kernenergie wird nun unwiderruflich kommen und einen wesentlichen Beitrag zum Gesamtenergieaufkommen leisten. Hier ist es durchaus interessant und lehrreich, einmal nachzulesen, wie man vor mehr als vier Jahrzehnten die Gefahren der friedlichen Nutzung der Kernenergie (hier zunächst die der Kernspaltung) einschätzte. Und die Einschätzung eines C.F.v.Weizsäcker dürfte durchaus repräsentativ für die Haltung der Wissenschaftler der damaligen Zeit sein:

Die Atombombenversuche einzustellen, ist eine heute sehr weitverbreitete Forderung, und wir müssen sehr hoffen, daß sie erfüllt werden wird. Die Weiterentwicklung der friedlichen Atomtechnik einzustellen ist hingegen eine Forderung, die nur wenige erheben und die so gut wie keine Aussicht auf Erfüllung hat. Deshalb ist es für uns das Wichtigste, uns klarzuwerden, was für Folgen diese Technik, die zu unserem zukünftigen Schicksal wohl mit Gewißheit gehören wird, für unser Leben haben kann.

Seit **Harrisburg** (USA, Reaktorunfall 1979), und - spätestens - seit **Tschernobyl** (UdSSR, 1986) hat sich die Einstellung einer Vielzahl von Menschen zur friedlichen Nutzung der Kernenergie doch ein wenig gewandelt. Und bereits 1957(!) sorgte ein Brand in einem der Reaktoren in **Windscale** (GB) für die Freisetzung großer Mengen radioaktiven Materials. Wer glaubt, dass es nun endlich genug ist, der sei an **Tokaimura** (Atomunfall in einer Wiederaufbereitungsanlage in Japan, 30. September 1999) erinnert.

Doch weiter im Text **v. Weizsäcker**s:

Ich glaube nun, man wird jedenfalls trotz der großen Ungewißheiten, die über das genaue Ausmaß dieser Wirkungen heute noch bestehen, sagen zu dürfen, daß diese Wirkungen nicht größer sein werden als andere Rückwirkungen der neuzeitlichen Technik auf das menschliche Leben. Es liegt mir ganz fern, diese Wirkungen bagatellisieren zu wollen, denn ich habe das Gefühl, daß wir an vielen Stellen uns der gefährlichen Rückwirkung der Technik auf das Leben bei weitem nicht genug bewußt sind. Aber auf der anderen Seite wäre es ganz falsch, eine panische Angst gerade vor den Wirkungen dieser Radioaktivität zu verbreiten, so als ob sie das Ausmaß der bisherigen Rückwirkungen der Technik auf unser Leben noch einmal überstiegen. ...Es ist aber auf der anderen Seite nicht zu leugnen, daß die Menschheit offenbar bereit ist, für den Straßenverkehr, den sie nicht missen will, solche Todesopfer in Kauf zu nehmen.

Dieser Vergleich hinkt ein wenig. Wie alle Vergleiche eben ich gerade leichtfüßig daherhüpfen. Irgend etwas stimmt an dieser Argumentation nicht, glaube ich. Um es vereinfacht auszudrücken: Ich habe grundsätzlich - ganz persönlich - die Freiheit, mich dem Straßenverkehr weitgehend zu verweigern, indem ich nicht mit dem Auto fahre und als Fußgänger mich ganz besonders vorsichtig verhalte. Und außerdem kann ich mich mit der Illusion beruhigen, dass ich ganz gewiss nie in einen schweren Verkehrsunfall verwickelt sein werde. Tatsache jedoch ist: Die Gefahren des Straßenverkehrs sind sichtbar, überschaubar - und das klingt vielleicht zynisch, ist aber nicht so gemeint - abgrenzbar. Und ein weiteres Problem: Die Mehrzahl der Unfälle sind auf menschliches Versagen, insbesondere auch auf die Selbstüberschätzung vieler (oft noch junger) Verkehrsteilnehmer zurückzuführen. Nun sind auch die anderen Verkehrsmittel, wie Bahn und Flugzeug auch nicht gänzlich risikofrei. Aber hier taucht zudem das Problem auf, dass der (passive) Passagier selbst keinen Einfluss mehr hat auf das Geschehen rings um ihn. Er vertraut vollends auf das geschulte und immer einsatzfähige Personal. Doch auch hier gilt: Die Folgen eines Unfalls sind immer noch abgrenzbar. (vgl. Der versehentliche Mäusetod)

All dies gilt für die Kerntechnik nicht mehr. Die Auswirkungen möglicher Unfälle mit dem Freisetzen radioaktiven Materials ist eben weder vom Einzelnen - durch "Wohlverhalten" (z.B. im Straßenverkehr) - beeinflussbar, noch überhaupt abgrenzbar. Und die Folgen von Strahlenschäden überbrücken Menschengenerationen!

Doch weiter bei C.F.v.**Weizsäcker**:

Nun möchte ich annehmen, daß die Wirkungen der radioaktiven Strahlen, die durch die Reaktoren in Luft und Wasser kommen, nicht erheblich größer sein werden als diese Wirkungen des Straßenverkehrs.

Wie schon bemerkt, hinkt dieser Vergleich recht erheblich. Denn hier wird, bezogen auf den Straßenverkehr, die Ausnahme (der Unfall eben) als Maßstab herangezogen und bei der friedlichen Nutzung der Kernenergie der Normalzustand (kein Unfall) als Vergleich genommen. Auch die notwendigen Sicherheitsvorkehrungen werden erwähnt.

Und so sind - dies bezieht sich auf den gegenwärtigen Zustand - die deutschen Kernkraftwerke (angeblich) sicherer als in vielen anderen Ländern. Die Kraftwerke sind sicher gegen Flugzeugabsturz, Terrorismus und Sabotage usw.. Die Vorschriften sehen dies so vor. Vielleicht stimmt dies sogar. Aber: Sind sie auch sicher gegen menschliches Versagen, gegen stinknormale Schlamperei, den ganz alltäglichen Schlendrian, der irgendwann überall Einzug hält und in Tschernobyl eingezogen war. Sind die Kraftwerke sicher gegen banale technische Störungen, die irgendwann immer eintreten können? Und was irgendwann eintreten **kann**, **wird** auch mit Sicherheit eintreten. Irgendwann und irgendwo. Das beweist die jüngere Geschichte. Und "**irgendwo**" kann durchaus heißen "**hier bei uns**", auch wenn ein Reaktorunfall selbst (oder Vergleichbares) in einem unserer Nachbarländer - es gibt eine ganze Menge davon - passiert.

Es wäre unfair, dem Herrn v. **Weizsäcker** bestimmte damalige Fehleinschätzungen vorzuwerfen, wenngleich Fehleinschätzungen dieser Art vieler Wissenschaftler möglicherweise zu dem Zustand der Energiegewinnung geführt haben, wie wir ihn jetzt vorfinden.

Es wäre aber unklug, aus Fehlern der Vergangenheit nicht zu lernen!

Hier spiele ich auf die "neueste Mode des wissenschaftlich-technischen Fortschrittes" an: Die Genforschung und Gentechnologie.

Der **Aus**-Stieg aus der Kernenergie ist äußerst schwer zu schaffen. Und ein einzelnes Land kann dies überhaupt nicht im Alleingang bewältigen. Es sind im Laufe der letzten fünf Jahrzehnte weltweit Tatsachen geschaffen worden, die sich nicht mehr, oder nur langfristig, rückgängig machen lassen.

Doch beim **Ein**-Stieg in die Gentechnologie sollte man äußerste Vorsicht walten lassen. Und all diejenigen, die "ganz genau nachweisen", dass es praktisch keine Gefahren geben **kann**, sollte man - kein Wort glauben.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Glaubt man kompetenten Fachleuten, so ist der Ausstieg aus der Kernenergie weder sinnvoll noch überhaupt realisierbar.

Die Problematik der Kernenergie scheint ein recht unbequemes und widerborstiges Thema zu sein. Hatte ich mich im Artikel Kernenergie vorrangig mit den Aspekten der Sicherheit befasst und dabei auch auf gewisse Fehleinschätzungen hochrangiger Physiker in der Vergangenheit hingewiesen, so geht es im jetzigen Beitrag um die "Unverzichtbarkeit" der Atomkraftwerke - in Deutschland und überhaupt.

Ein Argument **für** die Kernenergie - natürlich auch von den Vertretern der Stromkonzerne vorgebracht - ist deren Umweltverträglichkeit. Weder Kohlendioxid - als **Treibhausgas** diskreditiert (auch das wäre ein interessantes Thema) - noch die anderen Oxidationsprodukte, die bei der Verbrennung fossiler Rohstoffe (Kohle, Öl, Gas) nun einmal entstehen, fallen hierbei an. Und so lange nichts Schlimmes passiert, kann man dieser Argumentation durchaus positive Seiten abgewinnen. Da aber bereits mehrfach "Schlimmes passiert" ist, gibt es leider andere Argumentations-Schwerpunkte, weil die **ganz spezifischen Risiken der Kernenergie** in das Kalkül einbezogen werden **müssen**.

Eine weiteres Argument beruft sich darauf, dass es derzeit keine sinnvolle und praktikable Alternative zu den **Wärme kraftwerken** gibt, welche in der Lage wäre, die nach dem Ausstieg aus der Kernenergie klaffende Lücke zu schließen. Zunächst haben wir es damit zu tun, dass der Großteil aller Elektroenergie eben aus Wärme kraftwerken stammt. Dabei ist es physikalisch unerheblich, ob diese Wärme durch Verbrennung fossiler Energieträger gewonnen wird (mit den bekannten chemischen Nebenwirkungen) oder durch Spaltung schwerer Atomkerne (mit den bekannten physikalischen Nebenwirkungen). Und bei der Nutzung der Fusion leichter Kerne, mit noch wesentlich höherer Energieausbeute als bei der Kernspaltung, ist man in den letzten vier Jahrzehnten nicht wirklich einen Schritt weiter gekommen.

Man sollte jedoch folgendes bedenken: In jedem Fall erzeugt man - wie auch immer - Wärme. Der dabei erhitzte Dampf wandelt die thermische Energie mit Hilfe von Turbinen in mechanische (Rotations-)Energie um. Und der an die Turbine gekoppelte Generator ist schließlich für die Erzeugung der Elektroenergie zuständig, die ihrerseits über ein gigantisches nationales und transnationales Verteilernetz (Überlandleitungen, Erdkabel, Umformerstationen und was es sonst noch gibt.) irgendwie - mit nicht unerheblichen Verlusten allerdings - den Endverbraucher, die Industrie oder den Privatanutzer, erreicht.

Im Klartext: Im Prinzip arbeiten wir immer noch mit den technischen Konzepten des ausgehenden 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts (vgl. Tradition und Fortschritt). Gewiss, die Dampfmaschine wurde irgendwann durch die Dampfturbine ersetzt, und auch sonst gab es zahlreiche technische Neuerungen, die für eine erhebliche Verbesserung des Wirkungsgrades sorgten. Auch Gasturbinen haben in mobilen Systemen (z.B. auf Schiffen) durchaus Bedeutung erlangen können. Aber: Der unrentable Umweg über die Wärmeenergie ist geblieben, mit dem Nebeneffekt, dass die letztendlich verwertbare Nutzenergie beim Kunden nur einen Bruchteil der erzeugten Primärenergie ausmacht. Hier gibt es bezüglich des maximalen Wirkungsgrades physikalische und technische Grenzen, die grundsätzlich unüberschreitbar sind. Ein großer Teil der erzeugten Wärme heizt "sinnvoll und umweltfreundlich" in Form der **Abwärme** (s. Energie-Info - Kühlturm) die Umgebung auf. Hierzu ein Zitat (Kraft-Wärme-Kopplung):

Bei der Stromerzeugung wird in Deutschland insgesamt ca. 60% der eingesetzten Energie in Form von Wärme ungenutzt weggeworfen. Diese Wärmeenergie würde für den gesamten Heizbedarf in Deutschland ausreichen. Eine Nutzung dieser Abwärme ist in Großkraftwerken nur begrenzt wirtschaftlich, da sie häufig weit außerhalb der Orte stehen, wo diese benötigt wird. Genau hier setzt die dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung ein. Als kleine, kompakte Energieversorgungsaggregate können Klein-BHKW dort untergebracht werden, wo die Abwärme auch genutzt wird.

Noch ein anderes Zitat (<https://www.bdew.de>):

Naturngesetzlich fällt mindestens die Hälfte der mit Kernbrennstoff, Kohle oder Öl bereitgestellten Energie als Wärme mit niedriger Temperatur an, die nicht mehr zur Stromerzeugung geeignet ist. Die Abwärme wird vom Kühlwasser aufgenommen. Im Kühlturm wird das Wasser dann abgekühlt und fließt anschließend entweder zurück in den Fluß, dem es entnommen wurde, oder wird erneut in den Kühlkreislauf der Anlage eingespeist. Nur Kraftwerke an Flüssen, die auch im Hochsommer genügend Wasser führen, so daß die Temperatur nicht übermäßig ansteigt, dürfen das gereinigte Kühlwasser stets direkt in den Fluß leiten.

"Naturgesetzlich" ist diese Angelegenheit insofern nur, als dass - wie bereits bemerkt - die Art und Weise der Energiegewinnung (Wärme) und -verteilung (weil zentrale Erzeugung) zu diesen widersinnigen Effekten führt.

Ob Kohle- oder Kernkraftwerk: Der weitaus größte Energieanteil wird dazu "genutzt", die Umwelt aufzuheizen!

Das Ergebnis: Anstatt dafür zu sorgen, dass **einmal gewonnene Energie möglichst effektiv verwertet wird**, sucht man das Heil in der **Erzeugung** immer größerer Energiemengen. In diesem Sinne sind Kernkraftwerke unverzichtbar, da die fossilen Energieträger irgendwann nicht mehr zur Verfügung stehen werden. Konsequenterweise müsste man - wollte man all den Argumenten folgen - eines Tages (fast) **sämtliche** Energie aus Kernkraftwerken gewinnen. Hier erweist sich - unabhängig von bekannten Alternativen (z.B. erneuerbaren Energien) und noch unbekannten Ausweichmöglichkeiten - der bisher beschrittene Weg von Wissenschaft und Technik langfristig als Sackgasse. Ob die **erneuerbaren Energien** mit ihren **bisherigen technischen Lösungen bzw. Lösungsansätzen** eines Tages wirklich die etablierten Formen der Energieerzeugung substituieren können, vermag ich nicht abschließend zu beurteilen. Meiner Überzeugung nach sind derzeit keine wirklich allgemein einsetzbare Alternativen zu den bisherigen thermischen Großkraftwerken gefunden worden. Es gibt wohl nur Spezial-Lösungen für spezielle Zwecke. Und wenn man bedenkt, dass in den letzten 50 Jahren (etwa) gigantische Aufwendungen in der Forschung nicht wirklich geholfen haben, das Energieproblem zu lösen, sollte man durchaus skeptisch reagieren. [Auch im Jahr 2018 gibt es eine Menge unbeantworteter Fragen. Ein Problem z. B. wäre das der effizienten Energiespeicherung.]

Hier zeigt sich erneut (vgl. Tradition und Fortschritt), dass man einmal beschrittene Wege nicht verlassen kann - oder nicht verlassen will. Der Verlauf der Entwicklung von Wissenschaft und Technik, mit all den sozialen Implikationen und den nach und nach errichteten technischen Infrastrukturen, hat Tatsachen geschaffen, die - erstens - nicht vorhersehbar waren und die - zweitens - so gut wie irreversibel sind.

Die Energiegewinnung ist ein physikalisches Problem. Und hier beschreitet die Wissenschaft - sowohl die Grundlagenforschung als auch die anwendungsorientierte Forschung - genau abgesteckte Wege. Der Fusionsreaktor soll - das glaubt man tatsächlich immer noch - das Energieproblem künftig lösen können.

In 40 Jahren - vielleicht.

Nun erinnere ich mich persönlich sogar daran, dass es eine vergleichbare Prognose schon einmal gegeben hatte: vor 40 Jahren - ungefähr!

- Ist es nun entscheidbar, ob eine wissenschaftlich-technische Zielstellung überhaupt realisierbar ist oder auch nicht?
- Wenn ja, wer kann - und will - das entscheiden?
- Welche Konsequenzen hätten solche Entscheidungen?
- Wann gibt man "Sackgassen-Forschungen" (endlich) auf?
- Gibt es überhaupt tragfähige und praktikable Alternativen?
- Welche alternativen Zielstellungen sind möglicherweise - und zwar unabhängig vom gegebenen wissenschaftlichen Erkenntnisstand - formulierbar? - (Beispiel: Eine solche **Zielstellung** - nicht Lösungsansatz, den **kann** es nicht geben! - könnte lauten: **Allgemein einsetzbare dezentrale Energiequelle ohne den Umweg über die Wärmeenergie und ohne Einsatz fossiler Brennstoffe**. Ein solches Ziel ist zurzeit physikalisch nicht einmal **denkbar** .) [Nun gut, es gibt, ca. 17 Jahre nachdem dieser Text entstand lokale autarke Lösungen mit Solarelementen, die aber noch nicht allgemein eingesetzt werden (können?).]

Unbeantwortbare Fragen - so scheint es. Unbeantwortbar sind diese Fragen auf alle Fälle vom Fachwissenschaftler, der sich mit ganz speziellen Problemen auf ganz spezielle Weise mit ganz spezieller Zielstellung befasst.

Nachbemerkungen: Erst beim Schreiben dieser Zeilen wird mir wirklich bewusst, dass die Erzeugung von Wärme mit Elektroenergie ziemlich idiotisch ist. Da werden irgendwo gigantische Mengen an Wärmeenergie erzeugt, mit niedrigem Wirkungsgrad in Elektroenergie umgewandelt, schließlich mit

gewaltigem Aufwand, aber verlustbehaftet, über weite Entfernungen transportiert. Und endlich koche ich - und Millionen andere Leute können ebenfalls nicht anders - auf dem Elektroherd das Mittagessen. Da kann man nichts machen, es sei denn, man zieht in eine Wohnung mit (Erd-)Gasanschluss. Das Gas hat zwar auch einen weiten Weg zurück gelegt, aber immerhin erzeuge und verwerte ich die Wärmeenergie in **einem** Arbeitsgang. (Ob der "Wirkungsgrad über alles" hierbei besser ist, kann ich momentan nicht einschätzen.)

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Die Brennstoffzelle und das Energieproblem

08.08.2001

Es gibt alte physikalische und chemische Wirkprinzipien. Nicht alle finden eine schnelle technische Realisierung.

Ein Engländer namens William Robert Grove (1811-1896) fand 1839 ein Wirkprinzip, welches es ermöglichte, durch Oxidation von Wasserstoff auf **direktem** Wege - ohne den Umweg über die thermische und mechanische Energie - Elektroenergie zu erzeugen. Diese **Brennstoffzelle** wandelte chemische Energie, ähnlich wie bei einem galvanischen Element, in Elektroenergie um. Und das mit einem beachtlichem Wirkungsgrad.

Die bisher übliche und bedeutendste Variante der Erzeugung von Elektroenergie ist allgemein bekannt. Alle thermischen Kraftwerke liefern den Strom auf die gleiche Weise, wobei es unerheblich ist, ob die Wärme durch Verbrennung fossiler Energieträger (Kohle, Öl oder Gas) erzeugt wird oder durch den Einsatz nuklearer Reaktoren (siehe auch Kernenergie(II)).

Alternative Formen der Energiegewinnung - sehen wir einmal von den Wasserkraftwerken ab - konnten bislang nie eine überragende Bedeutung gewinnen. Erst mit dem "Ölkrise-Schock" Anfang der siebziger Jahre des 20. Jahrhunderts vollzog sich teils ein Bewusstseinswandel. Erstens hatte man sich abhängig gemacht von den Öl-Lieferanten und zweitens - dies kam hinzu - reifte die Erkenntnis von der grundsätzlichen Begrenztheit der natürlichen Ressourcen. Hinzu kam der immer mehr um sich greifende Umweltschutz-Gedanke: Die Verbrennung fossiler Rohstoffe setzt immerhin eine Reihe von Stoffen frei, die - so glaubt(e) man zu wissen - nicht besonders umweltfreundlich sind. Alles nichts Neues.

Da aber als geradezu unerschöpfliche Energiequelle die Kernenergie zur Verfügung stand, schien der Ausweg aus der Misere nur eine Frage der Zeit zu sein. Die Kernspaltung beherrschte man bereits in der Mitte des 20. Jahrhunderts (davon war man überzeugt); und die Kernfusion als die "engültige Lösung des Energieproblems" sollte spätestens zur Jahrtausendwende uns aller Energieorgen entledigen.

Nun wissen wir, dass die Entwicklung doch ein ganz klein wenig anders verlief. Alte Anschauungen erfuhren eine gewisse Relativierung. Und auch in der Forschung wurden einige andere Akzente gesetzt. An der Kernfusion arbeitet man zwar immer noch, doch andere Themen, über Jahrzehnte ein Schattendasein fristend, scheinen an Bedeutung zu gewinnen. Zu diesen Dingen zählt die Problematik der Brennstoffzelle. Seit einigen Jahren arbeitet man intensiv an den verschiedenen technischen Lösungen. Man ist fast geneigt, diese Angelegenheit für eine Modeerscheinung zu halten. Doch glaube ich, dass mehr dahinter steckt. Im Beitrag Kernenergie (II) formulierte ich folgende Sätze:

Welche alternativen Zielstellungen sind möglicherweise - und zwar unabhängig vom gegebenen wissenschaftlichen Erkenntnisstand - formulierbar? - (Beispiel: Eine solche Zielstellung - nicht Lösungsansatz, den kann es nicht geben! - könnte lauten: Allgemein einsetzbare dezentrale Energiequelle ohne den Umweg über die Wärmeenergie und ohne Einsatz fossiler Brennstoffe. Ein solches Ziel ist zurzeit physikalisch nicht einmal denkbar.)

Im jetzigen Zusammenhang scheinen diese Sätze doch nicht völlig der Wahrheit zu entsprechen. Doch man bedenke, zunächst benötigt man Wasserstoff. Dieser muss elektrolytisch aus Wasser gewonnen werden. Dazu braucht man Strom, den man beispielsweise aus Sonnenenergie oder anderen erneuerbaren Energien gewinnen kann (oder muss, sonst hat man ja nichts gekonnt). Damit haben wir Wasserstoff als Energieträger gewonnen - auf Basis von Sonnen- oder Windenergie. Recht aufwendig, aber nicht utopisch. Die Alternative wäre es, den Wasserstoff durch Kohlenwasserstoffe (Grundlage Erdgas) zu

substituieren. Damit haben wir aber unser altes Problem, uns von fossilen Energieträgern unabhängig zu machen, wieder auf dem Hals. Und Biogas kann wohl auch nicht die alleinige Lösung sein.

Wie auch immer, interessant ist es allemal, wie altbekannte elektrochemische Wirkprinzipien nach etwa eineinhalb Jahrhunderten auf ihre "Massentauglichkeit" überprüft werden. Noch zu Beginn der "Raumfahrt-Ära" waren Brennstoffzellen etwas Exklusives, weil viel zu teuer und für die Massenproduktion ungeeignet. Wie es scheint, ist der gesellschaftliche Druck mittlerweile groß genug geworden, sich von Einseitigkeiten in der Forschung zu trennen. Man darf gespannt sein, wie die Entwicklung weiter voranschreiten wird.

Nachtrag 2018: Mittlerweile gibt es bereits Autos mit Brennstoffzelle. Als Beispiel das Brennstoffzellen-Auto von Toyota. Damit sind zwar noch nicht alle Probleme gelöst. Aber immerhin ist dies bereits ein Anfang.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Künstliche Intelligenz (I)

17.06.2001

Kaum ein Gebiet der Technik gibt soviel Anlass zum Staunen wie die Entwicklung der Computertechnik. Ein scheinbar grenzenloser Fortschritt eröffnet gewaltige Perspektiven. Oder?

"Unsere Zeit ist - so das allgemein anerkannte Vorurteil - eine sehr schnelllebige Zeit." Damit begann der Beitrag Fortschritt und Stagnation. In diesem Kontext spielte ich unter anderem auf die Fortschritte der digitalen Rechentechnik an. An dieses Thema möchte ich in diesen Beitrag anknüpfen.



Mein erster Computer - es muss so um 1983 gewesen sein - war ein Sinclair ZX 81 . Standardmäßig war das Gerät mit einem Speicher von "sagenhaften" 1 KB ausgerüstet. Ein Z80-Prozessor versah seinen Dienst und kümmerte sich neben seiner Hauptaufgabe auch noch um den Bildschirm (über einen UHF-Modulator betriebenen Fernseher). Und das alles im Rahmen der Speicherkapazität von 1 KB! Natürlich gab es auch Speichererweiterungen zu kaufen. 16 KB und - utopische - 64 KB, die dann aber auch stolze 600 DM kosteten. Und als "Massenspeicher" diente ein normales Kassettengerät.

Wenige Monate später legte ich mir den berühmten "Brotkasten" zu. Der legendäre Commodore 64 begann gerade seinen einmaligen Siegeszug rund um die Welt anzutreten. Lang, lang ist's her. Immerhin gehörten "gewaltige" 64 KB Hauptspeicher (das entsprach dem gesamten direkt vom Prozessor adressierbaren Speicherraum)



und spezielle Bausteine für Grafik (Video Interface Controller mit 16 Farben und 320 x 200 Pixel Grafik - VIC) und Sound (Sound Interface Device - SID) bereits zur Grundausstattung. Der Prozessor war eine mit 1 MHz (richtig gelesen: **ein** Megahertz) getaktete 8-Bit-CPU. Das Betriebssystem inklusive des (bescheidenen) BASIC-Interpreters fanden Platz in 16 KB ROM. Hinzu kamen 4 KB ROM mit dem Standard-Zeichensatz. Ein spezielles Kassettengerät ("Datasette") oder gar ein "intelligentes" (eigenes Betriebssystem) aber langsames 5.25" Floppy-Laufwerk mit einer Speicherkapazität von immerhin 170 KB waren die möglichen externen Massenspeicher. Farbmonitor und (Nadel-)Drucker - kein Problem. Die Kosten des Systems? Je nach Peripherie so etwa 2000 bis 2500 DM.

Der PC war auch schon langsam im Kommen. Der erste PC wurde von IBM angeboten, auf dem - unter anderem auch - das MS-DOS zum Einsatz kam (PC 5110 mit 8088 Prozessor, 4.77 MHz, 64 KB RAM und 160 KB 5.25 Floppy). Für die erste WINDOWS-Version (1983) fanden sich zunächst keine Interessenten. Bereits 1981 wurden weltweit immerhin knapp 1 Million PCs verkauft. Und die 5-MB-Festplatte von target=" _blank">Apple kostete seinerzeit schlappe 3500 US-Dollar.

Was das Ganze soll? Nun, in dem von mir vorgestellten Zeitraum ist das Leistungsvermögen der Rechner - sagen wir einmal - etwa um den Faktor 1000 vervielfacht worden. Diese Zahl sollte man nicht zu eng sehen. Ein echter Vergleich ist kaum möglich, aber als qualitative Gegenüberstellung durchaus nicht sinnlos. Außerdem habe ich die "richtigen" Computer - CRAY und artverwandte Maschinen - gar nicht erst berücksichtigt. Aber: Was kann ein heutiger (Stand Sommer 2001) PC (256 MB Hauptspeicher, 40 GB Festplatte plus DVD-Laufwerk plus CD-Brenner, Grafik-Karte mit einem hochentwickelten Grafik-Prozessor mit 64 MB RAM sowie Soundkarte) **grundsätzlich** mehr als der C64 seligen Angedenkens? Erst einmal kann er das, was der "Steinzeit-Computer" auch schon konnte, nur viel vollkommener. Die typischen Anwendungen - Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, Datenbanken - gab es auch für den C64 schon - in dem engeren Rahmen seiner bescheidenen technischen Möglichkeiten natürlich. Auch einige CAD-Anwendungen waren im Angebot. Nun ja, die grafische Auflösung und das Tempo ließen wirklich viele Wünsche offen. Und der heutige Spiele-Freak würde sich angesichts der damaligen Grafik-Qualität ein überhebliches Grinsen kaum verkneifen können.

Was aber ist tatsächlich **neu**? Die wirkliche digitale Bild- und Tonverarbeitung fordert ein Mindestmaß an Prozessorleistung und Speicherkapazität. Und dass ich heutzutage - in komprimierter Form als MP3-Dateien - locker den Inhalt von 1000 Musik-CDs (Größenordnung 60 GB) auf meinem PC unterbringen kann, ist eine der Anwendungen, die wahrlich nicht vorhersehbar war. Und dann noch: Die weltweite Vernetzung der Rechner im Internet bietet Möglichkeiten, die tatsächlich überwältigend sind. Nicht zu vergessen die Potenzen der Computer-Simulationen! Doch hier gelangen selbst Supercomputer schnell an Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit. Dies zeigt beispielsweise die Problematik der Wetter- und Klima-Modellierung.

Sind die heutigen Computer aber "intelligenter" geworden? Hier scheint es zunächst sinnvoll zu sein, auf den Begriff der Intelligenz etwas näher einzugehen. Das soll im nächsten Beitrag andeutungsweise versucht werden. Aber wie sieht es mit so "schlichten" Nutzungsmöglichkeiten aus, wie es die Sprachübersetzung darstellt? Testet man als "brauchbar" gekennzeichnete Übersetzungsprogramme, so sind die Ergebnisse - auch heute noch - ziemlich

ernüchternd. Elektronische Wörterbücher - kein Problem. Aber bereits das Übersetzen einfacher Texte liefert bisweilen recht erheiternde Ergebnisse, bestenfalls als Rohübersetzungen geeignet und ohne Nachbearbeitung kaum verwertbar. So richtig "intelligent" sind die Programme wohl immer noch nicht. [Das war damals 2001. Die bisherigen Fortschritte, bezogen auf das Jahr 2018, sind so gewaltig nicht.]

Eine kleine Kostprobe:

... is one of the most successful Internet Service Providers (ISP) in Europe. Our philosophy is to provide and constantly seek to improve our range of excellent, value for money products and services, backed up by first class, friendly customer services and support. The fact that the majority of our customers come from personal recommendation and word of mouth, is testimony to these core beliefs.

Die Übersetzung liest sich ziemlich unterhaltsam:

... ist eins von dem meisten erfolgreichen Internetdienst Versorgern (ISP) in Europa. Unsere Philosophie ist zu liefern und stetig suche zu verbessern unser Bereich von ausgezeichnet, Wert für Geld Produkte und Dienste, gesichert durch erste Klasse, freundlichen Kunden Dienste und Unterstützung. Die Tatsache die die Mehrheit von unseren Kunden kommen von Persönliche Empfehlung und Wort von Mund, ist Zeugnis zu diesen Kern glauben.

Zugegeben, eine Übersetzung neueren Datums (2018) mit dem Google-Übersetzer sieht schon ein wenig besser aus:

... ist einer der erfolgreichsten Internet Service Provider (ISP) in Europa. Unsere Philosophie ist es, unser Angebot an exzellenten, preiswerten Produkten und Dienstleistungen zu verbessern und zu verbessern, unterstützt durch erstklassigen, freundlichen Kundenservice und Support. Die Tatsache, dass die Mehrheit unserer Kunden aus persönlicher Empfehlung und aus Mundpropaganda kommt, ist ein Zeugnis für diese Kernüberzeugungen.

Und die Spracherkennung? Die flüssige Unterhaltung mit dem Computer in Umgangssprache bleibt nach wie vor noch Zukunftsmusik. Und ist das wirklich erstrebenswert? Da funktioniert das "Lesen" gedruckter Texte (OCR-Programme - optical character recognition) schon weitaus besser. Aber bei der Bilderkennung sind die bisher erzielten Ergebnisse auch in heutiger Zeit nicht gerade überwältigend.

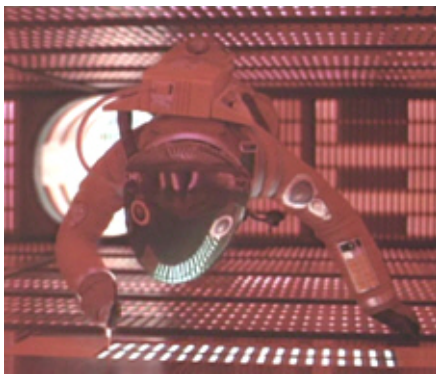
Doch was haben diese technischen Reminiszenzen mit den Wissenschaften zu tun? Im nächsten Beitrag kommen wir der Angelegenheit einen Schritt näher.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Künstliche Intelligenz (II)

21.06.2001

Fehleinschätzungen in der Vergangenheit und Neuorientierung in der Gegenwart - dies kennzeichnet unter anderem unser Verständnis von den Computern und Robotern.



SPIEGEL-ONLINE brachte Anfang des Jahres 2001 eine höchst interessante Serie über erfüllte und unerfüllte Visionen.

Teil 4 dieser Serie - Spielmacher der Zukunft - befasste sich mit folgendem Thema:

Wie lange bleibt ein Computer wie Kubricks. HAL 9000 [Das Bild zeigt eine Szene aus dem Film 2001: Odyssee im Weltraum - Dave beim Abschalten seines "Widersachers" HAL.] noch Science-Fiction? Ein Gespräch mit dem Informatiker Bernhard Nebel über Künstliche Intelligenz und Fußballroboter.

Hier einige Antworten des Informatik-Professors Bernhard Nebel von der Uni Freiburg im Rahmen des genannten Interviews:

Als ich studierte, standen Expertensysteme im Mittelpunkt. Heute geht es mehr in Richtung autonomer Agenten, worunter sowohl Software-Agenten in Datennetzen als auch Roboter fallen. Durchgängig war und ist das Motiv der KI, intelligente, selbständig agierende Maschinen zu bauen. ...

Vor 20 bis 30 Jahren wurde Intelligenz noch sehr kopfbetont gesehen. Das war eine Art autistischer Intelligenz, bei der es darum ging, tief nachzudenken. Heute sehen wir die Intelligenz eher in der Interaktion eines Systems mit der Umwelt. ...

Wer sich mit Bildverarbeitung beschäftigt, weiß, wie viel Intelligenz darin steckt. Das gilt besonders für die Prozesse, mit denen wir Bildinhalte interpretieren. Auf einer niedrigen Ebene geht es darum, zum Beispiel Kanten zu erkennen. Aber irgendwann soll der Computer auch zwischen einem Auto und einem Schreibtisch unterscheiden können. Das ist extrem schwierig. ...

Im folgenden Text geht es um **Fußballroboter** und **Roboterfußball** sowie eine **Fußball-WM für Roboter** (siehe auch Uni Freiburg - Institut für Informatik - RoboCup'2000 world champion):

Letztes Jahr hatten wir damit extreme Probleme. Bei der Abreise zur WM funktionierte gar nichts, obwohl das Team einen ganzen Monat Tag und Nacht durchgearbeitet hatte. Unsere Roboter sind mittlerweile einfach zu alt und dadurch unzuverlässig. ...

Im Moment wissen wir bei vielen Dingen noch nicht, wie wir sie überhaupt nachbilden können. Wenn sie zum Beispiel kleine Kinder beobachten, können sie sehen, wie begeistert sie sind, etwas über die Welt zu lernen. Einem Computer so etwas beizubringen, ist zur Zeit noch völlig unmöglich.

Die Schwerpunkte - wer hätte das früher gedacht - haben sich offensichtlich verschoben. Und dass man seit Jahren versucht, Fußball spielende Roboter zu bauen, erscheint auf den ersten Blick schon etwas seltsam. Wie auch immer, als gleichwertige Akteure in einer richtigen Mannschaft wird man solche Spieler noch lange vergeblich suchen müssen.

In einem noch älteren Beitrag von SPIEGEL-ONLINE (Falsche Propheten - Die absurdesten Fehlprognosen der Zukunftsforscher vom 03.04.2000.) finden wir folgende ziemlich aufschlussreiche Aussagen (Vielleicht zählt man eines Tages die Klimakatastrophe auch zu den "absurdesten Fehlprognosen"):

Der Blick auf das neue Jahrtausend, den Zukunftsforscher der 1960er Jahre wagten, fiel kaum treffender aus.

Zwar waren es überwiegend Seher mit akademischen Graden, die sich einer Wortschöpfung des Berliner Politologen Ossip K. Flechtheim folgend nun "Futurologen" nannten; aber die Fehlerquote ihrer Voraussagen lag, wie gehabt, bei 80 Prozent, wie eine US-Studie jüngst ergab. ...

Computer mit einem IQ von "mehr als 150 Punkten" wurden von der Mehrheit der befragten Wissenschaftler für 1990 vorhergesehen, der perfekte Übersetzungscomputer ("mit korrekter Grammatik") sogar schon für 1977. Den mysteriös blinkenden Riesencomputern dichteten die Futurologen durchweg märchenhafte Fähigkeiten an.

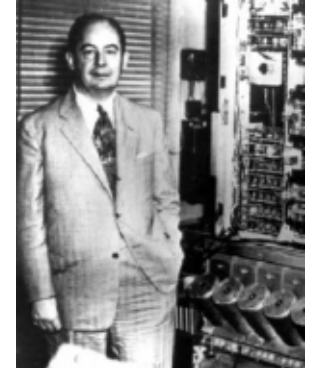
Offensichtlich begann man mit den Fehleinschätzungen bereits zu jener Zeit, als die "Elektronengehirne" in das Rampenlicht des öffentlichen Interesses rückten. Doch sah man viele Dinge - auch anno 1964 schon - teilweise durchaus realistisch. An dieser Stelle nochmals eine Textpassage aus dem im Beitrag Der achte Tag der Schöpfung bereits zitierten Buch gleichen Titels:



Die Elektronischen Maschinen, von den Amerikanern zuerst *electronic brains* - Elektronengehirne - genannt, sind der Welt als legitime Nachfahren der phantastischen Roboter vorgestellt worden. Es ist verständlich, daß Fachleute bis heute bemüht sind, die Legendenbildung um diese neue Art von Maschinen zu unterdrücken.

"Man sollte endlich davon absehen, solchen Unsinn in die Gehirne der Menschen zu verpflanzen", empörte sich 1950 der deutsche Ingenieur und Publizist Erich Laßwitz. Zu jener Zeit war aber die Diskussion über das Denkvermögen in vollem Gange. Nicht Phantasten und Schwärmer hatten die Frage aufgegriffen, sondern die Begründer der Kybernetik selbst. In den Veröffentlichungen Norbert Wieners [Foto links] klingt sie immer wieder an. Auch der überragende Princeton-Mathematiker John von Neumann [Foto rechts] stellte sie. ...

Das menschliche Gehirn ist - darüber gibt es keinen Zweifel - das differenzierteste und wertvollste Organ, das die Natur je hervorbrachte. Es wäre nicht nur überheblich, sondern auch sachlich falsch, den Computer als Elektronengehirn zu bezeichnen. Er ist nicht dem biologischen Denkapparat nachgebaut worden, denn bis heute weiß noch niemand, wie das menschliche Gehirn denkt.



Diese Aussagen sind aktuell geblieben, "denn bis heute", wir sprechen jetzt aber vom Jahr 2001, "weiß" immer "noch niemand, wie das menschliche Gehirn denkt". Hier noch weitere beachtenswerte Sätze aus jenem Buch:

Die Untersuchung der Gehirnströme im Elektroenzephalogramm ist bisher immer enttäuschend verlaufen. Das Bild der Hirnströme zeigt keine erheblichen Abweichungen, wenn ein Mensch vor sich hindöst oder wenn er angestrengt nachdenkt. Das Schließen der Augen bringt viel mehr Bewegung in die Hirnstromkurven als eine intensive Beschäftigung mit der Relativitätstheorie. Albert Einstein hat kurz vor seinem Tode seine Gehirnströme zur wissenschaftlichen Auswertung aufnehmen lassen. Sie unterschieden sich kaum von denen anderer Menschen.

Man kann davon ausgehen, dass sich an dieser Tatsache seit dem Zeitpunkt, an dem diese Zeilen geschrieben wurden kaum etwas **Grundlegendes** geändert hat (vgl. den Beitrag Frühjahrstagung 2001 der DPG).

Fortsetzung folgt: **Cogito ergo sum** - ich denke, also bin ich. Hier gelangen wir - zunächst - zur "natürlichen Intelligenz". Damit hätte man eigentlich **anfangen** müssen.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Cogito ergo sum

01.07.2001

Ich denke, also bin ich. Ich bin mir meines Denkens bewusst und damit meiner eigenen Existenz.

Anknüpfend an die Beiträge Künstliche Intelligenz (I) und Künstliche Intelligenz (II) soll jetzt das Thema die "natürliche Intelligenz" sein.



Cogito ergo sum. Immerhin - so **René Descartes** (1596-1650, siehe Bild) - ist dies die erste und **zunächst auch einzige** Gewissheit unseres Daseins in einer Welt des Zweifelns (Stichwort **Solipsismus**). Doch die weit reichenden philosophischen Implikationen dieser Erkenntnis sollen uns erst einmal nicht interessieren. Das Denken an sich ist schon einmal des Nachdenkens wert, auch wenn es ziemlich schwer fällt, den Begriff des Denkens und den des Bewusstseins exakt zu definieren. Auf alle Fälle ist **eine** Äußerung **unseres** Bewusstseins die Fähigkeit, das Denken selbst zum Gegenstand des Denkens werden zu lassen.

Wie auch immer man das menschliche Denken bewerten möge, so kann man durchaus davon ausgehen, dass die eben erwähnten Reflexionen schon zu den "höheren" Manifestationen der Selbsterkenntnis zählen. Das Denken der Tiere bewegt sich auf einer mehr pragmatischen Ebene; doch es scheinen die Vorstellungen überwunden zu sein, den Tieren jegliches Bewusstsein und jegliches Denken abzusprechen. Tiere waren noch zu Beginn des 20. Jahrhunderts kaum mehr als - allerdings sehr hoch organisierte - "Reflex-Maschinen" (Stichwort **Behaviorismus**). Neuere Erkenntnisse, vielleicht in den letzten zwei bis drei Jahrzehnten gewonnen, legen die Gewissheit nahe, dass das Denken keine **qualitativ neue**, nur uns allein zukommende Fähigkeit darstellt, sondern es sich um fließende Übergänge handelt.

Freilich, was das abstrakte begriffliche Denken betrifft, so gelangt eine Katze beispielsweise schnell an die Grenze ihrer Fähigkeiten. Dafür aber ist die Katze uns, was das Klettern und das Mäuse Fangen betrifft, wahrhaft überlegen. Was aber hat das Fangen von Mäusen mit Intelligenz zu tun? Anscheinend nichts. Es geht hier "nur" um bestimmte körperliche Fähigkeiten und Fertigkeiten, teilweise angeboren und zum anderen Teil erlernt.

Wenn es denn so einfach wäre! Gerade die Fortschritte der Verhaltensforschung und der **Neurobiologie** offenbaren uns die Abgründe bisheriger (Fehl-) Einschätzungen. Das, was uns im alltäglichen Leben als scheinbar einfach gegenübertritt, ist von einer kaum überschaubaren Komplexität. Nehmen wir - es macht sich ja recht gut - eine Katze, die auf Lauer liegt. Irgendwo im Gras hält sich eine, für uns nicht sichtbare, Beute versteckt. Regungs- und geräuschlos sowie voller Aufmerksamkeit beobachtet die Katze das Geschehen. Und im richtigen Moment springt sie los - die arme Maus hat nicht die geringste Chance.

Dies beschreibt ganz elementare Vorgänge des alltäglichen Lebens - einer Katze zum Beispiel. Ein wichtige Einrichtung (nicht nur) der Wirbeltiere ist der visuelle Kontakt mit der Außenwelt. Die physiologischen Zusammenhänge sind seit langem bekannt. Wie das Auge optisch funktioniert und wie ein auf dem Kopf stehendes Bild auf der Retina entsteht, birgt wahrlich keine Rätsel. Die - bislang ungelösten - Rätsel finden wir auf der Ebene der Bildverarbeitung und -erkennung. Hinzu kommt, dass andere Sinnesindrücke, vorrangig Gehör und Geruch, sich in den Prozess der Umwelt -Wahrnehmung "einmischen". Wie kann eine Katze eine Maus eindeutig als Beute erkennen? Wie werden - die Grundlage dafür bildet das binokulare Sehen - Entfernungen abgeschätzt? Wie funktioniert die Steuerung der körperlichen Aktivitäten (Ergreifen der Beute) auf Basis des gewonnenen "Bildes von der Welt"?

Erst im 19. Jahrhundert reifte die Erkenntnis, dass sich der weitaus größte Teil der gewaltigen Informationsverarbeitung und -verdichtung innerhalb des Zentralnervensystems auf **unbewusster** Ebene abspielt. Und das, was **wir bewusst** wahrnehmen und erleben ist noch nicht einmal die berühmte Spitze des Eisberges. Aber unsere höheren mentalen Fähigkeiten bauen auf jenen unbewussten Vorgängen auf, die in der Vergangenheit reichlich **unterschätzt** wurden, wobei unsere bewussten geistigen Fähigkeiten in erstaunlicher Weise immer wieder Anlass gaben, sie zu **überschätzen**. Diese Fehleinschätzungen lassen sich sogar in die Zeit zurück verfolgen, als die "Elektronenhirne" in Erscheinung traten.

Doch was können diese Maschinen wirklich? Hier ist es hilfreich, zu ergründen, worin **unsere** Fähigkeiten liegen. Nehmen wir eine einfache Rechenaufgabe, beispielsweise 3×8 . Das Ergebnis ist sofort bekannt: 24. Hier einen Taschenrechner zu bemühen, wäre Unfug. Aber folgende komplexere Multiplikation ist im Allgemeinen nicht ohne Hilfsmittel zu bewältigen: 54321×126 . Papier und Bleistift sind hier mindestens erforderlich, und zusätzlich eine erlernte Vorschrift (einen **Algorithmus**), wie man diese "komplizierte Rechenaufgabe" zu lösen hat. Das lernt man bereits in der Grundschule. Die Notwendigkeit, sich die einzelnen Zwischenergebnisse notieren zu müssen, liegt in der Begrenztheit unseres Kurzzeitgedächtnisses. Nicht einmal die Aufgabe - acht simple Ziffern - kann man sich beim ersten Hinschauen merken. Ich habe diese Aufgabe als Test einmal nach dem alten Verfahren gerechnet und dazu eine geschlagene Minute benötigt. Absolut peinlich jedoch: Es hatte sich ein Fehler eingeschlichen, wie die Kontrolle mit dem Taschenrechner ergab.

Die "Elektronenhirne" sind also besser als unsere eigenen. Jedenfalls, was formale (algorithmierbare) logische Entscheidungen betrifft und den Umgang mit Zahlen angeht. Folgende - überspitzt formulierte - Folgerungen drängten sich dem naiven Beobachter vor Jahrzehnten auf: **Wir** können Dinge, zu denen Tiere nicht fähig sind: Logisch denken und rechnen beispielsweise. Doch gelangen selbst wir - wir, die *Krone der Schöpfung* - schnell an die Grenze jener Fähigkeiten. Nun aber hatte man Maschinen ersonnen und gebaut, die uns hierin derart überlegen sind, dass es kaum möglich ist, diese Überlegenheit zu

quantifizieren. Damit kam man - und dies spielte sich ja tatsächlich so ab - zu folgender Argumentation: Die Elektronik ist uns bislang auf **einem** Gebiet geistiger Fähigkeiten haushoch überlegen; somit ist es nur eine Frage der Zeit und des unausweichlichen technischen Fortschrittes, dass sich diese Überlegenheit auf weitere Felder - ebenso unausweichlich - ausdehnen muss.

Dass dem nicht so ist, wissen wir mittlerweile. **Warum** dies aber nicht anders sein kann, davon berichtet der nächste Beitrag.

Na ja: Man kann das Ganze auch umkehren und schlussfolgern: Die Maschinen sind uns in formalisierbaren (algorithmierbaren) "geistigen" Angelegenheiten überlegen. Wenn dem so ist, dann jedoch ist es mit **unserer Überlegenheit** gegenüber dem Rest der Welt nicht weit her

Nachtrag 2018: Heutzutage verfolgt uns das Schlagwort "Künstliche Intelligenz" fast auf allen Wegen. Man tut fast so, als sei man schon ziemlich weit gekommen. In Wahrheit jedoch hat sich seit dem Zeitpunkt des Schreibens obigen Textes bis heute nicht wirklich viel getan. Der technische Fortschritt ist unbestritten, doch der künstlichen Intelligenz sind wir nicht wirklich einen Schritt näher gekommen.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Schachcomputer

15.07.2001

Das Schachspiel ist eine Herausforderung für den denkenden Menschen ganz allgemein - und für den Programmierer von Schachprogrammen ganz besonders.



Eine geradezu niederschmetternde und deprimierende Niederlage erlitt "die Menschheit" im Jahr 1997. Da war es doch tatsächlich dem IBM-Superrechner **Deep Blue** gelungen, den damaligen Schachweltmeister **Garri Kasparow** zu schlagen. Und im Herbst diesen Jahres (2001) wird die nächste Runde Mensch gegen Maschine eingeläutet. Der jetzige Champion, der Russe **Wladimir Kramnik**, wird gegen **Deep Fritz** antreten. Der elektronische Gegner des aktuellen Weltmeisters allerdings ist diesmal kein spezieller Superrechner, sondern die etwas aufgepeppte Version eines handelsüblichen Schachprogrammes (Multiprozessor-Version des Programmes **Fritz**) einer Hamburger Schachprogramm-Schmiede. Man darf gespannt sein. Jedenfalls ist **Deep Fritz** ein Programm, welches aus Niederlagen lernen kann und sich auf seinen Gegner einzustellen vermag.

Bereits in den Anfangsjahren der Rechentechnik gehörte es zu den Herausforderungen der Programmierer, Programme zu entwickeln, die Schach spielen können. In all den Jahren hat man eine Menge Erfahrungen gesammelt, was das Erarbeiten effizienter

Algorithmen angeht. Und die Hardware gewann ebenfalls an Leistungsfähigkeit. Dabei ist die Spielweise eines Großmeisters von der eines Schachprogrammes grundlegend verschieden ist.

Ein bemerkenswertes Detail im Rahmen der spektakulären Kämpfe Großmeister gegen Computer sollte nicht unerwähnt bleiben: Dem menschlichen Schachspieler sitzt nicht etwa ein niedlicher Roboter, aus kleinen Kamera-Augen das Schachbrett musternd, gegenüber, der mit hydraulisch gesteuerten Armen die Figuren bewegt, sondern - ein Mensch, der jene "niederen Hilfsfunktionen" übernehmen muss. Von solch "primitiver Tätigkeit" entlastet, kann sich der Computer - respektive das Programm - vollkommen auf die Analyse des Spieles "konzentrieren". Als "Interface" bedient man sich der Einfachheit halber eines Menschen. Selbst, wenn der Spieler in "direkten Kontakt" mit dem Computer tritt, so ist immerhin die Tastatur zu bedienen und der Bildschirm zu beobachten. Das Schachprogramm hat von diesen "Nebensächlichkeiten" naturgemäß keine Ahnung.

Hierzu einige Aussagen des Informatik-Professors Bernhard Nebel von der Uni Freiburg im Rahmen eines Interviews (siehe auch [Künstliche Intelligenz \(II\)](#)):

Vor 20 bis 30 Jahren wurde Intelligenz noch sehr kopfbetont gesehen. Das war eine Art autistischer Intelligenz, bei der es darum ging, tief nachzudenken. Heute sehen wir die Intelligenz eher in der Interaktion eines Systems mit der Umwelt. ...

Wer sich mit Bildverarbeitung beschäftigt, weiß, wie viel Intelligenz darin steckt. Das gilt besonders für die Prozesse, mit denen wir Bildinhalte interpretieren. ...Das ist extrem schwierig. ...

Sehen wir diese Sätze im Zusammenhang mit allen bisherigen Überlegungen, so müsste man sich eigentlich wundern. Einerseits hat man in der Algorithmierung von (Spiel-)Strategien beachtliche Erfolge erzielt. Andererseits scheitert man immer noch an der Realisierung anscheinend elementarer Prozesse. Denken wir uns einen fiktiven mobilen Schachroboter, der dem menschlichen Kontrahenten tatsächlich am Tisch gegenüber sitzt und der zudem in der Lage ist, die Figuren auf dem Brett **selbst** zu erkennen und sie auch aktiv zu bewegen, so wären wir der "Künstlichen Intelligenz" tatsächlich einen ganz kleinen - aber wirklich noch unbedeutenden - Schritt näher gekommen. Die jetzige Erfahrung jedoch zeigt, dass die Bildanalyse weitaus schwieriger ist, als beispielsweise die abstrakte logische Analyse der Konstellation eines Schachspieles. Selbst wenn ein solcher Roboter einmal funktionieren würde, wäre für die "Interaktion mit der Umwelt in Echtzeit" eine dermaßen hohe Rechenleistung erforderlich, dass das eigentliche Schachspiel hierbei gewissermaßen nebenbei erledigt werden könnte, da es vergleichsweise bescheidene Computer-Ressourcen benötigt.

Wie auch immer irgendwelche Spiele "Mensch gegen Maschine" ausfallen werden: Der Sieger bleibt allemal der Mensch. Entweder der Schach -Großmeister auf der einen Seite des Brettes oder das Entwickler-Team des Schachprogrammes (symbolisch) auf der anderen Seite! Gewiss, da gibt es noch, als Bindeglied zwischen beiden, die bekannten Erzeugnisse der Mikroelektronik, welche die ebenso bekannten formal logische "Hilfsfunktionen" übernehmen, deren Intelligenz aber lediglich die "transformierte Intelligenz" deren Schöpfer ist.

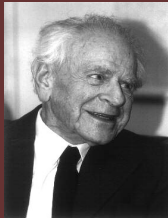
Kritik
Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Auf dieser Seite sind erst zwei Beiträge zu finden. Aber die Themen "Urknall" und "Dunkle Materie" verdienen es, ausführlicher behandelt zu werden. Irgendwann werde ich mich dieser Themen nochmals annehmen und dabei versuchen, die Problematik etwas eingehender zu behandeln.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges



Karl Popper
1902 - 1994

Selbst in der Physik und in der Biologie gibt es leider viele Ideologien. Die Physik und die Biologie sind zwei Fächer, die mich brennend interessieren. Überall, auch in diesen Fachbereichen, gibt es einen Dogmatismus, gegen den es schwierig ist, sich durchzusetzen. Ein Beispiel für eine physikalische Ideologie ist der *Big Bang*, der Urknall. Fast jeder, vor allem fast jeder Physiker, glaubt daran, und es spricht doch sehr viel gegen diese Hypothese. Das, was einmal dafür gesprochen hat, ist längst verschwunden. In den frühen zwanziger Jahren sprach dafür, dass die Theorie erstens ungeheuer einfach war und das sie zweitens alles erklären konnte, was man damals gewusst hat, und gerne erklären wollte - die Hypothese von dem sich ausdehnenden Universum. Heute ist das nicht mehr der Fall. Die Theorie vom Urknall kann nichts oder fast nichts mehr erklären, und auch das nur mit den kompliziertesten Hilfhypothesen. Es ist ja eine komplizierte Ideologie geworden. **Karl Popper, 1990**

Inhalt

1. Urknall
2. Weißer Zwerge

Wissenschaft und Kritik - Astronomie

Urknall

05.09.2000

Über die Entstehung der Welt gibt es eine ganze Reihe von Geschichten. Was soll man davon halten, wenn sich seit Jahrzehnten auch die Wissenschaft dieses Themas annimmt?

Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde. Und die Erde war wüst und leer, und es war finster auf der Tiefe; und der Geist Gottes schwebte auf dem Wasser.

Und Gott sprach: Es werde Licht! Und es ward Licht. Und Gott sah, dass das Licht gut war. Da schied Gott das Licht von der Finsternis und nannte das Licht Tag und die Finsternis Nacht. Da ward aus Abend und Morgen der erste Tag. Und Gott sprach: Es werde eine Feste zwischen den Wassern, die da scheide zwischen den Wassern. Da machte Gott die Feste und schied das Wasser unter der Feste von dem Wasser über der Feste. Und es geschah so. Und Gott nannte die Feste Himmel. Da ward aus Abend und Morgen der zweite Tag. [Erstes Buch Mose, Kap. 1, Vers 1-8]

Als naiver Beobachter und absoluter Laie auf diesem Gebiet drängt sich natürlich die Frage auf, wo denn Gott sich aufhielt, **bevor** er Himmel und Erde schuf. Natürlich möchte ich den gläubigen Menschen nicht zu nahe treten, aber ich gehe davon aus, dass man die zitierten Sätze aus dem Alten Testament nicht gar zu wörtlich nehmen sollte. Und Fragen der von mir genannten Art sind ohnehin sinnlos, da sie göttliches Sein und göttliches Handeln mit menschlichen Maßstäben messen. Das dürfte unzulässig sein.

Nehmen wir den "Big Bang", als die mehr wissenschaftliche Version einer Schöpfungsgeschichte. Einige Indizien legen die Vermutung nahe, dass sämtliche Materie - nach neuesten Berechnungen vor 13 Milliarden Jahren etwa - auf ziemlich engem Raum konzentriert gewesen sein musste. Und mit dem "ganz großen Knall" wurde eine Entwicklung in Gang gesetzt, deren Ergebnis wir heutzutage bewundern können - uns eingeschlossen.

Als naiver Beobachter und absoluter Laie auf diesem Gebiet drängt sich natürlich die Frage auf, was **vor** dem Urknall gewesen ist, so erhält man als Antwort, dass eine solche Frage völlig sinnlos sei und somit auch nicht beantwortet werden könne.

Wie auch immer, jedenfalls ist man der Meinung, dass es zulässig ist, aus den uns bekannten Informationen über den jetzigen Zustand des Universums Rückschlüsse zu ziehen auf den Zustand von vor 13 bis 15 Milliarden Jahren.

Eine solche Vorgehensweise setzt folgendes voraus:

1. Es existieren "hinreichend genaue" theoretische Modelle, für die Welt als Ganzes. Mögliche unbedeutende Korrekturen an diesen Modellen beeinflussen die daraus zu gewinnenden Aussagen nur graduell, nicht grundsätzlich. Auch die relevanten physikalischen Gesetzmäßigkeiten lassen keine grundlegenden Fragen unbeantwortet.
2. Alle maßgeblichen (alle!) Systemparameter (des Universums wohlgemerkt) sind mit "hinreichender Genauigkeit" bekannt und eindeutig auf Basis bekannter - und erwiesener! - Naturgesetze interpretierbar. Mögliche unbedeutende Korrekturen an diesen Werten beeinflussen die unter 1. genannten Dinge nicht prinzipiell.
3. Das Universum verhält sich in seiner Gesamtheit streng deterministisch. Chaotische Prozesse (im Detail) sind für die generelle Entwicklung (im Ganzen) unbedeutend.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Ich kann mir nicht helfen, aber einige Zweifel sollten durchaus erlaubt sein.

Das Problem der dunklen Materie beschäftigt seit über sieben Jahrzehnte die Astronomen und Physiker. Nach neueren Erkenntnissen spielen weiße Zwerge eine wichtige Rolle.

Unter der Überschrift **Rätsel der Astronomie steht vor der Aufklärung** finden wir bei [rp-online](#) eine auf den 28.03.2001 datierte Meldung. Hier ein Auszug:

Berkeley (pte). Ein britisch-amerikanisches Forscherteam ist der Lösung eines Jahrzehnte alten astronomischen Rätsels einen Schritt näher gekommen. Wie die Wissenschaftler in der Fachzeitschrift "Science" berichten, fanden sie in einem dunklen, vermeintlich leeren Abschnitt des südlichen Himmels 38 bisher unerkannte ausgekühlte Sternleichen, so genannte Weiße Zwerge. Damit befindet sich rund um unsere Galaxie, der Milchstraße, deutlich mehr der mysteriösen Dunklen Materie als bisher nachgewiesen werden konnte.

Eine etwas ausführlichere Darstellung können wir bei [astronews.com](#) nachlesen. Auch hier eine Textpassage:

Das Dunkelmaterieproblem beschäftigt die Astronomen schon seit 1933, als der Fritz Zwicky feststellte, dass die in einem Galaxienhaufen enthaltene Masse nicht ausreicht, um die Bewegung des Haufens zu erklären. Ähnliches gilt auch für einzelne Galaxien wie unsere Milchstraße. Astronomen nehmen heute an, dass rund 95 Prozent der Materie nicht sichtbar ist, es sich dabei also um Dunkelmaterie handelt. Nun stellt sich die Frage, um was es sich bei dieser Dunkelmaterie handeln könnte. Im Prinzip unterscheiden die Astronomen da zwei Hauptgruppen: Eine Gruppe aus exotischen Teilchen, die aus dem Zoo der Teilchenphysiker stammen und WIMPs (für weakly interacting massive particles, schwach wechselwirkende massive Teilchen) genannt werden. Die andere Gruppe, die für bis zu 35 Prozent der dunklen Materie verantwortlich sein könnte, besteht aus sogenannter baryonischer Dunkelmaterie, also aus normaler Materie aus der Sterne gemacht sind. Es sind also keine exotischen Teilchen, sondern lediglich Sterne oder ähnliche Objekte, die zu leuchtschwach sind, um sie zu beobachten.

Gemessen an den gewaltigen technischen Fortschritten in der beobachtenden Astronomie scheinen die Ergebnisse bezüglich der Aufklärung der dunklen Materie recht mager zu sein. Auch die Physik konnte bislang nur bescheidene Hilfestellung geben, obwohl auch hier weder Kosten noch Mühen gescheut wurden (vgl. Wer soll das bezahlen...).



Edwin Powell Hubble
1889 - 1953

Doch der Reihe nach. Zu den kosmischen Objekten gehörten unter anderem auch die so genannten Nebel. Erst der amerikanische Astronom **Edwin Powell Hubble** (1889-1953) konnte 1924 wirklich nachweisen, dass es sich bei vielen dieser "Nebel" um extragalaktische Objekte handelte, die, ähnlich wie unser Milchstraßensystem, ebenfalls aus Milliarden von Sternen bestehen. (Bild rechts die Andromeda-Galaxie M31) Somit wurden diese Galaxien zum wichtigen Bestandteil der astronomischen Forschung. Wie auch immer, man stellte schon vor Jahrzehnten fest, dass das Bewegungsverhalten der Sternsysteme mit den tatsächlich direkt beobachtbaren Massen nicht vereinbar war. Insbesondere das Rotationsverhalten der Spiralgalaxien - unser System inklusive - gibt Rätsel auf. Normalerweise müsste man erwarten, dass mit zunehmendem Abstand der Sterne vom Zentrum der Galaxie deren Rotationsgeschwindigkeit - vergleichbar mit den Planetenbewegungen (Keplersche Gesetze) - abnehmen müsste. Dies ist im Rahmen der bestehenden Theorien nur zu erklären, wenn es neben den direkt

beobachtbaren Massen noch weitere Materie geben muss, die wesentlich die Dynamik der Galaxien determiniert.



Jetzt tauchen drei Probleme auf. Hier die beiden ersten:

1. Die mysteriöse Dunkelmaterie macht 90 bis 95% der Gesamtmasse der Systeme aus.
2. Diese Materie müsste unabhängig von den Phänomenen nachgewiesen werden können, zu deren Zweck sie eingeführt wurde.

Wie oben angemerkt, war man in den letzten 70 Jahren nicht besonders erfolgreich im Hinblick auf die zweite Schwierigkeit. Dies soll sich ja mit der Entdeckung der "Weißen Zwerge" grundlegend ändern. Letztere allerdings sind noch keine wirklichen Sternleichen, sondern erst die Vorstufen dazu. Aufgrund ihrer geringen Leuchtkraft sind sie zwar schwerer zu beobachten, aber immerhin - noch - nicht wirklich dunkel und damit grundsätzlich beobachtbar. Und sie haben den Vorteil, aus normaler Materie aufgebaut zu sein.

Stellen wir folgende Schätzung an: Setzen wir die normalen Sterne mit einem Masseanteil von 10 und den der Weißen Zwerge mit (optimistisch geschätzt) 30 Prozent an, so verbleibt immerhin noch ein Rest von 60 Prozent, der in keinem elektromagnetischen Spektralbereich direkt beobachtbar ist. Nehmen wir einmal an, dies entspräche der Realität, so müssten wir eine weitere - und dies ist die ausschlaggebende! - Ungereimtheit akzeptieren: Die Dunkelmaterie muss eine zur Sternmaterie komplementäre Dichteverteilung aufweisen. Oder: Das Verhältnis von Masse zu Leuchtkraft bleibt nicht konstant (wie zu erwarten wäre), sondern wird zum Rand hin immer größer. Bezogen auf die Sternleichen würde somit der Schluss nahegelegt werden, dass "sterbende Sterne" (Weiße Zwerge) die galaktischen Randgebiete (man spricht hier von einem dunklen **Halo**) bevorzugten. (Eine Erklärung dafür wäre sehr interessant.)

Fassen wir zusammen:

1. Der Anteil der sichtbaren Sternmaterie beträgt lediglich 5 bis 10% der Gesamtmasse.
2. Der Masseanteil der Weißen Zwerge - auch noch Sternmaterie im traditionellen Sinn - beträgt maximal 35% der Galaxien-Masse.
3. Der Anteil **WIMPs** füllt den Rest zu 100% auf.
4. Die Masse (der **Weißen Zwerge** plus WIMP) nimmt mit dem Abstand vom Galaxien-Zentrum zu.
5. Der größte Teil der Galaxienmasse verbirgt sich im dunklen Halo.

Und noch etwas: Die "Kopflastigkeit" der Galaxien steht im krassen Widerspruch zu sonstigen Erfahrungen mit anderen stabilen Systemen (vgl. Chaos , in diesem Artikel habe ich noch nicht erwähnt, dass der Hauptteil der Massen der Galaxien sich im Halo befindet.). Alle stabilen Systeme (z .B. Atom, Sonnensystem, Ringsystem Saturns) zeichnen sich dadurch aus, dass eine große Zentralmasse (Atomkern, Sonne, Saturn) u.a. bestimmend ist für deren Stabilität (notwendiges Stabilitätskriterium). Betrachtet man das optische Abbild einer Galaxie, so käme man intuitiv zu der Schlussfolgerung, dass wir es hier mit einem ähnlichen Fall zu tun haben. Die Interpretation der Beobachtungsdaten hingegen, die Dynamik der Galaxien betreffend, stellt diesen ersten Eindruck allerdings auf den Kopf.

Rätsel der Astronomie steht vor der Aufklärung, dürfte also eine sehr optimistische Einschätzung sein, die mit Sicherheit den realen Zusammenhängen nicht gerecht wird.

Meine provokante Frage: **Welche tatsächlichen grundlegenden Fortschritte konnten in den letzten 50 bis 70 Jahren gemacht werden?** Die Dunkelmaterie war - wirklich nur andeutungsweise - Gegenstand dieses Beitrages. Aspekte der Hirnforschung und Neurophysiologie sind in

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellschaft
Technik
Astronomie
Sonstiges

den Beiträgen Die unterschätzten Vögel und Frühjahrstagung 2001 der DPG angeschnitten worden. Ein Thema der Teilchenphysik wurde im Artikel Das Standardmodell abgehandelt. Nimmt man außerdem die Probleme ernst, die mit der Handhabung des Massebegriffes (vgl. Die Masse) einhergehen - und die Dunkelmaterie stützt sich auf diese physikalische Größe -, so nimmt die Anzahl der Fragen eher zu, denn ab.

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Wissenschaft und Kritik - Sonstige Themen -

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Irgendwie gibt es Themen, die passen nicht so recht in ein - mehr oder weniger sinnvolles - vorgegebenes Schema. Genau genommen passt nichts in ein vorgegebenes Schema. Die "Welt" ist nun einmal so komplex, dass jeder Versuch der Schematisierung immer nur ein Versuch bleiben wird. Natürlich verliert man ohne Systematik schnell den Überblick. Aber in den traditionellen Wissenschaften hat man eh den Überblick verloren, weil man bei all der fortschreitenden Spezialisierung den "Wald vor lauter Bäumen nicht mehr sieht".

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges



Max Planck
1858 - 1947

Die Welt steckt voller Probleme. Wo wir hinsehen, überall tut sich irgendein Problem auf, im häuslichen Leben wie im Beruf, in der Wirtschaft wie in der Technik, in der Kunst wie in der Wissenschaft. Und manche Probleme haben etwas Hartnäckiges an sich; sie lassen uns nicht los, und die quälenden Gedanken an sie können sich unter Umständen in einem solchen Maße steigern, dass sie uns den ganzen Tag verfolgen und sogar nachts den Schlaf rauben. Wenn uns dann zufällig einmal die Lösung eines Problems gelingt, so empfinden wir das als eine Art Befreiung und freuen uns über die Bereicherung unseres Wssens. Ganz anders ist es aber, und in hohem Maße ärgerlich, wenn wir nach langem Abmühen die Entdeckung machen, dass das Problem gar keiner Lösung fähig ist, weil es entweder keine einwandfreie Methode zu seiner Bearbeitung gibt, oder weil es bei Lichte besehen überhaupt keinen Sinn hat, daß es sich also um ein Scheinproblem handelt und dass wir alle darauf verwendete Denkarbeit für ein Nichts geopfert haben. - **Max Planck, 17.06.1946**

Die Welt also steckt also voller Probleme und auch Scheinprobleme. Da kann man Planck nur beipflichten. Das **Problem** aber **hierbei** ist, dass wir nie wirklich entscheiden können, ob wir ein echtes Problem vor uns haben, oder ob wir mit uns mit einem Scheinproblem herumschlagen. Nicht alle ungelösten Probleme sind Scheinprobleme. Es besteht jedoch die Gefahr dass ungelöste Probleme als unlösbar gelten, weil sie sich auch nach dem hartnäckigsten Bemühen einer rationalen Lösung entziehen. Zu diesen vermeintlichen Scheinproblemen gehört beispielsweise das Problem der Widersprüchlichkeit der Quantenphysik, welches als ein Problem der Anschaulichkeit betrachtet wird und nicht als eines der Logik zum Beispiel.

Inhalt

1. Der gesunde Menschenverstand
2. Determinismus
3. Prognosen
4. Chaos
5. Grenzen überschreiten

Wissenschaft und Kritik - Sonstige Themen

Der gesunde Menschenverstand

28.01.2001

Vor etwa hundert Jahren war der gesunde Menschenverstand in Ungnade gefallen. Zumindest die Physik betreffend. Warum eigentlich?

Dinge gibt es mitunter auf der Bühne, die gibt es gar nicht. Jedenfalls nicht im richtigen Leben.

Da schweben irgendwelche Leute so ziemlich frei in der Luft. Oder sie werden in kleine Teile zerstückelt. Oder in gar wilde Tiere verwandelt: Kaninchen oder Tiger etwa. Oder sie verschwinden ganz einfach. Der Phantasie sind fast keine Grenzen gesetzt.

Das Spektrum der Tätigkeiten der Illusionisten ist breit gefächert aber nicht mein Thema. Jedenfalls hat der gesunde Menschenverstand kaum eine Chance. Und die "Naturgesetze" scheinen aufgehoben zu sein.

Falsch! Denn der Zauberkünstler weiß sehr wohl um die Hintergründe seiner Tätigkeit. Der Zuschauer hingegen nicht. Ihm werden relevante Informationen vorenthalten und gleichzeitig wird er mit Nebensächlichkeiten vom Kern der Sache abgelenkt.

Wird irgendwann einmal ein Trick erklärt, so ist man - wahrhaft - desillusioniert. Im Allgemeinen bleiben die Tricks jedoch geheim. Weil: Die Künstler verdienen ja ihr Geld damit. Einige wenige - in Las Vegas beispielsweise - sogar **sehr viel** Geld. Und das Geheimnis macht ja auch den Reiz der Sache aus.

Der so genannte gesunde Menschenverstand wird hierbei **nicht** in Frage gestellt, aber unser Denken - **bewusst** - in die falschen Bahnen gelenkt. Am besten ist es, man denkt überhaupt nicht nach (das bringt eh nichts), sondern lässt sich auf unterhaltsame Weise an der Nase herumführen.

Der letzte Rat gilt für die Wissenschaften natürlich **nicht**. Hier geht es darum, der Natur die letzten Geheimnisse zu entreißen. Die "letzten" deshalb, weil zu jeder Zeit fast alle Geheimnisse bereits als entschlüsselt galten. Bis auf einige wenige. Dies waren dann die "letzten Geheimnisse".

Letzte Einschätzung allerdings entpuppte sich stets als Illusion. Immer, wenn man glaubte, das Ziel fast erreicht zu haben, rückte es, einer Fata Morgana gleich, in unerreichbare Ferne. Solches widerfuhr der Physik beispielsweise zum Ausgang des 19. Jahrhunderts. Es war fast alles klar. Bis auf ein paar Kleinigkeiten. Und diese "Kleinigkeiten" erschütterten die Grundfesten der Wissenschaft Physik.

Da wurde, vor hundert Jahren ungefähr, die Quantenhypothese (als **ein** Beispiel) von Max **Planck** bekannt gegeben. Und in den folgenden drei Jahrzehnten etwa entwickelte sich diese Theorie zu einem ausgereiften abstrakten theoretischen Apparat, der viele Phänomene quantitativ beschreiben konnte und vielleicht auch Anhaltspunkte lieferte für die technische Nutzanwendung, aber dem - mittlerweile in Ungnade gefallen - gesunden Menschenverstand gänzlich unzugänglich war. Und weil die Technik - vom Transistor bis zum Mikroprozessor, von der Laserdiode im CD-Laufwerk bis zum Hochleistungslaser in der Werkstoffbearbeitung - die Richtigkeit der Theorien anscheinend bestätigen konnte, hatte man genügend Argumente in der Hand, die Widersprüche im gesamten Theoriengebäude der Physik geschickt zu umschiffen oder gar zu ignorieren.

Auch wenn man keinen wirklichen Ausweg aus dieser Situation fand (**Einstein** z.B. hatte seinerzeit durchaus Probleme damit), so fand man sich mit der

Situation letztendlich dergestalt ab, dass die moderne Physik weder anschaulich ist, noch mit den bis Ende des 19. Jahrhunderts durchaus üblichen Mitteln des rationalen Denkens erfassbar war. Der gesunde Menschenverstand hatte endgültig ausgedient!

Hat er das wirklich? Oder liegt diese Einschätzung lediglich daran, dass uns relevante Informationen fehlen, und/oder dass wir nur nicht in der Lage sind, diese Informationen sauber zu interpretieren, weil uns bestimmte Kenntnisse fehlen?

Es wird gern so argumentiert, dass auch die astronomischen "Welt"-Bilder einstmals dem gesunden Menschenverstand zuwiderliefen. Dem aber ist nicht so. Natürlich sind wir - erst einmal - durch die Alltagserfahrung geprägt. Diese Erfahrung lehrt uns - zunächst -, dass oben und unten absolut unterscheidbar sind. Auch die Bewegung an sich besitzt absoluten Charakter. Und dass leichte Gegenstände (z.B. Papierschnipsel) langsamer zu Boden fallen als schwere Objekte (z.B. Steine) kann jeder selbst beobachten.

So erscheint es uns. Erst das Wissen um die wirklichen Zusammenhänge erlaubt es uns, die Alltagserfahrung zu erweitern und **angebliche** Widersprüche aufzulösen. Gerade die klassische Aufklärung konnte viele Dinge erklären und dem Verständnis nahebringen, wenngleich mit historisch bedingten Unzulänglichkeiten behaftet.

Hier gibt es durchaus Parallelen zu den Kunststückchen des Illusionisten. Nur ein wichtiger Unterschied besteht: Bei der Erforschung der "Geheimnisse der Natur" gibt es niemanden, der uns **bewusst** in die Irre führen will. (Das ist meine ganz persönliche Einschätzung.)

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Doch gibt es "Darbietungen" der Physiker, die jeder Logik hohnzusprechen scheinen. Da aber die Physiker ihre "Zauberkunststücke" oft selbst nicht so recht verstehen, weil sie nicht "hinter die Kulissen" schauen können, wird die Lösung der Rätsel ungemein erschwert. Es gibt niemanden, der des Rätsels Lösung parat hat (so wie der Zauberkünstler), weil selber ausgedacht. Die letzte Instanz ist der Forscher selbst. Es gibt keinen Lehrer, der die Arbeit des Schülers bewertet und nötigenfalls korrigierend eingreift. Der Physiker als aktiver Forscher ist Lehrer und Schüler und Zuschauer von "Zauberkunststücken" in Personalunion. Und so etwas geht oftmals schief.

Determinismus

03.03.2001

Gibt es den objektiven Zufall oder ist alles, zumindest prinzipiell, vorherbestimmt?

Im Beitrag Bausteine zitierte ich recht ausführlich einen gewissen Pierre Simon Marquis de **Laplace** . Hier nochmals ein kurzer Auszug:

Der momentane Zustand des "Systems" Natur ist offensichtlich eine Folge dessen, was im vorherigen Moment war, und wenn wir uns eine Intelligenz vorstellen, die zu einem gegebenen Zeitpunkt alle Beziehungen zwischen den Teilen des Universums verarbeiten kann, so könne sie Orte, Bewegungen und allgemeine Beziehungen zwischen all diesen Teilen für alle Zeitpunkte in Vergangenheit und Zukunft vorhersagen.

Die durchaus beachtenswerten Erfolge von Astronomie und Physik bereits vor Jahrhunderten führte letztendlich (vgl. Erfolge von Wissenschaft und Technik) zu einer Überschätzung des gegebenen Wissensstandes. Bestandteil des gegebenen Erkenntnisstandes bildete - insbesondere bei den Naturwissenschaftlern - die weitgehende Bestätigung der Vorstellung von der durchgängigen und starren **Determiniertheit** sämtlichen Weltgeschehens von der Vergangenheit bis beliebig in die Zukunft hinein.

Folgende Überlegung spielte möglicherweise eine wichtige Rolle dabei: **Nichts auf der Welt geschieht ohne Ursache; und nichts geschieht, ohne dass es seinerseits die Ursache für künftiges Geschehen ist.** Dies lässt sich grundsätzlich beliebig in Vergangenheit und Zukunft anwenden. Somit hat der Zufall - **objektiv** jedenfalls - keine Chance.

Die konkreten Erfolge der **Newtonschen Mechanik** führten zur weiteren Festigung dieses Standpunktes. Und die wesentlichen Elemente eben jener - mathematisch prinzipiell beherrschbaren - Mechanik waren der **Raum**, die **Zeit**, die **Massen** sowie die zwischen diesen Massen wirkenden **Kräfte**. Jene Kräfte beispielsweise sind bei der Gravitation sehr genau bekannt. Und kennt man nun - dies gilt in hervorragender Weise für unser Sonnensystem - die **Anfangswerte** zu **einem** beliebigen Zeitpunkt, so bergen Vergangenheit und Zukunft eines solchen Systems überhaupt keine Geheimnisse mehr. Ist also der Zustand des Sonnensystems zu **einem Zeitpunkt** bekannt, so kennt man auch - die Lösung der technisch-mathematischen Probleme vorausgesetzt - **alle Systemzustände zu allen Zeiten**. Dies scheint - oberflächlich betrachtet - zu stimmen. Doch übertrug man diese Vorstellung auf **alle materiellen Strukturen**, gleichfalls in der Annahme, dass sie aus kleinsten Bausteinen (Atome, Moleküle etc.) mit bekannten Eigenschaften bestünden, für die grundsätzlich ebenfalls jene Gesetze gelten mussten, die auch für die Himmelskörper verbindlich waren. Dass man schließlich an **praktische** Grenzen stieß, änderte an der **grundsätzlichen** Haltung nicht das Geringste.

Dieser **Determinismus** konnte aus philosophischer Sicht nicht gänzlich unwidersprochen hingenommen werden. Wo bliebe in der Endkonsequenz die freie Willensentscheidung des Menschen? Diese wäre - so könnte man argumentieren - nur Schein und lediglich eine Erscheinungsform unserer prinzipiell unüberwindbaren Unwissenheit. Irgend etwas stimmt hier also nicht.

Die Physiker allerdings hatten zu Beginn des 20. Jahrhunderts noch mit weiteren ernsten Problemen zu kämpfen. Die Fragen, die ihnen die Quantenphysik bescherte, führten einerseits zur Aufgabe des Anspruches, etwas "verstehen" zu können (und später auch zu **wollen**) und zum anderen trat der Zufall als ein den Dingen selbst anhaftendes Phänomen auf und war nicht mehr - so sieht man dies auch heute noch - Ausdruck unseres Unvermögens, die Realität **vollständig** erfassen zu können.

Selbst **Einstein** hatte damals einige Schwierigkeiten damit. "Gott würfelt nicht", beschrieb seine Einstellung diesen Problemen gegenüber. Für ihn war der Zufall nur ein Hinweis auf jene Tatsache, dass nach irgendwelchen "verborgenen Parametern" gesucht werden müsse, damit die schöne deterministische Welt wieder in Ordnung gebracht werden könne, vergleichbar mit dem Anspruch der statistischen Mechanik, die ihrerseits die reduktionistische Begründung für die Thermodynamik lieferte. Hier galt der Zufall - mit den Mitteln der statistischen Mathematik und Wahrscheinlichkeitsrechnung beherrschbar - eher als Spiegelbild der Unmöglichkeit, **alle** Parameter eines Systems zu erfassen und verarbeiten zu können, denn als Abbild des nicht vollständig determinierten Geschehens an sich. Denn, so argumentierte man, die Bewegung der Atome und Moleküle (insbesondere in Flüssigkeiten und Gasen) gehorchen den

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Gesetzen der Mechanik und sind somit gleichfalls vollständig determiniert, auch dann, wenn wir nicht in der Lage sind, dies korrekt nachvollziehen zu können.

Die Problematik der objektiven Determiniertheit aller Prozesse ist u.a. an die Vorstellung der prinzipiellen Prognostizierbarkeit eben jener Vorgänge geknüpft. Vorhersagbarkeit und Determiniertheit jedoch sind **nicht identisch**.

Prognosen

11.03.2001

Wer die Zukunft kennt, hat gute Karten. Doch ganz so einfach ist das alles in Wahrheit nicht.

Über die Bewegung der Himmelskörper weiß man schon seit Jahrtausenden Bescheid. So war es denn beispielsweise vor 4000 Jahren schon möglich, eine Sonnenfinsternis vorauszusagen. Vielleicht noch viel eher. Da berichtet beispielsweise eine uralte Chronik aus dem alten China (wobei ich mich für diese Geschichte nicht verbürgen kann, da ich sie irgendwann einmal irgendwo gelesen habe) von einer gewaltigen Schlamperie. Es begab sich, dass die zuständigen Hofastronomen es einmal versäumten, eine anstehende Sonnenfinsternis rechtzeitig bekanntzugeben. Der Kaiser war damals ob dieser Nachlässigkeit ziemlich verärgert. Er ließ die säumigen Astronomen hinrichten.

Wie auch immer, Tatsache ist, dass auch in "grauer Vorzeit" der beobachtenden Astronomie ein hoher Stellenwert eingeräumt wurde. Wie wäre eine exakte Zeiteinteilung sonst auch möglich gewesen? **Astronomie, Kalender** oder - allgemein - **Zeiteinteilung** bildeten in menschlichen Gesellschaften schon immer eine Einheit. Und dass die Herrscher mitunter ihre Untertanen nicht gerade zimperlich behandelten und oftmals "eine etwas übertriebener Strenge" walten ließen, ist hinreichend bekannt. Solch drastische Strafmaßnahmen, wie hier geschildert, sind heutzutage etwas schwerer vorstellbar.

Kein Mensch würde mehr Meteorologe werden wollen. Dieser Berufszweig wäre längst - buchstäblich - ausgestorben, nicht aufgrund irgendwelcher Versäumnisse, sondern wegen der nicht besonders hohen Zuverlässigkeit der Vorhersagen.

Im Ernst: Es geht um Prognosen für künftiges Geschehen, wobei es hier um die etwas mehr wissenschaftlichen Erscheinungsformen der Voraussagen geht. Wissenschaftliche Prognosen stützen sich auf die Determiniertheit (vgl. Determinismus und Zufall und Notwendigkeit) der Vorgänge in der Natur. Allgemein formuliert: Der Zustand eines Systems zu einem **beliebigen Zeitpunkt** determiniert den Zustand des Systems zu **allen künftigen Zeiten**. Und besitzt man Kenntnis über die Gesetzmäßigkeiten, die einem **Prozess** zugrunde liegen, so ist man in der Lage - anhand eines mathematischen Modells - selbst Aussagen über Zustände eben jenes Prozesses zu machen, die in der Zukunft und auch Vergangenheit liegen. Prozesse, die sich in die Vergangenheit zurückverfolgen lassen, gelten als **reversibel**.

Als **das** Paradebeispiel dieser Möglichkeiten werden immer wieder die astronomischen Objekte herangezogen, die sich - erstens - nach strengen Gesetzmäßigkeiten bewegen, wobei - zweitens - diese Bewegung auch noch absolut periodisch erfolgt.

Und was die möglichen Modelle angeht, so erwies sich das Ptolemäische System mit der Erde im Mittelpunkt bis zur "Kopernikanischen Wende" als recht erfolgreich. Alles nichts Neues.

Zusammenfassend sind für die erfolgreiche Prognose eines Prozesses folgende Voraussetzungen erforderlich:

1. Der Prozess läuft nach objektiven Gesetzmäßigkeiten ab, ist also ein deterministischer Prozess.
2. Es steht ein "hinreichend genaues" Modell des Prozesses zur Verfügung.
3. Es sind die Rand- und Anfangsbedingungen des Systems respektive Prozesses (System- und Prozessparameter) "hinreichend genau" bekannt.

Ein solches Modell kann entweder ein mathematisch formulierbares Zeitgesetz (z.B. ein Differentialgleichungs-System) sein oder auch ein Simulationsalgorithmus, der einen Prozess auf einem Computer zum "virtuellen Leben" erweckt.

Der Teufel aber steckt - wie so oft - im Detail. Das war vor langer Zeit u.a. auch schon dem französischen Mathematiker und Philosophen Henri **Poincaré** (1853-1912, Bild rechts) aufgefallen, der sich zu diesem Problem folgendermaßen äußerte:

Eine sehr kleine Ursache, die wir nicht bemerken, bewirkt einen beachtlichen Effekt, den wir nicht übersehen können, und dann sagen wir, der Effekt sei zufällig. Wenn die Naturgesetze und der Zustand des Universums zum Anfangszeitpunkt exakt bekannt wären, könnten wir den Zustand dieses Universums zu einem späteren Moment exakt bestimmen. Aber selbst wenn es kein Geheimnis in den Naturgesetzen mehr gäbe, so könnten wir die Anfangsbedingungen doch nur annähernd bestimmen. Wenn uns dies ermöglichen würde, die spätere Situation in der gleichen Näherung vorherzusagen - dies ist alles, was wir verlangen -, so würden wir sagen, dass das Phänomen vorhergesagt worden ist und dass es Gesetzmäßigkeiten folgt. Aber es ist nicht immer so; es kann vorkommen, dass kleine Abweichungen in den Anfangsbedingungen schließlich große Unterschiede in den Phänomenen erzeugen. Ein kleiner Fehler zu Anfang wird später einen großen Fehler zur Folge haben. Vorhersagen werden unmöglich, und wir haben ein zufälliges Ereignis.



Hiermit sind eindeutig die Grenzen der Prognostizierbarkeit abgesteckt. Somit erhebt sich die Frage, was die Planetenbewegungen (z.B.) von der Entwicklung des Wetters unterscheidet. Das soll im nächsten Beitrag behandelt werden. Langsam nähern wir uns dem Chaos, wobei vom **Deterministischen Chaos** die Rede sein soll. Anscheinend ein Widerspruch in sich.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellschaft
Technik
Astronomie
Sonstiges

Eine ausführliche Darlegung der Gedanken ist hier zu finden:

- Wieso weiß die Uhr, wie spät es ist?
- Wie zufällig ist der Zufall?

Chaos

18.03.2001

Auch determinierte Prozesse sind weder uneingeschränkt prognostizierbar noch reproduzierbar.

Der letzte Beitrag (Prognosen) endete folgendermaßen: **Somit erhebt sich die Frage, was die Planetenbewegungen (z.B.) von der Entwicklung des Wetters unterscheidet.**

Der analytische Lösungsansatz für die mathematische Modellierung der Bewegung der Himmelskörper jedenfalls ist noch relativ einfach zu erstellen und in den grundlegenden Dingen seit Isaac **Newton** bekannt. Hier haben wir es mit den **Massen** und den zwischen den Massen wirkenden **Kräften** zu tun. Kennen wir alle Parameter dieses Systems (wenn wir uns nur auf die Sonne und die 9 Planeten beschränken, was in guter Näherung durchaus sinnvoll ist), so sind wir in der Lage, ein **System gewöhnlicher Differentialgleichungen** aufzustellen, welches die Eigenschaften des Sonnensystems näherungsweise modelliert. Die **Integration** dieses Gleichungssystems ist zwar im Allgemeinen nicht mehr **analytisch** (formelmäßig) möglich, sondern nur noch numerisch. Aber heutzutage verursacht es grundsätzlich keine übermäßig großen Schwierigkeiten, einen Simulationsalgorithmus auf einem gängigen PC zu implementieren.

Und unser "virtuelles Sonnensystem" wird sich ganz brav verhalten und ein recht genaues Abbild des Originals liefern - aber nur, wenn wir (was selbstverständlich ist) die Originaldaten nehmen (diese sind tatsächlich mit "hinreichender Genauigkeit" bekannt.)

Doch haben "virtuelle Welten" den unschätzbaren Vorteil, dass wir mit diesen Modellen Versuche anstellen können, die uns in der Realität - auch in ferner

Zukunft - vorenthalten bleiben werden. Wir können beispielsweise die Sonnenmasse variieren. Hierzu muss man wissen, dass die Masse unserer Sonne etwa 99,87% der Gesamtmasse des Sonnensystems ausmacht. Alle anderen Körper - Planeten, Monde, Planetoiden und Kometen - tragen nicht nennenswert zur Gesamtmasse bei.

Wir sind damit in der Verfassung, ein (virtuelles) Sonnensystem, auch etwas abweichend von dem unserem, zu "basteln", welches sich dennoch ähnlich verhalten wird wie unser reales System. Es sind jedoch einige "Spielregeln" einzuhalten, die sich aus elementaren Überlegungen im Rahmen der klassischen Mechanik ergeben. Auf die Details einzugehen, würde an dieser Stelle zu weit führen. Doch an **einer** Bedingung kommen wir grundsätzlich **nicht** vorbei: **Die Zentralmasse** (hier die der Sonne) **muss groß sein gegenüber den Massen aller anderen Körper**. Ist diese Voraussetzung nicht gegeben, so erleben wir eine unliebsame Überraschung: Unser - noch sehr einfaches System mit sehr einfacher Struktur, die man wahrlich noch nicht als komplex bezeichnen kann - verhält sich auffallend chaotisch.

Selbst ein lediglich aus drei Massen bestehendes System ist nur unter ganz speziellen Bedingungen zu animieren, sich einigermaßen "sittsam" zu bewegen. "Sittsam" heißt hier **stabil** und **streng periodisch**. **Im Allgemeinen** verhalten sich Systeme, welche aus mehr als zwei Massen bestehen, instabil. Ein solches System wird in einzelne Massen oder 2-Massen-Systeme zerfallen. Und eine **kleine Variation der Anfangsbedingungen** führt zu **völlig unvorhersehbaren** Verhaltensweisen. Stabil - und damit "berechenbar" - sind **allgemein** nur 2-Massen-Systeme. Hier kennt man in der Astronomie beispielsweise die Doppelsterne, die wohl relativ oft vorkommen und um einen gemeinsamen Schwerpunkt rotieren und eben solche Systeme, die sich **annähernd** wie 2-Massen-Systeme behandeln lassen. Für Systeme mit einer **großen Zentralmasse** (unser Sonnensystem gehört dazu) gilt letzteres in guter Näherung. Dies liegt daran, dass der gravitative Einfluss der Zentralmasse den Einfluss aller übrigen Massen überwiegt, vorausgesetzt, letztere kommen sich nicht gar zu nahe und verursachen eine nur relativ geringfügige gegenseitige "Störung". Aus einer solchen Störung lässt sich auf die Anwesenheit einer Masse schließen, auch dann, wenn man sie (noch) nicht direkt beobachten kann.

Nun könnte man einwenden, dass es dennoch stabile Systeme gibt, die aus beispielsweise 100 Milliarden Sonnen bestehen. Die Galaxien sind der offensichtliche Beweis dafür. Nur: Die Astronomen suchen seit geraumer Zeit nach der sog. **dunklen Materie**, die - welch Zufall! - angeblich 90% der Gesamtmasse der Galaxien ausmachen soll. Nur unter dieser Bedingung ist - im Rahmen der gegebenen Theorien (klassische Mechanik oder **Allgemeine Relativitätstheorie**) - die Stabilität der Galaxien gesichert. (Dies wäre ein gesondertes Thema.)

Der langen Rede kurzer Sinn: Selbst einfach erscheinende (deterministische) Systeme - und die Masse-Punkt-Systeme mit abstandsabhängigen Zentralkräften der klassischen Mechanik zählen dazu - sind in ihrem Verhalten nicht uneingeschränkt prognostizierbar. Schon eine kleine - zunächst vernachlässigbare - Variation der Anfangsbedingungen führt "nach hinreichend langer Zeit" zu einem nicht mehr vorhersagbaren Verhalten. Man spricht dann von der **empfindlichen Abhängigkeit von den Anfangsbedingungen**. Objektprozess und Modell divergieren letztendlich immer.

Hier noch ein anderes Beispiel, welches die Problematik der **Reproduzierbarkeit** veranschaulicht. Beobachtet man einen Köhner des Billardspieles, so ist man über dessen Geschicklichkeit durchaus beeindruckt. Die Kugeln bewegen sich - fast ist man geneigt zu konstatieren, wie von "Geisterhand dirigiert" - auf dem Tisch. Der Spieler ist befähigt, die Anfangsbedingungen (Lage der Kugeln, Stoßrichtung, Stoßkraft usw.) exakt zu **reproduzieren**, um den genauen Bewegungsverlauf festzulegen. Denken wir uns die Bewegung der Kugeln sowie die Stöße der Kugeln untereinander und mit der "Bande" des Billardtisches ideal verlustfrei, so werden sich die Kugeln "bis in alle Ewigkeit" bewegen. Aber: Wie geschickt der Spieler auch sein mag, die Anfangsbedingungen sind **nie absolut exakt reproduzierbar**. Irgendwann wird ein - zunächst vernachlässigbarer - Fehler so weit angewachsen sein, dass nicht mehr vorhersehbar ist, ob, wie vorgesehen, eine Kugel noch getroffen wird oder nicht. **Spätestens** ab diesem Zeitpunkt taugt das Modell (wir können ja auch das Billardspiel auf dem PC simulieren) des Prozesses überhaupt nichts mehr. Erst eine große Anzahl von "gleichen" Versuchen wird zu statistisch verwertbaren Ergebnissen führen.

Diese - hier nur sehr oberflächlich angedeutete - Problematik war schon vor langer Zeit Gegenstand mathematischer Überlegungen.

Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik sind Werkzeuge, um **statistische Gesamtheiten** von Objekten und Prozessen zu erfassen. Und dann gibt es noch die **Chaos-Theorie**, die sich mit dem Verhalten einzelner Systeme und Prozesse befasst, die zwar deterministischer Natur sind, aber sich weder exakt prognostizieren noch reproduzieren, aber bestimmte Gesetzmäßigkeiten erkennen lassen. Letztere Theorie bewegt sich auf einer recht abstrakten Ebene. Ihr auf dieses Terrain zu folgen, ist m. E. nicht unbedingt erforderlich. Nur so viel noch ergänzend: Je mehr ein Prozess von vielfältigen - oft selbst nicht vorhersehbaren - Einflussfaktoren determiniert wird, um so unzuverlässiger (und/oder kurzfristiger zuverlässig) werden Prognosen sein. Die Komplexität des Wettergeschehens z.B. ist so groß, dass schon von einem Tag zum anderen die Prognose für die laufende Woche völlig anders ausfallen

kann. Bestimmte Tendenzen sind erkennbar; und bestimmte erkennbare Tendenzen basieren u.a. auch auf einem Erfahrungswissen, welches von den "Bauernregeln" gar so weit entfernt nun auch nicht ist (nur exakter dokumentiert). Wie dem auch sei, trotz gewaltigen Aufwandes in der Meteorologie und leistungsfähiger Computer sowie immer besserer Modelle werden wir nicht heute schon wissen **können**, wie das Wetter in 10 Tagen wirklich sein wird.

Nun gibt es außerdem die Klimaforschung, die sich mit Entwicklung des - globalen und/oder kontinentalen - Wetters über einen Zeitraum von mehr als **30 Jahren** (!) befasst. Dieser Zeitraum ist die Mindest-Zeitspanne, bei der "das Wetter zum Klima wird" (darauf hat man sich geeinigt). Auch wenn man die Einzelheiten nicht kennt, sollte man über dieses Problem durchaus nachdenken wollen. Das soll - jetzt noch - nicht geschehen. Aber die Frage danach, **was die Planetenbewegungen von der Entwicklung des Wetters unterscheidet**, ist vielleicht ansatzweise beantwortet worden. Die Planetenbewegungen lassen sich, sollte nichts Außergewöhnliches geschehen, über Jahrmilliarden verfolgen. Und dass dieses überhaupt möglich ist, liegt an ganz speziellen Bedingungen, die kurz angeschnitten wurden.

Beim Wetter hingegen beschränken sich die Prognosen auf einen Zeitraum von wenigen Tagen und stimmen nicht einmal dann hundertprozentig.

Doch habe ich immer noch nicht alle Fragen berücksichtigt, geschweige beantwortet. Grund genug, auf diesen Themenkreis zu einem späteren Zeitpunkt nochmals zurück zu kommen.

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Eine ausführliche Darlegung der Gedanken ist hier zu finden:

- Wieso weiß die Uhr, wie spät es ist?
- Wie zufällig ist der Zufall?

Grenzen überschreiten

12.08.2000

Die Wissenschaftler befassen sich mit mehr oder weniger selbst gewählten Themen. Diese Themen haben sich im Laufe der Jahrhunderte herauskristallisiert. Sind dies aber wirklich die wahrhaft wichtigen Themen?



Einige wackere Zweifler gehen sogar so weit, meine Existenz zu leugnen. Um wenigstens selber zu wissen, dass ich existiere nehme ich Zuflucht zu Descartes Methode: Ich denke also bin ich. So steht denn metaphysisch meine Existenz fest, und ich schiebe den Zweiflern die Mühe zu, meine Nichtexistenz zu beweisen.

Der Text "Meine Welt", dem ich dieses Zitat entnommen habe, wurde erstmals im Jahr 1908 veröffentlicht. Die Verfasserin dieser Sätze, deren Existenz hier anscheinend angezweifelt wurde, hieß Helen Keller und lebte von 1880 bis 1968.

Das Besondere an der Geschichte: Helen Keller verlor im Alter von 19 Monaten Seh- und Hörvermögen - und wurde später zu einer bekannten (und durchaus auch umstrittenen, weil "unmöglichen") Schriftstellerin.

Das Besondere an der Geschichte: Die Autorin war zu intellektuellen Leistungen fähig, zu der sie - im Sinne des damaligen Verständnisses von diesen Dingen - gar nicht hätte fähig sein **können**.

Es ist vielleicht gerade noch nachvollziehbar, dass ein Mensch den Verlust des Hörvermögens **oder** des Sehens noch teilweise kompensieren kann. Aber wenn nur noch Geruchs-, Geschmacks- und Tastsinn übrig bleiben, was dann?

Und wie soll man erklären, dass ein Kind im Alter von eineinhalb Jahren über einen nur bescheidenen Wortschatz verfügend, Jahre später eine Sprache erlernen kann, obwohl der wichtigsten Kommunikationsmöglichkeiten beraubt?
Und der eigentliche Lernprozess begann erst im Alter von sieben Jahren!

Ich möchte noch nicht näher auf die erstaunliche Biographie der Helen Keller eingehen. Worauf es mir momentan ankommt ist, danach zu fragen: Reichen die Kommunikationsmöglichkeiten über die verbliebenen drei Sinne tatsächlich aus, ein vielschichtiges Begriffssystem zu **schaffen**, welches die Beschreibung der "lebensnotwendigen Grundfunktionen" sehr weit überschreitet, ohne dass eine solche begriffliche Basis - zumindest ansatzweise - bereits vorhanden ist. Helen selbst war überzeugt, dass sie mit Geruch, Geschmack und Tastsinn die Umwelt wirklich umfassend - wenngleich mit einigen Einschränkungen - zu erfahren in der Lage war. Liest man den Text "Meine Welt", so kommt man aus dem Staunen nicht heraus - zumindest, wenn man sich der Problematik unbefangen nähert.

Im Klartext: Mir ist, wenn ich es recht bedenke, der Lernprozess der Helen Keller **völlig unbegreiflich!**

Ein - anscheinend - völlig anderes Thema: Der umstrittene englische Biochemiker Rupert Sheldrake (geb. 1942) wartet mit Thesen auf, die vom wissenschaftlichen Establishment nicht gerade freundlich aufgenommen werden. (Die "wackeren Zweifler" nun einmal bilden die Mehrheit.) Jedenfalls steht für Sheldrake außer Zweifel, dass Tiere - und Menschen natürlich auch - über Kommunikationsfähigkeiten verfügen, die den Rahmen der akzeptierten fünf Sinne überschreiten - und den Rahmen der etablierten Wissenschaften außerdem! Wir selbst sind uns dieser Fähigkeiten meist nur nicht bewusst.

Was soll man davon halten?

Zumindest sollte man nachdenklich reagieren!

Physik
WissTheorie
WissKritik
Gesellsch
Technik
Astronomie
Sonstiges

Wissenschaft betreiben, heißt Fragen beantworten. Mein Eindruck: Die Wissenschaftler suchen Antworten auf Fragen, die in Wahrheit (noch) gar nicht die wirklich wichtigen Fragen sind. Es gibt Grenzen, die man gar nicht überschreiten kann - und will!

Und vielleicht ist das auch besser so.



Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Frühjahrstagung 1999 der DPG - Fachverband Didaktik der Physik in Ludwigsburg

Tagung 1998
Tagung 1999
Tagung 2000



Die Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik fand 1999 in der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg statt

Anschaulichkeit - ein Missverständnis in der Physik?

Abstract

Die mathematischen Formalismen bestimmen das Verständnis der physikalischen Zusammenhänge. Alles, was mathematisch erfassbar ist und auf irgendeine Weise zu empirisch überprüfbaren Aussagen führt, gilt als Erkenntnis. Ist jedoch die quantitative Verifikation von (mathematischen) Modellen - bekanntermaßen notwendiges Wahrheitskriterium - bereits als hinreichendes Wahrheitskriterium zu akzeptieren? Müssen qualitative Aussagen anschaulich sein? - Logische Widersprüchlichkeit der zur Anwendung gelangenden Modelle wird gern mit dem Verzicht auf Anschaulichkeit entschuldigt. Besonders in der Quantenphysik scheint man sich mit der Existenz disjunkter Modelle abzufinden. Wie anschaulich ist die klassische Physik?

Beitrag

Folgende Sätze äußerte Karl Popper [1] im Jahr 1987 in einem Interview.

Ich kenne mehrere Lehrer der Quantentheorie, die ihren Schülern sagen: Versucht nicht, diese Theorie zu verstehen. Die Theorie ist unverständlich. Ihr könnt nur lernen, wie man die Theorie anwendet, aber verstehen könnt ihr sie nicht. Das hat meiner Meinung nach einen deprimierenden und antirationalen Einfluss gehabt. Man kann überhaupt nicht mehr rational über diese Dinge diskutieren. Das scheint mir eine ungeheure Gefahr für die Wissenschaft zu sein.

Es geht um die Anschauung und das Verstehen. Zwei Gesichtspunkte dieser Angelegenheit möchte ich hierbei in den Vordergrund stellen. Zum einen ist es der erkenntnistheoretisch-methodologische Aspekt, der genügend Aufmerksamkeit verdient, und zum anderen der didaktische Blickwinkel, denn das Ziel des Lehrens nun einmal ist es, dem Lernenden das Verstehen von Zusammenhängen zu ermöglichen. Hier jedoch taucht das Problem auf, was wir unter "verstehen" denn verstehen wollen.

Was also heißt „verstehen“? Muss man sich unter dem, was man "verstehen" soll, etwas anschaulich vorstellen können? - Irgendwie kommen wir so nicht weiter. Kann man sich unter der Angabe "220 Volt Wechselspannung" etwas - **vorstellen**? Welche Leistungsangabe für einen Pkw ist aussagekräftiger: "100 PS" oder (etwa) "74 kW"? Sind solche Angaben - **anschaulich**?

Zunächst scheint “anschaulich” all das zu sein, was “der Anschauung” unmittelbar zugänglich ist. Dabei dürfen wir “Anschauen” erst einmal wörtlich nehmen, wobei uns anschließend kein Mensch daran hindert, dieses “Anschauen” verallgemeinernd auf **alle** Sinneseindrücke auszudehnen. Doch auch hier bleiben wir nicht stehen: Aus dem passiven “Anschauen” wird das aktive Handeln oder es werden Anweisungen bzw. Verhaltensregeln für das Handeln. So ist es sicherlich angebracht, den unmittelbaren körperlichen Kontakt mit dem “Strom aus der Steckdose” zu vermeiden. Wer diese Erfahrung dennoch machte, weiß wovon die Rede ist. Auch den “feinen Unterschied” zwischen 220 V Wechselspannung und 220 V Gleichspannung weiß man zu würdigen, hat man ihn irgendwann einmal kennen gelernt. Niederfrequente Wechselspannungen werden durchaus als unangenehm empfunden.

Anschaulich in **diesem** Sinne auch sind die mittelbaren Erfahrungen der Wirkungen des elektrischen Stromes: sei es das Licht einer Glühlampe, die Hitze einer Kochplatte oder auch der Zeiger-Ausschlag eines (analogen) Messinstrumentes. Fasst man alle Erfahrungen zusammen, die sich mit der Elektrizität beispielsweise gewinnen lassen, so festigt sich damit - individuell sicherlich differenziert - ein intuitives Verständnis für mögliche Qualitäten aber auch für quantitative Relationen. Wichtig für dieses intuitive Erfassen sind möglichst umfangreiche Erfahrungen in den verschiedensten Zusammenhängen. (Experimente in der Ausbildung gehören dazu.)

Der nächste Schritt zur abstrakteren Erkenntnis fällt noch relativ leicht. Doch die elementaren Beziehungen des Gleichstromkreises und die weitaus abstrakteren **Maxwell** schen Gleichungen sind sehr viel weiter voneinander entfernt. Ist man den - zugegeben **sehr** beschwerlichen - Weg von der unmittelbaren Erfahrung zur abstrakten Theorie (mit dem routinemäßigen Beherrschen der mathematischen Werkzeuge) erst einmal gegangen, so stellt sich die Frage nach der “Anschaulichkeit” der Theorie mit Sicherheit nicht mehr.

Und die “elektromagnetischen Wellen” werden seit 1888 nicht mehr in Frage gestellt. Spätestens also mit deren Nachweis durch Heinrich **Hertz** konnte sich die klassische Elektrodynamik **unwiderruflich(!)** etablieren, zumal die Verschmelzung von Optik und Elektrodynamik - zunächst unabhängige Entwicklungswege in der Physik beschreitend - weitere Argumente lieferte für die uneingeschränkte Anerkennung dieser Theorie.

Hier beispielsweise setzt auch die Quantenphysik auf. Der Ausgangspunkt dieser physikalischen Disziplin war zunächst die Elektrodynamik. Dies führte zu der “völlig unverständlichen” Annahme, dass der Energieaustausch zwischen dem elektromagnetischen Wellenfeld und irgendwelchen - nicht näher spezifizierten - “Resonatoren” nicht stetig, sondern “portionsweise” erfolgen musste. Max **Planck** stellte im Oktober 1900 einige seiner Gedanken im Vortrag [2]

Über eine Verbesserung der Wienschen Spektralgleichung

vor. Wenige Wochen später - im Dezember 1900 - ging er in seinem Vortrag [3]

Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspektrum

vertiefend auf die genannte Problematik ein.

Einstein veröffentlichte fünf Jahre darauf in den Annalen der Physik im Beitrag [4]

Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt .

Hier begannen die Quanten ihr recht seltsames Eigenleben. Zunächst als diskrete Energie-Niveaus elektromagnetischer Resonatoren eingeführt, um die spektrale Verteilung der Schwarzkörper-Strahlung zu verstehen, wandelten sie sich anschließend zu physikalischen Objekten, die auf ganz bestimmte Weise mit Materie in Wechselwirkung treten konnten. - Einerseits das sich im Raum als Kontinuum sich ausbreitende elektromagnetische Feld und andererseits die lokalisierbare “punktförmige” Wirkung der Photonen.

Die empirischen Befunde waren nicht zu ignorieren. Deren theoretische Erfassung jedoch brachte die Physiker in arge Bedrängnis. Anschaulich waren diese Dinge mit Sicherheit nicht mehr. Man hatte keine Möglichkeit, für alle Fakten ein einheitliches Modell zu finden.

War bei **Planck** nur ganz allgemein und abstrakt von “Resonatoren” die Rede, ohne Hinweise auf konkrete, diese Resonatoren konstituierende, materielle Strukturen, so finden wir bei **Einstein** schon den ersten Schritt in Richtung Konkretisierung: die Elektronen tauchen auf. Doch weitere, tiefgreifendere, Hinweise auf atomare Entitäten fehlen immer noch.

1911 veröffentlichte Ernest **Rutherford** die Ergebnisse seiner Experimente zur [5] “Streuung von alpha- und beta-Teilchen an Materie und Atombau”. Dies war ein Versuch, die Struktur der Atome zu verstehen. Und auf diesen Versuch nahm Niels **Bohr** Bezug, als er - zwei Jahre später - die Arbeit [6] “Über den Aufbau der Atome und Moleküle” publizierte. Ihm gelang die Fusion von Quantenhypothese und dem - noch unvollkommenen **Rutherfordschen** - Atommodell.

Die Wellenmechanik schließlich bildete den vorläufigen Abschluss einer Entwicklung, die sich mit Problemen im Bereich der Atome und subatomaren Strukturen beschäftigt. Fast schließt sich der Kreis: Der Ausgangspunkt war die “Wellenmechanik” der Elektrodynamik - und angekommen sind wir bei einer weitaus abstrakteren Form der “Wellen”. Viele Fragen des Atombaus konnten - so sieht man dies - beantwortet werden. Doch erhitzte die Interpretation der nunmehr bekannten Theorien seinerzeit - wie wir wissen - die Gemüter ganz erheblich.

Anschaulich also - im engeren Sinne - zunächst ist das, was man “mit einem Blick überschauen” kann. Darum auch besitzen gut aufbereitete Grafiken auf Anhieb mehr Aussagekraft, als trockene Zahlenkolonnen. Bei irgendwelchen Wahlen in der Politik-Szene kann man dies sehr gut beobachten: Einerseits die exakten Zahlen, die letztendlich allein ausschlaggebend sind; und andererseits die publikumswirksame grafische Aufbereitung dieser Daten in schönen Bildern mit symbolträchtigen Farben.

Mit der Physik hat das - so scheint es - unmittelbar recht wenig zu tun, sehen wir hier von der grafischen Aufbereitung von Daten in Diagrammen der unterschiedlichsten Art ab. Die visuelle Aufbereitung irgendwelchen Datenmaterials oder funktionaler Abhängigkeiten dient immer „nur“ dem Zweck der Veranschaulichung des abstrakten Zahlenmaterials und sind für das Verständnis der Zusammenhänge nicht von **primärer** Bedeutung, sie erleichtern aber den Zugang zu diesen Zusammenhängen. Die didaktische Relevanz bleibt unbestritten.

Ein weiterer Aspekt des “Anschauens” beinhaltet die unmittelbare “körperliche Abbildung” physikalischer Systeme und Prozesse. Hier haben wir es damit zu tun, dass unser “Alltagsverstand” nur sehr wenig Spielraum zulässt für das, was man sich noch vorstellen kann.

Hat sich auch unser Horizont - geografisch, zeitlich und kulturell - in den letzten hundert oder zweihundert Jahren - auch im Zuge der Technisierung des gesellschaftlichen Umfeldes - erweitert, so stoßen wir dennoch schnell an die Grenze des noch unmittelbar “anschaulich erfassbaren”. Viele Grenzen - auch politische - sind gefallen; die Grenzen unseres Vorstellungsvermögens hingegen nicht. Das macht aber nichts. Denn wir haben die Möglichkeit, die geografischen Distanzen (z.B.) “maßstabsgetreu” auf Papier abzubilden. Die absoluten Werte verkleinern sich - die Relationen bleiben. “Die Welt” ist wieder überschaubar geworden. Details gehen verloren, jedoch der Gesamtüberblick bleibt erhalten.

Wir **wissen**, dass der Erdumfang am Äquator etwa 40.000 Kilometer beträgt. Wer aber kann sich das - **vorstellen**? - Man weiß um den Zahlenwert der Entfernung Erde —> Mond. Dies sind etwa 384.000 Kilometer. Doch welche **Bedeutung** können wir dieser Zahlenangabe wirklich beimessen? Dass das Licht ungefähr 1,3 Sekunden benötigt, um diese Entfernung zu überbrücken, bringt uns auch nicht weiter. Die Astronauten seinerzeit benötigten etwas länger.

Die Dimensionen unseres Sonnensystems sind, an unserer unmittelbaren Erfahrung gemessen, so gewaltig, dass es sogar schwer fällt, ein einigermaßen maßstabsgerechtes Abbild zu Papier zu bringen, dabei **alle Objekte** berücksichtigend.

Wie dem auch sei: Solange wir überhaupt die Möglichkeit haben, Größenverhältnisse maßstabsgerecht wiederzugeben, haben wir keine Probleme. Doch lässt sich dieses Verfahren nicht uneingeschränkt auf **alle** materiellen Strukturen ausdehnen. Die Atome sind nicht mehr - durch Anwendung eines Maßstabes - auf ein der Anschauung zugängliches Format skalierbar, ohne dass wesentliche Informationen über diese Gebilde verloren gehen. Das alte **Rutherfordsche** “Planetenmodell” war zwar noch anschaulich, aber nicht in der Lage, die wirklichen Zusammenhänge abzubilden. Die tatsächlich zu Anwendung zu bringenden Quantengesetze entziehen sich hartnäckig der Anschauung, sehen wir von - recht vereinfachenden - Analogie-Modellen ab, die aber nicht als wirkliche Abbilder der tatsächlichen Verhältnisse angesehen werden können. (Über den Wert solcher Analogien ließe sich ohnehin streiten.)

Nun ist die “Unanschaulichkeit” aber kein Privileg der Quantenphysik. Schon die “konkreteren” elektromagnetischen Wellen entziehen sich der direkten

Anschauung. Dass sich alle Wellen mit Hilfe gleicher mathematischer Formalismen beschreiben lassen, verführt dazu, den Wellenbegriff von der “anschaulichen Ebene” (Wasserwellen, Seilwellen) auch auf andere physikalische Prozesse mit Wellencharakter (z.B. Schall, Licht) zu übertragen, wenngleich die relevanten physikalischen Größen von sehr unterschiedlicher Natur sind. (Diese **direkte** Übernahme des ursprünglichen Wellenbegriffes auf das Licht z.B. führte ja einst zur Annahme eines die Lichtwellen transportierenden - mechanischen - Mediums: dem Äther.)

Und Wellen sind bekanntermaßen charakterisiert durch folgende wichtige Eigenschaften:

- Interferenz
- Reflexion
- Beugung
- Refraktion

Der Nachweis dieser Eigenschaften, beim Licht beispielsweise, ist durchaus anschaulich - im unmittelbaren Sinne des Wortes. Damit fiel es auch nicht gar zu schwer, sich damit abzufinden, dass die zur Deutung dieser Phänomene erforderlichen elektromagnetischen Wellen, sich der unmittelbaren Anschauung entziehen. Die elektromagnetischen Feldgrößen sind uns **direkt** unzugänglich. Da wir aber - und hier gelangen wir zum Ausgangspunkt der bisherigen Überlegungen - auch mit elektrischen (und magnetischen) Erscheinungen unsere Erfahrungen zu machen in der Lage sind, scheint dies kein Grund zu sein, an den elektromagnetischen Feldern - respektive Wellen - als eigenständige Entitäten zu zweifeln. Erst die Quantenphänomene führten zu logischen Ungereimtheiten. Und diese Denkschwierigkeiten werden allzu schnell mit dem Hinweis auf die “prinzipielle Unanschaulichkeit der Quantenphysik” abgetan. Das Fazit:

1. Der Gegenstandsbereich der Physik entzieht sich im allgemeinen der (unmittelbaren) Anschauung. Da aber stets eine Verbindung zu alltäglichen Erscheinungen (Schall, Licht, Elektrizität, Rundfunk, Fernsehen usw.) hergestellt werden kann, und die technische Beherrschung dieser Dinge auch als Verdienst der naturwissenschaftlichen Betrachtungsweise angesehen wird, spielt dieses Problem keine überragende Rolle.
2. Die mathematische Erfassung des physikalischen Geschehens ersetzt oft das Nachdenken über den eigentlichen physikalischen Gegenstand. Herausragendes Beispiel: Die Interpretation der Formalismen der Quantenmechanik erfolgte **nach** deren Erarbeitung.
3. Die unbestrittene heuristische und didaktische Bedeutung von Analogien wird leicht mit ontologischer Adäquatheit jener Modelle in Verbindung gebracht oder mit ihr verwechselt.
4. Widersprüche in den Modellen der Quantenphysik werden als ein Problem der Anschaulichkeit, nicht als Problem der Logik, angesehen. (In diesem Kontext möchte ich persönlich das obige Zitat Karl **Poppers** betrachtet wissen.)

Meiner Überzeugung nach sollte das Problem der theoretischen - und widerspruchsfreien - Durchdringung der quantenphysikalischen Verhältnisse nicht als abgeschlossen angesehen werden. Der “antirationale Einfluss” des sich Abfindens mit einigen Denkschwierigkeiten darf nicht unterschätzt werden. Dies führt - konsequent zu Ende gedacht - zu durchaus relevanten erkenntnistheoretischen und methodologischen - sowie in der Konsequenz auch didaktischen - Fragen, auf die ich hier aus Zeitgründen nicht eingehen kann. Eine dieser Fragen (in der Kurzfassung bereits formuliert) wäre: **Ist die quantitative Verifikation von (mathematischen) Modellen - bekanntermaßen notwendiges Wahrheitskriterium - bereits als hinreichendes Wahrheitskriterium zu akzeptieren?**

Literatur und Quellen

- [1] K. Popper, aus einem Interview mit der Zeitung “DIE WELT” 25.06.1987
- [2] M. Planck, Verh. Deutsche physikalische Gesellschaft, Berlin 2 (1900) 202
- [3] M. Planck, Verh. Deutsche physikalische Gesellschaft, Berlin 2 (1900) 237
- [4] A. Einstein, Annalen der Physik 17 (1905) 132
- [5] E. Rutherford, Übersetzung nach Philos. Mag. 21 (1911) 669
- [6] N. Bohr, Übersetzung nach Philos. Mag. 21 (1913) 1

[1] Zitiert aus: Ich weiß, dass ich nichts weiß - und kaum das, Frankfurt/M - Berlin, 1991

[2] bis [6] zitiert aus: D. ter **Haar** , Quantentheorie - Einführung und Originaltexte, Braunschweig 1969

DPG-Beiträge	Tagung 1998	Tagung 1999	Tagung 2000
--------------	-------------	-------------	-------------

[\[Home\]](#) **[\[Seitenanfang\]](#)**

Homepage

Einleitung

Physik

DPG-Beiträge

Kritik

Masse

Wellen

Pygmalion-Effekt

Erkenntnis

Ernst Mach

Die Zeit

Zufall+Notwend.

Gottes Urknall

Zwischenbilanz

Geschichten

Links

Der Autor

Frühjahrstagung 1998 der DPG - Fachverband Didaktik der Physik in Regensburg

Tagung 1998

Tagung 1999

Tagung 2000

Siegel der Uni
Regensburg



Universität
Regensburg

Der Massenbegriff - Beispiel eines der undefiniert verwendeten Begriffe in der Physik

Abstract

Der Massenbegriff bildet einen der fundamentalen Begriffe der klassischen Mechanik und damit der Physik überhaupt. Zudem ist das Kilogramm die SI-Basiseinheit für die Masse. Bei allen Problemen mit der Vereinheitlichung des physikalischen Theoriengebäudes finden wir im Massenbegriff einen sämtliche physikalischen Disziplinen betreffenden Begriff. Es gibt kein physikalisches Gebiet, in welchem die Masse keine Rolle spielt. Ob beispielsweise in der Newtonschen Mechanik, der Speziellen und der Allgemeinen Relativitätstheorie oder der Quantenmechanik, überall taucht die wichtige Größe Masse auf. Und dennoch sucht man nach einer sinnvollen Definition der Masse vergebens. Die Handhabung dieser fundamentalen Größe weist auf eine Reihe historisch bedingter Vorurteile hin, welche ihren Ursprung finden in den Vorstellungen, die man gemeinhin mit der mechanischen Bewegung in Verbindung bringt. Erst bei Newton nahm der Massenbegriff einigermaßen Gestalt an. Doch führte die Entwicklung der Physik bis heute nicht zu einer Klärung der Frage was Masse denn eigentlich sei. Die Anwendung des Massenbegriffes beruht bislang auf reiner Gewohnheit.

Beitrag

Aufgabe der Didaktik naturgemäß ist es nicht, sich vordergründig um die Lehr-**Inhalte** zu kümmern, sondern darum sich zu bemühen, diese möglichst effizient - und das auf allen Stufen der Kenntnisvermittlung - **weiterzugeben**, dabei die **Inhalte voraussetzend**. Zu diesen Inhalten gehören alle Begriffe der Physik, wobei zu den Grundbegriffen der klassischen Mechanik - ungeachtet der tatsächlichen Diskrepanzen zwischen alltäglichem Sprachgebrauch und physikalischer Sicht - anscheinend ein noch nachvollziehbarer Weg zur Alltagserfahrung zu erkennen ist. Dies auch dürfte der Anknüpfungspunkt sein, von dem aus - immer weiter sich von der unmittelbaren Erfahrung entfernend - nach und nach eine Wissensbasis errichtet wird, die kaum noch Fragen offen lässt, da alles einigermaßen einsichtig erscheint. Zu den - zunächst keiner weiteren Erklärung bedürftigen - Begriffen gehört beispielsweise die kinematische Bestimmung Geschwindigkeit (auf jedem Auto-Tacho abzulesen), sowie als weitere Grundbegriffe den der Kraft (leicht nachvollziehbar) und den der Masse

(schon etwas schwieriger, weil vielschichtiger). Mit letzterem möchte ich mich im folgenden ansatzweise befassen.

Bei der Wissensvermittlung - gerade auch auf elementarer Stufe - wird **vorausgesetzt**, dass intuitiv beherrschte Alltagserfahrung durchaus die Basis einer quantitativ präzisierten wissenschaftlichen Denkweise bilden kann, dass also schwerwiegende inhaltliche Fehler a priori ausgeschlossen sind. Dies zumindest gilt - so die wohl übliche Überzeugung - für die klassische Mechanik, die sich mit den der Anschauung noch halbwegs zugänglichen Dingen befasst. Doch bereits die Elektrizitätslehre wartet mit einigen Hürden auf, die nicht so leicht zu überspringen sind. Dies allerdings ist nicht mein Thema. Um - scheinbar - elementarere Dinge geht es.

Der Massenbegriff also gehört zu den fundamentalen physikalischen Begriffen der Mechanik und damit der Physik schlechthin. Die Bedeutung dieses Begriffes scheint evident. Dennoch sind Schwierigkeiten erkennbar, denkt man über diesen Begriff etwas tiefgründiger nach. Ungeachtet der **grundsätzlichen** Schwierigkeiten, die mit dem Massenbegriff verbunden sind, scheint man mit der **Handhabung** dieses Begriffes keinerlei Probleme zu haben. Da wurde - spätestens mit dem Siegeszug der Speziellen Relativitätstheorie - ein Zusammenhang hergestellt zwischen Masse und Energie. Die Masse außerdem spielt in kosmischen Dimensionen eine nicht zu unterschätzende Rolle, zumal die Gravitation es ist, die wesentlich das astronomische Geschehen determiniert. Und was die Massendichte während aller Phasen der kosmischen Genese angeht, so kann man dort mit sehr präzisen Angaben aufwarten. Auch über irgendwelche „dunkle Materie“ denkt man seit geraumer Zeit sehr lautstark nach, denn die Kinematik der beobachteten galaktischen Strukturen scheint mit deren Dynamik nur unter Zuhilfenahme vielleicht noch unbekannter - auf alle Fälle aber unsichtbarer - Materie in Einklang zu bringen zu sein.

Die an den Massenbegriff geknüpften Folgerungen sind kaum noch zu überschauen. Alle Argumentationsketten sind, so dürfte der naive Beobachter folgern, dann - und nur dann - sinnvoll oder wahr, wenn die diesen Schlüssen zugrundeliegenden Prämissen keine Fragen offen ließen. Das jedoch scheint nicht so zu sein. So findet man u.a. unter **“Forschungsüberblick”** bei **DESY** in Hamburg [1]:

Obwohl mit den Quarks und den Leptonen die vermutlich kleinsten Bausteine der Materie gefunden wurden, bleiben in der Teilchenphysik noch grundlegende Fragen offen, nach deren Antwort auch bei DESY gesucht wird:

- **Wie entsteht die Eigenschaft Masse?**
- **Welches System verbirgt sich hinter den extrem unterschiedlichen Massen der Teilchen?** [Hervorhebung W.N.]
- *Warum existieren gerade jeweils drei verschiedene Familien von Quarks und Leptonen?*
- *Warum ist die elektrische Ladung des elementaren Elektrons exakt identisch mit der des Protons, das aus Quarks zusammengesetzt ist?*

Die Masse gehört zu den SI-Basiseinheiten. Und als Grundlage dazu bekanntlich dient das Kilogramm-Prototyp. Letztlich bedarf es einer Vorschrift, die einen Massenvergleich ermöglicht. Alles ganz triviale Dinge und damit allgemein bekannt. Doch kommt man nicht umhin, darüber nachzudenken, was es mit dieser Masse tatsächlich auf sich hat. Für drei, zunächst einmal völlig unabhängige, Bestimmungen musste - und muss - der Massenbegriff erhalten:

1. „Masse“ dient, so der Alltagsgebrauch, u.a. als Synonym für „Materiemenge“.
2. Die Masse besitzt die Eigenschaft der Trägheit.
3. Die Masse wird in Verbindung gebracht mit Gewicht und Schwere bzw. Gravitation.

Zu 1. (Materiemenge) Die Masse als Quantität der Materie konstatiert eine Proportionalität der Masse mit dem Volumen. Als Proportionalitätsfaktor dient die „Dichte“. Dies bringt uns nicht weiter, da eine unabhängige Definition der Massendichte nicht gegeben ist. Diese (auch von **Newton** benutzte) Zirkeldefinition ist somit völlig wertlos, gehen wir genannte Problematik **grundsätzlich** an. Für **praktische** Belange scheinen solche Einwände gegenstandslos zu sein. Folgende Überlegung soll dies veranschaulichen: Gegeben sei eine (homogene) Referenzmasse mit bekanntem Volumen. Mit Hilfe einer Balkenwaage soll ein Massenvergleich mit einer unbekannten Probemasse durchgeführt werden. Im Gleichgewichtszustand der Waage bildet das Verhältnis der Volumina das reziproke Verhältnis der Massendichten ab, wenn wir **voraussetzen**, dass diese **Gewichts**-Gleichheit eine **Massen**-Gleichheit signalisiert. Nach einer solchen Messvorschrift lassen sich prinzipiell die relativen Dichten der verschiedensten Materialien ermitteln. Im Rahmen eines gewählten Einheiten-Systems sind diesen relativen Bestimmungen absolute Werte zuordenbar. Ist nun die Dichte eines Stoffes bekannt, so lässt sich, bei ermittelbarem Volumen, daraus die Masse errechnen. Damit gelangen wir zu einer möglichen Massendefinition, die somit an die Materiemenge („dem Volumen proportional“) geknüpft ist, aber unverständlicherweise eine Verbindung zur Gravitation (Waage, Gewichtsvergleich) aufzeigt. **Die Masse in diesem Sinne wäre eine additive Größe.**

Zu 2. (Trägheit) Zwischen der kinematischen Größe Beschleunigung und den Größen Kraft und Masse besteht ein seit **Newton** bekannter Zusammenhang, der als Definition der trägen Masse, dienen könnte. Dann allerdings wäre es kein objektives und empirisch kritisierbares Gesetz mehr, sondern eine mehr oder weniger willkürliche Festlegung. Andernfalls müssten wir - unabhängig voneinander und unabhängig von eben dieser Beziehung - die beiden anderen Größen (Kraft und Beschleunigung) definieren. Doch wäre dann immer noch nicht klar, ob und welcher Zusammenhang objektiv zwischen Masse (als Materiemenge verstanden) und Trägheit (als eine Eigenschaft der Masse begriffen) besteht. Analog zu 1. lässt sich grundsätzlich ein Massendichte-Vergleich durchführen, der eigentümlicherweise zu den gleichen Ergebnissen führen würde wie der Gewichts-Vergleich.

Zu 3. (Schwere) dass sich Massen gegenseitig „anziehen“ ist spätestens in der verallgemeinerten und mathematisch erfassten Form ebenfalls seit **Newton** bekannt. Diese Gravitations-Wechselwirkung funktioniert nach bekannten quantitativen Gesetzen und äußert sich unter den uns geläufigen Bedingungen als Gewicht oder Schwere. Bemerkenswert hierbei ist, dass zwischen Trägheit („träge Masse“) und Gravitation („schwere Masse“) eine strenge Proportionalität besteht, die für **Einstein** u.a. einen Ausgangspunkt bildete für die Allgemeine Relativitätstheorie. - Im Alltagsverständnis: Je „mehr Masse“, desto schwerer ist diese auch. Masse und Gewicht werden leicht identifiziert.

Überall dort, wo der Massenbegriff auftaucht, und sei es in den entsprechenden Gleichungen, verbirgt sich hinter dieser physikalischen Größe eine der drei genannten Faktoren, wobei die Masse als Quantität der Materie, irgendwie historisch und gewohnheitsmäßig an vorderster Stelle stehend, durch die Alltagserfahrung geprägt ist. Letztere auch bildet den Anknüpfungspunkt für die Vermittlung physikalischen Wissens. Die Erfahrung lehrt uns auch, dass wir - zunächst gedanken- und problemlos - alle drei Bestimmungen vermischen dürfen. Dies auch gilt für die Handhabung des Massenbegriffes in der Physik, welche ihre konkrete (m.E. keineswegs nebensächliche) Erscheinungsform findet in der Anwendung eines einheitlichen Symbols in den Gleichungen, in denen die Masse vorkommt. Das Formelzeichen „**m**“ steht stellvertretend für alle drei Bestimmungen. Zunächst könnte man die Frage stellen, ob die Trägheit als eine Eigenschaft der Materie gesehen - der Masse **proportional** ist oder mit ihr **identisch**. Folgende Interpretationen von $\mathbf{F} = \mathbf{m} \times \mathbf{a}$ sind denkbar:

1. Diese Gleichung beschreibt einen empirisch kritisierbaren Zusammenhang dreier unabhängiger Größen.
Dazu müssten, wie bemerkt, diese drei Größen jedoch unabhängig voneinander und unabhängig von dieser Beziehung definiert sein.
2. Die Gleichung $\mathbf{F} = \mathbf{m} \times \mathbf{a}$ dient zur Definition einer der drei darin vorkommenden Größen. (Die SI-Einheit Kraft bezieht sich auf diesen Zusammenhang.) Doch könnten wir diese Relation ebenso zur Definition der Trägheit nutzen ($m = F/a$).
Dann allerdings wäre zu fordern, dass die Größen Kraft und Beschleunigung unabhängig von dieser Beziehung erklärt sind. Jetzt jedoch wäre zu klären, in welcher Beziehung die Masse zu deren Trägheit steht. Erst wenn wir festlegen, dass wir Masse und Trägheit gleichsetzen, hätten wir die Masse definiert; oder wir geben den Massenbegriff im Sinne von „Quantität der Materie“ generell auf, weil physikalisch irrelevant oder zumindest auf Grundlage unseres augenblicklichen Wissensstandes nicht erklärbar. Unter Vorbehalt könnten wir immer noch, empirisch legitimiert, formulieren: Die Trägheit ist u.a. **auch** der Masse proportional.

Die erste Variante scheint nicht erfolversprechend zu sein, da hier die Masse eben **nicht** unabhängig von der Beziehung definiert ist, in der sie vorkommt. Auch wäre dann zu fordern, dass ein Massen-Vergleich nicht durch einen Gewichts-Vergleich vollzogen werden dürfte, weil wir zunächst nicht wissen können, welche Zusammenhänge zwischen Masse, Trägheit und Gravitation objektiv bestehen.

Die zweite Möglichkeit scheint schon besser zu sein. Die Kraft lässt sich durchaus unabhängig von der **Newtonschen** Relation einführen. Darüber darf nicht hinwegtäuschen, dass innerhalb der SI-Einheiten die Kraft nicht durch eine Basiseinheit festgelegt wird, sondern als abgeleitete Größe gilt. Im Rahmen dieses Maßsystems erscheint das Newton als die Kraft, die einer Masse von einem Kilogramm eine Beschleunigung von einem Meter pro Sekunde pro Sekunde erteilt. Diese Festlegung jedoch setzt die Massen-Einheit als gegeben voraus; die Masse ist eben „praktisch definiert“ durch das Kilogramm-Prototyp. Jedoch sind Konventionen im Rahmen eines Einheitensystem das eine und die Klärung objektiver Relationen das andere. Objektiv kann die Masse (sprich: Trägheit) überhaupt nicht anders definiert werden, als über das ominöse $\mathbf{m} = \mathbf{F}/\mathbf{a}$.

Die Kraft ihrerseits wird erklärt als das Maß der elastischen Verformung an definierten Festkörpern. Und die **praktische Kraft-Messung** - wie auch immer sie technisch konkret realisiert wird - bedient sich solcher Methoden.

Jetzt bliebe noch die **kinematische Größe Beschleunigung** als erklärungsbedürftiges Phänomen offen. Damit allerdings gelangen wir zur Thematik der **Bezugskörper** bzw. **Bezugssysteme** (und der **Zeit**). Und eine besondere Rolle hierbei spielen die sog. **Inertialsysteme**:

Ein Inertialsystem ist ein Bezugssystem (Koordinatensystem), in welchem der Trägheitssatz gilt; und der Trägheitssatz besagt, dass in einem Inertialsystem ein kräftefreier Körper sich in Ruhe befindet oder sich geradlinig (und gleichförmig) bewegt.

Hier sind wir abermals in einem logischen und semantischen Zirkel angekommen. Die Konsequenz: **Wenn** wir die Masse dynamisch über die Trägheit definieren **wollen** (weil wir es wohl **müssen**), so bedarf es zunächst der Festlegung eines relevanten Bezugssystems. Und dieses Bezugssystem müsste unabhängig erklärt sein von allen dynamischen Erwägungen, die sich erst in logischer Folge ergeben. (Auch in neueren Lehrbüchern der Physik wird das Inertialsystem über den Trägheitssatz eingeführt.)

Ich möchte dieses Thema nicht weiter ausdehnen als es im Rahmen dieses Kurzvortrages überhaupt möglich ist. Doch kommt man nicht umhin, vielleicht eingestehen zu müssen, dass die elementaren und anschaulichen Beziehungen der klassischen Mechanik mehr Stolpersteine verbergen als gemeinhin angenommen wird, was die Vermittlung des Wissens auf elementarem Niveau nicht gerade vereinfacht. Da es aber möglich scheint, die Probleme sukzessive abarbeiten zu können, ist es kein Fehler, diese Schwierigkeiten - im Schulunterricht beispielsweise - zu ignorieren, weil man sie zunächst einfach ignorieren muss. Das Eingehen auf die hier oberflächlich skizzierten Schwierigkeiten setzt das Verständnis der Zusammenhänge voraus, zu dem man ja erst gelangen will.

Die unkritisch zur Anwendung gebrachte Alltagserfahrung als Ausgangsbasis für die Vermittlung physikalischer Lehrinhalte kann somit leicht zu Verständnisproblemen und Fehlinterpretationen führen, ohne dass man sich dessen bewusst ist. **Da man aber letztlich auch dann bestimmtes Wissen erfolgreich anwenden kann, wenn das Verständnis der Zusammenhänge und logischen Abhängigkeiten fehlt, besteht meiner Überzeugung nach die Gefahr, dass man mit dem Nichtverstehen sich grundsätzlich abfindet und einen mehr oder minder dominanten pragmatischen Standpunkt einnimmt.** Man gewöhnt sich an vieles - auch an das, was man im Grunde nicht wirklich begriffen hat. (Dies gilt in verstärktem Maße für die Quantenphysik.)

Für den elementaren Unterricht sind die hier angedeuteten Schwierigkeiten sicherlich irrelevant - jedenfalls für den Schüler. (Der Lehrer hingegen sollte schon wissen, dass das gegebene Wissen noch einige Unwägbarkeiten enthält.) Doch die Grenze zur Bedeutsamkeit wird schnell erreicht, geschieht die Wissensvermittlung auf Hochschulniveau und sei es bei der Physik als Nebenfach. Betrachten wir die Physik vorwiegend als eine „pragmatisch-technische Disziplin“, so scheinen Überlegungen der genannten Art recht nebensächlich oder gar überflüssig zu sein.

Schließlich möchte ich noch zwei Autoren zitieren. Zunächst einige Aussagen Ernst **Machs** [2, S. 215] :

Sobald wir also, durch die Erfahrung aufmerksam gemacht, die Existenz eines besonders beschleunigungsbestimmenden Merkmals der Körper erschaut haben, ist unsere Aufgabe mit der Anerkennung und unzweideutigen Bezeichnung dieser Tatsache erledigt. Über die Anerkennung dieser Tatsache kommen wir nicht hinaus, und jedes Hinausgehen über dieselbe führt nur Unklarheiten herbei. Jede Unbehaglichkeit verschwindet, sobald wir uns klar gemacht haben, dass in dem Massenbegriff keinerlei Theorie, sondern eine Erfahrung liegt. Der Begriff hat sich bisher bewährt. Es ist sehr unwahrscheinlich, aber nicht unmöglich, dass er in der Zukunft erschüttert wird, ...

Es fällt schwer, dem **nicht** zu widersprechen. Auf alle Fälle bezweifle ich, dass „jede Unbehaglichkeit verschwindet“ angesichts der Theorien der modernen Astronomie und Kosmologie (die **Mach** ja nicht voraussehen konnte). Hier nämlich spielt die Masse die entscheidende Rolle. An die Rechtfertigung der bisherigen Anwendung des Massenbegriffs, weil er sich ja „bewährt“ hat, mag ich nicht so recht glauben, jedenfalls dann nicht, wenn man den Erfahrungsbereich, der diesem zugrundeliegt, **sehr weit** überschreitet. Konkretes Beispiel: Der Schwierigkeit, die Dynamik der galaktischen Strukturen zu verstehen, kann man auf zweierlei Weise begegnen. Entweder man nimmt den „bewährten“ Massenbegriff als gegeben hin und sucht konsequenterweise nach der „unsichtbaren Materie“ und/oder nach sonstigen kosmischen Exoten, was ja auch praktiziert wird; oder man nimmt diese Schwierigkeiten als Hinweis dafür, dass der Massenbegriff nicht kritiklos auf Strukturen angewandt werden darf, die (im historischen Kontext gesehen) nicht zu seiner Begründung beitragen **konnten**.

Und bei Max **Jammer** finden wir folgende bemerkenswerte Sätze [3, S. 129]:

Obwohl die Newtonsche Mechanik die einfachste Theorie ist, die die Physik je aufgestellt hat, und obwohl für gewöhnliche physikalische Objekte mittlerer

Größe die Mechanik den höchsten Grad von Verifizierbarkeit besitzt, scheint ihre logische Struktur allen Versuchen einer vollständigen Analyse zu trotzen, wenn man annimmt, dass eine solche Analyse explizite Definitionen der zu Grunde liegenden Begriffe in sich bergen muss. Angesichts dieser Situation lässt es sich wohl rechtfertigen, wenn wir nicht auf genauen Definitionen der fundamentalen Begriffe bestehen, die der Theorie vorausgehen, sondern eher den Bedeutungsinhalt dieser Begriffe durch den Aufbau der Theorie gewinnen. Im Unterschied zu einer rein hypothetisch-deduktiven Theorie (...) müssen in der Mechanik semantische Regeln oder Korrelationen mit der Erfahrung erwogen werden, und ein zu Definierendes - selbst wenn es durch eine implizite Definition definiert wird - muss letzten Endes in seinen quantitativen Aspekten durch Rückgriff auf experimentelle Messungen determinierbar werden.

(Meiner Meinung nach ist diese „implizite Definition“ nichts anderes als die vornehme Umschreibung für „Zirkeldefinition“.) Zwischen beiden Texten liegen etwa 80 Jahre. Mittlerweile sind mehr als weitere drei Jahrzehnte vergangen. Was auch immer in diesem recht beachtlichen Zeitraum in die Physik als neue Erkenntnisse in deren gesicherten Wissensbestand eingeflossen ist, das Fundament der Physik - die **Newtonsche** Mechanik eben - steht heute nicht besser da als Ende vergangenen Jahrhunderts. Ohne auf Details näher eingehen zu können, zeichnen sich meiner Auffassung nach zusammenfassend folgende Schwierigkeiten bzw. Fehleinschätzungen ab:

1. Die elementaren Grundbegriffe der Mechanik (hier den der Masse) sind nur auf den ersten Blick elementar und einfach. Die Zusammenhänge auch der klassischen Mechanik sind mit Sicherheit komplexer, als man dies immer noch annimmt. Komplexität existiert m. E. bereits dort, wo man sie (noch) nicht vermutet.
2. Das Wort „Masse“ ist irreführend, weil es eine Beziehung zur „Quantität der Materie“ suggeriert, die aber nur bei oberflächlicher Betrachtungsweise eine bestimmende Rolle spielt. Im Rahmen der Alltagserfahrung werden Gewicht und Masse als ein und dasselbe angesehen. Da aber bei einem gegebenen Material durchaus eine Proportionalität zwischen beiden besteht und der Massenvergleich auf einen Gewichtsvergleich zurückgeführt werden kann, führt diese Vorgehensweise **praktisch** zu keinen Fehlern ist aber theoretisch nicht allgemein begründbar, weil „Menge der Materie“ nicht definiert ist. Ersetzen wir „Masse“ durch „Trägheit“ (als eine Eigenschaft der „Masse“), so trennt man sich von unzulässigen Assoziationen, welche die landläufige Benutzung des Massenbegriffes hervorruft. Dann folgt (unter Vorbehalt): Die Trägheit ist **auch** proportional der Masse. (Trotz besseren Wissens spricht man bei kernphysikalischen Prozessen immer noch vom **Massen**-Defekt. Auch die **Energie-Masse-Äquivalenz** der Speziellen Relativitätstheorie kann leicht zu Fehlinterpretationen führen.)
3. Die Trägheit ist nur dynamisch definierbar. Innerhalb der **Newtonschen** Mechanik lässt sich dies durch die Relation **Trägheit gleich Kraft dividiert durch Beschleunigung** beschreiben. Damit jedoch ist der Gültigkeitsbereich **dieses** Trägheitsbegriffes von vornherein eindeutig abgesteckt: Er dürfte nur im Rahmen der Theorie verwendet werden, deren Bestandteil er - vereinbarungsgemäß - ist! Eine gedankenlose Extrapolation des Trägheitsbegriffes auf Bereiche der Physik, die den „Herkunftsbereich“ der klassischen Mechanik überschreiten, ist m.E. unzulässig!
4. Die Trägheits-Definition ist eindeutig an Inertialsysteme gebunden, womit zwangsläufig die Frage danach aufgeworfen werden müsste, wie ein Inertialsystem definiert werden kann, ohne abermals in einem circulus vitiosus zu landen und wo die Grenzen **dieses** Begriffes liegen könnten. Hier gelangen wir zu dem nicht minder wichtigen Problem der mechanischen Bewegung und jenen Vorstellungen und Voraussetzungen, die dem klassischen Bewegungsbegriff zugrunde liegen.

Hiermit bin ich auf einige Probleme der klassischen Mechanik andeutungsweise eingegangen. Meiner Überzeugung nach werden diese Probleme in heutiger Zeit unterschätzt oder als irrelevant angesehen oder überhaupt ignoriert. Man ist sogar bereit, sich mit methodischen und logischen Fragwürdigkeiten abzufinden.

Literatur und Quellen

[1] DESY (Deutsches Elektronen-SYNchrotron)

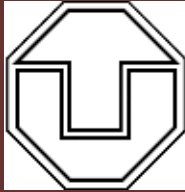
[2] Ernst MACH, Die Mechanik in Ihrer Entwicklung, Leipzig 1933 (1. Auflage 1883), Nachdruck Darmstadt 1991

[3] Max JAMMER, Der Begriff der Masse in der Physik, Darmstadt 1964

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Frühjahrstagung 2000 der DPG - Fachverband Didaktik der Physik in Dresden

Tagung 1998
Tagung 1999
Tagung 2000



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

Die Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik fand 2000 an der Technischen Universität Dresden statt

Wer will was Lebendigs erkennen und beschreiben,
sucht erst den Geist herauszutreiben,
dann hat er die Teile in seiner Hand,
fehlt leider! nur das geistige Band.

Goethe, aus Faust I

Zur Dominanz der Elektrodynamik bei der Erarbeitung der Quantenphysik

Inhalt

1. Abstract
2. Vorbemerkungen
3. Hundert Jahre Quantenphysik
4. Ausgangspunkt der Quantenphysik
5. Quantenphysik und Erkenntnis
6. Zur Rolle der Elektrodynamik
7. Quanten und Atome
8. Auf dem Weg zur einheitlichen Theorie?
9. Resümee
10. Nachtrag

Abstract

Den Ausgangspunkt für die Entwicklung der Quantenphysik bildete die Elektrodynamik. Alle anfänglichen Überlegungen bezogen sich auf die Problematik der Spektralverteilung der thermischen Strahlung. Die Lösungsansätze zur theoretischen Erfassung dieser Verteilung konnten zunächst nicht befriedigen. Erst Max **Planck** überzeugte mit einer Strahlungsformel, die er Ende 1900 bekanntgab. Dass es einen Zusammenhang zwischen der Struktur der Atome und der Quantenhypothese geben musste, wurde erst später erkannt und spielte bei den ursprünglichen Überlegungen keine Rolle. Die Elektrodynamik, als ältere physikalische Disziplin, bestimmte vollständig den Verlauf der Entwicklung der Physik zu Beginn des 20. Jahrhunderts.

Vorbemerkungen

Die Physik - so leider der Eindruck - hat etwas von ihrem einstigen Glanze eingebüßt. Und die Zahl der Studienanfänger in diesem Fach hat auch schon drastisch abgenommen. Weit entfernt, hier irgendwelche Ursachen angeben zu können, möchte ich - aus aktuellem Anlass gewissermaßen und das ursprüngliche Thema dieses Beitrages ein wenig überschreitend - einige ergänzende Gedanken äußern, die im Hinblick auf mögliche Ursachenforschung vielleicht eine ganz kleine Hilfestellung bieten könnten. Und die Haltung „Schuld haben stets die anderen“ (wer auch immer), beruhigt kurzfristig diejenigen vielleicht, die einen solchen Standpunkt vertreten, scheint jedoch - langfristig und im „gesamtgesellschaftlichen Zusammenhang“ betrachtet - nicht sonderlich konstruktiv zu sein.

Ob die **Wissenschaft im Dialog** mit dem Versuch der erstmaligen konkreten Umsetzung dieses Vorhabens zum **Jahr der Physik** einen gewissen Erfolg bringen wird, bleibt unbestimmt; und ich maße mir hierbei kein allgemein- und endgültiges Urteil an, wenngleich ich einige Zweifel hege. Doch wird hierbei der Physik - und darauf kommt es schließlich an - trotz allem eine wegweisende Bedeutung zuerkannt. Die fundamentale Naturwissenschaft war, ist und bleibt sie allemal. Zu begrüßen ist sie auf alle Fälle, diese Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Jedoch die Äußerung

Physik ist nämlich keine auslaufende Wissenschaft, wie manche glauben, sondern sie ist nach wie vor eine gute Investition in die Zukunft.

der Ministerin Edelgard Bulmahn am 18. Januar in einer Rede anlässlich der Eröffnung des Jahres der Physik ausgesprochen, sollte zum Nachdenken anregen. Auch wenn man in dieser Rede das Wort „manche“ nicht expliziert, so bietet allein die Tatsache, dass eine Aussage dieses Inhaltes überhaupt formuliert wird (oder formuliert werden muss?) genügend Motivation zur Nachdenklichkeit.

In jener Rede jener Ministerin tauchten weitere Hinweise auf:

Der Naturforscher Alexander von Humboldt hat das auf den Punkt gebracht, als er eine “Demokratisierung von Wissen und Wissenschaft” forderte. Er ging dabei auch mit gutem Beispiel voran, als er in der damaligen Berliner Singakademie seine berühmten Kosmos-Vorlesungen für “alle sozialen Schichten” hielt. Er trug dabei das naturwissenschaftliche Wissen seiner Zeit in allgemeinverständlicher Weise vor und faszinierte damit Adelige und einfache Bürger gleichermaßen. Das war Wissenschaft im Dialog bereits Anfang des 19. Jahrhunderts! ... Mit dem Jahr der Physik nehmen wir diesen Gedanken wieder auf. Nur haben wir heute angesichts der Explosion unseres Wissens keine Universalgelehrten mehr wie Humboldt, sondern müssen interdisziplinär und im Team arbeiten. ... Auch was wir uns im Jahr der Physik vorgenommen haben, kann nur mit einer effizienten Arbeitsteilung gelingen.

Hier wird auf das 19. Jahrhundert verwiesen und die Tatsache hervorgehoben, dass - und dies erscheint mir wichtig und erwähnenswert - zu jener Zeit das wissenschaftliche Geschehen noch überschaubar war und möglicherweise auch in nachvollziehbarer Weise vermittelbar.

Wenn wir jetzt - im Jahr 2000 - vom **Jahr der Physik** sprechen, so kann das 19. Jahrhundert durchaus als das **Jahrhundert der Physik** gelten. Ungeachtet der gerade im 20. Jahrhundert erzielten technischen Fortschritte und der Erfolge bei der Erarbeitung der neuen Theorien zeichnete sich das 19. Jahrhundert nun einmal dadurch aus, dass es gelang, das physikalische Weltbild - im Rahmen des damaligen Erkenntnisstandes - zu vereinheitlichen. Noch galt die Mechanik im Verständnis der Mehrheit der Physiker als die Grundlage der gesamten Physik, auch wenn noch nicht alle Phänomene (Stichwort “Elektrodynamik”) auf mechanische Relationen reduziert werden konnten. Carl Friedrich v. **Weizsäcker** beschrieb diesen Sachverhalt (im Kontext mit dem

Energiesatz) vor geraumer Zeit auf folgende Weise:

Trotzdem hat gerade der Energiesatz am meisten zur Ausbreitung derjenigen “mechanischen Naturauffassung” beigetragen, die der Meinung war, alle Phänomene der beobachtbaren Natur würden durch rein mechanische Wirkungen der kleinsten Teile der Materie (und des hypothetischen Äthers) hervorgebracht; ja eine physikalische Theorie stelle noch keine wirkliche Erklärung der von ihr behandelten Erscheinungen dar, solange sie diese Erscheinungen nicht auf Mechanik zurückgeführt habe.

C. F. v. **Weizsäcker**, Zum Weltbild der Physik, Aufsatz: Die Auswirkung des Satzes von der Erhaltung der Energie in der Physik, S. 58, Stuttgart 1990

Dass es zum Ende des 19. Jahrhunderts auch kritische Stimmen gab (z.B. Ernst **Mach**, erwähne ich nur der Vollständigkeit halber.

Jedenfalls befand sich die Physik des 19. Jahrhunderts voll im Trend der Aufklärung, jener geistig-kulturellen Strömung des 17. und 18. Jahrhunderts, die ihrerseits auf Traditionen und Erfolge der Naturwissenschaften aufsetzen konnte. Bei **Kant** (1784) war die Aufklärung

Ausgang des Menschen aus seiner selbstverschuldeten Unmündigkeit.

So gesehen ging es nicht einfach “nur” und ausschließlich um die Beantwortung irgendwelcher einzelner konkreter Fragen, sondern darum auch, dass man dem Ziel, eines naturwissenschaftlichen rational begründeten „Welt“-Bildes habhaft zu werden, sich schon recht nahe wähnte. Und auch damit setzte man sich auseinander, von alten Dogmen und Autoritäten (z.B. Religion, Kirche) sich zu trennen, und als einzige “Autorität” (die eigene) Vernunft und Ratio gelten zu lassen.

Folgende Punkte widerspiegeln vielleicht einige Seiten des Verständnisses von den Naturwissenschaften im 19. Jahrhundert:

1. Die “Welt” ist auf (grundsätzlich) nachvollziehbare Weise rational erklärbar. - Die “Welt” umfasst(e) stets das, was man von ihr zu (er)kennen glaubt (e).
2. Die Naturwissenschaften - insbesondere die Physik - haben wesentliche Zusammenhänge des realen Geschehens bereits erfassen können.
3. Das Verständnis von den Naturwissenschaften beinhaltet auch deren aufklärerische Wirkung im Kampf gegen Aberglauben und sonstige Irrationalismen.

Jedenfalls war man, was den Erkenntnisstand anbelangte, sehr optimistisch - zu optimistisch, wie sich bald herausstellen sollte. Max **Planck** äußerte sich rückblickend zu diesem Thema 1924 in einer Vorlesung :

Als ich meine physikalischen Studien begann und bei meinem ehrwürdigen Lehrer Philipp von Jolly wegen der Bedingungen und Aussichten meines Studiums mir Rat erholte, schilderte mir dieser die Physik als eine hochentwickelte, nahezu voll ausgereifte Wissenschaft, die nunmehr, nachdem ihr durch die Entdeckung des Prinzips der Erhaltung der Energie gewissermaßen die Krone aufgesetzt sei, wohl bald ihre endgültige stabile Form angenommen haben würde. Wohl gäbe es vielleicht in einem oder dem anderen Winkel noch ein Stäubchen oder ein Bläschen zu prüfen und einzuordnen, aber das System als Ganzes stehe ziemlich gesichert da, und die theoretische Physik nähere sich merklich demjenigen Grade der Vollendung, wie ihn etwa die Geometrie schon seit Jahrhunderten besitze.

Zitiert aus: F. **Herneck**, Bahnbrecher des Atomzeitalters, Aufsatz: Max **Planck** - Die Geburt der Quantenvorstellung, S. 130, Berlin 1970

Nun wissen wir, dass **Planck** diesen sicherlich gut gemeinten Rat nicht befolgte und dennoch bei seiner Entscheidung blieb, Physiker zu werden. Ein ziemlich erfolgreicher - als Hochschullehrer und Forscher - war er außerdem geworden. Ihn als “Revolutionär wider Willen” zu charakterisieren, ist gewiss nicht einmal falsch. Jedenfalls war es u.a. sein Anliegen, die **Maxwellsche** Elektrodynamik und die Thermodynamik nahtlos miteinander zu verbinden. Diese Fusion gelang, aber - zu seinem Leidwesen - nicht gerade nahtlos. Es zeichnete sich ein Bruch ab zur bislang sehr erfolgreichen Physik, die, aus unserem retrospektiven Blickwinkel, das Attribut “klassisch” erhielt.

(Und damit wären wir - über einen ganz kleinen Umweg - doch noch zum eigentlichen Thema vorgedrungen.)

Hundert Jahre Quantenphysik

Nach einem Jahrhundert Zwischenbilanz zu ziehen, sollte durchaus gestattet sein. In den folgenden Darlegungen versuche ich einige - m.E. nicht unwesentliche - Problempunkte andeutungsweise herauszustellen. Das Thema ist wohl etwas weiter zu fassen, als es aus der Überschrift hervorgehen mag. Nun ist es gerade die Quantenphysik, die relativ wenig um ihre Legitimität besorgt sein muss - zumindest was die praktische Bedeutung der Erkenntnisse anbelangt. Im Hinblick auf den Anspruch der Physik, die Basis zu bilden für die "rationale Welterkenntnis an sich" sind einige kritische Anmerkungen vielleicht dennoch angebracht. Der aktuelle Stand der Quantenphysik scheint also durch technische Nutzanwendungen - vielleicht auch künftige - bestimmt und gerechtfertigt zu sein. Kaum ein anderes physikalisches Gebiet - von der Elektrodynamik einmal abgesehen - prägt unseren Alltag (von Otto Normalverbraucher meist unbemerkt) in dem Maße wie all jene Erscheinungen und auch technischen Errungenschaften, die in irgendeiner Weise mit der Quantenphysik in Verbindung gebracht werden können.

Das Akzeptieren der bekannten Paradoxien der Quantenphysik mit Blick auf die formal mathematische und technische Beherrschung des Gegenstandes darf man durchaus selbst ohne näheres Hinterfragen akzeptieren. Man kann aber auch Überlegungen nach deren Ursprung anstellen. Den Pragmatiker scheint all dies nicht zu berühren. Dennoch sind Überlegungen bezüglich der Wurzeln der hinlänglich diskutierten Schwierigkeiten m.E. nicht nur nicht überflüssig, sondern durchaus notwendig, wollen wir, dass "Der Traum von der Einheit des Universums" von der Fiktion zur Realität avancieren soll.

"Der Traum von der Einheit des Universums" ist der Titel eines Buches, das vom Nobelpreisträger Steven **Weinberg** geschrieben wurde und 1993 als deutsche Ausgabe erschien.

Ausgangspunkt der Quantenphysik

Die Ursprünge der Quantenphysik finden wir im Erkenntnisstand des 19. Jahrhunderts. Und dieses Jahrhundert brachte uns, wie schon angedeutet, einige Schritte der Erfüllung des "Traumes von der Einheit" näher. So schien es zunächst. Betrachtet man auch nur einige Ergebnisse der Forschung eben jenes Jahrhunderts, so wird klar, dass es zwischen den einzelnen physikalischen Forschungsgebieten Zusammenhänge geben muss. Wir kennen letztendlich keine physikalische Disziplin, die nicht in irgendeiner Beziehung zu irgendeinem anderen Fachgebiet steht. Und so ist es nicht verwunderlich, dass die Erfolge der Physik im 19. Jahrhundert die Vermutung nahelegten, dass die wesentlichen Erkenntnisse bereits gewonnen wurden und die weitere physikalische Forschungstätigkeit sich mit der Ausarbeitung mehr oder weniger (un)wesentlicher Details begnügen müsse.

Doch schon die - anscheinend so simple, weil alltägliche - Tatsache, dass ein erwärmter Körper in der Lage ist, elektromagnetische Strahlung (mit einer bestimmten spektralen Verteilung) auszusenden, brachte die Physiker seinerzeit in arge Bedrängnis. Experiment und Theorie wollten nicht so recht zusammenpassen. Schon das schlichte Licht einer Glühlampe (der zur Weißglut erhitzte Wolframdraht z.B.) birgt - für den "Eingeweihten" jedenfalls (der Laie sieht dort keine Probleme) - einige rätselhafte physikalische Phänomene, die heute genau so wenig verstanden werden, wie sie damals - vor hundert Jahren etwa - auch nicht so recht verstanden wurden. Versuche, das "Wirkungsquantum" in die klassische Physik zu integrieren waren von vornherein zum Scheitern verurteilt. Ungeachtet dieser Tatsache war **Plancks** Strahlungsformel in der Lage, den experimentellen Ergebnissen gerecht zu werden.

Probleme werden erst dann als solche erkannt, wenn Erwartung und Wirklichkeit nicht übereinstimmen wollen. Bei alltäglichen Phänomenen treten solche Divergenzen gewöhnlich nicht auf. Von einem erhitzten Körper (vorausgesetzt, er übersteht diese Prozedur) erwartet man nichts anderes, als dass er mit steigender Temperatur zunächst dunkelrot glüht, dann immer heller strahlt, und schließlich fast weißes Licht aussendet. Das **Erkennen von Problemen** setzt hier einen gewissen **Kenntnisstand** voraus.

Quantenphysik und Erkenntnis

Doch hatte man sich arrangiert. Die Anwendung der nunmehr fast hundertjährigen Quantenhypothese sowie die Ausarbeitung der maßgeblichen Theorien (im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts ungefähr) führten zu einer - so möchte ich es fast nennen - fatalistischen Haltung den neuen Erkenntnissen gegenüber. Dem gesunden Menschenverstand (was immer sich dahinter ganz genau verbergen möge) wird jegliches Vetorecht abgesprochen; und die Logik hat ebenfalls kein Mitspracherecht mehr. Die mathematischen Formalismen sind das Einzige, was die Realität und unser Wissen über sie verbindet. Karl **Popper** sprach gar von einem “**deprimierenden und antirationalen Einfluss**”.

Aus Zeitgründen kann ich hier nicht auf alle Schwierigkeiten eingehen. Nicht einmal andeutungsweise auf einige nur. Doch folgende Fragen seien vielleicht erlaubt:

- Was wollen wir - was will die Physik?
- Was kann die Physik?

Die Antwort auf die zweite Frage ist spielend leicht beantwortet, indem wir nur einige technische Realisierungen aufzuzählen brauchen: von der Glühlampe bis zur Atomuhr; vom Transistor bis zum Mikroprozessor; von der Laserdiode im CD-Laufwerk bis zum Hochleistungslaser.

Die möglichen Aussichten auf mögliche künftige weitere Nutzenwendungen will ich gar nicht erst nennen. Dem Pragmatiker werden die Argumente mit Sicherheit nicht ausgehen. Die Quantenphysiker sind auf alle Fälle Vertreter einer physikalischen Zunft, die nicht unter jenem Rechtfertigungsdruck stehen, wie es bei den Teilchenphysikern möglicherweise der Fall ist.

Letztere sind mittlerweile ins Gerede gekommen. Nicht erst in jüngster Zeit. So stoppte der amerikanische Kongress Ende 1993 ein gigantisches Projekt, welches “**Superconducting Super Collider**” (SSC) genannt wurde. Von einem wohl zweistelligen Milliardenbetrag war zu jener Zeit die Rede - in US-Dollar, versteht sich. Auch das **DESY** in Hamburg bleibt nicht von Kritik verschont. Es geht hier nicht vordergründig um die in Aussicht gestellte praktische Nutzenanwendung dieser oder jener Erkenntnis, sondern um die Erkenntnis selbst. Gigantische Beschleuniger - so auch die Ansicht o.g. Nobelpreisträgers - sind eine wichtige Voraussetzung, den “Traum von der Einheit des Universums” zu verwirklichen. (Ich weiß nicht, ob die Quantentheoretiker auch einen solchen Traum träumen. Doch, so scheint es, träumt man hier nicht, sondern handelt. Man kann schließlich Ergebnisse vorweisen.)

Für den Außenstehenden - und das Jahr der Physik soll gerade auch für Außenstehende interessant sein - bietet sich ein recht zwiespältiges Bild, zumindest, wenn er sich dafür interessiert. Einerseits gibt es das - überhaupt nicht in Frage zu stellende - Bestreben, die Vielfalt der Naturerscheinungen in einem möglichst einheitlichen Bild erfassen zu können, auch wenn dieses “Bild” gern auf “Formel” reduziert wird. Erkenntnisgewinnung ist Selbstzweck! Nach potenziellen Nutzenanwendungen zu fragen, scheint vordergründig nicht angebracht.

Doch andererseits finden bekannte Forschungsgebiete - hier ist es die Quantenphysik - gerade durch ihren näheren Praxisbezug ihre Legitimation und vielleicht auch größere Akzeptanz. Nach dem Wert “rationaler Erkenntnis an sich” wird nicht gefragt.

Zur Rolle der Elektrodynamik

In diesem Kontext ist gerade die Elektrodynamik von entscheidender Bedeutung. Zum einen waren es die magnetischen und elektrischen Phänomene, die im 19. Jahrhundert eine herausragende Rolle in der physikalischen Forschung spielten. Genau diese Erscheinungen waren relativ leicht - mit geringem technischen Aufwand - zu untersuchen. Und zum zweiten wurde - auch im 19. Jahrhundert - der Nachweis erbracht, dass Magnetismus, Elektrizität, Licht und Wärme(strahlung) nur Aspekte der Beschreibung einer einheitlichen Natur waren.

Dies war - wie schon eingangs bemerkt - die Ausgangssituation, in der sich die Physik am Ende des 19. Jahrhunderts befand. Alles schien klar. Und von den bestehenden Erkenntnissen konnte keine auch nur andeutungsweise in Frage gestellt werden. Und somit musste man einen Anknüpfungspunkt finden, die klassische Elektrodynamik mit den experimentellen Befunden der thermischen Strahlung in Einklang zu bringen.

Unter der Voraussetzung, dass das **Maxwellsche** Gleichungssystem - als mathematisches Äquivalent des elektromagnetischen Feldes verstanden - wirklich das homomorphe Abbild einer eigenständigen materiellen Entität ist, mussten die neuen Quantengesetze als etwas völlig Fremdartiges erscheinen.

Die Alternative wäre es, in den bekannten mathematischen Formalismen Analogiemodelle zu sehen, die zwar in der Lage sind, bestimmte quantitative Relationen - innerhalb ihres Gültigkeitsbereiches - abzubilden, aber nicht als Eins-zu-eins-Abbild materieller Strukturen betrachtet werden sollten. Eine solche Vorstellung scheint angesichts der Erfolge der Elektrodynamik völlig unannehmbar zu sein.

Indizien für den Quantencharakter (hier der elektromagnetischen Strahlung) gab es noch weitere. Die empirischen Befunde waren nicht zu ignorieren. Andererseits hatte sich bis dato die „Kontinuumsphysik“ bewährt; und ohne diese Darstellungsform (beispielsweise die **Maxwellschen** Gleichungen) waren nun einmal Interferenzen - wo auch immer sie auftreten mochten - schwerlich zu erklären.

Der Ausweg: Die Quanten wurden als etwas fundamental Neues betrachtet; und der Widerspruch zwischen der klassischen Physik und der Quantenphysik wurde dergestalt relativiert, dass der klassischen Physik ad hoc ein Gültigkeitsbereich zugewiesen wurde. Die Erfolge der bisherigen Physik (hier vordergründig der Elektrodynamik) verhinderten es, im nachhinein alle empirischen Fakten in einem Gesamtzusammenhang betrachten zu können oder auch nur zu wollen. Der Bruch war vollzogen.

Auf die Idee, dass Atome möglicherweise ein multistabiles Verhalten bezüglich bestimmter Parameter aufweisen, konnte **Planck** damals überhaupt nicht kommen; für ihn existierten die Elektro- und die Thermodynamik sowie die empirisch gegebenen Fakten der thermischen Strahlung. Dieses Wissen bildete die Basis seiner Überlegungen. Und genau dieses - als sicher angenommenes - Wissen sprengte er mit der logisch zwingenden Quantenhypothese.

Quanten und Atome

Desweiteren reifte die Erkenntnis, dass die Atome - als materielle “Bausteine der Materie” - tatsächlich existierten, aber letztendlich wirklich unteilbar nicht sind. Auch die Tatsache, dass Wärme - als ungeordnete Bewegung der Atome (respektive Moleküle) verstanden - das Anwendungsgebiet der Mechanik erweiterte und damit eine weiteres Indiz lieferte dafür, auf dem rechten Weg zu einer einheitlichen Naturbeschreibung zu sein, schien keine allzu großen Probleme zu aufzuwerfen.

Wie auch immer man die konkreten Erkenntnisse bewerten möge, und wie wenig man von all dem tatsächlich verstand und versteht, eines scheint klar: Die Atome spielen die zentrale Rolle, geht es um den Zusammenhang von Wärme und elektromagnetischer Strahlung. Als es zu konkreteren Vorstellungen kam, die Struktur der Atome verstehen zu wollen, gab es seit Ende 1900 längst die Quantenhypothese, die ihrerseits bei **Einstein** (1905) eine konkrete Entsprechung in den Lichtquanten (Photonen) fand. Das **Rutherfordsche** Atommodell (1911) erfuhr durch **Bohr** (1913) eine Vervollkommnung, indem die (modifizierte) Quantenhypothese zur Anwendung kam.

Somit umfasst der Quantenbegriff (in historischer Reihenfolge) diese Inhalte (Man sollte wirklich einmal versuchen, diese begrifflichen Inhalte im Zusammenhang zu sehen. Dies ist sehr schwierig bis unmöglich.):

1. Quanten als diskrete Energiezustände elektromagnetischer Resonatoren (**Planck** 1900) - Anknüpfung an die Elektrodynamik. Diese historische Ausgangsposition spielt bei der Vermittlung des Wissens keine bedeutende Rolle, sondern wird meist nur noch als geschichtliche Tatsache erwähnt. Quanten werden vorrangig im Zusammenhang mit den Mikrostrukturen eingeführt.
2. Quanten als materielle Objekte (Photonen, “Atome des Lichtes”), die mit Materie auf spezifische Weise in Wechselwirkung treten (**Einstein** 1905) - Widerspruch zur “Kontinuums-Physik”. - Hier finden wir auch eine „Querverbindung“ zur **Speziellen Relativitätstheorie**, die Masse und Energie auf die bekannte Weise verknüpft. In diesem Sinne verkörpern die Lichtquanten „reine Energie“ und damit auch Masse. Dabei aber ist zu beachten, dass die Basis der **SRT** eben wieder die **Maxwellsche** Elektrodynamik bildete, die einerseits auch bei der Quantentheorie die tragende Rolle spielte, jedoch letztendlich zu unauflösbaren Widersprüchen führte.
3. Quanten als Differenzen diskreter Energieniveaus in den Atomen (**Bohr** 1913) - Der Widerspruch zur Elektrodynamik (Stichwort “beschleunigte

Ladung”) wurde mit Hilfe einer Ad-hoc-Hypothese beseitigt, die jedoch durch die vorausgegangenen Arbeiten von **Planck** und **Einstein** gerechtfertigt schien.

4. Quanten als Vermittler der Wechselwirkungen in den Quantenfeldtheorien, speziell die Photonen in der Quantenelektrodynamik (**Pauli, Jordan** und **Heisenberg** 1928-1930). - Die Photonen sind die “Feldquanten des elektromagnetischen Feldes”.

Die Struktur und das Verhalten der Atome erfuhr letztlich (auf die weitere Entwicklung der Quantenphysik gehe ich nicht weiter ein) eine Begründung durch das quantenphysikalische Verständnis, welches sich zu einer eigenständigen physikalischen Disziplin mit eigenständigen - als fundamental angesehenen - Prämissen entwickelte.

Zurückschauend sollte es - trotz aller bisherigen Bestrebungen - vielleicht doch erlaubt sein, folgende Frage zu stellen:

Repräsentieren die Quantengesetze tatsächlich fundamentale Prinzipien oder ist es vielleicht doch denkbar, dass sich die Grundlagen der Quantenphysik (und die der klassischen Physik gleichermaßen) aus allgemeineren - uns noch unbekannten - Voraussetzungen ableiten lassen?

Die historische Reihenfolge der Entdeckungen und Erarbeitung der Theorien muss nicht unbedingt die objektiven Erfordernisse reflektieren. Tatsache jedoch scheint: Der konkrete historische Verlauf des konkreten physikalischen Erkenntnisprozesses ist bestimmend für die relevanten (oder als relevant akzeptierten) Fragestellungen, die ihrerseits den weiteren Verlauf der Forschung determinieren. Auch die Entscheidung darüber, was als fundamental gelten soll oder was nicht, ist im historischen Zusammenhang zu treffen. Als fundamental neu galten stets Phänomene, die sich der Integration in das bestehende Theoriensystem widersetzen.

Sind nicht vielleicht die Struktureigenschaften der Atome die fundamentaleren, aus denen die konkreten Quantengesetze ableitbar wären? Gibt es möglicherweise sogar Struktureigenschaften, die - hierarchieübergreifend - allgemeingültig sind?

Diese Fragen mögen als heuristische Fingerzeige verstanden werden und nicht als Basis konkreter Hypothesen. Doch könnte man, das Atom als nichtlineares multistabiles System mit einer Reihe (meta)stabiler Zustände verstanden, zu abgewandelten Fragestellungen gelangen, die ich an dieser Stelle nicht weiter verfolgen möchte, weil sie den Rahmen meiner bisherigen Darlegungen sprengen würden. Nur soviel: Dass sich nichtlineare Systeme u.U. auch unstetig verhalten können, ist so umwerfend neu nun auch wieder nicht. Schon die Schaltelemente der Digitalelektronik - als herausragende technische Realisierung - zeigen ein durch Rückkopplung verursachtes unstetiges (hier bistabiles) Verhalten. Für nichtlineare Systeme der genannten Art gilt, dass der Übergang von einem (meta)stabilen Zustand zu einem anderen Zustand eine zwar sehr kurze, aber dennoch endliche Zeit benötigt. Anders die “Quantensprünge”, die per definitionem - weil als fundamental betrachtet - in “Null-Zeit” vonstatten gehen.

Auf dem Weg zur einheitlichen Theorie?

Im vergangenen Jahr (1999) tauchte - wieder einmal - die Metapher von der Weltformel in der Presse auf. Der Anlass: Eine Tagung, die vom 19. bis 24. Juli 1999 in Potsdam stattfand. “Strings ’99” hieß diese Veranstaltung, an der die internationale Prominenz der Stringtheoretiker teilnahm. Der Gastgeber war das **MPI für Gravitationsphysik in Potsdam**.

Der zurzeit wohl berühmteste Physiker auf unserem Planeten, Stephen **Hawking**, äußerte auf dieser Tagung:

1980 habe ich gesagt, dass unsere Chancen 50 zu 50 stünden, bis Ende des Jahrhunderts eine solche allumfassende Theorie zu finden. Obwohl wir in den vergangenen 20 Jahren große Fortschritte gemacht haben, sind wir jedoch unserem Ziel offenbar bisher nicht näher gekommen.

Hawking jedoch bleibt bei seiner ursprünglichen Aussage - mit einer “ganz kleinen” Korrektur:

Die 20 Jahre beginnen erst jetzt.

Einer einheitlichen Physik müssten zunächst allgemeingültige - also fundamentale - Prinzipien zu Grunde liegen. Im Sinne der aktuellen Physik gehören die Quantengesetze zu genau diesen grundlegenden theoretischen Strukturen, wie ebenso die Eigenschaften der Elementarteilchen dazu zu zählen sind. Und dass man in der Hierarchie der Materiestrukturen sich mittlerweile weiter vorangekämpft hat, beweisen die Stringtheoretiker mit ihren - nun ja, sehr abstrakten - Theorien. Dies aber ist nicht mein Thema. Es geht "ganz einfach" um folgende Fragen:

1. Welches sind die fundamentalen Prinzipien?
2. Hat die Physik davon einige schon erfasst?
3. Welches könnten die Kriterien sein, um bewerten zu können, was fundamental ist und was abhängig ist von anderen - vielleicht noch unbekannten grundlegenden - Prinzipien?

Tatsache ist: Die Spezialisierung der physikalischen Forschung schreitet immer weiter voran. Die materiellen und personellen Aufwendungen werden - zumindest was die Forderungen angeht - immer gewaltiger. Das Problem: Ist eines der zurzeit gegebenen Forschungsgebiete - die Quantenphysik inklusive - überhaupt in der Lage, die Basis einer einheitlichen Physik abzugeben. Die klassische Mechanik - das wissen wir in der Rückschau - war dazu nicht in der Lage, obwohl im 19. Jahrhundert dies angenommen wurde und dazu auch berechnete Hoffnung bestand. Der ursprünglichen Elektrodynamik - wesentliche Determinante der Quantenphysik - wurde nachträglich ebenso ein "Gültigkeitsbereich" zugewiesen.

Es gibt keine Möglichkeit - dies meine unmaßgebliche Überzeugung -, die uns gegebene Physik wieder zu "kitten". Meine Meinung: "Der Traum von der Einheit des Universums" wird leider ein Traum bleiben. Dem unkontrollierten fraktalen Wachstum der Physik sind anscheinend keine Grenzen gesetzt, oder jene Grenzen nur, die jedem exponentiellen Wachstum irgendwann und irgendwie im Wege stehen.

Dies hat auf die aktuelle Forschung und Lehre keinen unmittelbaren Einfluss. Langfristig jedoch könnte die Beschäftigung mit solch oder ähnlich gelagerten Fragen möglicherweise überlebensnotwendig sein für die Physik als die exakte Wissenschaft schlechthin, Vorbild für alle anderen Naturwissenschaften.

Resümee

Der historische Verlauf der Entwicklung der Physik ist uns gegeben, wie er nun einmal ist. Und die Akteure der Physik (von Galileo **Galilei** bis Stephen **Hawking**) sind in diese Entwicklung eingebettet. Sie konnten - und können - dem Verlauf dieser Entwicklung gedanklich nicht vorausseilen, auch wenn **Hawking** sich schon einmal (mit äußerst mäßigem Erfolg allerdings) als Prophet versuchte. Die Interpretation der empirischen Fakten konnte - und kann - immer nur auf Grundlage des gegebenen Wissensstandes erfolgen. (Diese Aussage ist trivial.)

Nicht trivial hingegen erscheint mir die Tatsache, dass rückblickend die historische Genese der Physik nicht die gebührende erkenntnistheoretische und methodologische Beachtung findet. So sollte man stets auch die Entwicklung der Quantenphysik vor dem Hintergrund der vorausgegangenen Forschungen verstehen. Die klassische Elektrodynamik gilt "innerhalb ihres Gültigkeitsbereiches" als jenseits jeglicher Diskussionswürdigkeit. Die Arbeiten von Heinrich **Hertz** (ab 1886) hatten das letzte Mosaiksteinchen in jenes Bild eingefügt, welches seitdem ("innerhalb des Gültigkeitsbereiches") als vollendet gilt.

Hier entspricht die Einschätzung Karl **Poppers**, dass Theorien nie endgültig verifizierbar sind, jederzeit aber falsifizierbar, nicht ganz der Realität. Nimmt man die erkenntnistheoretische Haltung **Poppers** ernst - und ich persönlich neige durchaus dazu, sie ernst zu nehmen -, so wäre mit den Erfahrungstatsachen, die im Zusammenhang mit der Quantenhypothese stehen (z.B. photoelektrischer Effekt und **Compton**-Streuung) der Anlass gegeben, die Interpretation der Elektrodynamik - beispielsweise - noch einmal grundlegend zu überdenken, indem versucht werden sollte, **alle** Tatsachen in **einen** Zusammenhang zu bringen. Dies ist bislang nicht gelungen. Und es gibt meines Wissens auch keine diesbezüglichen Bestrebungen, weil solche und artverwandte Überlegungen ohnehin als sinnlos deklariert und damit gar nicht erst angestellt werden. Jede physikalische Disziplin hatte sich ja bisher (innerhalb ihres Gültigkeitsbereiches) bewähren können.

Folgende Probleme (eine Auswahl, am Beispiel der Quantenphysik ansatzweise herausgearbeitet) zeichnen sich m. E. somit ab:

1. Die Fragmentierung der Physik wurde zum Prinzip erhoben. "Die Physik" als homogene Wissenschaft gibt es genau genommen nicht mehr, sondern nur noch eine Vielzahl einzelner Wissens- und Forschungsgebiete.
2. Die formalen quantitativen (mathematischen) Aspekte der Physik gewannen (etwa seit Ende des 19. und dem Beginn des 20. Jahrhunderts) gegenüber den qualitativen Inhalten immer mehr die Oberhand. Es wird nicht zwischen qualitativer Aussage (Erkenntnis) und quantitativem Modell unterschieden. Für die Beschreibung bestimmter Phänomene sind sogar verschiedene (disjunkte) Modelle erforderlich.
3. Die Physik ist nicht mehr in (grundsätzlich) nachvollziehbarer Weise vermittelbar.
4. Die pragmatische Sicht als „Generalargument" zur Rechtfertigung der "unanschaulichen Aspekte" der Physik hat kaum noch eine Beziehung zum einstigen aufklärerischen Anspruch der Naturwissenschaften und speziell der Physik.

Zum Abschluß noch einige Sätze aus der Rede der Ministerin **Bulmahn** vom 18. Januar:

Keppler, Galilei und Newton haben seit dem 17. Jahrhundert unser Weltbild auf eine - wie wir heute sagen würden - physikalisch-rationale Basis gestellt. Es war der Anfang einer Entmythologisierung unserer Welt, die in die Aufklärung mündete und die die Grundlage für unsere heutiges Denken ist. Max Planck, Albert Einstein und andere haben weitere großartige Beiträge für die Fortentwicklung unseres Weltbildes geleistet.

Es könnte durchaus sein, dass mit fortschreitender Spezialisierung auch der physikalischen Forschung Anspruch und Realität immer weiter divergieren. (Ist man nicht dabei, alte Mythen durch neue zu ersetzen?) Das ("elitäre") Spezialistentum fordert seinen Tribut: Entweder man glaubt den Autoritäten - oder man lässt es sein.

Meine ganz persönliche Einschätzung: Die Suche nach dem "geistigen Band" verlief bislang nicht sonderlich erfolgreich.

Nachtrag

- **Wichtige geistige und kulturelle Aufgabe der Naturwissenschaften bestand in ihrer aufklärerischen Wirkung.**
Wie ist es dann zu erklären, dass (beispielsweise) der Aberglaube nicht endgültig beseitigt werden konnte? (Die Zeitungshoroskope sind die wohl harmloseste Erscheinungsform dieses sozialen Phänomens.)
- **Der naturwissenschaftliche Unterricht ist seit Jahrzehnten unverzichtbarer Bestandteil modernen Bildungswesens.**
Wie kommt es dann, dass relativ wenig SchülerInnen für die an sich sehr spannenden naturwissenschaftlichen Fächer Interesse zeigen? - Physik und Chemie "streiten!" sich meines Wissens um die letzten beiden Plätze auf der Beliebtheits-Skala. Liegt das wirklich nur an der Art und Weise der Vermittlung des Wissens oder nicht etwa doch - zumindest teilweise - an den zu vermittelnden Inhalten selbst?
- **Das Leben in den modernen Industrieländern ist in eminent hohem Maße von der Technik geprägt.**
Wie ist dann diese gewisse Technikfeindlichkeit zu erklären, die in den letzten drei Jahrzehnten (so etwa) große Teile der Bevölkerung erfasst hat?

DPG-Beiträge	Tagung 1998	Tagung 1999	Tagung 2000
--------------	-------------	-------------	-------------

[\[Home\]](#) **[\[Seitenanfang\]](#)**

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Die Elektrodynamik beinhaltet jene physikalischen Phänomene, die wohl die größte technische Bedeutung erlangen konnten. Die Elektrotechnik und Elektronik, die Elektroenergie sowie Rundfunk und Fernsehen sind technische Errungenschaften, die aus unserem Alltag nicht wegzudenken sind. Zudem konnte bereits im 19. Jahrhundert gezeigt werden, dass das Licht gleichermaßen eine elektromagnetische Erscheinung ist wie die von Heinrich Hertz nachgewiesenen elektromagnetischen Wellen.

Physik	Elektrodynamik
WissTheorie	Quanten
WissKritik	Weltformel
Gesellsch	DPG-Tagungen
Technik	Sonstiges
Astronomie	
Sonstiges	
	Heinrich Hertz 1857 - 1894



Was ist das Licht? Seit den Zeiten YOUNGS und FRESNELs wissen wir, dass es eine Wellenbewegung ist. Wir kennen die Geschwindigkeit der Wellen, wir kennen ihre Länge, wir wissen, dass es Transversalwellen sind... . An diesen Dingen ist ein Zweifel nicht mehr möglich, eine Widerlegung dieser Anschauungen ist für den Physiker undenkbar. Die Wellentheorie des Lichtes ist, menschlich gesprochen, Gewissheit. Es ist also gewiss, dass aller Raum, von dem wir Kunde haben, nicht leer ist, sondern erfüllt von einem Stoffe, welcher fähig ist, Wellen zu schlagen, dem Äther.

Heinrich Hertz, 20.09.1889

Wissenschaft und Kritik - Physik

Die Elektrodynamik

23.05.2000

Die Elektrodynamik bestimmt weitgehend unser alltägliches Leben. Ohne Strom läuft (fast) nichts. Und ohne elektromagnetische Wellen gäbe es weder Rundfunk noch Fernsehen. Das Licht ist das für uns wohl wichtigste Phänomen, uns in unserer Welt zurechtzufinden. Wesentlicher Bestandteil der physikalischen Forschung des 19. Jahrhunderts war die Untersuchung elektrischer und magnetischer Erscheinungen. Auch die Optik erfuhr große Aufmerksamkeit, zumal die Wellentheorie des Lichtes sich endgültig durchsetzen konnte. Die Arbeiten von Thomas **Young** (englischer Arzt, 1773 - 1829) und Augustin Jean **Fresnel** (französischer Physiker, 1788 - 1827) sollen in diesem Kontext besonders hervorgehoben werden:

1. 1801, **Young**: Wiederentdeckung der Interferenzerscheinungen des Lichtes
2. 1802, **Young**: Arbeit zur Wellentheorie des Lichtes
3. 1816, **Fresnel**: Erklärung der Polarisierung des Lichtes
4. 1817, **Young** und **Fresnel**: Lichtwellen sind Transversalwellen
5. 1818, **Fresnel**: Abhandlung über die Beugung des Lichtes

Ohne auf Einzelheiten näher einzugehen, sei angemerkt, dass all die genannten Erscheinungen (Interferenz, Polarisierung, Beugung) eindeutig nur Wellen-Phänomenen angehören. Und für Wellen bedurfte es - analog zu den Schallwellen z.B. - eines Trägers, in welchem diese Wellen sich ausbreiten können.

Beim Schall ist es beispielsweise die Luft. Und die Lichtwellen benötigten somit ebenfalls ein Medium, welches **Äther** genannt wurde.

Unabhängig davon stellte man Untersuchungen über elektrische und magnetische Erscheinungen an. Auch hier seien einige wichtige Namen genannt: Hans Christian **Oerstedt** (dänischer Physiker, 1777 - 1851), André Marie **Ampere** (französischer Physiker, 1775 - 1836), Michael **Faraday** (englischer Physiker, 1791 - 1867). All diese Forscher beschäftigten sich u.a. damit, die Zusammenhänge zwischen Magnetismus und Elektrizität herauszufinden. Den mathematischen Rahmen bildete - als Krönung gewissermaßen - die Arbeit von James Clerk **Maxwell** (schottischer Physiker, 1831 - 1879). **Maxwell** gelang es, in seinem berühmt gewordenen Gleichungssystem alle elektromagnetischen in ein einheitliches Bild einzufügen. Letztlich gehörte, wie **Maxwell** ebenfalls vermutete, auch das Licht zu den elektromagnetischen Erscheinungen. Und als dann (1888) Heinrich **Hertz** (deutscher Physiker, 1857 - 1894) den Nachweis der durch die **Maxwell** sche Theorie vorhergesagten (langwelligen) **elektrischen Wellen** bekannt gab, schienen (fast) alle Probleme gelöst.

Man beachte: Den Physikern des 19. Jahrhunderts gelang es, wichtige Teile des physikalischen Wissens ihrer Zeit zusammenzufassen.

Heinrich **Hertz** machte sich also um die **Maxwellsche** Elektrodynamik verdient. Das einzige noch offene Problem sah er vielleicht in der Klärung der "Ätherfrage". Die Elektrodynamik jedenfalls befasst sich damit, dass im Raum irgend etwas physikalisch Reales geschah. Sprach man im 19. Jahrhundert noch vom Äther, so etablierte sich in der Folgezeit der **Feldbegriff** (hier leistete bereits **Faraday** wichtige Vorarbeit) als Beschreibung einer eigenständigen physikalischen Wesenheit. Das elektrische oder das magnetische **Feld** sind auch jedem Laien bekannt. Jedenfalls wird dem **Raum-Kontinuum** (ob nun mit oder ohne Äther) in jedem Punkt ein physikalischer Zustand zugeordnet, der sich durch bestimmte **Feldgrößen** beschreiben lässt. Und eben jenes **Maxwellsche** Gleichungssystem repräsentierte das mathematische Hilfsmittel, dieses **Feld** quantitativ beschreiben zu können. Wichtige Erkenntnis: Die **Maxwellsche** Elektrodynamik konnte sich unwiderruflich und "absolut endgültig" etablieren.

Elektrodynamik
Quanten
Weltformel
DPG-Tagungen
Sonstiges

Und "nebenbei" entdeckten **Hertz** 1887 und Wilhelm **Hallwachs** (1859-1922) schließlich einen völlig anderen Effekt, der **lichtelektrischer** oder **photoelektrischer Effekt** genannt wurde. Genauer untersuchte diesen Effekt Philipp **Lenard** (1862-1947) im Jahr 1900. Und Albert **Einstein** veröffentlichte 1905 eine Arbeit, die sich um die theoretische Erklärung dieses Effektes erfolgreich bemühte. Und damit wären wir "unversehens" bei der **Quantenphysik** angekommen.

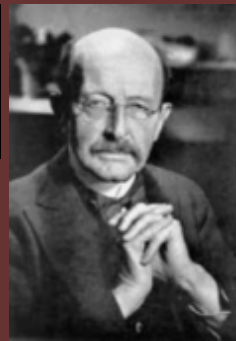
[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Wissenschaft und Kritik - Physik: Quantenphysik -

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Die Quantentheorie war die Antwort auf Widersprüche, die sich aus verschiedenen Erfahrungsbereichen der Physik ergaben. Einerseits galt die Maxwellsche Elektrodynamik als über jede Zweifel erhaben; doch andererseits brachten andere Erfahrungstatsachen - hier sei das Spektrum des thermischen Strahlers genannt und auch der photoelektrische Effekt - die Physiker in ernsthafte Schwierigkeiten. Die theoretischen Mosaiksteinchen wollten sich nicht in ein Bild einfügen lassen. Daran hat sich bis heute nichts geändert.

Physik	Elektrodynamik
WissTheorie	Quanten
WissKritik	Weltformel
Gesellsch	DPG-Tagungen
Technik	Sonstiges
Astronomie	
Sonstiges	
	Max Planck 1858 - 1947



Nun ist noch die Verteilung der Energie auf die einzelnen Resonatoren innerhalb jeder Gattung vorzunehmen....
Wenn E als unbeschränkt teilbare Größe angesehen wird, ist die Verteilung auf unendlich viele Arten möglich. Wir betrachten aber - und dies ist der wesentliche Punkt der ganzen Berechnung - E als zusammengesetzt aus einer ganz bestimmten Anzahl endlicher gleicher Teile....

Max Planck, 14.12.1900

Inhalt

1. Quanten und Elektrodynamik
2. Quanten und Wärme
3. Einstein und die Lichtquanten

Wissenschaft und Kritik - Physik

Quanten

Quanten und Elektrodynamik

30.05.2000

Thema eines anderen Beitrages war die Elektrodynamik. Ende des 19. Jahrhunderts galt diese physikalische Disziplin als vollendet und über jeden Zweifel erhaben. Und dennoch tauchten schier unüberwindliche Widersprüche auf. Irgendwann erlangt eine physikalische Theorie - hat sie sich erst einmal durchsetzen können - den Status der "endgültigen Vollendung". Dies will sagen, es gibt dann keine Möglichkeit mehr, auch nur den geringsten Zweifel an deren Richtigkeit zu äußern. Über jeden Zweifel erhaben gilt somit ebenfalls die **Maxwellsche Elektrodynamik** spätestens zum Ausgang des 19. Jahrhunderts. Die Indizien sind erschlagend: vom Regenbogen bis zur Satelliten-"Schüssel", vom Fahrrad-Dynamo bis zum Megawatt-Generator im Kraftwerk, vom Lautsprecher bis zum mit flüssigen Helium gekühlten Elektromagneten im Teilchenbeschleuniger.

Alle technischen Errungenschaften, die irgend etwas mit **Elektrizität, Magnetismus, Licht, Radiowellen, Röntgenstrahlen** usw. zu schaffen haben, liefern weitere Indizien für die "Endgültigkeit" der **Theorie des elektromagnetischen Feldes**. Die Beweislast ist erdrückend. Keine Macht der Welt kann daran rütteln. Die Physiker waren - und sind - eindeutig auf dem richtigen Weg!

Die Angelegenheit wäre recht einfach zu bewerten, gäbe es keine anderen physikalischen Erscheinungen, die sich eben **nicht** in das Bild der (klassischen) Elektrodynamik einfügen lassen. Nun lieferte gerade Heinrich **Hertz** einen ersten Hinweis dafür, dass "irgend etwas nicht stimmte". Die Rede davon war bereits im vorausgegangenen Beitrag: Der **lichtelektrische Effekt** ist gemeint. **Hertz** nahm einen solchen Effekt bereits 1887 zur Kenntnis, befasste sich damals aber vordergründig mit der Ausbreitung der **elektromagnetischen Wellen**. Erst Philipp **Lenard** untersuchte diese Angelegenheit - drei Jahre später - etwas näher.

Es geht um folgendes: Nehmen wir ein evakuiertes Glasgefäß mit zwei eingeschmolzenen **Elektroden**. Legen wir an beide Elektroden (die **negative Elektrode** wird **Kathode** genannt und die **positive** heißt **Anode**) eine elektrische Spannung an, so wird zunächst nichts passieren, da ein Vakuum nun einmal keinen elektrischen Strom leitet. Es gibt aber die Möglichkeit, dass aus der Kathode Elektronen herausgelöst werden können, indem der **Kathode** Energie zugeführt wird. Übersteigt diese Energie die **Austrittsarbeit** für die Elektronen, so besteht die Möglichkeit, letztere durch die angelegte Spannung zur (positiven) **Anode** zu bewegen. Ein Stromfluss kommt zustande.

Was die der **Kathode** nun zugeführte Energie anbelangt, so kann dies z.B. Wärmeenergie sein. In Elektronenröhren wird die Kathode elektrisch geheizt. In den Bildröhren der Fernsehempfänger oder Computermonitore kommt dieser Effekt zum Tragen. (Bei Farbbildröhren sind es drei "Elektronenschleudern".)

Aber auch Licht kann als Energielieferant dienen. Dabei stellte man fest, dass die **Austrittsenergie** der Elektronen nicht von der **Lichtintensität**, sondern von deren **Wellenlänge** abhängig ist! Die **Lichtintensität** beeinflusst lediglich die **Anzahl** der aus dem Atomverband der Kathode herausgelösten Elektronen. Und je kürzer die Wellenlänge des Lichtes, um so mehr Energie wird den Elektronen mit auf den Weg gegeben. Dies ist der sog. **lichtelektrische Effekt**.

Die Sache hat aber einen entscheidenden Haken: Die Wellentheorie des Lichtes ist nicht in der Lage,

Physik
Elektrodynamik
Quanten
Weltformel
DPG-Tagungen
Sonstiges

diesen Effekt auch nur ansatzweise zu erklären. Hier wäre die Energie nicht von der Wellenlänge des Lichtes abhängig, sondern von dessen Intensität. Albert Einstein (1879 - 1955) lieferte 1905 eine Erklärung, die mit der klassischen Elektrodynamik eigentlich gänzlich unvereinbar war. Für die Einführung der Lichtquanten (Photonen) wurde Einstein 1921 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet.

Quanten und Wärme

08.06.2000

Wärme tritt zum einen als körperliche Eigenschaft und zum anderen als Strahlung auf.

Erwärmte Körper sind in der Lage, elektromagnetische Strahlung auszusenden. Zum Ausgang des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts befassten sich namhafte Physiker u.a. mit diesen Zusammenhängen. Wärme tritt in zweierlei Form auf. Zum einen ist sie - als Eigenschaft - an materielle Substanzen gebunden. Körper - ob gasförmig, flüssig oder fest - können Energie in jener Form aufzunehmen, die wir subjektiv als Wärme empfinden. Objektiv gesehen handelt es sich um die mechanische **Energie der Atome und Moleküle**, die in der Lage ist, physikalische und/oder chemische Reaktionen auszulösen. Auch wenn man noch keine allzu konkreten Vorstellungen von eben diesen Atomen hatte, so konnte sich - im Rahmen der **statistischen Mechanik** - das "**Billard-Kugel-Modell**" bewähren. Bei Gasen war dies noch vergleichsweise einfach: Die **thermodynamische Größe Temperatur** (als makroskopischer Parameter) auf der einen Seite und die **mittlere Geschwindigkeit der Atome** (respektive Moleküle) auf der anderen Seite standen in gewisser Beziehung zueinander.

Parallel zu dieser "körperlichen Wärme" existiert aber auch noch eine andere Form der Übertragung von Wärmeenergie: Die **Wärmestrahlung**. Dies ist triviale Alltagserfahrung. Die Wärmestrahlung können wir sogar spüren, nähern wir uns einem Ofen oder Heizkörper. Und ist die Temperatur nur hoch genug, strahlt ein erhitzter Körper sogar Licht aus. Der durch den elektrischen Strom geheizte Wolframdraht einer Glühlampe ist die wohl verbreitetste technische Anwendung dieses physikalischen Phänomens.

Die Wärmestrahlung wurde ebenfalls im 19. Jahrhundert ausgiebig untersucht und man stellte eben fest, dass die Wärmestrahlung eines Körpers unter bestimmten Bedingungen nur von dessen Temperatur abhängt und nicht vom Material ("**Schwarzkörper-Strahlung**").

Die Wärmestrahlung (bei Festkörpern und Flüssigkeiten) entpuppte sich als ein Gemisch elektromagnetischer Wellen mit einer ganz bestimmten, von der Temperatur abhängigen, "**kontinuierlichen spektralen Verteilung**". Diese spektrale Verteilung wurde experimentell untersucht, und nun galt es, die empirisch gefundenen Gesetzmäßigkeiten auch theoretisch zu begründen.

Bekannt also waren die Gesetzmäßigkeiten sowohl der Themo- als auch der Elektrodynamik. Und es schien klar, dass sich eine Theorie der Wärmestrahlung irgendwie in eben diese Bild einfügen hatte. Wärmestrahlung hatte etwas mit elektromagnetischen Wellen zu tun. Und Wellen sind sich im Raum ausbreitende Schwingungen in Gestalt sich periodisch verändernden elektrischen und magnetischen Feldkomponenten. Auch die Wärme als schon ziemlich gut erforschte Energieform gab recht wenig Rätsel auf. Um so verwunderlicher erschien es, dass es den Physikern bis Ende des 19. Jahrhunderts nicht gelang, die richtige "Strahlungsformel" zu finden.

Irgend etwas stimmte nicht.

Erst Max **Planck** (deutscher Physiker, 1858-1947) gab im Dezember 1900 die korrekte Strahlungsformel bekannt.

Wellen nun haben etwas - ich formulierte es schon - mit Schwingungen zu tun. Und Schwingungen sind, bevor sie sich als Wellen frei im Raum ausbreiten können, an schwingungsfähige Gebilde, "Resonatoren" genannt, gebunden.

Das Problem: Die Konsequenz der **Planck** schen Strahlungsformel war, dass die Energie dieser "elektromagnetischen Resonatoren" nicht beliebige Werte annehmen konnte, sondern nur das ganzzahlige Vielfache eines bestimmten, der Frequenz der Schwingungen proportionalen, "**Quantums**".

Die Resonanz auf dermaßen "unmögliche" Hypothesen hielt sich zunächst wohl in Grenzen. Vielleicht hatte man auch in Physikerkreisen die ganze Tragweite der **Planck** schen Entdeckung noch nicht so recht begriffen.

Physik
Elektrodynamik
Quanten
Weltformel
DPG-Tagungen
Sonstiges

Nun kannte man ja zu allem Überfluß auch beispielsweise noch den lichtelektrischen Effekt, der ebenfalls ein "frequenzabhängiges Phänomen" beinhaltet. Im Rahmen der klassischen Elektrodynamik war dies völlig unverständlich. Einstein veröffentlichte 1905 in den Annalen der Physik einen Aufsatz, der sich u.a. auch mit diesem Problem auseinandersetzte.

Einstein und die Lichtquanten

12.06.2000

Den Nobelpreis für Physik erhielt 1921 Albert Einstein, der allerdings erst ein Jahr später überreicht wurde. Die Relativitätstheorie wurde hierbei nicht ausdrücklich erwähnt. Den Nobelpreis erhielt **Einstein "für seine Verdienste um die theoretische Physik und insbesondere für seine Entdeckung des Gesetzes für den photoelektrischen Effekt"**.

Hatten sich der Beitrag **Quanten und Elektrodynamik** mit der Problematik des elektromagnetischen Feldes andeutungsweise auseinandergesetzt, so befasste sich der Text **Quanten und Wärme** mit dem Phänomen Wärme. Beide, so ist bekannt, stehen in einer Beziehung zueinander. Die Entdeckung der richtigen "Strahlungsformel" ist für immer mit dem Namen Max **Planck** verbunden. Erst fünf Jahre später beschäftigte sich ein anderer Physiker - Albert Einstein - ebenfalls mit dieser Problematik, allerdings andere Schwerpunkte setzend.

1905 veröffentlichte **Einstein** drei Aufsätze in den **Annalen der Physik**. Der erste dieser Beiträge hieß (Ann. Phys. 17 (1905) 132): **"Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt"**. Hier ein kleiner Ausschnitt daraus:

Die mit kontinuierlichen Raumfunktionen operierende Undulationstheorie [Wellentheorie, W. N.] des Lichtes hat sich zur Darstellung der rein optischen Phänomene vortrefflich bewährt und wird wohl nie durch eine andere Theorie ersetzt werden. Es ist jedoch im Auge zu behalten, dass sich die optischen Beobachtungen auf zeitliche Mittelwerte, nicht aber auf Momentanwerte beziehen, und es ist trotz der vollständigen Bestätigung der Theorie der Beugung, Reflexion, Dispersion etc. durch das Experiment wohl denkbar, dass die mit kontinuierlichen Raumfunktionen operierende Theorie des Lichtes zu Widersprüchen mit der Erfahrung führt, wenn man sie auf die Lichterzeugung und Lichtverwandlung anwendet. Es erscheint mir nun in der Tat, dass die Beobachtungen über die "Schwarze Strahlung", Photolumineszenz, die Erzeugung von Kathodenstrahlen durch ultraviolettes Licht [photoelektrischer Effekt] und andere die Erzeugung bzw. Verwandlung Lichtes betreffende Erscheinungsgruppen besser verständlich erscheinen unter der Annahme, dass die Energie des Lichtes diskontinuierlich verteilt sei. Nach der hier ins Auge zu fassenden Annahme ist bei Ausbreitung eines von einem Punkte ausgehenden Lichtstrahles die Energie nicht kontinuierlich auf größer und größer werdende Räume verteilt, sondern es besteht dieselbe aus einer endlichen Zahl von in Raumpunkten lokalisierten Energiequanten, welche sich bewegen, ohne sich zu teilen und nur als Ganze absorbiert und erzeugt werden können.

Im Klartext: Nehmen wir die elektromagnetischen im allgemeinen und die optischen Erscheinungen im besonderen als Ausdruck **"kontinuierlicher Raumfunktionen"** von irgendwelchen physikalischen Größen, so geraten wir in einen unauflösbaren Widerspruch zur Erfahrung, wenn wir den **Erfahrungsbereich ausdehnen** auf Phänomene, die sich mit **"andere(n) die Erzeugung bzw. Verwandlung Lichtes betreffende(n)"** Effekten auseinandersetzen.

Die **Maxwellsche** Theorie beschreibt eindeutig ein **Kontinuum!** Und eine Reihe von Erscheinungen sind mit dieser Kontinuums-Theorie und nur mit dieser - beschreibbar, jedenfalls all jene Erscheinungen, die irgendwie sich auf **"Wellen"** beziehen. Somit hatte sich **Einstein** zu der Aussage durchgerungen, dass diese Kontinuums-Theorie **"wohl nie durch eine andere Theorie ersetzt werden"** wird.

Andererseits verweist **Einstein** auf Effekte, die nun absolut nicht in das Bild dieser **"Undulationstheorie des Lichtes"** einzuordnen sind.

Physik
Elektrodynamik
Quanten
Weltformel
DPG-Tagungen
Sonstiges

Einerseits das Festhalten an einer **bewährten Theorie** - und andererseits das sich Beschäftigen mit Phänomenen, die voll im Widerspruch zu dieser Theorie stehen. Diese Widersprüche sind bis heute nicht gelöst worden. Aber man hat mathematische Formalismen entwickelt, mit deren Hilfe die **quantitative Beschreibung** bestimmter Zusammenhänge möglich ist. Und die logischen Widersprüche werden abgetan mit dem Hinweis auf die Unanschaulichkeit der Quantenphysik.

Weitere Informationen dazu sind hier nachzulesen (DPG-Beiträge):

- Anschaulichkeit - ein Mißverständnis in der Physik?

- [Zur Dominanz der Elektrodynamik bei der Erarbeitung der Quantenphysik.](#)

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Die einheitliche Theorie gilt noch immer als das Ziel physikalischer Forschung. Die Erfolge der Physik im 19. Jahr legten die Auffassung nahe, dass diese Ziel in gar nicht allzu weiter Ferne erreichbar ist. Betrachten wir jedoch die letzten 100 Jahre physikalischer Forschung, so drängt sich langsam die Frage auf, ob dieses vermeintliche Ziel nicht eher die Voraussetzung bildet für den wahren Erkenntnisfortschritt.

Physik	Elektrodynamik
WissTheorie	Quanten
WissKritik	Weltformel
Gesellsch	DPG-Tagungen
Technik	Sonstiges
Astronomie	S.Hawking
Sonstiges	geb. 1942



1980 habe ich gesagt, dass unsere Chancen 50 zu 50 stünden, bis Ende des Jahrhunderts eine solche allumfassende Theorie zu finden. Obwohl wir in den vergangenen 20 Jahren große Fortschritte gemacht haben, sind wir jedoch unserem Ziel offenbar bisher nicht näher gekommen. ... Die 20 Jahre beginnen erst jetzt.

Stephen Hawking, Juli 1999

Wissenschaft und Kritik - Physik

Die Suche nach dem geistigen Band

11.03.2000

Wer will was Lebendig's erkennen und beschreiben,
sucht erst den Geist herauszutreiben,
dann hat er die Teile in seiner Hand,
fehlt leider! nur das geistige Band.

Goethe, aus Faust I

Im Jahr 1999 tauchte - schon wieder einmal - die Metapher von der Weltformel in der Presse auf. Der Anlass: Eine Tagung, die vom 19. bis 24. Juli 1999 in Potsdam stattfand. "Strings 99" hieß diese Veranstaltung, an der die internationale Prominenz der Stringtheoretiker (und auch andere Physiker) teilnahm. Der Gastgeber war das Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik. Wie auch immer man zu solch spektakulären Veranstaltungen stehen mag und man vielleicht nicht so recht weiß, wie man die neuesten Erkenntnisse auf diesem oder jenem Gebiet bewerten soll, so weckt die "Weltformel" eventuell einige Assoziationen. Vielleicht erscheint zunächst der Gedanke, dass es eine "einheitliche Welt" geben mag und dass die Wissenschaft - zumindest grundsätzlich - in der Lage sei, diese Einheit der Welt in einer einheitlichen Theorie erfassen zu können. Und nicht zuletzt weist der Begriff "Weltformel" auch darauf hin, dass eine "einheitliche Welttheorie" irgendwie etwas mit ihrer mathematischen Darstellung zu tun haben muss.

Die Physik ist - so wie wir sie heute kennen - etwa vierhundert Jahre alt. Und Bestrebungen, "die Welt" zu verstehen, gab es viel länger schon. Tatsache: Die "Weltformel" wurde in der Vergangenheit scheinbar mehrmals bereits "gefunden". Im 19. Jahrhundert galt die Physik als abgeschlossen. Nur ein paar Kleinigkeiten waren noch zu klären. Es kam jedoch ganz anders; die eigentlichen Probleme tauchten mit dem Jahrhundertwechsel auf. Werner **Heisenberg** gab in der Mitte des 20. Jahrhunderts seine berühmte Weltformel bekannt, die sich allerdings als Flop erwies. Auch **Einstein** bemühte sich jahrzehntelang vergebens um die Vereinigung von Gravitation und Elektrodynamik. Und im Bestreben, Quantenphysik und Gravitation in Einklang zu bringen ist man bislang gescheitert - fast ein ganzes Jahrhundert lang. Der zurzeit berühmteste Physiker auf unserem Planeten, Stephen **Hawking** äußerte sich auf eben dieser Tagung (**BERLINER MORGENPOST, 22. Juli 1999**):

1980 habe ich gesagt, dass unsere Chancen 50 zu 50 stünden, bis Ende des Jahrhunderts eine solche allumfassende Theorie zu finden. Obwohl wir in den vergangenen 20 Jahren große Fortschritte gemacht haben, sind wir jedoch unserem Ziel offenbar bisher nicht näher gekommen.

Hawking jedoch bleibt bei seiner Aussage - mit einer kleinen Korrektur:

Die 20 Jahre beginnen erst jetzt.

Vielleicht aber erst in hundert Jahren. Wer weiß das vorher? Die Erfolge bei der Suche nach dem "geistigen Band" sind nicht gerade sehr überzeugend. Grund genug, sich einige Gedanken zu machen. Diese Gedanken sollten sich nicht auf einzelne Aussagen einzelner Wissenschaften beziehen, sondern auf die Wissenschaften (speziell die Physik) selbst.

Nachtrag 15.03.2018: Gestern (14.03.) ist Hawking nach etwa 50jähriger schwerer Krankheit (ALS) leider verstorben. Die zweiten 20 Jahre sind somit fast verstrichen, aber an der Gesamtsituation hat sich immer noch nicht wirklich etwas geändert. Und auch in den nächsten 20 Jahren wird es keine echten Fortschritte geben. Zumindest solange nicht, wie der bisherige Weg der Erkenntnisgewinnung - und davon kann man ausgehen - nicht verlassen wird. Vielleicht werde ich dies noch erleben. Vielleicht, wahrscheinlich nicht! Doch die darauffolgenden 20 Jahre überschreiten mit Sicherheit meinen "Daseins-Horizont". Meine Prognose: Auch in 40 Jahren wird man der einheitlichen physikalischen Theorie mit Sicherheit nicht einen Schritt nähergekommen sein. Wetten dass...? - Ach so, diese Wette ist völlig sinnlos, weil ich deren Ausgang ohnehin nicht mehr erleben werde.

Physik
Elektrodynamik
Quanten
Weltformel
DPG-Tagungen
Sonstiges

[Home] [Seitenanfang]

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Vorgesehen sind an dieser Stelle Berichte von den alljährlich stattfindenden Tagungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, speziell des Fachverbandes Didaktik der Physik. Die hier vorgestellten Texte erheben absolut keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Objektivität.

Physik	Elektrodynamik
WissTheorie	Quanten
WissKritik	Weltformel
Gesellsch	DPG-Tagungen
Technik	Sonstiges
Astronomie	
Sonstiges	Logo der DPG



Die DPG dient ausschließlich und unmittelbar der Physik. Sie vertritt die Gesamtheit ihrer Mitglieder und fördert den Erfahrungsaustausch in Lehre, Forschung und Anwendung innerhalb der DPG, der internationalen Gemeinschaft der Wissenschaftler und darüber hinaus. Sie widmet ihre besondere Aufmerksamkeit der Förderung des Nachwuchses und seiner beruflichen Zukunft. Diese Ziele sucht die DPG insbesondere zu erreichen durch

- Haupttagungen ("Physikertagungen") sowie Fachtagungen und wissenschaftliche Sitzungen, ...

Aus der Satzung der DPG

Wissenschaft und Kritik - Physik

Alle Jahre wieder

Frühjahrstagung 2000 der DPG

26.03.2000

Wichtiger Bestandteil der Arbeit der DPG sind die alljährlich im März stattfindenden Tagungen. Dass das Jahr 2000 das Jahr der Physik war, wird sicherlich nicht allzu vielen Leuten bekannt sein. "Wissenschaft im Dialog" heißt eine Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, deren konkrete Umsetzung eben "Das Jahr der Physik" lautete.

Physik ist nämlich keine auslaufende Wissenschaft, wie manche glauben, sondern sie ist nach wie vor eine gute Investition in die Zukunft.

Dieser Satz entstammt einer Rede der Ministerin am 18. Januar 2000 o.g. Ministeriums anlässlich der Eröffnung des Jahres der Physik. Mit diesem Satz mag sie wohl recht haben, doch ein Thema auf der 64. Physikertagung der DPG war nun einmal die Tatsache, dass man seit Jahren mit Nachwuchsproblemen zu kämpfen hat: Die Zahl der Studienanfänger im Fach Physik verringerte sich dramatisch. Nun ist es leider so, dass die Akzeptanz der Naturwissenschaften in großen Teilen der Bevölkerung seit Jahrzehnten gleichermaßen abgenommen hat. Und das Interesse daran auch. Das Unterrichtsfach Physik beispielsweise steht in der Beliebtheitsskala in den Schulen auf vorletzter bis letzter Stelle. Auch dies wurde beklagt. Fairerweise muss man dagegenhalten, dass eine Vielfalt der - für uns so selbstverständlichen - technischen Errungenschaften ohne die moderne Physik undenkbar wären.

Wenngleich die Kernenergie - spätestens nach der Reaktorkatastrophe am 26.04.1986 in Tschernobyl - unter einem denkbar schlechten Stern steht, so sollte man bedenken, dass die Kernphysik eben nur ein bescheidener Teil der Wissenschaft ist, die "Physik" genannt wird. Einerseits dient die Physik - dies wurde auf der Tagung mehrfach betont - vorrangig dem Erkenntnisgewinn, so ist man andererseits (auf speziellen Gebieten) dennoch stolz darauf, wenn man verwertbare Ergebnisse vorzuweisen hat.

Das Problem: Die Physik ist unüberschaubar geworden. Die Physik als homogene Wissenschaft gibt es - wie es den Anschein hat - längst nicht mehr. Wir finden eine Vielzahl von physikalischen Disziplinen vor mit einer Vielzahl konkreter Forschungsthemen; aber so richtig blickt keiner mehr durch.

Die Spezialisierung und weitgehende Arbeitsteilung fordert ihren Tribut. Die Physik - als prinzipiell nachvollziehbare "rationale Welterkenntnis" - musste einem weitreichenden Spezialistentum weichen, sodass letztendlich nur noch Autoritäten zählen.

Wie dem auch sei, ob irgendwelche politischen Initiativen der hier vorliegenden Art, so begrüßenswert sie auch sein mögen, letztendlich irgendwelche Probleme lösen, darf bezweifelt werden.

Frühjahrstagung 2001 der DPG

24.03.2001

Die Frühjahrstagung im Jahr 2000 des Fachverbandes **Didaktik der Physik** fand vom 21.03. bis 23.03. in Bremen statt. Jedes Jahr im März finden die Frühjahrstagungen aller Fachverbände der **Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)** statt. Dies gilt auch für den Fachverband **Didaktik der Physik**. Gastgebende Hochschule war im Jahr 2001 die Universität Bremen. Hier einige wenige Eindrücke von dieser Veranstaltung aus meiner ganz subjektiven Sicht, die schon deshalb nicht vollständig ist, weil man nicht alle parallel stattfindenden Fachsitzungen besuchen kann.

Ein Hauptvortrag befasste sich mit einem Thema, welches - zunächst - nicht unmittelbar als physikalisches Forschungsthema zu betrachten ist. Das Thema lautete: **Die Ratte im Labyrinth - Lernen und Repräsentation aus neurowissenschaftlicher Sicht**. Nun bedient sich die Neurophysiologie - wie sollte es anders sein - natürlich auch physikalischer Mess-, Beobachtungs- und Auswertungsmethoden. Hier ein Auszug aus dem Abstract des Vortrages:

In den letzten Jahren sind in den experimentellen und theoretischen Neurowissenschaften erhebliche Fortschritte auf den Gebieten der Plastizität im Nervensystem und der Signalverarbeitung durch Nervenzellverbände erzielt worden. So lassen sich präzise Bedingungen für Signalfluss auf zellulärer und subzellulärer Ebene angeben, unter denen sich synaptische Übertragungseigenschaften selbst organisiert ändern (Hebbsches Lernen).

Hier taucht u.a. der Name Hebb ("**Hebbsches Lernen**") auf. Auf folgender Web-Seite ist eine Einführung in die Neurophysiologie zu finden: **Neurophysiologische Aspekte**. Daraus ein kurzes Zitat:

Nach dem Modell des Neuropsychologen Donald O. Hebb (1949) sind solche Cell Assemblies die kortikalen Repräsentanten von Gegenständen, Begriffen, Gedanken und Wörtern. In seinem 1949 veröffentlichten Buch The Organization of Behavior postuliert Hebb die Theorie, eine Entsprechung von psychologischen Einheiten und Cell Assemblies existiere. Nach HEBB (1949) soll das Gehirn als ein Ensemble von Neuronen assoziatives Gedächtnis durch Veränderungen synaptischer Verbindungen schaffen. Eine "Zündung" einer bestimmten Cell Assembly soll mit dem Auftreten von bestimmten psychologischen Vorgängen eines Typs stark korrelieren.

In seinem Beitrag wies der Vortragende (Dr. Eurich vom **Institut für Theoretische Physik** der Uni Bremen) darauf hin, dass zwar in den mehr als 50 Jahren (seit Hebb) die empirische Forschung auf dem Gebiet der Neurophysiologie gewaltiges Wissen anhäufte, aber im wesentlichen (nicht in jedem Detail) die Ansätze des Donald O. Hebb bewiesen wurden. Von einem wirklichen Durchbruch im Verständnis der Vorgänge der "Datenspeicherung und -verarbeitung im Hirn" kann - trotz gewaltigen Aufwandes in der Forschung weltweit - nicht die Rede sein. (Zu diesem Thema passt ergänzend mein Artikel **Die unterschätzten Vögel**). Auch als Laie sollte man sich gehörig darüber wundern und zumindest den Verdacht äußern dürfen, dass sich die Forschung - auch auf diesem Gebiet - möglicherweise in der Sackgasse befindet.

Vier weitere (Kurz-)Vorträge kritisierten u.a. "irreführende und fehlerhafte Erklärungstraditionen in der Physik" (aus dem Abstract von A.Müller, Institut für Physik Uni Landau des Beitrages **Altlasten und neue Ideen in Elektrizitätslehre und Elektrodynamik**). Auf die Details möchte ich aus Platzgründen (noch) nicht näher eingehen. (Nach dem Erscheinen der Tagungs-CD werde ich möglicherweise das eine oder andere Thema nochmals aufgreifen und ausführlicher behandeln.) Doch scheint es, dass - auch in Lehrbüchern - fleißig ein Autor vom anderen abschreibt, ohne irgendwelche Erklärungen wirklich nachzuvollziehen. Und solches geschieht vielleicht seit Generationen! Der Vortragende äußerte sich überaus verwundert darüber, dass offensichtliche Fehler kritiklos hingenommen werden. Mein persönlicher Kommentar: Ich wundere mich nicht ganz so sehr.

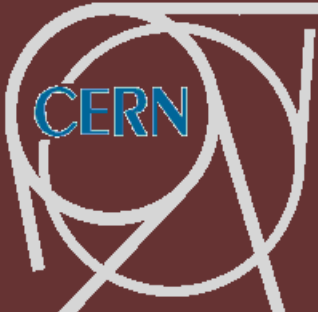
Physik
Elektrodynamik
Quanten
Weltformel
DPG-Tagungen
Sonstiges

Ein Schwerpunktthema - dies galt auch für die Tagung des vergangenen Jahres - war die **Nichtlineare Physik**. Hier möchte ich lediglich darauf hinweisen, dass dies ein recht vielschichtiges Thema ist. Einige Aspekte hatte ich schon in einigen Artikeln andeutungsweise abgehandelt. Weitere Beiträge werden folgen. Und auch um den Nachweis der wissenschaftstheoretischen Relevanz jenes Themenkomplexes werde ich nicht herum kommen

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Hier sind Themen der physikalischen Forschung zu finden, die sich nicht in eine andere Rubrik eingliedern lassen. Jedenfalls gehören auch die Projekte der Großforschung zum Themengebiet. **DESY** und **CERN** sind die bakanntesten europäischen Forchungeinrichtungen. Das **Brookhaven National Laboratory** zählt zu den wichtigsten amerikanischen Institutionen der Großforschung.

Physik	Elektrodynamik		CERN is the European Organization for Nuclear Research, the world's largest particle physics centre. Founded in 1954, the laboratory was one of Europe's first joint ventures, and has become a shining example of international collaboration. From the original 12 signatories of the CERN convention, membership has grown to the present 20 Member States. <u>Zitiert aus der CERN-Web-Site</u>
WissTheorie	Quanten		
WissKritik	Weltformel		
Gesellsch	DPG-Tagungen		
Technik	Sonstiges		
Astronomie			
Sonstiges	CERN		

Wissenschaft und Kritik - Physik

Das Standardmodell

12.02.2001

Bestimmte physikalische Erkenntnisse kommen bisweilen völlig unerwartet daher. Betrachtet man jedoch die Physik in ihrer historischen Entwicklung, müsste man stets auch das Unerwartete erwarten können. Aus einer [Pressemitteilung der Uni Heidelberg](#) vom 9. Februar 2001 ist zu erfahren:

Neues Messergebnis gibt Hinweis auf wesentliche Erweiterung des Standardmodells der Urkräfte – Heidelberger Wissenschaftler vom Physikalischen Institut der Universität und dem Max-Planck-Institut für Medizinische Forschung entwickelten Präzisionssystem für die Messungen

Am gestrigen Donnerstag hat am Brookhaven National Labor in New York, USA, ein Team von Wissenschaftlern aus elf Institutionen in Deutschland, Japan, Russland und USA ein physikalisches Messergebnis der Öffentlichkeit vorgestellt, welches sich deutlich von Vorhersagen im Rahmen des sogenannten Standardmodells der Teilchenphysik unterscheidet. Dieses theoretische Gebäude wurde im Verlauf der letzten dreißig Jahre entwickelt und fasst alle bisherigen experimentellen Beobachtungen der experimentellen Teilchenphysik in hervorragender Weise zusammen. In Brookhaven wurde nun an einem dem Elektron verwandten Elementarteilchen, dem Myon, in einem Präzisionsexperiment eine Eigenschaft vermessen, die sich magnetische Anomalie nennt. Von mehreren theoretischen Physikern weltweit wurde dafür schon seit langem die Möglichkeit in Erwägung gezogen, dass zu dieser Größe auch neue, bisher unbekannte grundlegende Naturkräfte beitragen könnten.

Und **bild der wissenschaft** betitelt eine diesbezügliche Meldung vom 12.02.01 mit folgender Überschrift:

Ist die Welt ganz anders?

Hier einige Zeilen dieser Meldung:

Ein Theoriegebäude, mit dem Physiker seit über 30 Jahren fundamentale Eigenschaften der Materie beschreiben, wurde unerwartet erschüttert. Das sogenannte 'Standardmodell' stimmt nicht mit Ergebnissen von Versuchen überein, die Forscher mit dem Teilchenbeschleuniger im amerikanischen Brookhaven durchgeführt haben. 'Wir sind uns zu 99 Prozent sicher', sagt der Physiker Gerry Bunce. Er hat das Experiment jetzt auf einer Sonderkonferenz in Brookhaven vorgestellt.

Nicht darüber sollte man sich übermäßig wundern, dass irgendwann einmal der Fall eintreten könnte, dass irgendwelche Theorien sich als falsch bzw. als nur eingeschränkt gültig erweisen könnten, sondern eher darüber, dass ein Theoriegebäude völlig "**unerwartet erschüttert**" wurde. Unerwartet vielleicht mag es den Spezialisten erscheinen, die sich ganz auf ihr eigenes, stark abgegrenztes, Forschungsgebiet beschränken müssen, weil sie einfach gar nicht anders können.

Versucht man hingegen die Physik als Ganzes, und im Rahmen ihrer historischen Entwicklung, zu begreifen, so wird es, wenn man ehrlich ist, bei diesem **Versuch** wohl bleiben müssen. "Die Physik begreifen" wird einfach nicht gelingen wollen. Man kann vielleicht bestimmte Modelle mit ihrem bestimmten "Gültigkeitsbereich" erlernen und auch deren Anwendung in der technischen Praxis, aber **verstehen** ist nicht mehr(?) möglich, zumal logische Widersprüche und andere Ungereimtheiten seit mindestens 100 Jahren die Entwicklung der Physik begleiten. Auf wenige dieser Widersprüche und ungelösten Probleme bin ich in einigen meiner Artikel bereits eingegangen. (Weitere werden folgen.)

Hier einige Links zu relevanten Artikeln (eine Auswahl):

- [Die Suche nach dem geistigen Band](#)
- [Hundert Jahre moderne Physik](#)
- [Erfolge von Wissenschaft und Technik](#)
- [Aufklärung](#)
- [Tradition oder Fortschritt](#)
- [Der blinde Fleck](#)

<u>Physik</u>
<u>Elektrodynamik</u>
<u>Quanten</u>
<u>Weltformel</u>
<u>DPG-Tagungen</u>
<u>Sonstiges</u>

Und noch etwas: Die hier gezeigte Überraschung wird nicht die letzte Überraschung sein. Neue, immer noch komplizierter werdende , "Standardmodelle" werden folgen. Mit neuem, immer noch aufwendigerem, Experimentiergerät wird man diesen auf den Pelz rücken und sich freuen, dass Theorie und Experiment so schön übereinstimmen.

Bis eines Tages und "völlig unerwartet"...

Die Zyklen, Epi-Zyklen und Epi-Epi-Zyklen des Herrn Ptolemäus lassen grüßen.

[[Home](#)] [[Seitenanfang](#)]



Wie zufällig ist der Zufall? - Determinismus -

Was eigentlich verbirgt sich hinter dem Begriff des Determinismus?

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Zufall
Determinismus
Kausalität
Vorhersagen

**Albert
Einstein**
1879 - 1955



Du glaubst an der würfelnden Gott und ich an die volle Gesetzlichkeit in der Welt von etwas objectiv Seiendem, das ich auf wid spekulativem Wege zu erhaschen suche. Ich *glaube* fest daran, aber ich hoffe, dass einer einen mehr realistischen Weg, bzw. eine mehr greifbare Unterlage finden wird, als es mir gegeben ist. Der große anfängliche Erfolg der Quantentheorie kann mich doch nicht zum Glauben an das fundamentale Würfelspiel bringen, wenn ich auch wohl weiß, daß die jüngeren Kollegen dies als Folge der Verkalkung auslegen. Einmal wirds sich ja herausstellen, welche instinktive Haltung die richtige gewesen ist.

Albert Einstein, 1944

Wie zufällig ist der Zufall? - Determinismus

Die Begriffe der Kausalität und des Determinismus verwendeten wir im bisherigen Text, darauf vertrauend, dass der Leser mit diesen Begriffen etwas anzufangen vermochte. Die Bedeutung ergab sich aus dessen Anwendung, und somit verzichteten wir auf eine explizite Definition. Jedoch ist es an der Zeit, versäumtes nachzuholen. Den Anfang machen wir mit zwei Zitaten aus einem Wörterbuch der Philosophie:

Kausalität

Die Vorstellung, dass jedes Ereignis (Wirkung) durch ein vorangegangenes Ereignis (Ursache, lat. causa) hervorgerufen wird. Eine Kausalkette ergibt sich, wenn jede Wirkung selbst wieder Ursache ist. Die Vorstellung einer umfassenden Kausalität im Weltgeschehen wurde bereits von Demokrit entwickelt; sie blühte zusammen mit der klassischen Physik Newtons und dem Aufschwung der Technik seit der Renaissance auf. Im Bereich der Mechanik ist die Kausalität evident...

Determinismus

Auffassung, derzufolge ein Geschehen oder das Weltgeschehen überhaupt gesetzmäßig bestimmt abläuft. Die stillschweigende Anwendung des Determinismus ist Voraussetzung jeder Wissenschaft...

Bezogen auf den Determinismus leisteten wir im letzten Kapitel bereits einige Vorarbeit. Von der Gesetzmäßigkeit des materiellen Geschehens neben anderem war auch dort die Rede. Auf eine ganz bestimmte Art von Gesetzen gingen wir ein: die Zeitgesetze. Folgende abstrakte symbolische Darstellung für ein solches Gesetz wählten wir:

$$\mathbf{y} = \mathbf{f}(\mathbf{y}_0, \mathbf{P}, t).$$

Ein derart gekennzeichnetes System sei als determiniert eingestuft, dies dahingehend verstanden, dass ein Zeitgesetz vorliegt. Ist der Systemzustand $\mathbf{y}_0$ zu einem beliebigen Zeitpunkt $t = t_0$ gegeben, so gilt damit jeder andere Zustand $\mathbf{y}_x$ zu jedem beliebigen anderen Zeitpunkt $t = t_x$ als eindeutig bestimmt. Der Zustand des Systems zur gegebenen Zeit determiniert dessen Zustand zu beliebigen Zeiten. Dabei kann gelten $t_x < t_0$ (Vergangenheit) oder $t_x > t_0$ (Zukunft). Der Zustand $\mathbf{y}_0$ zum Zeitpunkt $t = t_0$ wird Anfangszustand genannt. Dieser Anfangszeitpunkt ist weitgehend willkürlich.

Beziehen wir diese Überlegungen beispielsweise auf unser Sonnensystem, so kann als Anfangszustand die Planetenkonstellation am 1. Januar 1993 um 0.00 Uhr angenommen werden. Ist dieser Systemzustand bekannt (hier handelt es sich nicht mehr nur um ein „inparametriges System“, was für unsere Überlegungen unwesentlich ist), so kann man den Zustand des Sonnensystems fast beliebig in Vergangenheit und Zukunft berechnen. Wann totale Sonnenfinsternisse, und an welchem geographischen Ort beobachtbar, in den nächsten Jahrhunderten eintreten werden, „steht nicht in den Sternen“, sondern lässt sich exakt berechnen. Auch die Vergangenheit gibt keine unlösbaren Rätsel auf. Prozesse, die sich in die Vergangenheit zurückverfolgen lassen, heißen **reversibel**.

Die symbolische Gleichung $\mathbf{y} = \mathbf{f}(\mathbf{y}_0, \mathbf{P}, t)$ soll lediglich zeigen: Der an das gegebenen System geknüpfte Prozess ist ein gesetzmäßiger, ein determinierter Vorgang. Mehr kann diese Gleichung gar nicht ausdrücken. Denn, was den als „Zeit“ bezeichneten Parameter betrifft, so beschäftigte der uns schon recht lange. Und wir wiesen darauf hin, dass die Zeit alles andere ist als eine vom materiellen Geschehen unabhängige und losgelöste Größe. Die Zeit - das war Gegenstand der Überlegungen des vorausgegangenen Textes (Wieso weiß die Uhr, wie spät es ist?) - ist Ausdruck der Tatsache der Korreliertheit voneinander unabhängiger Prozesse. Damit hat die Gleichung $\mathbf{y} = \mathbf{f}(\mathbf{y}_0, \mathbf{P}, t)$ für sich allein überhaupt keinen Sinn. Mindestens ein weiterer Prozess muss herangezogen werden, um überhaupt zu verwertbaren Aussagen zu gelangen. Eines Vergleichsprozesses bedarf es auf alle Fälle. (Zur Erinnerung: Systeme, die einen solchen Referenzprozess realisieren, heißen Uhren.) Dieser Umstand soll in folgenden symbolischen Gleichungen beschrieben werden.

Objektprozess:

$$\mathbf{y} = \mathbf{f}(\mathbf{y}_0, \mathbf{P}, t)$$

Referenzprozess:

$$\mathbf{y} = \mathbf{f}(\mathbf{y}_{r0}, \mathbf{P}_r, t)$$

Doch stellten wir im vorigen Kapitel fest, dass auch diese Darstellung nur Sinn hat in einem ganz bestimmten materiellen Umfeld, dessen Bestandteil beide Systeme - Objektsystem und Referenzsystem (Uhr) - im Rahmen der Hierarchien der Materiestrukturen sind. Konkret ging es um die Beziehungen der

Massen im kosmischen Zusammenhang. Beziehen wir schließlich alle genannten Überlegungen ein, so dürfen wir jetzt sagen, der durch die Gleichung

$$y = f(y_0, P, t)$$

symbolisierte Prozess ist determiniert - aber nur in Beziehung zu dem ebenfalls genannten Referenzprozess, der „irgendwie zum gleichen materiellen Umfeld“ auf gleicher Ebene gehören muss wie der Objektprozess auch.

Reichlich umständlich, könnte man meinen, aber doch irgendwie logisch. Alle Prozesse also, die sich in diese Tatsache einordnen, sind determiniert - in gegenseitiger Beziehung aber Unabhängigkeit. Diese Determiniertheit besitzt objektiven Charakter. Das will heißen, unabhängig davon, ob wir Prozesse beobachten und Informationen darüber sammeln, gilt diese Determiniertheit.

Einen Schönheitsfehler aber hat die gerade gewählte Darstellung trotz allem. Wir haben es mit der Zeit zu schaffen, von der wir uns, um allgemeingültige Aussagen zu gewinnen, trennen müssen. Versuchen wir jetzt, die Angelegenheit etwas anders anzupacken. Was also ist ein Jahr? - 356 Tage, das weiß doch jeder (und noch einen viertel Tag dazu, etwas genauer: 365,25964 Tage). Was aber bedeutet diese Aussage? - Auch dies ist klar und bedarf keiner weiteren Erläuterung. Zwei - voneinander weitgehend unabhängige! - Prozesse werden in Beziehung gebracht. Der eine Prozess betrifft die Bewegung der Erde um die Sonne. (Um einen vollen Umlauf überhaupt feststellen zu können, bedarf es gewisser Anhaltspunkte. Die damit verbundenen Probleme behandelten wir bereits sehr ausführlich. Stichwort: Bezugssysteme.)

Den zweiten Prozess, den Referenzprozess, finden wir in der Rotation der Erde um ihre eigene Achse. Auch hier beziehen wir uns wieder auf das gleiche Bezugssystem. Wir stellen eine enge Beziehung fest zwischen dem „Objektprozess“ (die Bewegung der Erde um die Sonne) und dem „Referenzprozess“ (die Eigenrotation der Erde): beide Prozesse sind korreliert. Immer stehen die beiden - voneinander unabhängigen! - Bewegungen in einem bestimmten Verhältnis zueinander. Jetzt sind wir in der Lage, von gesetzmäßigen Bewegungen zu sprechen, selbst dann, erwiese dieses Verhältnis sich als nicht konstant, sondern unterläge - gleichfalls gesetzmäßigen - Veränderungen. Sind die gerade aufgezeigten Korrelationen vorhanden, so sprechen wir von determinierten Prozessen. Folgende symbolische Darstellung drückte dies aus:

$$y = f(y_{r0}, P_r, t)$$

Mit y bezeichnen wir wieder den Systemparameter des Objektprozesses (dies ist im gerade genannten Beispiel die Lage der Erde in bezug zu den Fixsternen während ihres „Umlaufes“ um die Sonne) und mit y_r den Referenzparameter (letzterer ist der aktuelle Drehwinkel der Erde bei der Eigenrotation um sich selbst). Jetzt sind wir in der Lage, die gerade gezeigte Gleichung auf extrem einfache Weise konkret zu formulieren:

$$y = y_r / 365 .$$

Geben wir als Maßeinheiten Winkelgrade an, so erhalten wir für die vollständige Bewegung um die Sonne einen Winkel von 360° und damit für die Erdrotation genau

$$365 \times 360^\circ = 131.400^\circ .$$

Ein Jahr, das aber auch sind (etwa) 8.760 Stunden. Der große Zeiger einer Uhr muss immerhin im Laufe eines Jahres 8.760 mal eine volle Umdrehung vollführt haben. Jetzt verändert sich gerade notierte Gleichung nur unwesentlich um einen konstanten Faktor:

$$y = y_r / 8760 .$$

Dieses Spielchen können fortsetzen. Was immer für einen periodischen Referenzprozess wir auch wählen, stets wird sich eine Beziehung genannter Art finden lassen. Diese verschiedenen Beziehungen unterscheiden sich lediglich um einen konstanten Faktor. Was also läge näher, als die konkreten Bezugsprozesse zu ersetzen durch eine normierte Größe, welche wir „Zeit“ nennen. **Mach** drückte dies folgendermaßen aus (ich wiederhole):

Ernst Mach



Wenn ein Ding A sich mit der Zeit ändert, so heißt dies nur, die Umstände eines Dinges A hängen von den Umständen eines Dinges B ab. Die Schwingungen eines Pendels gehen in der Zeit vor, wenn dessen Exkursion von der Lage der Erde abhängt. Da wir bei der Beobachtung des Pendels nicht auf die Abhängigkeit von der Lage der Erde achten zu brauchen, sondern dasselbe mit irgendeinem anderen Ding vergleichen können (dessen Zustände freilich wieder von der Lage der Erde abhängen), so entsteht leicht die Täuschung, dass alle diese Dinge unwesentlich seien. Ja wir können, auf das Pendel achtend, von allen übrigen Dingen absehen und finden, dass für jede Lage unsere Gedanken und Empfindungen andere sind. Es scheint demnach die Zeit etwas besonderes zu sein, von dessen Verlauf die Pendellage abhängt, während die Dinge, welche wir zum Vergleich nach freier Wahl herbeiziehen, eine zufällige Rolle zu spielen scheinen. Wir dürfen aber nicht vergessen, dass alle Dinge miteinander zusammenhängen und dass wir selbst mit unseren Gedanken nur ein Stück Natur sind. Wir sind ganz außerstande, die Veränderungen der Dinge an der Zeit zu messen. Die Zeit ist vielmehr eine Abstraktion, zu der wir durch die Veränderung der Dinge gelangen, weil wir auf kein bestimmtes Maß angewiesen sind, da eben alle untereinander zusammenhängen.

Folgende - vorläufige - Definition determinierter Prozesse sind wir jetzt in der Lage, zu formulieren:

Sind voneinander unabhängige Prozesse korreliert, so gelten diese als determiniert.

In Wahrheit ist diese Angelegenheit etwas komplizierter, da wir zunächst klären müssen, was wir damit meinen, dass „Prozesse korreliert“ seien. Die gerade aufgezeigte „zweistellige“ Interpretation ist nicht völlig ausreichend, denn wir benötigen neben dem Objektprozess und der Uhr noch ein Modell des Objektprozesses. Erst wenn wir zwischen dem Modell und den Zuständen des Objektprozesses Korrelationen feststellen können, die in abschätzbarer Weise über eine beliebiges Zeitintervall gelten, dürfen wir von Determiniertheit sprechen. Hier allerdings kommt - ob wir wollen oder nicht - der Beobachter mit ins Spiel. Hier vereinfachen wir die Problematik dahingehend, dass wir uns einstweilen mit der Zweierbeziehung - Objekt/Uhr - begnügen wollen. Bei einfachen mechanischen Bewegungen führt diese Vereinfachung zu keinen wesentlichen Fehlern. Zu diesen einfachen mechanischen Bewegungen zählen periodische Veränderungen, z.B. die Planetenbahnen und das Pendel.

Kommen wir jetzt zu dem eigentlichen Problem: Was hat es mit der Einschränkung „voneinander unabhängig“ wirklich auf sich? - Die Bewegung der Erde „auf einer elliptischen Bahn“ um die Sonne ist wirklich unabhängig von jenem System, welches mit Zeigern versehen ist und wir „Uhr“ nennen. Unabhängig davon, was wir mit jener Uhr veranstalten werden, die Erde wird dies wenig beeindrucken. Wir können mit sämtlichen Uhren der Welt anstellen, was wir wollen, die Bewegung der Erde wird dies mit Sicherheit nicht beeinflussen. Letztere nämlich vollzieht sich unabhängig vom Gang irgendwelcher Uhren.

Hat nun umgekehrt die Bewegung der Erde einen - wie auch immer gearteten - Einfluss auf unsere Uhren? - In dieser Form ist diese Frage gar nicht so leicht zu beantworten. Zumindest können wir sagen, der Einfluss dieser Bewegung auf den „Gang der Uhren“ ist nicht nachweisbar. Somit erübrigt sich die Frage nach dem Einfluss der Schwingungen des Quarzes in einer nach einem solchen benannten Uhr auf das Weltgeschehen an sich, selbst dann, bezöge dieses „Weltgeschehen“ sich lediglich auf die Bewegung der Gestirne unseres Milchstraßensystems. Die Bewegung einzelner Himmelskörper auf jene Uhr nun wiederum dürfte auch nicht gerade von überwältigender Größe sein. Es sei denn, es fände ein Zusammenstoß der Erde statt mit einem Kometen (als Beispiel genommen). Die Tatsache, dass in diesem Fall wahrscheinlich die Ganggenauigkeit aller Uhren der Erde nicht mehr das allgemein anerkannte Vertrauen verdient, ist dann sicher nur noch von untergeordneter Bedeutung.

Man kann es natürlich auch einfacher haben. Sollte eine Uhr aus einiger Höhe auf festen Boden fallen, so wird sie auch diese Prozedur mit Sicherheit nicht „überleben“. Einerseits können wir einer Supernovaexplosion einigermaßen gelassen zusehen, vorausgesetzt sie findet in „ausreichender Entfernung“ statt. Andererseits reichen in unserer unmittelbaren Umgebung schon kleine Ursachen aus für verheerende Folgen.

Eigentlich wollten wir herausfinden, was es damit auf sich hat, wenn Systeme „voneinander unabhängig“ sein sollen. Unsere uns gegebene Welt - das sollten die gerade formulierten Aussagen zumindest veranschaulichen - ist nun einmal so, dass wir diese Frage einigermaßen sinnvoll beantworten können, wenn auch wir das „voneinander unabhängig“ mit „relativ“ ergänzen müssten:

Sind voneinander relativ unabhängige Prozesse korreliert, so gelten diese als determiniert.

Die konkrete Struktur dieser unserer konkreten Welt nun einmal erlaubt es uns, die konkreten Korrelationen konkreter Prozesse zu ersetzen durch die Korrelationen mit einem abstrakten Parameter: die Zeit! Die konkrete hierarchische Struktur unserer Welt ist verantwortlich dafür, wie wir sie wahrnehmen, ist verantwortlich für die Existenz „relativ unabhängiger“ Systeme und Prozesse (diese Aussage wäre noch zu vertiefen), und auch dafür, dass wir die Prozesse im allgemeinen als „zeitabhängig“ deklarieren können. Dies aber sind Dinge, die nicht der Materie an sich angehören, sondern nur den konkreten materiellen Strukturen in unserer uns konkret gegebenen von uns reflektierten, Umwelt auf unserer konkreten Stufe der Hierarchien.

In einer anders strukturierten Welt würden wir uns nicht zurechtfinden. (Diese Aussage natürlich ist pure Fiktion. In „einer anders strukturierten Welt“ würde es uns gar nicht geben. Und ob es „eine anders strukturierte Welt“ überhaupt geben **könnte**, bleibt als Frage völlig offen.)

Bevor wir völlig abschweifen, versuchen wir den (fast schon) verlorenen Faden wieder aufnehmen. Es ging immer noch um die Determiniertheit bestimmter Prozesse. Das haben wir - vielleicht - im Rahmen kosmischer Verhältnisse klären können. Fassen wir zusammen:

Sind voneinander relativ unabhängige Prozesse korreliert, so gelten diese als determiniert. Unter ganz bestimmten Voraussetzungen ist es erlaubt, die konkreten Referenzprozesse durch einen einheitlichen normierten Parameter namens „Zeit“ zu ersetzen. Damit sind alle durch Zeitgesetze beschreibbaren Prozesse als determiniert anzusehen.

Die Materie der Sonne ist von ganz anderer Natur als die Stoffe, mit denen wir den alltäglichen Umgang pflegen. Atome gibt es im Inneren der Sonne nicht mehr, aber die Atomkerne und deren Bausteine sind nach wie vor existent. Es mutet schon eigenartig an, dass jene Objekte die - aus unserer Sicht - extremen Bedingungen unbeschadet überstehen und ihre Eigenschaften nicht wesentlich und nicht irreversibel verändern. Also kann man davon ausgehen, dass ein Neutron - zum Beispiel - sich geringfügig nur „interessiert“ für das, was um es herum so geschieht. Können schon die recht hohen Temperaturen und Drücke jenen „Teilchen“ nichts anhaben, so kann man getrost davon ausgehen, dass die Bewegungen der Sterne für jene überhaupt nicht vorhanden sind.

Dies gilt natürlich nur für das einzelne „Teilchen“. Sprachen wir von „hohen Temperaturen und Drücken“, so setzt letzteres das Vorhandensein der Gravitation voraus, die Ihre „Wirkung“ auf die Gesamtheit der Materie der Sonne „ausübt“. Ohne den „Gravitationsdruck“ würden die atomaren Prozesse nicht stattfinden.

Diese Bewegungen aber sind - sollten unsere bisherigen Überlegungen nicht vollkommen unsinnig sein - maßgeblich dafür verantwortlich, was wir „Massenträgheit“ und „Gravitation“ nennen. Jene Bewegungen aber - auch dies sei wiederholt - bescheren uns den üblichen Zeitmaßstab.

Mithin genau gibt es (einzelne) Prozesse, die sich an den kosmischen Zeitmaßstab nicht gebunden fühlen. Das „innere Verhalten“ eines Neutrons ist alles andere als determiniert - in bezug zum **Machschen** Bezugssystem, welches unseren klassischen astronomischen Zeitmaßstab bereitstellt (vgl.

Gedankenexperiment im vorigen Kapitel), da dessen internen Prozesse (stillschweigend setzen wir voraus, dass dort Prozesse ablaufen, deren Natur uns noch verborgen bleiben muss, die aber selbstverständlich ebenfalls gesetzmäßig vonstatten gehen) nur sehr schwach an die übergeordneten Prozesse gekoppelt sind. (Hier taucht natürlich die einigermaßen interessante Frage auf, wie weit dieser kosmische Zeitmaßstab „reicht“. Welche Strukturen werden überhaupt erfasst? Gilt ein solcher Maßstab für nur eine Galaxie oder für ganze Gruppen? Wie verhält es sich mit der Korrelation der Zeitmaßstäbe weit voneinander entfernter Galaxien? Was eigentlich bedeutet „weit voneinander entfernt“? - Diese Fragen werden wir nicht beantworten können. Schon der Versuch müsste - streng genommen - strafbar sein), aber sie anderer Stelle nochmals aufgreifen. Irgendwie stehen unsere Probleme, wie schon bemerkt, in Verbindung zu den hierarchischen Strukturen der Materie.)

Versuchen wir uns langsam an unser Problem heranzutasten, dabei wiederum auf Gedankenexperimente zurückgreifend, ohne dabei allzu weit in spekulative Höhen uns zu verlieren. Das Stichwort sei wieder einmal die Einheit von Bewegung und Wechselwirkung. Dazu nahmen wir bereits mehrfach Stellung. Angenommen, „ein Wesen von uns gleichgültiger Art“ (vgl. **Einsteinsches** Kastenexperiment) hielte sämtliche Bewegungen sämtlicher kosmischen Objekte an, so müssten - wir wiederholen (schon wieder einmal) - die Gravitation und Trägheit verschwinden. Dies wäre als Grenzfall anzusehen. Zwischen dem jetzigen Zustand und diesem sehr fiktiven Grenzfall sind graduelle Abstufungen zumindest denkbar. Angenommen also, die Bewegung der kosmischen Massen werde auf die Hälfte (Bitte keine Spekulationen darüber anstellen, was das wirklich sein soll. Hier geht es um qualitative Aussagen.) reduziert, so müsste sich auch die Trägheit der Massen halbieren und die Gravitationskonstante ebenfalls (Nochmals: bitte diese Aussagen nicht allzu wörtlich nehmen!). Dort, wo „Kräfte“ am Werke sind (wir bleiben aus Bequemlichkeit bei dieser Terminologie) müssten sie viel größere Auswirkungen (Beschleunigungen) verursachen. Vielleicht würden schon bedeutend kleinere Eingriffe in die „globale dynamische Struktur“ unseres Milchstraßensystems katastrophale Folgen verursachen. Auswirkungen auf die Sterne sind dann unausweichlich. Interessant wäre sicherlich eine Computersimulation. (Leider setzt eine solche Simulation Kenntnisse voraus, von denen wir noch „unendlich“ weit entfernt sind.)

Folgende qualitative Aussage hatten wir bereits getroffen, wobei die Gefahr, dass sie allzuweit entfernt von der Realität sich befindet, möglicherweise gar nicht übertrieben groß ist: Die „lokalen Bewegungen“ verhalten sich reziprok zu den „globalen Bewegungen“. Darum auch vollziehen wir jetzt den Sprung zu den eigenwilligen Mikroobjekten. Hier - das hatten wir nun bereits mehrfach ausgesagt - klafft zwischen den lokalen und globalen Prozessen ein Abgrund von mindestens 40 Größenordnungen (im „Inneren der Elementarteilchen“ dürfte diese Zahl sich als viel größer noch herausstellen).

Hatten ich gerade die Formulierung „dynamische Struktur“ gebraucht, so soll dieser Ausdruck beispielsweise auch auf einen Atomkern übertragen werden können (natürlich nur qualitativ). So „leichtgewichtig“ Atomkerne auch sein mögen, deren Bestandteile sind es - relativ zueinander - mit Sicherheit nicht. Interpretieren wir die „Kernkraft“ nicht mehr als eine den Nukleonen aufgeprägte Eigenschaft, die Eigenschaft nämlich, über „virtuelle Teilchen“ in den sehr festen und sehr spezifischen Kontakt treten zu können, sondern als Ausdruck der auch spezifischen „dynamischen Struktur“, so erhalten wir die Kernkraft wieder als eine Form der Trägheit, einer Trägheit, die sich nicht auf das **Machsche** Bezugssystem stützt, sondern nur auf die Beziehungen innerhalb des Systems Atomkern selbst.

Analoges muss dann in verstärktem Maße auch für ein einzelnes „Teilchen“ gelten und für die „Teilchen“ der „Teilchen“. Beispielsweise für ein Neutron und dessen „Bestandteile“. Konsequenterweise müssten wir auch diesem Objekt eine „dynamische Struktur“ zubilligen. Eine „Struktur“ besitzt es ohne Zweifel. Wie sonst könnten wir seinen „spontanen“ Zerfall in ein Elektron, Proton und ein Antineutrino verstehen. Bemerkenswert dabei ist die Tatsache der definierten Endprodukte dieses Zerfallsprozesses. Es kommt dabei immer das Gleiche heraus, ohne dass wir sagen können, die drei genannten Zerfallsprodukte wären - ebenfalls wieder „Teilchen“ - ihrerseits als „Bausteine“ zu verstehen, die durch irgendeine „Kraft zusammengeschrubbt“ worden sind.

Sehen wir die ganze Angelegenheit aus der dynamischen Perspektive und den hierarchischen Strukturen, so kommen wir leicht zur Ansicht, dass im Innern der Elementarteilchen sich Prozesse abspielen. Was jedoch dort „prozessiert“ können wir nicht sagen. (Sind es etwa „kleine unteilbare Teilchen“?) Die Elementar-„Teilchen“ nämlich sind genau so gut Teilchen oder auch nicht wie die Sterne es sind oder wie die Sterne es eben auch nicht sind. Ganz von der Betrachtungsweise und dem Betrachtungsabstand hängt dies ab. Unsere Sonne ist gewiss kein Teilchen (Massepunkt), betrachten wir sie als den für uns lebensnotwendigen Energiespender aus der uns naturgemäß gegebenen Entfernung. Dann nämlich ist es ein hochkomplexes dynamisches System mit hochkomplexen - bislang noch nicht völlig ergründeten - Prozessen, die nach bestimmten äußerst komplexen Gesetzmäßigkeiten ablaufen. Eine Galaxie, in einigen 'zig Millionen Lichtjahren Entfernung, können wir durchaus als „Teilchen“ ansehen, obschon aus Milliarden von Sonnen bestehend, die der unseren zumindest ähnlich sind. Ein Neutron ist ein Teilchen, betrachten wir es aus unserer „Gulliver-Perspektive“. Auch haben wir keine andere Wahl als jene Perspektive. Wir sind - im übertragenen Sinne - Tausende von Lichtjahren von ihm entfernt. Jetzt kommen wir wieder auf das im letzten Kapitel beschriebene Gedankenexperiment zurück: Stelle man sich im Gedankenexperiment vor, man könne als „transzendentes Wesen“ (um die Prozesse nicht zu beeinflussen) sich so weit verkleinern, dass man in einem Neutron Platz fände, um die genannten Prozesse vor Ort zu untersuchen, so würde man einiges mit Erstaunen feststellen: Der Zerfallsprozess liefе nach strengen Gesetzen ab. Nur, das einzelne Neutron „weiß“ (fast) nichts von seiner Umwelt. Es stellt eine für sich abgeschlossene Welt dar - mit einer eigenen „Zeit“ -, die (fast) überhaupt nicht mit der Zeit des Machschen Bezugssystems korreliert ist. Es findet gewissermaßen eine Abschirmung statt von genau diesem Bezugssystem, eine Abschirmung also von Gravitation und Trägheit (um durchschnittlich 40 Größenordnungen).

Oder anders formuliert: Die Prozesse im Neutron laufen „außerhalb von Raum und Zeit ab“, jenes Raumes und jener Zeit nämlich, die durch die kosmische Inertialwelt

(**Mach**sches Bezugssystem) verkörpert wird. Der Grund dafür nun wiederum ist die Tatsache der dort um (durchschnittlich) 40 Größenordnungen schneller ablaufenden Prozesse im Vergleich zu den kosmischen Bewegungsvorgängen.

Wie also ließe sich feststellen, dass der Zerfallsprozess nach bestimmten Gesetzmäßigkeiten abliefe? - Dazu nochmals die Definition determinierter Vorgänge:

Sind voneinander relativ unabhängige Prozesse korreliert, so gelten diese als determiniert.

Wo nur finden wir hier „voneinander relativ unabhängige“ Prozesse? - Vielleicht gibt es diese. Vielleicht auch nicht. Und dann noch eine Frage. Welcher Art sind die Prozesse? - Nach dem Verständnis der modernen Physik können es keine mechanischen Bewegungen sein. Warum aber nicht? - Weil die Wechselwirkungen und die Wandlungsfähigkeit der Elementarobjekte und die Gesetzmäßigkeiten der Quantenmechanik im Widerspruch zu den Erkenntnissen des mechanistischen Weltbildes stehen. Und genau jenes Bild analysierten wir sehr eingehend und formulierten folgendes „mechanistische Paradigma“ (jetzt folgt doch eine Wiederholung):

Das grundlegende Verständnis von der Physik ist charakterisiert durch das Nebeneinander von Raum, Zeit, Materie, Bewegung und Wechselwirkung (als Ausdruck von Eigenschaften der Objekte) sowie das Nebeneinander von vier - zunächst voneinander unabhängigen - Wechselwirkungsformen. Alle Wechselwirkungen sind von der Anlage her statischer Natur.

Und nun kommen wir einem fundamentalen Missverständnis auf die Spur. Die schon mehrfach wiederholte Aussage drückt keine mechanistische Naturauffassung aus, sondern ist Ausdruck eines statischen Weltbildes (irgendwann formulierte ich auch dieses schon). Statisch - oder nicht statisch, das ist hier die Frage. Darum geht es, ob wir dieses statische Paradigma behalten, oder uns um eine dynamische Alternative bemühen! „Dynamik“ und „Mechanik“ sind dann aber alles andere als sich gegenseitig ausschließende Dinge. Es gibt genügend mechanische Prozesse - als Beispiel sei die Hydro-Dynamik genannt -, die eben, wie der Name es schon sagt, dynamischer Natur ist, sich aber auf mechanischer Ebene abspielt. Die Grundlage der Thermo-Dynamik bildet eine statistische Mechanik.

Spielen sich in einem Neutron Prozesse mechanischer Natur ab? - Schon diese Frage dürfte den Widerwillen eines jeden Physikers auslösen, weil sie gar zu dumm ist. Wir aber scheuen uns nicht, auch dermaßen dumme Fragen zu stellen (dies ist ja, vielleicht erinnert sich der eine oder andere Leser noch daran, ein wichtiges Anliegen dieses Textes). Ein Neutron, auch als ein mechanisches System betrachtet, ist mit Sicherheit mit einem „eiparametrischen System“ von der Art eines Pendels mit größter Wahrscheinlichkeit nicht vergleichbar.

Unsere astronomische Umwelt und der Bereich, der uns in unmittelbarer Erfahrung direkt zugänglich ist, zeichnet sich durch die „relative Absolutheit“ aller Maßstäbe aus. Je komplexer und umfangreicher und tiefer strukturiert ein System ist (fassen wir dies als eine Behauptung auf, die durch die bisherigen Überlegungen wenigstens recht nahe zu liegen scheint), um so stabiler und unbeeinflussbarer erscheinen Maßstäbe jeglicher Art. Das komplexeste und umfangreichste und am tiefsten strukturierte System ist das Universum. Ein bescheidener Teil davon ist uns durch Beobachtung zugänglich. Auch wissen wir um die Grenzen der Erkennbarkeit der Zusammenhänge. Nach „oben“ existiert ein „raum-zeitlicher“ Erkenntnishorizont, den wir auch in ferner Zukunft nicht wesentlich erweitern können. Nach „unten“ wird die Befriedigung unserer Neugier durch eine Art „Energiehorizont“ begrenzt. Unser zur Zeit grundsätzlich unlösbares Problem: wir können nicht einmal abschätzen, wie bescheiden der uns zugängliche Teil wirklich ist. Einige Betrachtungen auch zu diesem Thema seien uns an anderer Stelle dennoch vergönnt. Diese recht interessanten Gesichtspunkte werden uns zu gegebener Zeit noch beschäftigen.

Sind die Prozesse in einem Neutron nun determiniert oder nicht? - Natürlich sind sie es - in bezug zu den internen Vorgängen. Nur ergibt es überhaupt keinen Sinn, diese Prozesse an den Prozessen unserer Welt zu messen. Vergleichbar wäre dieser Versuch mit dem Vorhaben, den Durchmesser eines Atoms mit einem Lineal bestimmen zu wollen.

Warum aber legten wir bei der Definition der Determiniertheit auf die Existenz unabhängiger oder wenigstens relativ **unabhängiger** Systeme bzw. Systemparameter so großen Wert? - Nun, dass **abhängige** Prozesse korreliert sind, ist unvermeidlich und damit trivial, weil das Wörtchen „abhängig“ es bereits aussagt. „Die Korreliertheit abhängiger Prozesse“ ist eine Tautologie. Was aber, gäbe es überhaupt keinen „Zusammenhang der Dinge“ und damit

überhaupt keine Abhängigkeiten? - Dann auch würden wir vergeblich nach determinierten Prozessen Ausschau halten. „Keine Wechselwirkung“ bedeutet „Keine Gesetzmäßigkeit“. Wiederholen wir die bereits bekannte Definition:

Sind voneinander relativ unabhängige Prozesse korreliert, so gelten diese als determiniert. Unter ganz bestimmten Voraussetzungen ist es erlaubt, die konkreten Referenzprozesse durch einen einheitlichen normierten Parameter namens „Zeit“ zu ersetzen. Damit sind alle durch Zeitgesetze beschreibbaren Prozesse als determiniert anzusehen.

Was die „ganz bestimmten Voraussetzungen“ betrifft, so wäre dies das Problem der quantitativen Abgrenzung und damit für uns leider noch nicht lösbar. Dennoch wollen wir determinierte Prozesse im folgenden als nach „einem Zeitgesetz“ ablaufende Vorgänge ansehen, stets eingedenk der Tatsache, dass dann mögliche „Zeit“-Maßstäbe nicht bzw. nur schwach (statistisch) korreliert sind. Wie wir also sehen, ist das Attribut „relativ“ als absolut wichtig anzusehen. Und damit stellen wir die Verbindung her zu unserem schon dutzendfach wiederholten Wechselwirkungsprinzip.

Alles hängt irgendwie mit Allem zusammen und verändert sich in gegenseitiger Abhängigkeit. Es gibt kein System, welches nicht mit weiteren Systemen im Zusammenhang steht, aber nicht jedes System steht (gleichzeitig) in Verbindung zu jedem anderen System.

Worauf es jetzt ankommt: es ist die Einheit von allgemeinem Zusammenhang und relativer Unabhängigkeit. Und eine Seite dieser „relativen Unabhängigkeit“ (von Systemen und Prozessen) wird unser nächste Thema sein. Und dieses Thema heißt: Kausalität

Zufall+Notwend.	Zufall	Determinismus	Kausalität	Vorhersagen
-----------------	--------	---------------	------------	-------------

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)



Wie zufällig ist der Zufall? - Zufall und Notwendigkeit -

Homepage

Einleitung

Physik

DPG-Beiträge

Kritik

Masse

Wellen

Pygmalion-Effekt

Erkenntnis

Ernst Mach

Die Zeit

Zufall+Notwend.

Gottes Urknall

Zwischenbilanz

Geschichten

Links

Der Autor

Der Zufall hatte es den "Nachdenkern" schon zu allen Zeiten angetan. Ist nun alles "vorherbestimmt" - oder eben nicht?

Zufall

Determinismus

Kausalität

Vorhersagen

**Immanuel
Kant**

1724 - 1804



Wenn Thetik ein jeder Inbegriff dogmatischer Lehren ist, so verstehe ich unter Antithetik nicht dogmatische Behauptungen des Gegenteils, sondern den Widerstreit der dem Scheine nach dogmatischen Erkenntnisse (thesin cum antithesi), ohne daß man einer vor der andern einen vorzüglichen Anspruch auf Beifall beilegt. Die Antithetik beschäftigt sich also gar nicht mit einseitigen Behauptungen, sondern betrachtet allgemeine Erkenntnisse der Vernunft nur nach dem Widerstreite derselben unter einander und den Ursachen desselben. Die transzendente Antithetik ist eine Untersuchung über die Antinomie der reinen Vernunft, die Ursachen und das Resultat derselben. [Kant: Kritik der reinen Vernunft, S. 506. Philosophie Schülerbibliothek, S. 13653]

Immanuel Kant

Der Antinomie der reinen Vernunft dritter Widerstreit der transzendentalen Ideen

[Kant: Kritik der reinen Vernunft, S. 533. Philosophie Schülerbibliothek, S. 13680]

Thesis

Die Kausalität nach Gesetzen der Natur ist nicht die einzige, aus welcher die Erscheinungen der Welt insgesamt abgeleitet werden können. Es ist noch eine Kausalität durch Freiheit zu Erklärung derselben anzunehmen notwendig.

Antithesis

Es ist keine Freiheit, sondern alles in der Welt geschieht lediglich nach Gesetzen der Natur.

Beweis

Beweis

Man nehme an, es gebe keine andere Kausalität, als nach Gesetzen der Natur: so setzt alles, was geschieht, einen vorigen Zustand voraus, auf den es unausbleiblich nach einer Regel folgt. Nun muß aber der vorige Zustand selbst etwas sein, was geschehen ist (in der Zeit geworden, da es vorher nicht war), weil, wenn es jederzeit gewesen wäre, seine Folge auch nicht allererst entstanden, sondern immer gewesen sein würde. Also ist die Kausalität der Ursache, durch welche etwas geschieht, selbst etwas Geschehenes, welches nach dem Gesetze der Natur wiederum einen vorigen Zustand und dessen Kausalität, dieser aber eben so einen noch älteren voraussetzt u.s.w. Wenn also alles nach bloßen Gesetzen der Natur geschieht, so gibt es jederzeit nur einen subalternen, niemals aber einen ersten Anfang, und also überhaupt keine Vollständigkeit der Reihe auf der Seite der von einander abstammenden Ursachen. Nun besteht aber eben darin das Gesetz der Natur: daß ohne hinreichend a priori bestimmte Ursache nichts geschehe. Also widerspricht der Satz, als wenn alle Kausalität nur nach Naturgesetzen möglich sei, sich selbst in seiner unbeschränkten Allgemeinheit, und diese kann also nicht als die einzige angenommen werden. Diesemnach muß eine Kausalität angenommen werden, durch welche etwas geschieht, ohne daß die Ursache davon noch weiter, durch eine andere vorhergehende Ursache, nach notwendigen Gesetzen bestimmt sei, d.i. eine absolute Spontaneität der Ursachen, eine Reihe von Erscheinungen, die nach Naturgesetzen läuft, von selbst anzufangen, mithin transzendente Freiheit, ohne welche selbst im Laufe der Natur die Reihenfolge der Erscheinungen auf der Seite der Ursachen niemals vollständig ist.

Setzt: es gebe eine Freiheit im transzendentalen Verstande, als eine besondere Art von Kausalität, nach welcher die Begebenheiten der Welt erfolgen könnten, nämlich ein Vermögen, einen Zustand, mithin auch eine Reihe von Folgen desselben, schlechthin anzufangen: so wird nicht allein eine Reihe durch diese Spontaneität, sondern die Bestimmung dieser Spontaneität selbst zur Hervorbringung der Reihe, d.i. die Kausalität, wird schlechthin anfangen, so daß nichts vorhergeht, wodurch diese geschehende Handlung nach beständigen Gesetzen bestimmt sei. Es setzt aber ein jeder Anfang zu handeln einen Zustand der noch nicht handelnden Ursache voraus, und ein dynamisch erster Anfang der Handlung einen Zustand, der mit dem vorhergehenden eben derselben Ursache gar keinen Zusammenhang der Kausalität hat, d.i. auf keine Weise daraus erfolgt. Also ist die transzendente Freiheit dem Kausalgesetze entgegen, und eine solche Verbindung der sukzessiven Zustände wirkender Ursachen, nach welcher keine Einheit der Erfahrung möglich ist, die also auch in keiner Erfahrung angetroffen wird, mithin ein leeres Gedankending. Wir haben also nichts als Natur, in welcher wir den Zusammenhang und Ordnung der Weltbegebenheiten suchen müssen. Die Freiheit (Unabhängigkeit), von den Gesetzen der Natur, ist zwar eine Befreiung vom Zwange, aber auch vom Leitfaden aller Regeln. Denn man kann nicht sagen, daß, anstatt der Gesetze der Natur, Gesetze der Freiheit in die Kausalität des Weltlaufs eintreten, weil, wenn diese nach Gesetzen bestimmt wäre, sie nicht Freiheit, sondern selbst nichts anders als Natur wäre. Natur also und transzendente Freiheit unterscheiden sich wie Gesetzmäßigkeit und Gesetzlosigkeit, davon jene zwar den Verstand mit der Schwierigkeit belästigt, die Abstammung der Begebenheiten in der Reihe der Ursachen immer höher hinauf zu suchen, weil die Kausalität an ihnen jederzeit bedingt ist, aber zur Schadloshaltung durchgängige und gesetzmäßige Einheit der Erfahrung verspricht, da hingegen das Blendwerk von Freiheit zwar dem forschenden Verstande in der Kette der Ursachen Ruhe verheißt, indem sie ihn zu einer unbedingten Kausalität führet, die von selbst zu handeln anhebt, die aber, da sie selbst blind ist, den Leitfaden der Regeln abreißt, an welchem allein eine durchgängig zusammenhängende Erfahrung möglich ist. der Regeln abreißt, an welchem allein eine durchgängig zusammenhängende Erfahrung möglich ist.

Wie zufällig ist der Zufall? - Zufall und Notwendigkeit

Meiner Auffassung nach gibt es bei der Problematik des Determinismus und der Kausalität einige Unklarheiten, und dies trotz einiger Einsichten, welche man mit den Stichworten "Chaos" und "Synergetik" in Zusammenhang bringen kann. Auch die angeblich "qualitativ andere" Quantenphysik wirft mehr Probleme auf, als man glaubt gelöst zu haben. Im folgenden versuche ich, genannte Problematik in elementarer Form einigermaßen systematisch aufzubereiten. Doch zunächst eine ganz kleine Geschichte:

Da hatte ich mich auf den Urlaub gefreut. Alles, aber auch alles ging schief. Irgendwie musste ich verschlafen haben. Den Wecker hatte ich wohl überhört. Und der Zug längst über alle Berge. Also ab in die Garage.

Alles wäre halb so schlimm gewesen, hätte der Wagen wenigstens andeutungsweise Anstalten gemacht, anspringen zu wollen. Er wollte nicht. Und das mit Nachdruck. Der Autoverleiher, ein paar Straßen von mir entfernt, war die Rettung.

Wäre die Rettung gewesen, würde die Urlaubszeit unser Leben nicht maßgeblich bestimmen. Nur keine Panik. Langsam kam ich zu mir und stellte fest, dass es auf einen Tag nun auch nicht ankäme. Also ging ich in die Garage, um in aller Ruhe nach dem Auto zu sehen. Natürlich war die Batterie entladen; und diesen Schaden zu beheben war ich selbst imstande. Der nächste Tag brachte nichts Außergewöhnliches. Auf die Idee, nun doch noch mit dem Zug zu fahren, kam ich gar nicht erst. Der Stau auf der Autobahn verlief in gewohnter Weise; und nichts konnte mich aus der Fassung bringen.

Nichts hätte mich nicht aus der Ruhe bringen können, wäre da nicht jener Idiot hinter mir gewesen, der, anstatt auf den Verkehr zu achten, auf die Gegenfahrbahn schielte und sich von einem - anscheinend glimpflich verlaufenen - Auffahrunfall ablenken ließ. Glücklicherweise war außer einer etwas verformten hinteren Stoßstange mit meinem Wagen nichts Ernsthaftes passiert. Das Aussehen der Frontpartie des Fahrzeuges hinter mir versöhnte mich etwas mit meinem herben Schicksalsschlag.

Und - welch Zufall - der Fahrer des Wagens, jener Idiot genau, der diesen Unfall verursachte, war einer der ehemaligen Kommilitonen, denen ich schon vor 'zig Jahren versprach, „bald etwas von mir hören zu lassen“. dass dieser Mensch überhaupt und an diesem Tag und zu dieser Stunde und auf der Autobahn und - wortwörtlich - anzutreffen war, konnte ich seiner haarsträubenden Geschichte entnehmen, welche dem Leser nicht zugemutet werden soll. An der nächsten Autobahnraststätte hatten wir genügend Gesprächsstoff und konnten in Ruhe Erinnerungen austauschen.

Hätten können, wäre nicht zufällig meine vor drei Jahren geschiedene Ehemalige nebst - neuer - Familie aufgetaucht. Die Stimmung war verdorben. Die Fahrt ging weiter, und im Autoradio hörte ich die Meldung von einem Zugunglück. Ich war froh, am vergangenen Tag verschlafen zu haben. Trotz allem, an diesen Urlaub erinnere ich gern. Er hatte etwas Einmaliges, ja geradezu Exklusives an sich. Es ist einer der wenigen Urlaube, an die ich mich überhaupt erinnere.

(Dies ist eine erfundene Geschichte.)

Nicht erfunden allerdings ist ein Problem. Und dieses Problem heißt Zufall. Mit zufälligen Ereignissen haben wir sehr oft zu tun. Die einen heißen „Glück“ und die anderen „Pech“. Und dann gibt es noch die indifferenten Ereignisse, die wir gewöhnlich ignorieren. Wer eine Pechsträhne erwisch hat (oder sie ihn) ist nicht geneigt, an Zufälle zu glauben. Dies jedoch sind subjektive Einschätzungen und Wertungen. Gibt es aber objektive Kriterien, welche den Zufall beurteilbar machen könnten? - Um dahin zu kommen, ist es hilfreich, sich darüber Gedanken zu machen, was **kein** Zufall ist.

Und damit wieder einmal schlagen wir die Brücke zur klassischen Mechanik, welche prinzipiell keine zufälligen Ereignisse zuließ. Das gerade machte einst das Wesen jener Wissenschaft aus und legte nachdrücklich und nachhaltig, und schließlich sehr nachteilig auch, das Verständnis fest von der Natur bis Ausgang des 19. Jahrhunderts. Die kausale Denkweise bestimmte das wissenschaftliche Denken - und dies in jeder Beziehung. Jede Wirkung hatte ihre Ursache. Jene Ursache wiederum war Wirkung einer vorangegangenen Ursache, welche wiederum..., usw.

Da sich nun alles gesetzmäßig zu vollziehen hatte, waren auch alle Kausalketten mit dieser Gesetzmäßigkeit behaftet. Das Problem solcher Denkweise aber

bestand gerade darin, dass, war man nur konsequent genug, es nichts geben konnte in der großen weiten Welt, was jener strengen Determiniertheit hätte enttrinnen können. Alles musste vorherbestimmt sein - aber auch alles. Die Handlungen jedes Einzelnen, müssten - folgerichtig - jegliche Freiheit vermissen lassen. Wahre Willensfreiheit gäbe es nicht. Diese wäre nur Schein. Was jeder Mensch auch täte, seinem Schicksal könne er nicht enttrinnen. Fatalismus heißt diese Haltung und ist Bestandteil einiger religiöser Weltanschauungen (das christliche Verständnis von diesen Dingen gehört nicht dazu) und delikaterweise eine Folge des mechanistischen Materialismus. Versuchen wir uns subjektiv diesem Fatalismus zu entziehen, indem wir **trotz allem** selbständig handeln, so wäre auch diese vermeintliche Handlungsfreiheit in Wahrheit vorprogrammiert.

Wenn zum einen wir unausweichlich dem Schicksal ausgeliefert sind und mit uns die restliche Welt, so muss zum anderen der jetzige Zustand ebenfalls eindeutig vorherbestimmt sein vom Zustand der Welt vor Milliarden von Jahren. Alles was ist, musste bereits „vorausgedacht“ sein. Auch hier gibt es etliche „Ismen“ und „Logien“, welche versuchen jene Probleme zu interpretieren, womit wir uns nicht auseinandersetzen wollen.

Doch holen wir etwas weiter aus und lesen nach bei einem Vertreter des Mechanizismus, Pierre Simon Marquis de **Laplace** (französischer Philosoph, Astronom, Physiker und Mathematiker 1749-1827):

Pierre Simon Marquis de Laplace



Der momentane Zustand des „Systems“ Natur ist offensichtlich eine Folge dessen, was im vorherigen Moment war, und wenn wir uns eine Intelligenz [Dies ist der berühmte -berühmte Laplacesche Dämon, W. N.] vorstellen, die zu einem gegebenen Zeitpunkt alle Beziehungen zwischen den Teilen des Universums verarbeiten kann, so könne sie Orte, Bewegungen und allgemeine Beziehungen zwischen all diesen Teilen für alle Zeitpunkte in Vergangenheit und Zukunft vorhersagen. Die Astronomie, der Teil unseres Wissens, der dem menschlichen Geist zur größten Ehre gereicht, gibt uns eine wenn auch unvollständige Vorstellung, wie diese Intelligenz beschaffen sein müsste. Die Einfachheit der Gesetze, nach denen sich die Himmelskörper bewegen, und die Beziehungen zwischen den Massen und Abständen erlauben der Analysis, ihren Bewegungen bis zu einem gewissen Punkt zu folgen; und um nun den Zustand dieses Systems großer Massen für zukünftige oder vergangene Jahrhunderte zu bestimmen, genügt es dem Mathematiker, dass ihre Orte und Geschwindigkeiten zu einem Zeitpunkt gegeben sind: Die Menschheit verdankt diese Möglichkeit den leistungsfähigen Instrumenten, die sie benutzt, und den wenigen Beziehungen, die man zu Berechnung braucht. Aber unser Unwissen um die verschiedenen Ursachen, die beim Werden eines Ereignisses zusammenwirken sowie ihre Komplexität zusammen mit der Unvollkommenheit der Analyse verhindern, dass wir die gleiche Sicherheit bei den meisten anderen Problemen haben. Es gibt also Dinge, die unbestimmt sind, die mehr oder weniger wahrscheinlich sind, und wir versuchen die Unmöglichkeit, sie zu bestimmen, dadurch zu kompensieren, dass wir die verschiedenen Grade der Wahrscheinlichkeit bestimmen. Es ist also so, dass wir einer Schwäche des menschlichen Geistes einer der schönsten und genialsten mathematischen Theorien verdanken, die Wissenschaft von Zufall und Wahrscheinlichkeit.

Diese Auffassung war bestimmend bis Ausgang des 19. Jahrhunderts. Der Grund ist jener, dass die Erfolge der Astronomie bei der Umsetzung der Erkenntnisse und Methoden der klassischen Mechanik diese Einstellung geradezu provozierten. Es bedurfte keines Schöpfers mehr, der in das gegebene

Geschehen eingreifen musste, um eine - wie immer auch geartete - Ordnung aufrechtzuerhalten, selbst dann nicht, nahm man einen solchen an, der die Anfangsbedingungen schuf. Gerade der Himmel galt als Aufenthaltsort - gleich welcher - Gottheiten; und aus ihrem Domizil wurden sie erfolgreich vertrieben. Und jenes Bereiches nahmen sich mit zunehmenden Erfolgen die Wissenschaften an in Gestalt der Physik und der Astronomie . Es bedurfte keiner göttlichen Ursachen mehr. Die Ursache alles Vorhandenen war die Natur selbst.

Die Himmelsmechanik und die irdische Mechanik gehorchten spätestens seit **Newton** einheitlichen Gesetzen. Diese Tatsache führte zu einer durchaus verständlichen und auch nachvollziehbaren Überschätzung des vorhandenen Erkenntnisstandes. Die oft genannten Erfolge der Wissenschaften suggerierten die Möglichkeit, aufbauend auf jenen Wissensstand, eines Tages **alles** verstehen und erklären zu können. „Der Mensch als Maschine“ war die nur allzu leicht zu gewinnende Einsicht in Zusammenhänge, von deren Verständnis man in Wahrheit dermaßen weit entfernt war - und ist! -, dass die Entfernung von der Wirklichkeit auch in heutiger Zeit in Wirklichkeit nicht einmal grob abgeschätzt werden kann. Die Wissenschaften - so galt die allgemeine Vorstellung - waren nicht nur auf dem **rechten Wege** zu immer genaueren Einsichten in die natürlichen Zusammenhänge, sondern von diesen Kenntnissen nur unbedeutend weit noch entfernt. Es galten bestimmte Naturgesetze, und die Anschauung von einer durchgängigen Kausalität war bestimmend für - nicht nur - das wissenschaftliche Denken.

Kommen wir auf die eingangs des Kapitels erzählte Geschichte mit dem Urlauber zurück, der in eine Reihe von Ereignissen verwickelt wurde, die im Nachhinein irgendwie als schicksalhaft bestimmt anmuten, und die Frage nach dem Zufall oder Schicksal zur akuten Frage werden lässt, so erscheint die Häufung derart unwahrscheinlicher Ereignisse geradezu unheimlich. Wenn man dann noch bedenkt, dass der Erzähler durch Zufall einem Zugunglück entronnen ist, so fällt manchem das Wort „Vorsehung“ vielleicht ein. Wie zufällig wirklich ist diese Kette - durchaus kausal bedingter - Ereignisse? - Jedes folgende Ereignis wurde kausal verursacht. Die Schlampigkeit des Erzählers war die Ursache für die entladene Starterbatterie usw. Interpretieren wir diese Geschichte - und unser Leben besteht aus einer mehr oder minder sinnvollen Folge zufallsbestimmter Geschichtchen der genannten Art - in altbekannter mechanistischer Manier, so sträubt sich, bei aller Einsicht in eine durchgängige Naturgesetzlichkeit, der schon sprichwörtliche, jedoch in Ungnade gefallene, gesunde Menschenverstand anzunehmen, jene Folge von Ereignissen stand vor Milliarden von Jahren schon fest. Und nichts in der Welt war in der Lage, diese Kette von **Vorfällen**, die nur aus unserer beengten Sicht als **Zufälle** erscheinen, zu umgehen . Und es wäre wirklich absurd zu glauben, dass ein gelangweilter Leser, an dieser Stelle des Textes ein Gähnen nicht unterdrückend, es aus jenem Grund nicht unterdrücken konnte, weil es seit Anbeginn der Entwicklung des Universums als unausweichliche Folge der damaligen materiellen Konstellation mit Notwendigkeit eintreten musste.

Einerseits sagt uns die Erfahrung, dass der Zufall eine objektive Gegebenheit ist. Nicht alles in der Welt ist vorprogrammiert, sei es nun mit einem oder ohne einen „göttlichen Programmierer“. Andererseits aber ist die Vorstellung von der durchgängigen Kausalität dermaßen evident, und ebenfalls durch die Erfahrung nahegelegt, dass man durchaus einige Probleme hat, mit dieser Denkschwierigkeit fertig zu werden, jedenfalls dann, versucht man sich unvoreingenommen dieser Problematik zu nähern. Um es eindeutig zu formulieren: Die genannte Schwierigkeit konnte bisher nicht umfassend und wirklich eindeutig geklärt werden.

dass der Zufall auch auf dem Gebiet der Physik seit langem Einzug gehalten hat, wurde bereits im Zusammenhang mit der Quantenmechanik erwähnt . Diese Objekte entzogen sich der klassischen Determiniertheit, ohne dass die damit verknüpften Prozesse von „Gesetzlosigkeit“ gezeichnet waren. Die Physiker akzeptierten diesen Umstand vorübergehend als eine Art „Wir-können-es-ja-leider-auch-nicht-ändern-Tatsache“, ohne eine wirkliche Begründung anzugeben. Man fand sich damit ab - notgedrungen. Dann machte man aus der Not eine Tugend und argumentierte: Wenn schon die Prozesse im Bereich der Atome und Elementarteilchen nicht starr determiniert sind, so kann man dies von komplexeren Systemen (Chemie, Biologie , Wirtschaft, Gesellschaft usw.) erst recht nicht erwarten. Das Problem aber wurde damit nicht wirklich geklärt, sondern - wieder einmal - lediglich verlagert auf eine Ebene, die jegliche Frage nach dem „Wieso“ prinzipiell im Keime erstickte. Es war eben so. Und damit hatte man gefälligst sich abzufinden. Doch gerade die Heroen der modernen Physik konnten mit dieser Einstellung sich so recht nicht anfreunden. Auch Einstein glaubte nicht an den „würfelnden Gott“.

Ansätze, den Zufall salonfähig zu machen gab es schon früher. Hierzu wollen wir abermals einen Franzosen zitieren. Der Mathematiker und Philosoph Henri **Poincaré** (1853-1912) äußerte dazu sich folgendermaßen

Henri Poincaré

Eine sehr kleine Ursache, die wir nicht bemerken, bewirkt einen beachtlichen Effekt, den wir nicht übersehen können, und dann sagen wir, der Effekt sei zufällig. Wenn die Naturgesetze und der Zustand des Universums zum Anfangszeitpunkt exakt bekannt wären, könnten wir den Zustand dieses Universums zu einem späteren Moment exakt bestimmen. Aber selbst wenn es kein Geheimnis in den Naturgesetzen mehr gäbe, so könnten wir die Anfangsbedingungen doch nur annähernd bestimmen. Wenn uns dies ermöglichen würde, die spätere Situation in der gleichen Näherung vorherzusagen - dies ist alles, was wir verlangen -, so würden wir sagen, dass das Phänomen vorhergesagt worden ist und dass es Gesetzmäßigkeiten folgt. Aber es ist nicht immer so; es kann vorkommen, dass kleine Abweichungen in den Anfangsbedingungen schließlich große Unterschiede in den Phänomenen erzeugen. Ein kleiner Fehler zu Anfang wird später einen großen Fehler zur Folge haben. Vorhersagen werden unmöglich, und wir haben ein zufälliges Ereignis.



Diese Aussagen, fast einhundert Jahre alt, beschreiben - absolut richtig und völlig zutreffend - eine Seite der Wirklichkeit. Wir werden uns in geeigneter Form damit noch auseinandersetzen. Dabei wird festzustellen sein, dass noch die Kehrseite dieser Medaille ungeteilte Aufmerksamkeit verdient. Mit eben erfolgten Zitat ist unser Problem noch immer nicht hinreichend geklärt, sondern erst einmal klar formuliert.

Eine Wiederbelebung erfuhr die Idee von „der kleinen Ursache mit großer Wirkung“ (hier spricht man heute von der empfindlichen Abhängigkeit von den Anfangsbedingungen) in der noch nicht sehr alten Chaos-Theorie. Ein aus der Mathematik hervorgegangener interdisziplinärer Forschungszweig befasst sich mit „chaotischen Phänomenen auf deterministischer Basis“. (Wer jetzt immer noch nicht gänzlich verwirrt sein sollte, dem ist beim besten Willen nicht zu helfen.) Irgendwo also muss ein Fehler versteckt sein. Ein Denkfehler natürlich. Was sonst. Anders kann es gar nicht sein!

Einer Seite dieser Angelegenheit näherten wir uns bereits im vorausgegangenen Kapitel, in welchem wir uns mit der Zeit befassten. Trotzdem bleiben etliche Fragen völlig ungeklärt. Dabei geht es um jene Fragen, die mit den Begriffen Determinismus und Kausalität einhergehen. Beginnen wir bei der Kausalität. Hier ist alles klar und eindeutig bestimmt. Keine Frage ist offen, und jeder weiß ganz genau was damit gemeint ist. Trotzdem, irren ist menschlich. Und wer so denkt, der irrt gewaltig. Nichts ist wahrhaft geklärt.

Zufall+Notwend.	Zufall	Determinismus	Kausalität	Vorhersagen
-----------------	--------	---------------	------------	-------------

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Wie zufällig ist der Zufall? - Kausalität -

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Auch mit dem Kausalitätsbegriff gibt es insofern Probleme, als dass er oftmals auf Zusammenhänge zu Anwendung kommt, die meiner Überzeugung nach nicht in jedem Fall als Kausalrelation zu betrachten sind. Auch hier handelt es sich um eine unklare Abgrenzung der Begriffe.

Zufall
Determinismus
Kausalität
Vorhersagen

**Immanuel
Kant**
1724 - 1804



Hier muß man wohl bemerken, daß es auf die Ordnung der Zeit, und nicht auf den Ablauf derselben angesehen sei; das Verhältnis bleibt, wenn gleich keine Zeit verlaufen ist. Die Zeit zwischen der Kausalität der Ursache, und deren unmittelbaren Wirkung, kann verschwindend (sie also zugleich) sein, aber das Verhältnis der einen zur andern bleibt doch immer, der Zeit nach, bestimmbar. Wenn ich eine Kugel, die auf einem ausgestopften Küssen liegt, und ein Grübchen darin drückt, als Ursache betrachte, so ist sie mit der Wirkung zugleich. Allein ich unterscheide doch beide durch das Zeitverhältnis der dynamischen Verknüpfung beider. Denn, wenn ich die Kugel auf das Küssen lege, so folgt auf die vorige glatte Gestalt desselben das Grübchen; hat aber das Küssen (ich weiß nicht woher) ein Grübchen, so folgt darauf nicht eine bleierne Kugel. [Kant: Kritik der reinen Vernunft, S. 301. Philosophie Schülerbibliothek, S.13448] - **Immanuel Kant**

Wie zufällig ist der Zufall? - Kausalität

„ ..., aber nicht jedes System steht (gleichzeitig) in Verbindung zu jedem anderen System.“ Nun, was nicht **ist**, kann noch **werden**. Nicht nur **denkbar** ist es, dass (relativ) unabhängige Systeme „plötzlich“ in Wechselwirkung treten, sondern dieses Phänomen kann auch Bestandteil objektiv realer Prozesse sein. Dieses „plötzliche Eintreten von Wechselwirkungen“ voneinander unabhängiger Systeme wollen wir Kausalereignis (oder schlicht Ereignis) nennen. Folgende Definition soll dies ausdrücken:

Eine Kausalrelation mindestens zweier Systeme liegt vor, wenn eine spontane Veränderung des Wechselwirkungsverhaltens dieser Systeme nachweisbar ist, die darin besteht, dass Wechselwirkungen zwischen diesen Systemen auftreten, die vor der Kausalbeziehung nicht bzw. in qualitativ oder quantitativ anderer Form bestanden.

Diese Formulierung weicht von der üblichen Handhabung des Kausalitätsbegriffes - in einschränkender Weise - wesentlich ab. Wie diese Einschränkung zu bewerten ist, wollen wir am Beispiel elementarer Zusammenhänge verdeutlichen.

1. Ein Stein fällt infolge seines Gewichtes mit beschleunigter Bewegung zu Boden und zerschlägt beim Aufprall ein dort stehendes Glas.
2. Es wird ein Schalter betätigt. Dadurch wird ein Stromkreis, bestehend aus einer Spannungsquelle und einem Elektromagneten, geschlossen.

Der jetzt einsetzende elektrischen Stromes baut im Elektromagneten ein Magnetfeld auf, das eine in der Nähe befindliche Magnetnadel aus ihrer Nord-Süd-Richtung ablenkt.

In beiden simplen Beispielen sind verschiedene Arten von Beziehungen erhalten, die alle unter dem Oberbegriff Kausalität zusammengefasst werden. Zunächst das Beispiel (1.), das „rückwärts“ analysiert, sich wie folgt interpretieren lässt: Die Wirkung ist das Zerstören des am Boden befindlichen Glases dessen Ursache der fallende Stein war. Die Ursache dafür, dass dieser Stein sich im „freien Fall“ befindet, ist eine Kraft, deren Ursache wir im Gravitationsfeld finden.

Nun ließe die Kette der Ursachen sich weiter verfolgen, bei der nach der Ursache für das Gravitationsfeld gefragt wird. Die Ursache dafür ist die Eigenschaft der Massen, um sich herum ein Gravitationsfeld aufzubauen. Damit hat man in der Eigenschaft materieller Objekte die Ursache für ein bestimmtes Wechselwirkungsverhalten gefunden. (Doch: „Wir sind so klug als wie zuvor“.)

Die Ursache für ein gegebenes (objektiv beobachtbares) Wechselwirkungsverhalten zweier Körper (im Beispiel sind es die Erde und der Stein) sind eben ganz bestimmte Eigenschaften (die natürlich auch ihren Namen erhalten), welche eben den Massen an sich zu eigen sind. Diese Eigenschaften kann man nennen wie man will; es sei dabei von „Gravitationsladung“ die Rede oder davon, dass Massen „die Eigenschaft (an sich) besitzen“, den sie umgebenden Raum in jener Weise zu verändern, dass die Dynamik vorhandener weiterer Massen wesentlich beeinflusst wird.

Wichtig bei dieser Interpretation ist die Tatsache der teilweise synonymen Verwendung der Begriffe Wesen und kausale Ursache. Um die Kausalität aber als solche von anderen Beziehungen abgrenzen zu können und der bisherigen verwaschenen Begriffsbestimmung zu entgehen, wählten wir bereits genannte Definition:

Eine Kausalrelation mindestens zweier Systeme liegt vor, wenn eine spontane Veränderung des Wechselwirkungsverhaltens dieser Systeme nachweisbar ist, die darin besteht, dass Wechselwirkungen zwischen diesen Systemen auftreten, die vor der Kausalbeziehung nicht bzw. in qualitativ oder quantitativ anderer Form bestanden.

Bezogen auf das Beispiel (1.) liegt gemäß dieser Abgrenzung nur in einem Fall eine Kausalbeziehung vor: gemeint ist die Zerstörung des Glases durch den Stein. Hier handelt es sich um „eine spontane Änderung des Wechselwirkungsverhaltens mindestens zweier Systeme“. Das eine System ist der fallende Stein und das zweite das Glas. Die „Änderung des Wechselwirkungsverhaltens“ genau besteht darin, dass jene zwei Systeme, die vorher nicht in Wechselbeziehung standen, miteinander spontan wechselwirkten (mit dem geschilderten Effekt).

Bei einer Kausalbeziehung sind immer mindestens zwei Systeme beteiligt, bei denen es zu einer „sprunghaften und spontanen“ Änderung des Wechselwirkungsverhaltens kommt. Ob ein solcher Fall eintreten wird, hängt ab von bestimmten Bedingungen. Es treten Beziehungen auf zwischen Systemen auf, die vorher nicht gegeben waren: ein System S_1 ist dann die Ursache für die Veränderung eines Systems S_2 - und umgekehrt.

Potentielle Ursache und potentielle Wirkung müssen vor dem Eintreten einer Kausalrelation unabhängig voneinander existieren und dürfen keine wesentliche Einheit bilden!

Tritt nun, wie in dem behandelten Beispiel, eine Kraft als Ursache einer beschleunigten Bewegung auf, so geht es unter anderem auch um die Problematik des Raumes (Inertialsystem) und der Zeit (gültiger Zeitmaßstab), wobei letztere schon Ausdruck vorhandenen Zusammenhanges ist. Diese Aspekte hatten wir ausführlich behandelt. Auch die Kräfte als „materialisierte Relationen“ behandelten wir recht umfassend. Bei der Kraft als kausale Ursache handelt es sich um ein Phänomen, welches schon Heinrich **Hertz** veranlasste, die Kräfte als „leergehende Nebenräder zu bezeichnen, die dann nicht in Erscheinung treten,

wenn es um die Darstellung wirklicher Zusammenhänge geht“. [Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhang dargestellt, 1894] Weiterhin spielen hierbei jene Dinge eine Rolle, die wir in Verbindung mit der Materialisation von Abstraktionen (Hypostasierungen) untersuchten („Pygmalion-Effekt“).

Nun wurde weiter oben formuliert, dass potenzielle Ursache und potenzielle Wirkung vor dem Eintreten einer Kausalrelation unabhängig voneinander existieren müssen und keine wesentliche Einheit bilden dürfen. Wie wir dies verstehen wollen, sei am zweiten Beispiel erläutert. Es soll wieder am Ende der vermeintlichen Kausalkette - der Ablenkung der Magnetnadel aus ihrer ursprünglichen Lage - begonnen werden. Die Ursache dafür ist eine Kraft, die durch die Wechselwirkung zweier Magnetfelder verursacht wird und zwar dem Feld der Magnetnadel und dem des Elektromagneten. Soweit entspricht es noch ganz den Verhältnissen des ersten Beispiels. Hinzu kommt jetzt die Tatsache, dass die Ursache für das Magnetfeld des Elektromagneten der elektrische Strom sein soll. Und genau dies hat mit einer Kausalbeziehung im oben definierten Sinne nichts zu tun. Elektrizität und Magnetismus bilden eine wesentliche, notwendige und somit untrennbare Einheit, die nicht willkürlich in Ursache und Wirkung aufgespalten werden darf, da dieser Zusammenhang nicht an bestimmte Bedingungen gebunden ist.

Allgemein können wir diesen konkreten Sachverhalt folgendermaßen verstehen: Zwei ruhende „elektrische (Punkt-)Ladungen“ zeigen ein Wechselwirkungsverhalten, das mit Hilfe des **Coulomb** schen Gesetzes modelliert werden kann. Liegen bestimmte Bewegungsverhältnisse vor, so ändert sich das Wechselwirkungsverhalten dergestalt, dass neben der elektrischen Feldkomponente außerdem eine magnetische Komponente hinzukommt. Beide Komponenten bilden das einheitliche elektromagnetische Feld, dessen Gesetzmäßigkeiten im allgemeinsten Fall mit Hilfe der **Maxwell** schen Gleichungen (James Clerk **Maxwell**, schottischer Wissenschaftler, 1831-1879) modellierbar sind. Und beide Feldkomponenten - um bei dieser Terminologie zu bleiben - sind prinzipiell nicht trennbar und bilden eben jene „wesentliche Einheit“, die nicht in Ursache und Wirkung aufgespalten werden darf. (Hier liegen weitgehend symmetrische Verhältnisse vor. Diese Symmetrie aber wird dadurch verletzt, dass es zwar elektrische Elementarladungen gibt aber keine dazu analogen „magnetische Elementarladungen“ (Monopole). Nur unter bestimmten Verhältnissen kann einer der beiden Teile (anscheinend) in den Hintergrund treten.

Dies auch wird bei der Betrachtung der historischen Entwicklung der Theorie des elektromagnetischen Feldes deutlich. Wurden **vor** Hans Christian **Oersted** (dänischer Physiker, 1777-1851; er stellte eine Verbindung her zwischen Elektrizität und Magnetismus) und Michael **Faraday** (englischer Physiker, 1791-1867; jener untersuchte die elektrischen „Wirkungen“ magnetischer „Ursachen“) beide Erscheinungen - Elektrizität und Magnetismus - noch getrennt untersucht und für zwei wesentlich unterschiedliche Phänomene gehalten, so blieb auch **nach Maxwell** - als Relikt dieser historisch bedingten Betrachtungsweise - die Trennung in Ursache und Wirkung, bei sonst einheitlicher Darstellung, bestehen. Dies geht schließlich so weit, dass Ursache und Wirkung ihren Platz wechseln können. So ist allgemein ein veränderliches elektrisches Feld die Ursache für ein sich änderndes magnetisches Feld, welches wiederum die Ursache ist für... usw. Diese Darstellungsform hat in der Erklärung der elektromagnetischen Wellen ganz besondere, auch praktische, Bedeutung erfahren und gilt ebenso für den einfachen Transformator.

Diskutieren wir die vermeintliche Kausalkette zu Ende, so wird die Ursache für das Zustandekommen eines elektrischen Stromes (Sonderfall bewegter elektrischer Ladungen) eine Spannungsquelle sein, die für das notwendige elektrische Feld sorgt, welches die Elektronen in (geordnete) Bewegung versetzt. Die Bedingung dafür, dass ein solcher Strom zustande kommen kann, ist ein geschlossener elektrischer Stromkreis. Und hier genau liegt eine kausal verursachte Wirkung vor: **Die Ursache für die Ablenkung der Magnetnadel ist das Schließen des Stromkreises**, das Betätigen eines Schalters etwa!

Das Betätigen eines Schalters und die Ablenkung einer Magnetnadel eben bilden keine wesentliche, notwendige und untrennbare Einheit. Dass aber doch eine Beziehung zwischen beiden Ereignissen besteht, ist an gewisse Bedingungen geknüpft. Im Beispiel handelt es sich um die konkrete Versuchsanordnung, die es ermöglicht, zwischen der Ursache (Betätigen des Schalters) und der Wirkung (Ablenkung der Magnetnadel), einen eindeutigen und objektiven kausalen Zusammenhang herzustellen.

Die Versuchsanordnung bildet ein System, welches mit einem anderen System (der Hand beispielsweise, die den Schalter betätigt) in Wechselwirkung tritt, wobei anschließend die aufgezeigten Phänomene ausgelöst werden. Das Betätigen eines Schalters kann verschiedene Wirkungen haben: Eine Lampe leuchtet, ein Motor läuft an, oder - nichts passiert (auch das ist ja möglich).

Was die Ablenkung einer Magnetnadel betrifft, so kann **diese** Wirkung ihrerseits **verschiedene Ursachen** haben: Annäherung eines Permanentmagneten, direkte Berührung, Luftstrom usw. Welches letztlich die festgestellte Wirkung sein soll, bleibt Ermessensfrage. Was aber außerhalb jeglicher subjektiven Bewertung liegt, ist die objektive, kausal bedingte Veränderung eines Systems durch ein anderes (hier im Rahmen der konkreten Versuchsanordnung).

Jetzt wollen wir den Versuch unternehmen, eine Verbindung herzustellen zwischen Kausalität, Determinismus und Zufall. Am Anfang dieses Abschnittes stand die Behauptung, Kausalität und Determinismus bedingen einander. Nun hatten bereits beide Begriffe eine Abgrenzung erfahren, was zunächst zusammenfassend wiederholt werden soll:

Lassen sich Prozesse in Form von Zeitgesetzen darstellen (bitte beachten, was es mit der Zeit wirklich für eine Bewandnis hat), so spricht man von determinierten Vorgängen. Prinzipiell sind alle Prozesse determiniert aber aufgrund konkreter Wechselwirkungsbedingungen sind nicht alle Prozesse korreliert. In Abgrenzung zur „kausalen Determiniertheit“ soll hier von „stetiger Determiniertheit“ die Rede sein.

Eine Kausalrelation mindestens zweier Systeme liegt vor, wenn eine spontane Veränderung des Wechselwirkungsverhaltens dieser Systeme nachweisbar ist, die darin besteht, dass Wechselwirkungen zwischen diesen Systemen auftreten, die vor der Kausalbeziehung nicht bzw. in qualitativ oder quantitativ anderer Form bestanden. In Abgrenzung zur „stetigen Determiniertheit“ soll hier von „kausaler Determiniertheit“ die Rede sein.

Sprachen wir von einem „allgemeinen allumfassenden Zusammenhang der Dinge“, so war gleichzeitig die Aussage verbunden damit, dass eben nicht gleichzeitig jedes System mit jedem in Verbindung steht (Wechselwirkungsprinzip). Dadurch erst wurde das möglich, was wir mit der Kausalität in Zusammenhang brachten. Wenn also zwei bis dato voneinander unabhängige Systeme unter bestimmten Bedingungen in Wechselwirkung treten, so wollen wir von einem kausalen Zusammenhang sprechen. In einem solchen Fall wird ebenfalls von Determiniertheit gesprochen, denn die Ursache determiniert eindeutig die Wirkung (kausale Determiniertheit). Im Zusammenhang mit dem zweiten Beispiel heißt dies, das Betätigen des Schalters determiniert unter den gegebenen Umständen die Ablenkung der Magnetnadel aus ihrer ursprünglichen Richtung. Von „Indeterminismus“ zu reden wäre dann erst erforderlich, würden wir den genannten Zusammenhang von Ursache und Wirkung bei sonst wirklich konstanten Bedingungen nicht immer beobachten. Sollte dieser Fall doch einmal eintreten, dürfte nicht von akausalem Verhalten zu sprechen sein, sondern wir müssten nach der Ursache dieser Reaktion suchen, die darin begründet wäre, dass durch eine kausal bedingte Veränderung des Gesamtsystems („von außen“) die Bedingungen für die Beobachtung des Effektes verändert wurden.

Es gibt zwei verschiedene Arten determinierter Prozesse. Zum einen sind es die nach einem „Zeitgesetz“ ablaufenden (stetig determinierten) Vorgänge, wobei aber auf die Unmöglichkeit der Festlegung eines allgemeingültigen Zeitmaßstabes hinzuweisen ist.

Zum anderen determiniert in der isolierten Kausalrelation unter bestimmten Bedingungen die Ursache, wenn sie eintritt, immer die Wirkung (kausale Determiniertheit), aber darüber ob und wann und wie sie eintritt, wird zunächst keine Aussage getroffen.

Ein zufälliges Ereignis ist die Koinzidenz zweier an zwei voneinander unabhängige Prozesse geknüpfte Zustände. Damit könnte man scheinbar schlussfolgern, dass, sind beide Prozesse determiniert, auch das Zusammentreffen determiniert sei. Das Problem dieser Auffassung liegt eben in der von der Bewegung losgelösten Handhabung der Zeit begründet, was in obiger Definition der Determiniertheit bereits enthalten ist.

Die „Koinzidenz zweier Zustände voneinander unabhängiger Prozesse“ kann als objektives Ereignis unabhängig von der Beobachtung, nur das Eintreten einer Kausalbeziehung sein. Aber aufgrund der Unmöglichkeit der uneingeschränkten (absoluten) zeitbezogenen Korreliertheit auch determinierter Prozesse ist das Eintreten des Kausalereignisses nicht determiniert. (Diese Formulierungen bedürfen noch der Präzisierung und Erläuterung.) Kausalität und Determinismus bedingen einander, betrachtet man nur die einzelne Kausalrelation; **ob** und **wann** und wie dieser Fall eintritt, „bleibt dem Zufall überlassen“. Insofern fordert die Existenz der objektiven Kausalität ein „indeterministisches Element“, sehen wir die Verhältnisse über die konkrete isolierte Kausalbeziehung hinausgehend im Gesamtzusammenhang. Es können dort, wo kausale Beziehungen prozessbestimmend sind - und dies ist der Fall, weil nicht jedes System gleichzeitig mit jedem anderen System in Wechselbeziehung steht (Wechselwirkungsprinzip) - für den Ablauf der Prozesse „nur“ statistische Gesetze gelten.

Determinierte Prozesse führen dann - und nur dann - auch zu determinierten Ereignissen, wenn sie entweder nicht voneinander unabhängig sind (dann entartet der Determinismusbegriff zur Tautologie) oder durch eine „objektive Zeit synchronisiert“ werden.

Dann sind sie zwar immer noch voneinander unabhängig aber nicht mehr unabhängig von der „höheren Macht“ Zeit. Diese „höhere Macht“ wäre im Rahmen unserer Überlegungen die jeweils nächsthöhere Hierarchieebene, die aber, wie wir wissen, nicht „allmächtig“ ist.

Das Ganze bedarf sicherlich der Erläuterung. Und dabei gelangen wir zur Problematik der Prognostizierbarkeit (von Prozessen und Ereignissen). Die prinzipielle Vorhersagbarkeit war wesentliches Charakteristikum der klassischen Determinismus-Auffassung. Soviel scheint klar: Determiniertheit ist unabdingbare Voraussetzung für Prognostizierbarkeit. Ist aber diese notwendige Voraussetzung bereits eine hinreichende? - Genau das ist nicht der Fall! Um begründen zu können, müssen wir uns einige Gedanken darüber machen, was wir eigentlich mit „Vorhersagbarkeit“ genau meinen.

Zufall+Notwend.	Zufall	Determinismus	Kausalität	Vorhersagen
-----------------	--------	---------------	------------	-------------

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Wie zufällig ist der Zufall? - Prognostizier- und Reproduzierbarkeit -

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Sind determinierte Prozesse auch uneingeschränkt prognostizierbar und/oder reproduzierbar? Hier gelangen wir u.a. auch zur Chaos-Problematik.

Zufall
Determinismus
Kausalität
Vorhersagen

Jules Henri
Poincaré
1854 - 1912



Eine sehr kleine Ursache, die wir nicht bemerken, bewirkt einen beachtlichen Effekt, den wir nicht übersehen können, und dann sagen wir, der Effekt sei zufällig. Wenn die Naturgesetze und der Zustand des Universums zum Anfangszeitpunkt exakt bekannt wären, könnten wir den Zustand dieses Universums zu einem späteren Moment exakt bestimmen. Aber selbst wenn es kein Geheimnis in den Naturgesetzen mehr gäbe, so könnten wir die Anfangsbedingungen doch nur annähernd bestimmen. Wenn uns dies ermöglichen würde, die spätere Situation in der gleichen Näherung vorherzusagen - dies ist alles, was wir verlangen -, so würden wir sagen, dass das Phänomen vorhergesagt worden ist und dass es Gesetzmäßigkeiten folgt. Aber es ist nicht immer so; es kann vorkommen, dass kleine Abweichungen in den Anfangsbedingungen schließlich große Unterschiede in den Phänomenen erzeugen. Ein kleiner Fehler zu Anfang wird später einen großen Fehler zur Folge haben. Vorhersagen werden unmöglich, und wir haben ein zufälliges Ereignis. **Henri Poincaré**

Wie zufällig ist der Zufall? - Prognostizier- und Reproduzierbarkeit

Fünf Dinge gehören zur Prognostizierbarkeit (von Prozessen und Ereignissen):

1. Der Objektprozess selbst, über den wir Aussagen machen wollen.
2. Das Modell, anhand dessen wir Aussagen über den Objektprozess gewinnen wollen. Wird das Modell selbst als Prozess realisiert, so sprechen wir vom Modellprozess oder einer Simulation.
3. Quantitative Aussagen über die Anfangsbedingungen und Randbedingungen des Objektprozesses. (Hier berühren wir zum ersten Mal die Problematik des Messprozesses.)
4. Vergleich der Objektparameter mit den Modellparametern. Jetzt müssen abermals die Objektparameter bestimmt werden. Im allgemeinen lassen sich aus dem Grad der Übereinstimmung zwischen Modell und Objekt Aussagen über das Modell gewinnen (Verifikation oder Falsifikation.)
5. Und schließlich dürfen wir nicht das Referenzsystem in Gestalt unserer schon mehrfach zitierten Uhr vergessen, welche den notwendigen Referenzprozess (Zeitmaßstab) realisiert.

Jetzt sich mit allen in diese Aufzählung versteckten Problemen zu befassen (es gibt eine ganze Menge davon), würde zu weit führen. Deshalb vereinfachen wir das Ganze und gehen über von der Prognostizierbarkeit zur Reproduzierbarkeit. Der Unterschied zwischen beiden Dingen erst einmal ist der „Modellprozess“. Dieser wird auf gleicher materieller Substratebene, lediglich zeitversetzt, realisiert. Ein prognostizierbarer Prozess muss auch reproduzierbar sein. Und umgekehrt. Letzteres wird dann zur reinen Fiktion (Beispiel: astronomische Prozesse), wenn diese Prozesse - von unserem

Standpunkt aus betrachtet - sich unserer Einflussnahme entziehen. (Wir sind eben nicht in der Lage ein „reales astronomisches Planspiel“ zu realisieren - Gott sei Dank.)

Folgende Schlussweise ist somit zulässig: Lassen sich Prozesse reproduzieren, so müssen sie auch determiniert sein. Da klassisch mechanische Prozesse als determiniert angesehen wurden, müssten sie auch uneingeschränkt reproduzierbar sein. Doch sie sind es nicht. Und weil es zu nichts führt, bleiben wir weiterhin allgemein und abstrakt, nehmen wir - es macht sich wirklich gut - wieder einmal eine Fiktion zur Hilfe, eine Fiktion, die uns die Voraussetzungen der klassischen Denkweise auf sehr vereinfachte Weise nahebringen soll.

Doch zuvor wollen wir uns noch mit dem Wahrscheinlichkeitsbegriff beschäftigen. (Ganz ohne Mathematik geht es doch nicht, aber nur in sehr bescheidenem Umfang.) Dabei fangen wir mit dem sicher hinlänglich bekannten Beispiel mit dem Würfel an. Ein solcher Würfel hat sechs Seiten. Damit das „Würfeln“ überhaupt einen Sinn hat, werden die - sonst nicht unterscheidbaren - Seiten gekennzeichnet, indem man sie durchnumeriert. Wie groß nun ist die Wahrscheinlichkeit, eine „Eins“ zu würfeln? - Also: sechs Möglichkeiten gibt es. Und die „Eins“ ist eine davon. Die Wahrscheinlichkeit, eine solche „Eins“ zu erwürfeln, beträgt damit 1:6. Dies heißt nicht, bei zwölf Würfen würden wir genau zweimal die „eins“ und zweimal die „Zwei“ usw. erhalten. Aber wiederholen wir den Versuch - sagen wir - 60.000 mal, so können wir davon ausgehen, die „eins“ ungefähr 10.000 mal zu bekommen.

„Ungefähr“ eben heißt, es könnte folgende **Verteilung** (Tabelle 1) auftreten. (Die Zahlen entstammen einer äußerst simplen Computersimulation, da das tatsächliche Würfeln mit einem richtigen Würfel doch etwas langweilig werden würde.) Wie wir sehen, nähert sich die relative Häufigkeit des Eintretens eines bestimmten Zustandes bei großer Anzahl der Versuche der Wahrscheinlichkeit von 1:6 = 0,16666...

Wichtig in unserem Zusammenhang: Die Tabelle zeigt die **Verteilung** einer **diskreten Zufallsvariablen** in einem bestimmten Intervall an. Dies will heißen, die Zufallsvariable kann in unserem Beispiel nur 6 verschiedene Werte annehmen. Und alle diese Werte sind gleichwahrscheinlich. (Wir setzen voraus, dass an dem Würfel keine Manipulationen vorgenommen worden und er aus homogenen Material besteht) Deshalb sprechen wir von einer **gleichverteilten diskreten Zufallsvariablen**.

Ziffer	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit
1	9924	0,1654
2	9899	0,1650
3	9971	0,1662
4	10039	0,1673
5	10012	0,1669
6	10155	0,1692

Tabelle 1

Die Wahrscheinlichkeit ist immer ein Wert zwischen 0 und 1. Die „0“ deutet auf den „unmöglichen Zustand“ hin, und die „1“ beschreibt den „mit Sicherheit eintretenden“. Auf unser Beispiel bezogen heißt dies: die Wahrscheinlichkeit, dass eine der Zahlen von 1 bis 6 gewürfelt wird, beträgt 1, denn **eines** der

genannten sechs Ereignisse wird mit Sicherheit eintreffen. (Der Würfel wird nicht auf einer Kante oder gar Ecke stehend liegenbleiben.)

Vergrößern wir den Wertevorrat der Zufallsvariablen, so wird die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines konkreten Ereignisses abnehmen. Nehmen wir einen Schützen, der aus einer bestimmten Entfernung auf eine Scheibe zielt. Angenommen, diese Zielscheibe weist 10 „Ringe“ auf, so sind 12 Ereignisse (Tabelle 2) denkbar, 12 deshalb, weil ja durchaus die Scheibe außerhalb des markierten Bereiches getroffen werden kann oder auch überhaupt nicht. Wieder haben wir eine diskrete Zufallsvariable (mit 12 Werten) aber keine gleichverteilte mehr. Lassen wir uns das an einem Zahlenbeispiel veranschaulichen, wobei - als Beispiel - 100 Schüsse abgegeben wurden. Die nachstehende Tabelle widerspiegelt kein reales Ergebnis, sondern die Zahlen sind frei erfunden. Das ist nicht so wichtig. Folgende qualitative Aussage sei dennoch erlaubt: je mehr die genannte Verteilung von der Gleichverteilung abweicht, um so „besser“ ist der Schütze. Eine der Gleichverteilung nahekommende Verteilung bedeutet: das Schießergebnis wäre **vollkommenem** Zufall überlassen (so schlecht kann kein Mensch zielen).

Variable	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit
Zentrum	31	0,31
Ring 1	20	0,20
Ring 2	15	0,15
Ring 3	8	0,08
Ring 4	7	0,07
Ring 5	5	0,05
Ring 6	5	0,05
Ring 7	4	0,04
Ring 8	2	0,02
Ring 9	1	0,01
Scheibenrand	1	0,01
Nicht getroffen	1	0,01

Tabelle 2

Spannen wir schließlich das Gewehr in eine stabile Vorrichtung ein, so dürfen wir davon ausgehen, dass alle Kugeln ins Zentrum treffen. Wir sprechen immer noch von einer diskreten Zufallsvariablen. Angenommen, wir unterteilen die Zielscheibe nicht in 10 oder 25 „Ringe“, sondern würden 1.000 Markierungen aufzeichnen; auch dann gäbe es noch eine endliche Anzahl von Möglichkeiten, aber die Wahrscheinlichkeit, eine - und nur eine - davon zu treffen ist um den Faktor 100 kleiner als zuvor. Wird auch jetzt das fixierte Gewehr in das Zentrum treffen, welches immerhin 100 mal kleiner ist als es das beim ersten Versuch war? - Vielleicht - vielleicht auch nicht. Hier kommen wir jetzt auf die Problematik der Reproduzierbarkeit zurück. Sind die einzelnen Schüsse aus dem Gewehr wirklich identisch? - Diese Frage muss verneint werden. Immer wird es nicht beherrschbare Einflüsse geben: Die Pulverladungen und die Geschosse sowie die Patronenhülsen sind nicht völlig gleich, sondern unterliegen Fertigungstoleranzen. Die Versuchsanordnung ist Temperaturschwankungen unterworfen und was sonst noch als Einwirkungen denkbar sind. Der Gewehrlauf weist nach jedem Schuss - auch geringfügige irreversible - Veränderungen auf, usw. Gleichgültig wie, die Streuung der Einschüsse wird sich in Grenzen halten. Aber: wie klein diese Streuung auch sein möge, absolut reproduzierbare Ergebnisse wird es nie geben. Dies hat auch im Rahmen bisheriger Überlegungen keinerlei Bedeutung.

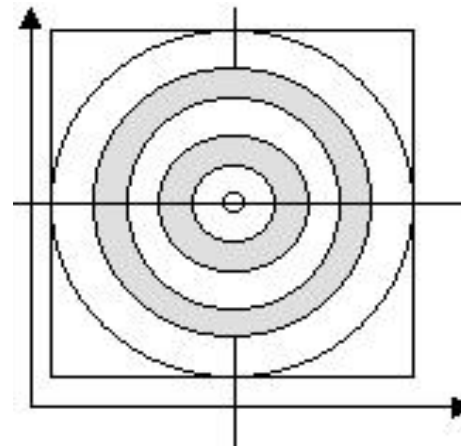


Abbildung 1

Versuchen wir jetzt eine quantitative Abschätzung vorzunehmen, indem wir annehmen, der Abstand des Gewehres von der Scheibe betrage 100 Meter, der Durchmesser der Scheibe 1 Meter und der des Geschosses 1 Zentimeter. Dieses Geschoss verlässt den Lauf mit einer Geschwindigkeit von 500 Meter je Sekunde. Vernachlässigen wir den Luftwiderstand, so benötigt die Kugel 0,2 Sekunden bis zum Auftreffen auf die Scheibe. Wenn also nichts Unvorhergesehenes passiert, wird das Projektil auch die Scheibe erreichen. Und der Streubereich der Treffer wird nicht allzu groß sein, und beträgt - um eine optimistische Zahl zu nennen - 1 Zentimeter (unter realen Bedingungen dürfte dieses Ergebnis schwer zu verwirklichen sein.)

Jetzt variieren wir den Versuch dahingehend, dass wir die Bedingungen „geringfügig“ erschweren; und damit es nicht gar zu schwer wird, verlagern wir den Versuchsaufbau in das All, um einige Störeinflüsse (Luft, Gravitation) auszuschalten. Die Erschwernis besteht zum einen darin, dass wir größere Entfernungen wählen und wir eine Kausalkette „erzeugen“ wollen. Das hört sich einfach an, aber...

In obiger Skizze (Abbildung 1) sei unsere Zielscheibe dargestellt. Diese befindet sich in einem uns bereits geläufigen (zweidimensionalen) Koordinatensystem. Jeder Treffer sei durch die Angabe zweier Koordinatenangaben (x und y) spezifiziert. Wie groß dabei ist die Wahrscheinlichkeit, einen bestimmten Punkt dieses Koordinatensystems zu treffen? - Diese Wahrscheinlichkeit ist gleich Null! Einen Punkt wird man nie treffen. Dieser Zusammenhang ließe sich nämlich mit einer Wahrscheinlichkeitsfunktion mit zwei stetigen Zufallsvariablen beschreiben. Es lässt sich aber empirisch ermitteln, in welchem Bereich die Treffer mit höchster Wahrscheinlichkeit zu finden sind. Die Einteilung in solche Bereiche lernten wir in Gestalt der aufgezeichneten Ringe kennen.

Jetzt interessiert uns nicht mehr die konkrete Verteilung, sondern wir wollen nur noch den Bereich angeben, in welchem mit Sicherheit ein Treffer zu erwarten ist. Zur Veranschaulichung möge folgende Skizze (Abbildung 2) dienen:

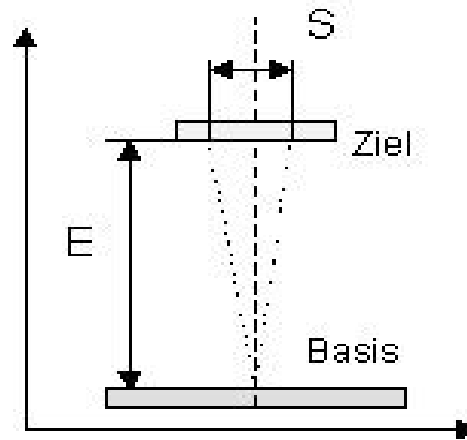


Abbildung 2

Weiter oben galten für die angegebenen Parameter folgende Werte: Entfernung $E = 100 \text{ m}$ und den Streubereich S als einen Durchmesser von $D = 10 \text{ mm}$, wobei wir im folgenden als Vereinfachung annehmen, die Trefferwahrscheinlichkeit sei im gesamten Streubereich gleichverteilt (dies trifft nicht zu, ist aber für unsere grundsätzlichen Überlegungen absolut belanglos).

Das alles soll sich auf eine Versuchsreihe mit dem fest installierten Gewehr beziehen. Da wir die unter irdischen Bedingungen immer vorhandenen Fehlerquellen ausschalten wollten, verlagerten wir den Versuch „hinreichend weit entfernt“ von störenden Einflüssen in den Weltraum. Für die verschiedenen Versuche haben wir unsere Raumschiffbesatzung schon mehrfach bemüht (irgendwelchen halbwegs sinnvollen Zwecken muss ihre Reise ja dienen). Jetzt haben wir keine Probleme mehr mit der Erdanziehung. Und auch die Luft mit ihrem nicht leicht zu berücksichtigenden Einfluss erschwert unsere Versuche nicht mehr in unkontrollierbarer Weise. Die Zielscheibe sei auf einer Sonde befestigt, die wir vom Raumschiff aus „in den Raum“ aussenden. Dank der uns zur Verfügung stehenden Präzisionstechnik bereitet uns die exakte Positionierung der Sonde in einem genau definierten Abstand überhaupt keine Mühe.

Da wir uns bereits nicht nur weit von der Erde entfernten, sondern recht weit bereits vom eigentlichen Thema dieses Textes, sei unsere Aufgabenstellung wiederholt: Es soll untersucht werden, in welchem Maße reproduzierbare Anfangsbedingungen zu reproduzierbaren Ergebnissen führen. Determiniert der Anfangszustand eines System immer eindeutig den Zustand zu beliebigen Zeiten? Und wie wirken sich die - prinzipiell und allzeit unvermeidlichen - Fehler in diesen Anfangsbedingungen auf das Ergebnis aus? Also: da hatten wir auf eine Entfernung von einhundert Metern einen Streudurchmesser von einem Zentimeter. Das macht einen auf diese Entfernung bezogenen relativen Fehler von

$$F_r = 0,01\text{m}/100\text{m} = 0,0001 = 10^{-4}.$$

Wir behaupteten schon, dies sei ein recht optimales Ergebnis. Da wir aber im freien Raum und mit spezieller Technik (wahrhaft) bewaffnet uns befinden, gehen wir davon aus, diesen Fehler mindesten um den Faktor 100 zu verbessern. Der relative Fehler möge jetzt 10^{-6} betragen. Das heißt, bei einer Schussweite von hundert Metern darf die Abweichung maximal 0,1 Millimeter betragen. Ob dies technisch realistisch sein könnte, interessiert uns nicht. Bezogen auf die Länge des Laufes, welche großzügig mit einem Meter angesetzt wird, würde dies eine Präzision der Reproduzierbarkeit des Abschusswinkels von 0,001 Millimeter erfordern. Alles kein Problem. Erst einmal nicht.

Jetzt starten wir die Versuchsreihe und werten die Ergebnisse aus. Da das Projektil selbst wesentlich größer ist - angenommen es habe einen Durchmesser von 10 Millimeter - als der Fehlerkreis stellen wir lediglich fest, dass die Scheibe ein Durchschussloch aufweist, welches einen nur unwesentlich größeren Durchmesser besitzt als die Geschosse selbst. Jeder Revolverheld Hollywoodscher Provenienz würde erblassen vor Neid.

Das Problem: was sind hundert Meter im All?!

Das macht doch gar nichts. Wir vergrößern die Entfernung. Sie möge jetzt 100 Kilometer betragen. Der relative Fehler ist der gleiche geblieben. Der absolute Fehler jedoch hat sich um den Faktor 1.000 vergrößert! Der Streukreis beträgt jetzt immerhin 10 Millimeter und kommt damit in die Größenordnung des Geschossdurchmessers. Das Schussbild sieht plötzlich anders aus. Es ist ein Loch mit 20 Millimeter Durchmesser und nicht ganz sauber Kante.

Das Problem: was sind hundert Kilometer im All?!

Das macht fast gar nichts. Wir vergrößern die Entfernung. Sie möge jetzt 100.000 Kilometer betragen. Der relative Fehler ist der gleiche geblieben. Der absolute Fehler jedoch hat sich abermals um den Faktor 1.000 vergrößert! Der Streukreis beträgt immerhin 10 Meter und ist damit um zwei Größenordnungen größer als der des Projektils. Die Flugzeit beträgt beachtliche 200.000 Sekunden. Das sind etwa 56 Stunden. Der Scheibendurchmesser betrug - wir erinnern uns - ein Meter. Somit ist die Fläche des Streukreises hundert mal größer als die der Scheibe. Wir müssten schon großes Glück haben, um bei hundert Schüssen überhaupt einen Treffer registrieren zu können.

Das macht fast überhaupt nichts. Wir setzen die Versuchsreihe fort und feuern - sagen wir - 10.000 Schüsse ab. Wenn wir jetzt die Treffer auf der Scheibe zählen, werden wir etwa hundert Einschüsse ermitteln.

Was das Ganze soll? Gibt es denn nichts banaleres als die hier aufgezählten Fakten? - Das alles ist genaugenommen äußerst banal und an Trivialität kaum zu überbieten. Auf folgende Aussage kommt es an: Wie klein man den „Anfangsfehler“ auch gestalten mag, er ist als „relativer Fehler“ zuerst vernachlässigbar, dann aber, lässt man ihm nur genügend Zeit zum Wachsen, wird er irgendwann groß genug sein, um entscheidend in Erscheinung zu treten. Beziehen wir jetzt „Reproduzierbarkeit“ auf die Möglichkeit des konstanten relativen Fehlers, und damit des linear anwachsenden absoluten Fehlers, so sind klassisch mechanische System (unsere Schießversuche sind solche klassisch mechanischen Versuche einfachster Art) eindeutig - und mit abschätzbarem Fehler - reproduzierbar und damit auch determiniert, verstehen wir unter Determiniertheit (s. o.) die Tatsache der eindeutigen Bestimmtheit des Zustandes eines Systems durch seinen Anfangszustand. Die Zeit spielte hier nicht einmal explizit eine Rolle, da die Versuchsergebnisse unabhängig waren von der gewählten Geschwindigkeit des Geschosses. (Diese Vereinfachung werden wir noch aufgeben.)

Bei Henri **Poincaré** konnten wir bereits nachlesen:

Henri Poincaré

Eine sehr kleine Ursache, die wir nicht bemerken, bewirkt einen beachtlichen Effekt, den wir nicht übersehen können, und dann sagen wir, der Effekt sei zufällig. Wenn die Naturgesetze und der Zustand des Universums zum Anfangszeitpunkt exakt bekannt wären, könnten wir den Zustand dieses Universums zu einem späteren Moment exakt bestimmen. Aber selbst wenn es kein Geheimnis in den Naturgesetzen mehr gäbe, so könnten wir die Anfangsbedingungen doch nur annähernd bestimmen. Wenn uns dies ermöglichen würde, die spätere Situation in der gleichen Näherung vorherzusagen - dies ist alles, was wir verlangen -, so würden wir sagen, dass das Phänomen vorhergesagt worden ist und dass es Gesetzmäßigkeiten folgt. Aber es ist nicht immer so; es kann vorkommen, dass kleine Abweichungen in den Anfangsbedingungen schließlich große Unterschiede in den Phänomenen erzeugen. Ein kleiner Fehler zu Anfang wird später einen großen Fehler zur Folge haben. Vorhersagen werden unmöglich, und wir haben ein zufälliges Ereignis. [Hervorhebung W.N.]



Wir also sprachen von dem anwachsenden absoluten Fehler. Unklar in diesem Zusammenhang aber war noch, was „genügend Zeit“ bedeutet und was wir mit „entscheidend in Erscheinung treten“ meinen. Befassen wir uns als erstes mit dem zweiten Problem und gehen wir es auf verschiedene Art und Weise an.

Jetzt modifizieren wir den letzten Versuch. Wir ersetzen die Zielscheibe durch eine Mechanik, welche ihrerseits der Auslöser für eine zweite Schussvorrichtung bildet. Dieser Auslöser möge einen Durchmesser von einem Millimeter haben. Bei dem letzten Versuch mit einer Schussentfernung von 100.000 Kilometern erhielten wir einen Streukreis von 10 Metern. Um aber den Auslöser zu treffen, muss das Projektil einen gedachten Kreis treffen, der nicht größer sein darf als der Durchmesser dieses Auslöser plus dem doppelten Durchmesser (betrachten wir nur den Mittelpunkt des Geschosses, so gilt: „... plus dem Durchmesser des Geschosses selbst...“) des Geschosses selbst (wir wollen auch einen Streifschuss gelten lassen). Das sind im Hinblick auf unsere angenommenen Werte rund 2 Zentimeter. Der Streukreisdurchmesser ist damit 500 mal größer als der des Zielkreises. Also verhalten sich die Größen beider Flächen wie 1:250.000. Dies auch ist die Wahrscheinlichkeit, den genannten Auslöser zu treffen. Wir führen jetzt eine Million Versuche durch. Und wenn wir Glück haben, erzielen wir vier Treffer. Oder auch nur drei oder gar sieben. Die Anzahl der Versuche ist zu gering für sinnvolle Aussagen über die zu erwartende Trefferhäufigkeit. Das Ergebnis: Die Ursache (das Abfeuern des Schusses aus dem ersten Gewehr) determiniert nicht eindeutig die Wirkung (das Auslösen eines Schusses in der zweiten Vorrichtung)! Hier also handelt es sich anscheinend um ein akausales Ereignis. Nach unserer bereits erfolgten Definition eines solchen Ereignisses trifft dies jedoch nicht zu. Die kausale Ursache für das Auslösen des zweiten Schusses wäre das Auftreffen des ersten Geschosses auf die Auslösevorrichtung. Tritt diese Ursache ein, dann mit Sicherheit auch die Wirkung (wenn keine Störung vorliegt). Hier genau handelt es sich um den Denkfehler, das Auslösen des ersten Schusses bereits schon als kausale Ursache anzusehen für ein Ereignis, welches erst viel später eintreten wird - oder auch gar nicht. Um jenen Denkfehler handelt es sich, der mit der unzulässigen Vermischung von Ereignis und Prozess in Verbindung zu bringen ist.

Fassen wir jedoch das Auslösen des ersten Schusses als kausale Ursache für den zweiten auf, zeigt sich uns ein „indeterministisches“ oder „akausales“ Verhalten. Anstelle des Auslösers für ein zweites Gewehr könnten wir auch eine Lichtschranke setzen, die einen Schalter betätigt, welche eine Lampe einschaltet oder auch aus. Diese Lampe wird nur in etwa einem von einer Viertelmillion Fällen ein- bzw. ausgeschaltet werden. Technische Einzelheiten sind uninteressant.

Analysieren wir diesen Vorgang, so gilt als erste Kausalrelation das Betätigen des Abzuges des ersten Gewehres. Dies ist die kausale Ursache für einen Prozess, den Prozess der sich mit 500 Meter pro Sekunde sich entfernenden Gewehrskugel. Dieser Prozess nun wiederum kann unter Umständen ein (kausales) Ereignis auslösen. Ein solches Ereignis wurde weiter oben als die „spontane Änderung des Wechselwirkungsverhaltens mindestens zweier Systeme“ definiert. Dieser Fall liegt dann vor, trifft das Projektil den Schalter. Ob dies aber wirklich geschieht, das bleibt dem Zufall überlassen.

Als nächstes kaskadieren wir die Versuchsanordnung dahingehend, dass der zweite Schuss einen dritten auslöst. Wie groß ist jetzt die Wahrscheinlichkeit des tatsächlich fallenden Schusses? - Sie beträgt $1:62.500.000.000 = 1,6 \cdot 10^{-11}$. (Es werden einfach die Wahrscheinlichkeiten beider Ereignisse miteinander multipliziert.) Die „vierte Schussgeneration“ wird nur noch mit einer Wahrscheinlichkeit von $4 \cdot 10^{-16}$ eintreten. Angenommen, wir erzielen eine Schussfolge von zehn Schuss pro Sekunde, so würden wir - grob gerundet - alle $4 \cdot 10^{15}$ Sekunden einen Treffer zu erwarten haben. Dies sind ungefähr 130 Millionen Jahre (Auch für galaktische Dimensionen ist das bereits eine nicht zu unterschätzende Zeitspanne)! Das Eintreffen der nächsten „Kausalgeneration“ wäre derart unwahrscheinlich, dass wir ziemlich bedenkenlos das Wort „unmöglich“ verwenden dürfen. Alle $3 \cdot 10^{13}$ (30 Billionen!) Jahre würde - im Mittel - der fünfte Schuss auch ausgelöst werden. Um jedoch überhaupt darüber etwas aussagen zu können, bedarf es etwa des Hundertfachen an Versuchen. In 3.000 Billionen Jahren - dies ist mehr als das Millionenfache des angenommenen Alters (unseres annähernd bekannten Teiles) des Universums, würden wir 100 Treffer erzielen - so ungefähr jedenfalls.

Und genau die letzte Aussage eben stimmt nicht! Diese 3.000 Billionen Jahre sind eine Zeitspanne, die durchaus in kosmischen Dimensionen nicht zu vernachlässigen sind. (Wir werden noch sehen, dass die Aussage, ein Prozess würde 3.000 Billionen Jahre dauern oder auch „nur“ 30 Billionen oder nicht einmal länger als 30 Milliarden Jahre, ohnehin völlig sinnlos ist.)

Unsere Versuchsanordnung befindet sich „hinreichend weit entfernt“ von „erheblichen Massen“ und damit außerhalb deren Einflussbereiches. Dies aber gilt nur für kleine und damit vernachlässigbare Zeitspannen. Für 10 Millionen Jahre vielleicht. Selbst für Bruchteile dieses Zeitraumes (z. B. 10 Millisekunden) sind die „gleichen Anfangsbedingungen“ (der Versuchsanordnung) pure Illusion, da zu eben diesen Anfangsbedingungen auch das „kosmische (Machsche) Umfeld“ gehört. Und letzteres hat sich geringfügig verändert. Geringfügig, das stimmt wirklich. Was aber „geringfügige Variation des Anfangszustandes“ bedeutet, haben wir lang und breit erörtert, wenngleich wir dies zunächst lediglich auf die Versuchsanordnung an sich bezogen. Nur: dieses „an sich“ gibt es

nicht, es sei denn, wir bitten wieder den „objektiven Raum“ und die „objektive Zeit“ um Hilfe (irgendwie hängt eben alles zusammen...).

Wie genau wir auch versuchten, die Anfangsbedingungen zu reproduzieren, spielen (u. a.) Kausalbeziehungen eine entscheidende Rolle, dann wächst der anfänglich kleine und vernachlässigbare Fehler exponentiell an und macht jede Reproduzierbarkeit und damit Prognostizierbarkeit nach „ausreichend langer Zeit“ illusorisch. Nun erklärten wir aber, die reproduzierten Anfangsbedingungen hängen nur zum Teil von uns selbst ab. Damit können wir dem Argument begegnen, dass jene Unmöglichkeit der exakten Reproduzierbarkeit lediglich und ausschließlich unser ganz subjektives und unser ganz ureigenstes Versagen darstellt. Dem also ist nicht so. Folgende Formulierung wäre der Extrakt aus den bisherigen Überlegungen:

Der Verlauf von Prozessen hängt im allgemeinen von Ereignissen ab, deren Eintreffen extrem unwahrscheinlich sein kann. Ereignisse determinieren Prozesse, aber nicht umgekehrt. Auch determinierte Prozesse führen nicht unbedingt zu determinierten Ereignissen!

Ereignisse sind grundsätzlich Kausalereignisse. Ein Ereignis ist das Eintreten einer kausalen Beziehung. Eine andere Möglichkeit der - objektiven - Festlegung werden wir schwerlich finden. Kausal-Ereignisse gibt es deshalb, weil das Wechselwirkungsprinzip gilt. Als Gedächtnisstütze:

Alles hängt irgendwie mit Allem zusammen und verändert sich in gegenseitiger Abhängigkeit. Es gibt kein System, welches nicht mit weiteren Systemen im Zusammenhang steht, aber nicht jedes System steht (gleichzeitig) in Verbindung zu jedem anderen System.

Wie unexakt unsere bisherigen quantitativen Abschätzungen auch sein mochten, sie beziehen sich auf sehr einfache und damit überschaubare Verhältnisse. Es kommt aber noch schlimmer. Dabei ist es vollkommen belanglos, wie (un)genau die eben getroffenen quantitativen Aussagen gewesen waren.

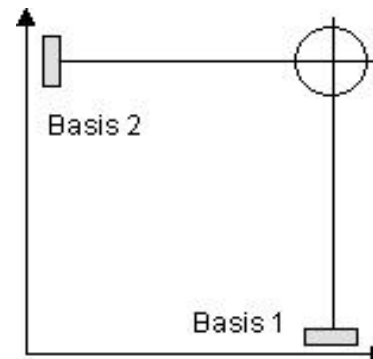


Abbildung 3

Das gerade beschriebene Beispiel weist, wenngleich konstruiert und sehr stark vereinfacht, auf die Problematik von Prozess und Ereignis hin. Auch das folgende Beispiel (Abbildung 3) bezieht sich auf nichts anderes, nur kommt hier überhaupt erst der kinematische Aspekt unmittelbar zur Geltung. Dies will sagen: im ersten Beispiel mit der feststehenden Zielscheibe spielte unter den angenommenen Bedingungen die Geschwindigkeit des Geschosses unmittelbar keine große Rolle. Jetzt jedoch sollen zwei von verschiedenen Plattformen abgefeuerte Geschosse sich treffen. Nochmals: Jedes der Geschosse wird - innerhalb der klassischen Begriffswelt - auf der denkbar einfachsten Bahn sich bewegen. Beide Projektile (oder was sonst es sein möge) bewegen sich „geradlinig und gleichförmig“ und - streng determiniert. In dieser Form der Trägheitsbewegung treffen wir den mit Abstand einfachsten Prozess an. Zwei

dieser primitivsten überhaupt konstruierbaren Prozesse spielen hier die entscheidende Rolle. Unabhängig voneinander sind sie auch. Analysieren wir auf Basis der vorher angestellten Überlegungen jedoch, wie wahrscheinlich das Ereignis sein wird, welches im Zusammentreffen beider Geschosse besteht, so würden wir zu dem Schluss kommen, dass dieses Ergebnis mit Sicherheit nie eintritt. Die dazugehörige Fehlerrechnung verkneifen wir uns, da sie wesentlich umfangreicher ausfallen würde als die weiter oben angestellte. Das ganze Missverständnis im Zusammenhang mit der Determinismus-Problematik besteht in der Vorstellung, dass mit der Determiniertheit von Prozessen auch sämtliche (Kausal-)Ereignisse determiniert seien. Bedenkt man jedoch, dass Ereignisse wesentlich den Verlauf von Prozessen bestimmen (können), so sind alle Prozesse, welche „Ereignisse enthalten“, natürlich in gleichem Maße unbestimmt.

Stellen wir uns das alles jetzt vor dem konkreten Hintergrund der konkreten und komplexen materiellen Gegebenheiten vor, so müsste klar werden, dass der Gedanke von der durchgängigen Determiniertheit allen Weltgeschehens wirklich nur ein Gedanke sein kann. Auch in unseren - geradezu abschreckend primitiven - Beispielen mit den Schießübungen fällt es schwer, wirklich reproduzierbare Ergebnisse bei reproduzierten Anfangsbedingungen zu erzielen. Selbst, gelänge uns eine immer größere Präzision, so bleiben die gleichen Anfangsbedingungen pure Illusion. Letzteres um so mehr, je länger eine Versuchsserie dauert. Mit der letzten Aussage finden wir den Weg zur Problemstrecke der Definition und/oder der Bestimmung jener Anfangswerte, die, wären sie bekannt, alles Kommende eindeutig festlegen würden. Wir müssen Anfangsorte und Anfangsgeschwindigkeiten (in bezug worauf?) mit absoluter Genauigkeit bestimmen, geht es um die Prognostizierbarkeit oder festlegen, geht es um die Reproduzierbarkeit. Beides ist unmöglich. Da aber jeder noch so kleine Fehler irgendwann einmal so groß werden wird, dass nicht mehr entscheidbar ist, ob ein Ereignis eintritt oder auch nicht, wird spätestens auch dann der Gesamtprozess mit jener Unsicherheit behaftet sein, die nicht mehr abschätzbar ist.

Je mehr Prozesse von Kausalketten bestimmt werden, desto stärker sind solche Prozesse vom Zufall geprägt. Die Anfangszustände werden nicht auf ewige Zeiten alles Geschehen eindeutig festlegen. Das können wir auch so formulieren: Je länger Prozesse dauern, desto mehr werden sie mit hoher Wahrscheinlichkeit von Kausalereignissen beeinflusst, und damit nimmt ihre zukunftsbezogene Unbestimmtheit zu.

Andererseits lassen sich aus der Analyse des Zustandes eines gegebenen Prozesses im allgemeinen keine eindeutigen Schlüsse über das Kausalereignis ziehen, welches jenen Prozess bestimmte oder wenigstens maßgeblich beeinflusste. Hierzu soll ein einfaches Beispiel zur Erläuterung dienen, wobei uns das bereits aus dem vorigem Kapitel nützliche Pendel abermals als Hilfe dienen soll. Ein solches Pendel, einmal in Schwingungen versetzt, würde bis in alle Ewigkeit seine Pendelbewegung ausführen, gäbe es nicht die unvermeidlichen Reibungsverluste. Dadurch vermindert sich nach und nach die Schwingungsweite, bis schließlich das Pendel völlig aufhört zu schwingen. Tatsache ist: Die Pendelschwingung ist ein ganz und gar mustergültig determinierter Prozess, der sich, wie es sich für einen solchen geziemt, in Vergangenheit und Zukunft verfolgen lässt. Die Zukunft liegt offen vor uns. Sind die Parameter des Systems Pendel bekannt, so lässt sich auch berechnen, wie der Verlauf der gedämpften Schwingung sich vollzieht. Angenommen, wir stellen ein solches Pendel auf und verlassen das Zimmer. Dann kommen wir zurück und stellen fest, dass erstens sich eine zweite Person im Raum befindet, und wir entdecken zweitens, dass das vorher in Ruhe befindliche Pendel Schwingungen vollführt. Wir bestimmen - wie auch immer - die Parameter der Pendelvorrichtung (aktuelle Amplitude und die Abnahme der Amplitude in Abhängigkeit von der Zeit), dann sind wir in der Lage vorauszusagen, wann die Schwingungsamplitude sich aufgrund der unvermeidlichen Reibungsverluste so weit verringert haben wird, dass wir die Schwingungen nicht mehr wahrnehmen können. **Ebensogut scheint es möglich, zurückzuverfolgen, wie sich das System in der Vergangenheit verhalten haben musste. Doch genau das ist nicht der Fall. Aus der Kenntnis der Informationen, die uns das Pendel selbst - und nur das Pendel - zur Verfügung stellt, ist die Zurückverfolgung in die Vergangenheit nur bedingt möglich!** Es ist nicht durchführbar, den Zeitpunkt zu bestimmen, wann das Pendel in Schwingungen versetzt wurde und wie groß die Anfangsamplitude war (beide Größen sind voneinander abhängig)! Wir können die zweite im Zimmer befindliche Person befragen, die, so nehmen wir an, das Pendel angestoßen haben muss. Kann oder will diese Person eine solche Information nicht liefern, werden wir nie erfahren, was wirklich passiert war.

Das Anstoßen dieses Pendels aber genau ist ein solcher Vorgang, den wir lang und breit als Kausalereignis diskutierten. Verallgemeinern wir die anhand des einfachen Beispiels gewonnen Erkenntnis, so dürfen wir behaupten: Prozesse, die von Kausalereignissen bestimmt werden, „vergessen“ ihre Vergangenheit! Diese „Vergesslichkeit“ jedoch ist das, was wir mit Nichtumkehrbarkeit oder Irreversibilität in Verbindung bringen wollen! Umgekehrt formuliert: Irreversible Prozesse sind durch ihre „Vergesslichkeit“ die Vergangenheit betreffend gekennzeichnet, welche ihrerseits im Zusammenhang steht mit der Kausalität. Dieser letzten Konsequenz entgehen wir durch die Annahme einer „objektiven Zeit“. Diese Zeit versucht das Wechselwirkungsprinzip zu umschiffen, welches da lautet (für diejenigen, die es immer noch nicht auswendig hersagen können):

Alles hängt irgendwie mit Allem zusammen und verändert sich in gegenseitiger Abhängigkeit. Es gibt kein System, welches nicht mit weiteren Systemen im Zusammenhang steht, aber nicht jedes System steht (gleichzeitig) in Verbindung zu jedem anderen System.

Beziehen wir jetzt noch die Überlegungen ein, die verbunden sind mit den für die Bewegungen notwendigen Bezugssystemen und die Definition eines Zeitmaßstabes, so müsste klar werden, dass dann erst recht niemals die „gleichen Anfangsbedingungen“ definierbar sind. Der Zeitbegriff jedenfalls - das ist bereits bekannt - suggeriert die Illusion, dass scheinbar gleichzeitig alle - aber auch alle! - Prozesse an einem einheitlichen „Zeittakt hängen“. Wäre dem so, dann gäbe es wirklich keinen objektiven Zufall.

Entweder es gibt den objektiven Zufall oder die objektive Zeit.

Bitte beachten, dass „die Zeit“ als praktizierter Begriff auf eine eigenständige Realität - Objekt - hinweist, während „der Zufall“ als Bezeichnung für die Zufälligkeit - Relation - bestimmter Ereignisse steht. Vgl. Die Aussagen in **Der Pygmalion-Effekt**.

Die Aussage „es existiert der Zufall und die objektive Zeit“ ist ein Widerspruch in sich. In der objektiven Zeit finden wir die konkrete Verkörperung des Laplaceschen Dämons, der nicht wahrhaben will, dass es auch voneinander unabhängige Systeme und damit Prozesse gibt. Jene „objektive Zeit“ setzt den zweiten Teil der Aussage des Wechselwirkungsprinzips logisch außer Kraft: „...aber nicht jedes System steht (gleichzeitig) in Verbindung zu jedem anderen System“.

Lesen wir die eingangs des Kapitels zusammengespinnene Geschichte mit dem Urlauber unter dem Gesichtspunkt der Determiniertheit von Prozessen und Ereignissen, so müssen wir zu dem Resultat kommen, dass wir uns zunächst mit zwei Prozessen zu beschäftigen haben: es handelt sich um die Lebensläufe zweier Personen. Jeder dieser Prozesse ist weitgehend „ereignisdeterminiert“. Betrachten wir unser eigenes Leben, so kommen wir oft zu der Einsicht, dass dieses Leben von vielen, zum Teil beeinflussbaren und zum Teil nicht von uns abhängigen Ereignissen bestimmt wird. Diese Ereignisse nun wiederum hängen von anderen Ereignissen und damit Prozessen ab, welche ihrerseits... „Wenn ich damals...“ oder „hätte ich doch...“ oder auch „zum Glück habe ich...“ usw. usf... (Hätte der Hund nicht gesch... Vergleichen wir das „wahre Leben“ mit unseren recht sinnlos erscheinenden Schießversuchen im freien Raum, so kommen wir nicht umhin, zu akzeptieren, dass es für wirklich starr determinierte Prozesse so gut wie keinen Spielraum gibt. So erscheint es unwichtig, ob das zweite Geschoss das erste trifft oder auch nicht. Gehen wir aber die Straße entlang und fällt ein Ziegel vom Dach, der sich lockerte, so ist es durchaus nicht unerheblich, ob das - unvorhersehbare! - Ereignis „Ziegel trifft Kopf“ eintritt oder auch nicht. Für den - wahrhaft - Betroffenen ist dies einigermaßen von Bedeutung. Für denjenigen also, der seinen Kopf hinhalten musste, kann solch Ereignis sehr unangenehm bis tödlich sein. (Das hängt von der Fallhöhe ab.)

Prinzipiell sind alle Prozesse nicht im klassischen Sinne determiniert. Dies ist die Regel. Und wie es Regeln in der Regel so an sich haben, gibt es in der Regel keine Regel ohne Ausnahme.

Jeder Prozess ist innerhalb des Zeitraumes, in dem mit Sicherheit keine Kausalereignisse eintreten werden, im allgemeinen stetig (im klassischen Sinne also) determiniert. Für diesen Zeitraum sind diese Prozesse reversibel, das heißt, sie lassen sich auch in die Vergangenheit zurückverfolgen. Für jeden Prozess ist eine solche durchschnittliche charakteristische Zeitspanne prinzipiell angebar.

Auf die genannte „charakteristische Zeitspanne“ kommt es an. Diese ist für verschiedene Prozesse naturgemäß ebenfalls verschieden. Beobachten wir die kosmischen Objekte (innerhalb unseres Sonnensystems zum Beispiel), so haben wir ein „stetig determiniertes System“ vor uns. Vergangenheit und Zukunft liegen vor uns ausgebreitet. Dies aber liegt an der - an unseren Vorstellungen gemessenen - extrem langen Zeiträumen der „stetigen Determiniertheit“. Die kosmischen Prozesse laufen eben besonders langsam ab.

Die „stetige Determiniertheit“ des Sonnensystems gilt für die Vergangenheit nicht uneingeschränkt. Anhand der (mechanischen) Parameter des Systems lässt sich nicht dessen Alter bestimmen. Wir wissen, dass es irgendwann entstanden sein muss (Größenordnung vier bis fünf Milliarden Jahre), aber dieses Ergebnis lässt sich nicht durch „Zurückrechnung“ des Bewegungsablaufes der Planeten ermitteln. Hierzu müssen andere Informationen sachgerecht interpretiert werden.

Aus der Frage: **„Warum verhalten sich die Quantenobjekte (zum Beispiel) nicht starr determiniert?“** wird die Frage: **„Wie kommt es bloß, dass sich das Planetensystem (zum Beispiel) fast beliebig in Vergangenheit und Zukunft verfolgen lässt?“**. Das erste ist die Regel; das zweite die Ausnahme! Die Ausnahme jedoch wurde zum Maßstab des wissenschaftlichen Denkens!

Die uns bekannte Form der Determiniertheit des Sonnensystems ist so selbstverständlich nicht, wie es auf dem ersten Blick erscheinen mag. Im Allgemeinen verhalten sich Mehr-Massen-Systeme mit abstandsabhängigen Zentralkräften chaotisch und instabil. Ein notwendiges, aber noch nicht hinreichendes, Stabilitätskriterium besteht darin, dass eine „große Zentralmasse“ stabilisierend wirkt. Nähere Informationen sind im Text **Chaos** zu finden.

Eine Sekunde ist eine Zeiteinheit, die wir sehr gut erfassen. Eine zehntel Sekunde stellt auch nichts Exotisches dar. Die hundertstel Sekunde entscheidet mitunter über Sieg und Niederlage im Sport. Auch eine tausendstel Sekunde bildet selbst für relativ einfache mechanische Systeme keine nennenswerte Grenze. Für die Verschlüsse normaler Fotoapparate ist dies noch nicht einmal eine extreme Leistung. Der Hochfrequenztechniker begibt sich in die Gefilde der Mikrosekunden oder gar Nanosekunden. Diese Zeiteinheiten sind dann nur noch abstrakt erfassbar, anschaulich überhaupt nicht mehr.

Das Alter unseres Sonnensystems beziffert sich auf ca. 5 Milliarden Jahre; dies sind so etwa $1,5 \cdot 10^{16}$ Sekunden. Eine Nanosekunde beträgt, in Zehnerpotenzen dargestellt, 10^{-9} Sekunden. Doch ist jene Zeitspanne im Bereich der atomaren Dimensionen „eine Ewigkeit“. Wollten wir für die Prozesse innerhalb eines Atomkerns eine entsprechende „Zeitspanne der stetigen Determiniertheit“ angeben, so kommen wir bequem auf Zeiten vielleicht, die unterhalb von 10^{-20} Sekunden anzusiedeln wären. Wir selbst werden vielleicht $2 \cdot 10^9$ Sekunden alt. Das Alter des Weltalls wird auf etwa $3 \cdot 10^{17}$ Sekunden geschätzt, welches damit „nur“ 10^8 mal so alt ist wie wir selbst es werden können. Setzen wir die Nanosekunde ($= 10^{-9}$ Sekunden, eine für uns prinzipiell nicht anschaulich zugängliche Zeitspanne) in Relation zu den gerade erwähnten 10^{-20} Sekunden, so erhalten wir ein Verhältnis von $1:10^{11}$.

Was das Ganze soll? - Vielleicht der Versuch der Veranschaulichung völlig unanschaulicher Beziehungen und der Versuch, sich vor Augen zu halten, warum die Mikroobjekte sich dermaßen unsinnig verhalten. Diese Quantenobjekte verhalten sich nicht deshalb so maßlos unverständlich, weil sie es nun einmal so an sich haben, weil „die Gesetze der Quantenmechanik“ es so und nicht anders erfordern, sondern weil der Mikrokosmos sich zeitlich dermaßen außerhalb der uns zugänglichen Welt befindet, wie es „außerhalb“ fast nicht mehr geht! (Wir erwähnten an anderer Stelle 40 Größenordnungen, die Gravitation und Kernkraft voneinander trennen.)

Hierzu gäbe es noch viele Seiten zu beleuchten. Wir lassen es an dieser Stelle sein, weil es im Rahmen unserer Überlegungen zu weit führen würde. Worauf

es also ankommt, ist festzustellen: Stetig determinierte Prozesse bilden prinzipiell die Ausnahme. dass aus unserer ganz speziellen Sicht auf unserer Ebene der Materiestrukturen bestimmte Prozesse stetig determiniert sind, liegt einzig und allein an den ganz speziellen konkreten Verhältnissen unseres kosmischen Umfeldes und unseres „persönlichen Zeitmaßstabes“. Diese „ganz speziellen Verhältnisse“ aber waren - und sind - weitgehend bestimmend für das, was wir „physikalisches Weltbild“ nennen. Diese „ganz speziellen Verhältnisse“ sind verantwortlich dafür, was wir in diesem Text „mechanistisches“ oder „statisches Paradigma“ nannten. Dass natürlich diese Auffassung zu Problemen führte als man begann, die „Bausteine der Materie“ zu untersuchen, wurde nicht zum Anlass genommen, über jene „statischen Anfangsvorstellungen“ nachzudenken, sondern das mechanistische Weltbild wurde in Frage gestellt, ohne aber wirklich zu wissen, was dieses nun wirklich auszeichnete. Nicht die Mechanik hat versagt, sondern die Statik! Das statische Denken musste früher oder später sich als inadäquat herausstellen. Dieses „früher oder später“ hatten wir bereits konkret genannt. Es war die Wende vom 19. zu 20. Jahrhundert. Aber das alles kennen wir schon.

Fassen wir das bisher gesagte zusammen:

1. Die wichtigsten Begriffe im gerade behandelten Zusammenhang waren: System, Prozess, Zustand, (Kausal-)Ereignis.
2. Sind voneinander unabhängige Prozesse korreliert, d. h. lassen sich die Zustände eines Systems den Zuständen eines zweiten Systems zuordnen, obwohl diese Systeme nicht unmittelbar in Verbindung stehen, so gelten diese Prozesse als determiniert.
3. Unter ganz bestimmten und ganz speziellen Bedingungen darf die in (2.) genannte Korrelation durch die Korrelation mit einem unabhängigen Parameter ersetzt werden, der die Rolle der „unabhängigen Variablen“ übernimmt und welchen wir „Zeit“ nennen. Dann determiniert der Zustand eines Systems zum gegebenen Zeitpunkt den Zustand des Systems zu beliebigen Zeiten.
4. Ein Ereignis ist das Eintreten einer Kausalrelation, wenn also zwei Systeme miteinander in Kontakt treten, die vor diesem Ereignis unabhängig voneinander waren.
5. Ereignisse wären dann - und nur dann - determiniert, wenn wir die unter (3.) aufgeführte Zeit wirklich als eine unabhängige Realität akzeptieren. Ansonsten müssen Ereignisse - auch determinierter Prozesse - nicht unbedingt ebenfalls determiniert sein. (Gemeint ist hier eindeutig die objektive Determiniertheit, unabhängig davon ob Prozesse „erzeugt“ oder beobachtet werden.)
6. Wenngleich Ereignisse selbst nicht determiniert sind (bzw. „nur“ statistisch), so werden andererseits Prozesse wesentlich durch Ereignisse bestimmt.
7. Die Schwierigkeit der Kausalitäts- und Determinismusproblematik liegt in der statischen Denkweise begründet. (Ich wiederholte sie oft genug.)

Wir haben in diesem Kapitel - vielleicht - einige Fragen beantwortet. Folgende Probleme aber bleiben offen:

1. Wie bringen wir in das von uns herbeigeredete Chaos wieder Ordnung? Denn soviel ist klar: der Zufall ist die eine Seite der Medaille. Wie sieht die andere aus?
2. Wir betrachteten das Wechselwirkungsprinzip aus zwei Blickwinkeln, konnten aber bisher theoretisch nicht begründen, warum die Aussage „**...aber nicht jedes System steht (gleichzeitig) in Verbindung zu jedem anderen System**“ wirklich der Wahrheit entspricht.
3. Welche Konsequenzen ergeben sich in Hinblick auf „kosmologische Weltmodelle“? Wie wäre die Urknallhypothese hier einzuordnen. Dies ist eine sehr spezielle Frage. Und obwohl wir nicht vorhaben, spezielle Fragen zu beantworten (hierzu wäre nicht nur Phantasie vonnöten, sondern auch das unentbehrliche mathematische Rüstzeug), so gibt es dennoch Konsequenzen prinzipieller Natur, die durchaus untersuchungswürdig und untersuchungsfähig sind.
4. Weiter oben schnitten wir die Probleme an, die im Zusammenhang stehen mit der Vorhersagbarkeit von Prozessen. Dieses Thema ist auf das engste verknüpft mit der Realisierung von Messprozessen und der Möglichkeit der Arbeit mit mathematischen Modellen in Form von Differentialgleichungssystemen oder bestimmten Formen der Computersimulation.

Wurde von Kausalereignis gesprochen, so war dies mit der „spontanen Änderung des Wechselwirkungsverhalten mindestens zweier Systeme“ verbunden. Dabei wurde zwischen Prozess und Ereignis unterschieden. Diese Darstellung lässt die Frage offen, was im Allgemeinen darunter zu verstehen sei. Die quantitative Abgrenzung fehlt. Auch Ereignisse sind Prozesse - auf einer anderen Zeitskala gewissermaßen. Wir müssen bedenken, dass die in diesem Kapitel definierte Kausalbeziehung als der in der Realität oft vorzufindende Grenzfall betrachtet werden muss:

Eine Kausalrelation mindestens zweier Systeme liegt vor, wenn eine spontane Veränderung des Wechselwirkungsverhaltens dieser Systeme nachweisbar ist, die darin besteht, dass Wechselwirkungen zwischen diesen Systemen auftreten, die vor der Kausalbeziehung nicht bzw. in qualitativ oder quantitativ anderer Form bestanden.

Die Formulierung „in quantitativ anderer Form“ lässt auch Wechselwirkungen zu, die zu einem gegebenen Zeitpunkt zwar vorhanden sind, aber zu eben diesem Zeitpunkt das Geschehen nur unwesentlich beeinflussen, indem sie unterhalb des „Rauschpegels“ liegen. Nur ist dieses „unwesentlich“ kein endgültiges Prädikat. Was zu einem gegebenen Zeitpunkt noch unwesentlich ist, kann zu einer späteren Zeit schon sehr maßgeblich in Erscheinung treten. Und auch jene Formen von Wechselwirkungen müssen wir dabei mit erfassen, die als hochgradig nichtlineare Beziehungen sich darstellen. Die „spontane Änderung des Wechselwirkungsverhaltens“ erweist sich hier als die extremste Form der Nichtlinearität.

Zufall+Notwend.	Zufall	Determinismus	Kausalität	Vorhersagen
-----------------	--------	---------------	------------	-------------

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Die Masse - Trägheit und Gravitation -

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Dass Trägheit und Gravitation irgendwie zusammen gehören, war schon immer klar. Einstein versuchte mit dem verallgemeinerten Relativitätsprinzip, diese Einheit auch zu begründen.

Gravitation
Masse+Raum
Masse+Trägheit

**Albert
Einstein**
1879 - 1955



Die Durchführung dieses allgemeinen Relativitätsprinzips wird nahegelegt durch eine längst bekannte Erfahrung, nach welcher die Schwere und die Trägheit eines Körpers durch dieselbe Konstante beherrscht werden (Gleichheit der trägen und schweren Masse). Man denke etwa an ein Koordinatensystem, das relativ zu einem Inertialsystem, im Sinne Newtons in gleichförmiger Rotation begriffen ist. Die relativ zu diesem System auftretenden Zentrifugalkräfte müssen im Sinne von Newtons Lehre als Wirkungen der Trägheit aufgefasst werden. Die Zentrifugalkräfte sind aber genau wie die Schwerkraft proportional der Masse der Körper. Sollte es da nicht möglich sein, das Koordinatensystem als ruhend und die Zentrifugalkräfte als Gravitationskräfte aufzufassen? - **Albert Einstein**

Die Masse - Trägheit und Gravitation

Obwohl oft schon gesehen, die Beobachtung von Astronauten in ihren Raumstationen hat immer noch etwas Faszinierendes. Wir wissen, dass sie sich auf einer Umlaufbahn um die Erde befinden. Wir wissen, dass sie von ihrem Ort die Erde aus einer uns nie zugänglichen Perspektive betrachten können. Die bekannten Fernsehaufnahmen und Fotos vermitteln sicherlich einen nur unvollkommenen Eindruck von dem, was die Astronauten selbst wahrnehmen. Doch eine Tatsache völlig anderer Art ist äußerst bemerkenswert, obwohl wir uns an den Anblick der frei in der Raumkapsel schwebenden Weltraumpiloten längst gewöhnt haben. Für den „normalen“ Fernsehzuschauer gehören solche Bilder von der „Schwerelosigkeit“ fast schon zum Alltag. Dennoch steckt hinter dieser - eben fast schon alltäglichen - Tatsache ein gewaltiges und grundlegendes physikalisches Problem, auch wenn es auf den ersten Blick nicht danach aussieht. Und kein geringer als **Einstein** nahm sich dieses Problems erstmals ernsthaft an. Und löste es. Auf seine Weise.

Die Astronauten befinden sich zwar in einiger Entfernung von der Erde, die aber nicht so groß ist, dass der gravitative Einfluss der Erde fast völlig verschwindet. Die paar hundert Kilometer haben schon einen gewissen Einfluss darauf, was die Verringerung der Schwere angeht, jedoch ist dieser nicht so gewaltig, dass „Schwerelosigkeit an sich“ herrscht. Andererseits befinden sich die Raumfahrer auf einer Kreisbahn und umrunden die Erde in einer - im Vergleich zur Eigenrotation der Erde - geringen Zeit. Der Einfluss der Fliehkraft dürfte hierbei nicht vernachlässigbar sein. Die Erdanziehung einerseits versucht, die Raumstation nebst Insassen zur Erde zu ziehen; und die Zentrifugalkraft andererseits ist bestrebt, den Flugkörper aus der Kreisbahn zu schleudern.

Wenn also ein (hier kleiner) Körper einen anderen (hier großen) Körper auf einer stabilen (Kreis- oder Ellipsen-)Bahn umrundet, darf man davon ausgehen, dass sich beide Kräfte stets im Gleichgewicht befinden müssen. Nun kann man schon mit elementaren Berechnungen einen solchen Gleichgewichtszustand für einen beliebigen Flugkörper auf der Kreisbahn um die Erde in den verschiedenen Entfernungen berechnen. Auch wenn ich dies hier nicht vorführen möchte, kommt man einer interessanten Tatsache auf die Spur: In den Formeln erscheint die „Masse“ in zweierlei Bedeutung. Zum einen verbinden wir mit „Masse“ so etwas wie Gewicht und Schwere; und zum anderen taucht dieser Begriff im Zusammenhang mit der Trägheit auf. Das Beeindruckendste an dieser

Masse ist, dass beide Bestimmungen - die „**träge Masse**“ und die „**schwere Masse**“ - immer und unter allen Umständen - quantitativ gleichwertig (proportional) sind! (Bei geeigneter Wahl der Einheiten, sind **träge Masse und schwere Masse stets gleich**). Diese Gleichheit gilt für alle Stoffe und für alle Körper! Damit gilt die „Gleichgewichtsformel“ auf der Umlaufbahn um die Erde z.B. für die Raumkapsel und die Insassen sowie für alle in der Station befindlichen Gegenstände unabhängig von deren Größe, Gestalt und Material.

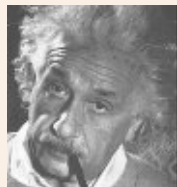
Die Astronauten erfahren - relativ zu ihrer Raumstation - keine Beschleunigung, und damit sind auch keine Kräfte zu verzeichnen. Die Gleichheit von träger und schwerer Masse auch ist der Grund dafür, dass (im Vakuum) alle Körper gleich schnell fallen (würden). Je massereicher ein Gegenstand, um so größer sein Gewicht und damit die Kraft, die ihn - relativ zur Erdoberfläche beispielsweise - beschleunigt. Nun setzt aber ein schwerer Körper dieser Beschleunigung auch eine größere Trägheit entgegen als ein leichter, die aber - welch ungewöhnlicher „Zufall“! - just ganz genau so groß ist wie die „Anziehungskraft“; nur ist sie ihr entgegengerichtet. Die Schwerelosigkeit unserer Astronauten in ihrem Gefährt also ist einzig und allein auf die Tatsache der - zunächst quantitativen - Gleichheit von Gravitation und Trägheit zurückzuführen!

Diese Gleichheit gilt bisher als erwiesene Tatsache. **Newton** selbst führte meines Wissens mit Pendeln Versuche durch, mit deren Hilfe er diese Gleichheit schon recht genau nachweisen konnte. Auch die genauesten Versuche in jüngerer Vergangenheit führten im Rahmen der Messgenauigkeiten zu keinerlei Abweichungen.

Jetzt gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder haben wir es mit einer „zufälligen“ Beziehung zu tun, die nur unter ganz bestimmten - uns aber noch nicht eingrenzenden - Bedingungen gilt; dann wäre nicht auszuschließen, dass irgendwann einmal irgendwelche Versuche ein irgendwie anders geartetes Ergebnis zutage bringen würden. Die zweite Möglichkeit, dieses Sachverhaltes habhaft zu werden, besteht darin, die **quantitative Gleichheit als Indiz für die qualitative Identität von Trägheit und Schwere** zu sehen. **Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie** stützt sich auf die zweite Annahme. Tatsache aber bleibt, dass es keine Möglichkeit gibt, die qualitative Identität von Gravitation und Trägheit direkt zu beweisen. Eine solche Annahme wäre höchstens empirisch widerlegbar. Bisher allerdings blieben solche Hinweise aus, was allerdings die Relativitätstheorie nicht unbedingt bestätigen muss, da diese sich auf weitere Annahmen (Stichwort: „Raum-Zeit-Problematik“) stützt, von denen ich bereits einige behandelt habe.

Unabhängig davon war den Physikern der Fakt der Gleichheit von Trägheit und Schwere schon lange bekannt, aber erst **Einstein** fand darin einen Anlass, sich tiefgründiger mit dieser Angelegenheit zu befassen. Als Ergebnis kennen wir die als recht unverständlich geltende Allgemeine Relativitätstheorie. Einige Grundgedanken dieser Theorie zu veranschaulichen, versuchte Einstein selbst. Für uns Anlass genug, sein berühmtes Gedankenexperiment, das sich zum einen mit der Relativität der Beschleunigung auseinandersetzt und zum anderen dabei einen Zusammenhang herstellt zwischen der Gleichheit von Trägheit und Schwere. Damit lasse ich **Einstein** auch an dieser Stelle zu Wort kommen:

Albert Einstein



Wir denken uns ein geräumiges Stück leeren Weltraumes, so weit weg von Sternen und erheblichen Massen, dass wir mit hinreichender Genauigkeit den Fall vor uns haben, der im Galileischen Grundgesetz vorgesehen ist. Es ist dann möglich, für diesen Teil der Welt einen Galileischen Bezugskörper zu wählen, relativ zu welchem ruhende Punkte ruhend bleiben, bewegte dauernd in geradlinig gleichförmiger Bewegung verharren. Als Bezugskörper denken wir uns einen geräumigen Kasten von der Gestalt eines Zimmers; darin befinde sich ein mit Apparaten ausgestatteter Beobachter. Für diesen gibt es natürlich keine Schwere. Er muß sich mit Schnüren am Boden befestigen, wenn er nicht beim leisesten Stoß gegen den Boden langsam gegen die Decke des Zimmers entschweben will.

In der Mitte der Kastendecke sei außen ein Haken mit Seil befestigt und an diesem fange nun ein Wesen von uns gleichgültiger Art mit konstanter Kraft zu ziehen an. Dann beginnt der Kasten samt

dem Beobachter in gleichförmig beschleunigten Flüge nach „oben“ zu fliegen. Seine Geschwindigkeit wird im Laufe der Zeit ins Phantastische zunehmen - falls wir all dies beurteilen von einem anderen Bezugskörper aus, an dem nicht mit einem Stricke gezogen wird.

Wie beurteilt aber der Mann im Kasten den Vorgang? Die Beschleunigung des Kastens wird vom Boden desselben durch Gegendruck auf ihn übertragen. Er muß also diesen Druck mittels seiner Beine aufnehmen, wenn er nicht der ganzen Länge nach den Boden berühren will. Er steht dann im Kasten genau wie einer in einem Zimmer eines Hauses auf unserer Erde steht. Läßt er einen Körper los, den er vorher in der Hand hatte, so wird auf diesen die Beschleunigung des Kastens nicht mehr übertragen; der Körper wird sich daher in beschleunigter Relativbewegung dem Boden des Kastens nähern. Der Beobachter wird sich ferner überzeugen, dass die Beschleunigung des Körpers gegen den Boden immer gleich groß ist, mit was für einen Körper er auch den Versuch ausführen mag.

Der Mann im Kasten wird also, gestützt auf seine Kenntnisse vom Schwerfeld, ..., zu dem Ergebnis kommen, dass er samt dem Kasten sich in einem ziemlich konstanten Schwerfeld befinde. Er wird allerdings einen Augenblick verwundert sein darüber, dass der Kasten in diesem Schwerfeld nicht falle. Da entdeckt er aber den Haken in der Mitte der Decke und das an demselben gespannte Seil, und er kommt folgerichtig zu dem Ergebnis, dass der Kasten in dem Schwerfeld ruhend aufgehängt sei. Dürfen wir über den Mann lächeln und sagen, er befinde sich mit seiner Auffassung im Irrtum? Ich glaube, wir dürfen das nicht, wenn wir konsequent bleiben wollen, sondern wir müssen zugeben, dass seine Auffassungsweise weder gegen die Vernunft noch gegen die bekannten mechanischen Gesetze verstößt. Wir können den Kasten, wenn er auch gegen den zuerst betrachteten „Galileischen Raum“ beschleunigt ist, dennoch als ruhend ansehen. Wir haben also guten Grund, das Relativitätsprinzip auszudehnen auf relativ zueinander beschleunigte Bezugskörper und haben so ein kräftiges Argument für ein verallgemeinertes Relativitätspostulat gewonnen.

Dieses Gedankenexperiment weiten wir etwas aus, indem aus dem **Einsteinschen** Kasten jetzt ein Raumschiff wird, das schon Jahrhunderte unterwegs ist. Die ursprüngliche Besatzung gibt es längst nicht mehr. Generationen später wissen die jetzigen Astronauten nicht allzuviel von der Erde . Aus eigener Erfahrung naturgemäß überhaupt nichts.

Ein Gedankenexperiment

Das Raumschiff bewegt sich antriebslos in einem Koordinatensystem, dessen Basis „hinreichend weit entfernte“ Fixsterne bilden. Dieses Raumschiff bewegt sich - bezogen auf dieses System - auf einer geraden Bahn mit konstanter Geschwindigkeit, zumindest solange die Triebwerke nicht in Aktion treten. Andernfalls würden die Insassen das Auftreten von Trägheitskräften konstatieren. Ist die Entfernung des Raumschiffes zu anderen Massen „hinreichend groß“, so bewegt es sich, der Trägheit folgend, auch weiterhin geradlinig gleichförmig. Problematisch wird es erst dann, verringert sich der Abstand zu einem der Sterne derart, dass der Einfluß der Gravitation nicht mehr vernachlässigbar ist. Dann wird die Trägheitsbewegung in eine beschleunigte Bewegung übergehen. Die Ursache dieser Beschleunigung - darin besteht kein Zweifel - muß eine Kraft sein, die durch den leeren Raum auf das Raumschiff einwirkt, die in Richtung des Zentrums des

Himmelskörpers weist. Als Ursache dieser „Fernkraft“ ist das Gravitationsfeld bekannt. Dieses wiederum verdankt seine Existenz den mit „Gravitationsladungen“ behafteten beiden beteiligten Massen. Es gilt in diesem Zusammenhang das beschriebene **Newton** sche Gravitationsgesetz. Von der beschleunigten Bewegung verspüren die Insassen des Raumfahrzeuges in diesem Fall natürlich nichts, was seine Erklärung findet in der Tatsache, dass die „aufgeprägten Kräfte“ (in Form der Gravitation) den „Reaktionskräften“ (Trägheit) genau entgegengesetzt gleich sind (Gleichheit von träger und schwerer Masse). Diese Gleichheit gilt für alle Gegenstände im Raumschiff unabhängig von deren Material und Gestalt. Diese Deutung des Gedankenexperimentes ist die bekannte und allgemein anerkannte und führt (**Einstein**) zur Erweiterung des Relativitätsprinzips auf zueinander beschleunigte Bezugssysteme. Gibt es aber eine völlig andere Interpretation der genannten Erscheinungen? - Dazu soll das Gedankenexperiment fortgesetzt werden: Das Raumschiff bewegt sich noch immer antriebslos im Raum. Aufgrund der Trägheitsbewegung wird innerhalb des Raumschiffes ein Zustand der Schwerelosigkeit herrschen. Dieser Zustand ändert sich, sobald die Triebwerke zu arbeiten beginnen. Das Auftreten dieser Trägheitskräfte somit ist ausschließlich vom Arbeiten der Triebwerke abhängig. Jene Trägheitskräfte können natürlich als Ausdruck der Veränderung des Bewegungszustandes des Raumschiffes relativ zu einem - noch nicht näher bestimmten - Bezugssystem (in traditioneller Darstellungsweise relativ zum Raum) gedeutet werden. Bei Annäherung an einen Himmelskörper (z.B. Planeten) wird außer der Tatsache, dass sich Raumschiff und Planet relativ zueinander beschleunigen, nichts weiter festzustellen sein. Um eine Kollision zu vermeiden, werden die Triebwerke eingeschaltet, und zwar mit einer solchen Stärke, dass der Abstand des Raumschiffes zur Planetenoberfläche konstant bleibt. Wieder registriert man die bereits beobachteten und hinlänglich bekannten Trägheitskräfte. In Ermangelung einer anderen Deutung (die Insassen sind ja in ihrem Raumschiff aufgewachsen und haben außer den unbedingt notwendigen technischen Kenntnissen keine Ahnung von den Problemen der Physik) nehmen die Beobachter an, dass auch diesmal wieder nur die Beschleunigung ihres Raumschiffes relativ zu einem - noch nicht näher zu bestimmenden - Bezugssystem die Ursache der Kraft ist. Das beunruhigt die Leute keineswegs, und dem Planeten wird während der Landevorbereitungen einstweilen keine weitere Beachtung geschenkt. Als sie wieder auf ihre Monitore schauen, ist vom Planeten nichts zu sehen. Ein „Wesen von uns gleichgültiger Art“ hat ihn von seinem Platz entfernt. Davon bekommen die Raumfahrer nichts mit. Nur die anschließende optische Beobachtung liefert diese Tatsache. Zwar wundern die Insassen sich über das Verschwinden des Planeten, doch keineswegs darüber, dies im Raumschiff nicht bemerkt zu haben! Welchen Einfluß auch sollte schon irgend ein Himmelskörper auf die Raumkapsel durch den leeren Raum hindurch ausüben. Gewundert allerdings hätten sie sich, wäre „irgend etwas passiert“. Die Triebwerke arbeiten nach wie vor mit gleicher Stärke und somit mußten auch die gleichen Trägheitskräfte festzustellen sein. Die An- oder Abwesenheit eines Körpers in der Nähe hat - selbstverständlich! - keinen Einfluß auf diesen Sachverhalt!

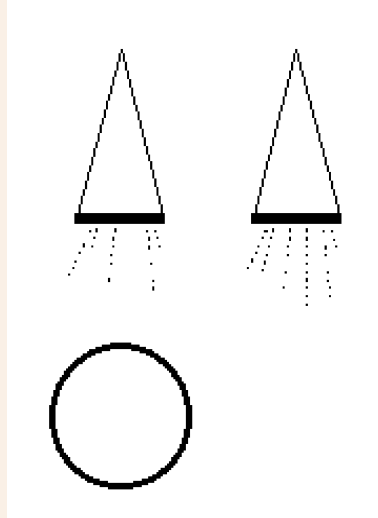


Abbildung 1

Wie auch immer, nach längerem Suchen findet die Besatzung „ihren“ Planeten wieder. Neugierig darauf, wie es auf einem Planeten denn nun so zugeht (die Leute haben noch nie zuvor einen solchen betreten) beschließen sie, zu landen. Vorsichtig setzen sie zur Landung an, indem sie sich der Planetenoberfläche langsam nähern. Nachdem die Rakete aufgesetzt hat, werden die Triebwerke abgeschaltet. Gerade wollen die Raumfahrer - buchstäblich - erleichtert aufatmen, als sie feststellen, dass die - vorher nur von den Triebwerken abhängige! - „Kraft“ immer noch wirkt. Die Verblüffung über diese Tatsache dauert nur kurze Zeit, denn man findet heraus, dass die Planetenoberfläche fest ist (sie haben Glück gehabt und sind auf dem festen Teil des Planeten gelandet) und demzufolge auf das Raumschiff die gleiche Wirkung ausübt wie ein laufendes Triebwerk. Denn, so schlußfolgern sie, gäbe es jenen Planeten mit seiner festen Oberfläche nicht, würden sie sich weiterhin in einem gegebenen (natürlichen) kräftefreien Bewegungszustand befinden. (Dieser „kräftefreie natürliche Bewegungszustand“ ist bekanntermaßen nach dem Verständnis der klassischen Mechanik die geradlinig gleichförmige Bewegung.) Ähnliche Überlegungen stellen auch die Raumfahrer an und springen aus der Luke auf die Planetenoberfläche. Während des freien Falles (um deren Knochen zu schonen, sei eine Fallbeschleunigung angenommen, die nur ein Zehntel der Erdbeschleunigung beträgt) ist keine Trägheitskraft zu spüren, erst beim Auftreffen auf die Oberfläche. Die Astronauten können auf der Planetenoberfläche umherlaufen und spüren dabei eine „Schwere“, die ihre Ursache darin hat und nur diese Deutung überhaupt ist möglich dass ihre Körper an der „freien Bewegung“ - was immer das auch sein mag - gehindert werden, wodurch naturgemäß Trägheitskräfte auftreten müssen. Die „Schwere“ ist Ausdruck der Trägheit der Körper und, so bestätigten Versuche es, vom Material unabhängig, d.h., alle Körper fallen gleich schnell. Diese „Kraft“ tritt dann - und nur dann! - auf, befinden sich die Gegenstände und der Planet in unmittelbarem körperlichen Kontakt.

Diese Formulierung allerdings ist auch nicht gänzlich unproblematisch, denn wollen wir erklären, was „unmittelbarer körperlicher Kontakt“ aus atomarer Sicht bedeutet, so müssen wir allerdings einräumen, dass es eine „unmittelbare Berührung“ zwischen physikalischen Objekten überhaupt nicht gibt. Auch diese ist nur Schein. Alle Eigenschaften von Festkörpern (oder Stoffen überhaupt) müssen wir u.a. mit der Quantenphysik und Elektrodynamik Verbindung bringen. Da wir mit unserem Gedankenexperiment aber der Gleichheit von Trägheit und Gravitation veranschaulichen wollen, sollte der gerade genannte Einwand uns noch nicht

Wichtig bei der Art der Deutung von Erfahrungstatsachen ist der Standpunkt, von dem aus man dies beurteilt. Wie es das Gedankenexperiment zeigt, ist die Annahme von Fernkräften (hier der Gravitation) nicht zwingend. Interessant zunächst erscheint die Tatsache, auch vom üblichen prinzipiell abweichende Deutungen zumindest nicht auszuschließen. Das Fazit wäre folgende wesentliche Aussage:

Die Gravitation ist nicht nur von Trägheit nicht unterscheidbar (klassisches Äquivalenzprinzip, mit hoher Genauigkeit empirisch bestätigt) sondern Gravitation ist (eine aus der Sicht der Menschen spezielle Erscheinungsform der) Trägheit.

Die Trägheit jedoch ist eine dynamische Größe. Sind aber Trägheit und Gravitation in Wahrheit wesensgleich, so ist die Gravitation keine statische Kraft zwischen irgendwelchen Massen - als eine ihrer irreduziblen Eigenschaften -, sondern Ausdruck der Dynamik der kosmischen Massen untereinander. (Diese Aussage ist auch dann bereits sinnvoll, wenn wir noch nicht in der Lage sind, ein adäquates mathematisches Modell aufzustellen, da hiermit eine völlig andere Fragestellung verbunden.) Womit wir angelangt wären: beim **Machschen Prinzip**. Aber jetzt nicht nur bezogen auf die Trägheit (dies ist die ursprüngliche **Machsche** Betrachtungsweise), sondern einschließlich der Gravitation (soweit war **Mach** nicht gegangen; dieser Schritt blieb Einstein vorbehalten). Die Unterscheidung beider Phänomene erfolgt hierbei nur aus der ganz konkreten, historisch bedingten Sicht. Dabei ist zu berücksichtigen, die Deutung des gleichen Sachverhaltes im Rahmen der **Allgemeinen Relativitätstheorie** immer unter dem Blickwinkel der Realität des Raumes zu sehen (im nächsten Kapitel kommt auch dieser Fakt nochmals zur Sprache), wobei als „historische Zwischenstationen“ die Fernkräfte und das Gravitationsfeld in Erscheinung traten.

Die hier aufgezeigte Alternative der Beseitigung der Fern-Kräfte beruht auf der Hypothese, dass die Gesamtheit der kosmischen Massen (wie auch immer dies konkret zu handhaben sein möge) als Bezugssystem (Machsches Prinzip) fungiert. Die Annahme der Existenz jener ominösen Fernkräfte war nicht einmal vorübergehend notwendig. (Die beim Betreiben der Raketentriebwerke auftretenden Trägheitskräfte sind ja vordergründig auch keine „Fern“-Kräfte. Hintergründig allerdings kommt uns ein unlösbares Problem entgegen, das ich noch nicht ansprechen möchte.)

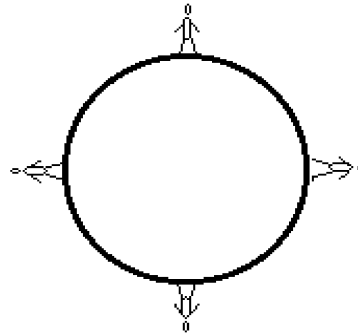


Abbildung 2

Selbstverständlich lassen sich gegen die gerade aufgeführten Argumente eine ganze Menge Einwände vorbringen. Abbildung 2 soll sich mit einem der möglichen Einwände beschäftigen. Wenn im Gedankenexperiment die Raumschiffinsassen im Raumschiff überhaupt nicht bemerken, dass ein Planet in der Nähe ist, so kann dies von den auf unserem Planeten verteilten Menschen anscheinend mitnichten als gleichgültig angesehen werden, ob die Erde sie „anzieht“ oder auch nicht. Und man kann sich auf der Erde aufhalten, wo man mag, das „Gravitationsfeld“ wird sich als (annähernd) kugelsymmetrisch erweisen, wobei „unten“ dort ist, wo jeweils die Füße auf dem Erdboden aufsetzen - im Normalfall jedenfalls. Für die „mit dem Kopf nach unten hängenden“ Antipoden stehen die Leute auf der anderen Halbkugel naturgemäß ebenfalls „auf dem Kopf“. Es gab eine Zeit, da machte das „Antipodenproblem“ den Menschen schon etwas zu schaffen. Doch an die Relativität von „oben“ und „unten“ haben **wir** uns längst gewöhnt.

Es gibt recht gewöhnungsbedürftige Wahrheiten; aber nicht alles, woran man sich im Laufe der Zeit gewöhnte, muss deshalb gleich eine Wahrheit sein.

Das alles hängt eben mit der „Erdanziehung“ zusammen, die alle auf ihr - auch frei beweglichen - Gegenstände in Richtung Mittelpunkt zu ziehen sucht. Und diese Kraft - so hat es den Anschein - ist nur abhängig von den beteiligten Massen. Je größer diese sind, um so stärker ist auch die Gravitationskraft. Durch diese Form der „Zentralkräfte“ scheint unser Gedankenexperiment mit den Raumfahrern und dem Planeten nicht so recht der Realität zu entsprechen. Denn welcher Art müsste ein „gegebener Bewegungszustand der kosmischen Massen“ sein, damit sich derartige Verhältnisse ergeben, welche die Existenz von kugelsymmetrischen Zentralkräften vorgaukeln (bei homogenen kugelförmigen Massen). Jedenfalls ergäben sich aus unseren Überlegungen sehr seltsame Konsequenzen. Das Machsche Prinzip sieht als alternative Denkmöglichkeit die Trägheit als Wechselwirkung der kosmischen Massen untereinander. Tatsache aber ist, dass sich all diese Massen (selbst, wenn zunächst lediglich von den Sternen unserer Galaxis die Rede ist, so bedeutet dies keine prinzipielle Einschränkung) sich in einem bestimmten Bewegungszustand befinden. Aus unseren bisherigen Überlegungen geht nun hervor, dass dieser Bewegungszustand - ungeachtet dessen, dass wir nicht in der Lage sind, diesem eine quantitativ faßbare Form zu geben - irgendwie für uns derart in Erscheinung tritt, dass wir eine „Massenanziehung“ (Gravitation) oder Trägheit konstatieren. Und hierbei tauchen eben zwei - für uns leider unlösbare - Probleme auf: Erstens haben wir, wie schon hervorgehoben, keine Möglichkeit, die Bewegung wirklich zu definieren; und zweitens wissen wir immer noch nicht, welches ominöse Ding nun eigentlich die Masse ist.

Dazu nun ein weiteres sehr gewagtes Gedankenexperiment. Unser schon öfter bemühtes „jenseitiges Wesen“ oder der „Weltprogrammierer“ möge doch so gut sein, alle Bewegung der Sterne unserer Galaxis zu stoppen. Konkret wäre dieser Zustand jener, dass alle Relativbewegungen aller Sterne angehalten werden müssten. Jetzt sind zwei Möglichkeiten denkbar: Entweder es ereignet sich (fast) überhaupt nichts, und wir würden diesen doch recht gewaltsamen Eingriff überhaupt nicht unmittelbar bemerken; oder aber mit dem Verschwinden der Bewegung verschwinden Trägheit und Gravitation. Die Folgen wären verheerend! Damit wäre aber - dies geht über die ursprüngliche Sicht Ernst **Machs** hinaus - nicht einfach die Anwesenheit der (galaktischen) Massen maßgeblich für Trägheit (und Gravitation), sondern diese beiden Dinge dürften nur im Zusammenhang mit einer bestimmten noch unbekannten Dynamik gesehen werden.

Jetzt aber würden „Ursache“ und „Wirkung“ ihre Plätze tauschen: Nicht mehr - wie die traditionelle Physik es erfordert - wäre die Gravitation die „Ursache“ für die konkreten Bewegungsverhältnisse, sondern die konkreten Bewegungsverhältnisse treten unter bestimmten Bedingungen für uns entweder als Gravitation oder auch als Trägheit in Erscheinung. Erst wenn man die Zusammenhänge kennt, reift möglicherweise die Erkenntnis, dass etwas „genau umgekehrt“ funktioniert, dem unmittelbaren Augenschein entgegen. Und Ursache und Wirkung vertauschen ihre Plätze. Damit aber verändert sich die Frage nach dem Warum und Weshalb.

Warum fällt ein Körper zu Boden? - Weil er von der Erde „angezogen“ wird. - Doch vielleicht funktioniert alles ganz anders...

Leider sind obige Überlegungen - selbst als Gedankenexperiment - überaus spekulativer Natur; und es gibt wohl kaum eine Möglichkeit, diese Überlegungen einer direkten experimentellen Überprüfung zu unterziehen - auch in ferner Zukunft nicht. Aber unsere Gedanken könnten in diese oder auch eine andere Richtung gelenkt werden. „Diese“ Richtung kennen wir; gemeint sind die traditionellen Lösungsansätze der Physik. Und was die spekulative Seite der heutzutage ausgeübten wissenschaftlichen Praxis betrifft, so möchte ich nur nochmals kurz die Problematik „Urknall“ andeuten. Was hier an Spekulation geleistet wird, überschreitet jene verträglichen Grenzen, auf die ich an anderer Stelle vielleicht auch noch zu sprechen kommen werde.

Und was die Gedankenexperimente anbelangt, so ist auch bei diesem Thema noch längst nicht das letzte Wort gesprochen worden. „Computersimulation“ könnte ein wichtiges Stichwort lauten. Wenngleich wir als „komplexe Weltprogrammierer“ mit Sicherheit nie in Erscheinung treten werden, so lassen sich möglicherweise etwas bescheidenere Ansätze der Computerexperimente dazu verwenden, die im gerade angedeuteten Gedankenexperiment phantasierte Fiktion (und andere auch) halbwegs sinnvoll umzusetzen. Die Voraussetzung dafür allerdings wäre, dass wir über bestimmte Lösungsansätze verfügen müssten, um einen Simulationsalgorithmus aufstellen zu können. Doch dieses Thema sprengt mit Sicherheit den Rahmen meiner Darlegungen in diesem Text, so dass ich es zunächst mit diesen - fast orakelhaften - Andeutungen das Thema abbrechen möchte.

Auch ein anderes Thema wird uns im folgenden Text beschäftigen. Im bisherigen Text verwendete ich immer wieder den Begriff der Masse, so dass es nun eigentlich an der Zeit wäre, sich mit dieser fundamentalen Größe eingehender zu befassen. Wir wissen lediglich, dass Masse und Trägheit einerseits sowie Masse und Gravitation andererseits irgendwie zusammengehören. Und auch das „**Machsche** Bezugssystem“ oder der „Raum“ - je nach Standpunkt - gehören

zu dieser Angelegenheit. Bestimmte Seiten der genannten Problematik konnte ich schon zur Diskussion stellen. Aber es fehlen noch einige Gesichtspunkte, die durchaus Beachtung verdienen.

Zuvor möchte ich ganz kurz ein modernes Märchen beginnen. Es handelt sich um eine der vielen Legenden von der Entstehung der Welt. Mythen, diese Angelegenheit betreffend, gibt es ungezählte. Doch mag ich mich nicht über die etwas älteren Weltentstehungs-Theorien auslassen; dies ist nicht mein Thema. Mich interessiert die ein wenig mehr wissenschaftliche Version der Schöpfungsgeschichte(n), in der von einem „ganz großen Knall“ berichtet wird. Vom „Urknall“ oder „Big Bang“ ist die Rede. Wie alles andere auch, beginnt die „Entstehung des Universums“ mit dem Anfang. Wie sollte sie sonst beginnen?!

Der Urknall

Doch diesen Anfang kennen wir nicht ganz so genau. Aber wir „wissen“ über die Zeit 0,02 Sekunden nach dem alles hervorbringenden Ereignis einiges mehr. (Nach neueren „Erkenntnissen“ soll sich diese Zeitspanne um Größenordnungen bereits verkürzt haben. Für uns absolut nebensächlich.). Die Temperatur beträgt 10^{11} Kelvin. Die Massendichte wird mit etwa 4×10^9 Kilogramm pro Kubikdezimeter angegeben. Die Materie besteht aus einem Gemisch von Elementarteilchen und Energiequanten und befindet sich im thermischen Gleichgewichtszustand.

Etwa 0,1 Sekunden später sinkt die Temperatur auf 3×10^{10} Kelvin und die Dichte auf 6×10^7 Kilogramm pro Kubikdezimeter. Der thermische Gleichgewichtszustand wird noch lange anhalten.

Eine weitere Sekunde danach haben wir es mit einer auf 10^{10} Kelvin „abgekühlten“ Materie zu tun, deren Dichte „nur“ noch 400.000 mal größer ist als die des Wassers. Die Neutrinos und Antineutrinos lösen sich von der Materie und befinden sich nicht mehr mit ihr in Wechselwirkung.

Etwa 14 Sekunden „danach“ hat sich das Universum auf etwa 3×10^9 Kelvin abgekühlt; und es bilden sich die ersten Heliumkerne, die sich aber noch nicht lange halten können. Drei Minuten später ist es mit 10^9 Kelvin vergleichsweise kalt geworden. Und kurz danach konnten sich stabile Deuteriumkerne bilden. Aber schwerere Atomkerne als die des Heliums treten in nur bescheidenem Umfang auf.

Nach einer halben Stunde etwa herrschen noch 3×10^8 Kelvin. Die Kernprozesse kommen zum Stillstand; und etwa 25% der gesamten Protonen- bzw. Neutronenmasse finden sich in den entstandenen Heliumkernen wieder. Den Rest bilden Wasserstoffkerne (freie Protonen). Um aber stabile Atome (Kerne plus Elektronen) zu bilden, ist es immer noch viel zu heiß.

Kurze Zeit darauf - wir vollziehen einen Zeitsprung von 100.000 Jahren - hat sich das Universum so weit abgekühlt, dass die Materie „durchsichtig“ wird. Hier trennen sich die Wege von Strahlung und Materie. Die Zeit des thermischen Gleichgewichtes ist vorüber. Die Temperatur beträgt 3.000 Kelvin; und die Protonen fangen Elektronen ein und bilden stinknormale Wasserstoffatome. Die Heliumkerne stehen ihnen nicht nach.

Und jetzt geschieht das zweite Wunder: Das Universum dehnt sich einerseits weiterhin aus, und andererseits beginnt sich die Materie infolge der Gravitation örtlich zusammenzuklumpen. Und Strukturen entstehen. Bereits 15 bis 20 Milliarden Jahre später sind wir es, die einen Teil dieser

Diese kurz dargelegte Schöpfungsgeschichte ist mit Sicherheit keine korrekte Zusammenfassung des Standes der Dinge im Bereich der Kosmologie, zumal noch weitaus verwegene Theorien die Runde machen. Sollten sich hier Ungenauigkeiten eingeschlichen und der eine oder der andere Leser nicht alles verstanden haben, so sei mir dies nachgesehen, da ich mich mit der Behandlung dieser Fragen auf ein recht glattes Parkett gewagt habe, das nicht mein eigentliches Terrain ist. (Das liegt dann daran, dass ich das alles selbst nicht so recht verstehe. Auch bin ich mir sicher, dass es nicht allzu viele Menschen sind, die dies wirklich verstehen.)

Wie dem auch sei, so ungefähr stellt man sich die „Entstehung der Welt“ vor. Details sind für uns einigermaßen unwichtig. Doch hat man diese Geschichte sich nicht einfach aus den Fingern gesogen, sondern dieses Bild ist in einer bestimmten Weise historisch gewachsen, indem konkrete Indizien ein solches Bild als ein in gewisser Weise sinnvolles Bild erscheinen ließen. Alle Indizien, die für dieses Modell sprechen, sind auch in der populären Literatur recht ausgiebig und ausführlich behandelt worden. Diese Schöpfungsgeschichte (oder Varianten davon) gilt als die wissenschaftlich begründete Theorie schlechthin und wird kaum infrage gestellt. Zwar gibt es auch ab und an ein paar Gegenstimmen, die jedoch nicht das rechte Gewicht zu besitzen scheinen. Wie auch immer, alle Argumentationen – pro **und** contra – stehen auf der gleichen Ausgangsplattform. Und ich möchte den Leser nicht mit der 999. Fassung der Darlegungen der – fast schon allgemein bekannten Zusammenhänge – langweilen. Mein Anknüpfungspunkt ist ein viel elementarerer – und auch wesentlich bescheidenerer.

Lesen wir die kurze Big-Bang-Story aufmerksam durch, so taucht immer wieder der Begriff der **Dichte** bzw. **Massendichte** auf. Die **Masse** also spielt neben vielem anderen auch – eine recht (ge)wichtige Rolle. Die Masse zudem gehört zu den physikalischen Grundgrößen (eine SI-Basiseinheit, um korrekt zu sein) überhaupt. Und über die Massendichte in den verschiedenen Stadien der Weltentstehung werden überaus kühne Aussagen getroffen. Mir geht es auch hierbei nicht darum, diese Aussagen in ihrer konkreten quantitativen Bestimmung zu kritisieren, obwohl auch dies sehr interessant sein könnte. Ich möchte an dieser Stelle nicht darüber befinden, welchen Wahrheitsgehalt diese Aussagen im Detail besitzen, sondern werde nachweisen, dass Aussagen der genannten Art **ganz und gar sinnlos sind!**

Zu diesem Sachverhalt einige recht interessante ergänzende Anmerkungen. Einerseits besteht an der Urknalltheorie so gut wie überhaupt kein Zweifel; und die theoretische Grundlage dafür bildet die **Allgemeine Relativitätstheorie**, die das **Gravitationsproblem** zum Thema hat. **Nun hängen aber Gravitation und Masse und Trägheit irgendwie logisch zusammen.** Also sollte man annehmen, dass mit der Lösung des Gravitationsproblems (**Einstein**) auch die Frage nach der Masse keine unbeantwortete Frage sein kann. Dem aber ist nicht so, denn informiert man sich darüber, was – unter anderem – Gegenstand der gegenwärtigen Forschung ist, kommt man aus dem Staunen nicht heraus. Bei **DESY** (**D**eutsches **E**lektronen-**S**ynchrotron) in Hamburg gehört zu den „**Aufgaben für die Zukunft**“ die Suche nach der Antwort auf die Frage „**Wie entsteht die Eigenschaft Masse?**“. (Diese Formulierungen entstammen den Internet-Seiten von **DESY**.)

Als unvoreingenommener Nachdenker gerät man ob dieser Tatsachen arg ins Grübeln. Man kennt sich also angeblich sehr gut aus, was die exotischsten Massendichten betrifft, welche man bis zum „Anfang allen irdischen Seins“ zurückverfolgen kann, doch hat man keine Ahnung davon, wie „Masse“ eigentlich zustandekommt. **Nur unter der Voraussetzung, dass die Antwort auf die Frage „Wie entsteht die Eigenschaft Masse?“ keinerlei Einfluß auf die Anwendung des Massebegriffes hat, nebst allen weitreichenden Folgerungen, erscheint eine solche Vorgehensweise vielleicht zulässig.** Für meine Begriffe ist dies jedoch methodischer und logischer Unfug, der die Grenze zum Irrationalen längst überschritten hat.

Wie wir erkennen werden, handelt es sich bei dem altbekannten Massebegriff (respektive Massendichte) um einen jener undefinierten Begriffe, der nur durch die Macht der Gewohnheit sein Dasein fristet. Und der in der Mechanik verwendete Massebegriff bezieht sich auf eine Eigenschaft der Materie: die Eigenschaft der Trägheit nämlich. Das ist eigentlich bekannt, doch die Konfusion nimmt dennoch ihren Lauf. Aber jetzt der Reihe nach.

Masse	Gravitation	Masse+Raum	Masse+Trägheit
-------	-------------	------------	----------------



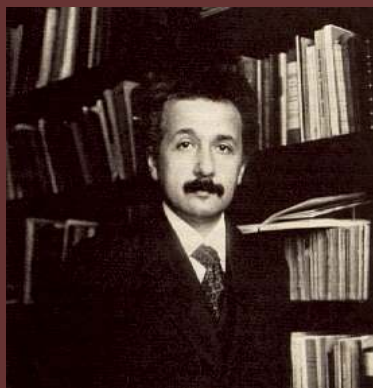
Die Masse - Masse und Raum -

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Spätestens seit Einstein werden Masse und Raum in einen mathematischen Zusammenhang gebracht. Ist es aber nicht tatsächlich so, dass dieser Zusammenhang sich bereits auf elementarerer Ebene manifestiert?

Gravitation
Masse+Raum
Masse+Trägheit

**Albert
Einstein**
1879 - 1955



Trotzdem man allenthalben das Streben Newtons bemerkt, sein Gedankensystem als durch die Erfahrung notwendig bedingt hinzustellen und möglichst wenige auf Erfahrungs-Gegenständen nicht unmittelbar beziehende Begriffe einzuführen, stellte er den Begriff des absoluten Raumes und den der absoluten Zeit auf. Man hat ihm dies in unserer Zeit öfter zum Vorwurf gemacht. Aber gerade in diesem Punkt ist Newton besonders konsequent. Er hatte erkannt, dass die beobachtbaren geometrischen Größen (Abstände der materiellen Punkte voneinander) und deren zeitlicher Verlauf die Bewegung nicht vollständig charakterisieren. (...) Es gibt also außer den Massen und ihren zeitlich variablen Abständen noch etwas, das für das Geschehen maßgeblich ist; dieses "Etwas" fasst er als die Beziehung zum "absoluten Raum" auf. - **Albert Einstein**

Die Masse - Masse und Raum

Die Natur verhält sich - dies der immer noch gültige Glaube in den Naturwissenschaften - so und nicht anders wie ein technisches System sich verhält, welches wir geschaffen haben. Und „die Natur“ ist das Universum, sind die Steine und Metalle, die Atome, Mücken und Elefanten. Und wir natürlich auch. Die Wissenschaften versuchen die Ursachen zu ergründen. Für alles mögliche. Die Geister und Dämonen spielen nur noch eine untergeordnete Rolle, nämlich die, dass man in der Lage ist zu beweisen, auf jene verzichten zu können. Die Wissenschaft beseitigte den Aberglauben. (Das ist wohl bekannt.) Nur an **einem Aberglauben** hält sie immer noch fest: **dem Glauben daran, dass alles so schön einfach ist, wie wir es gerne hätten.**

Behauptungen aufzustellen, ist nicht besonders schwer. Schwieriger schon wird es, versucht man Behauptungen zu beweisen. Ein erster Schritt dazu wäre es, sich mit konkreten Beispielen auseinanderzusetzen. Was also liegt näher, als sich einem ganz besonders einfachen Fall zu widmen. Wer schon einmal einen schweren Koffer zu tragen hatte oder ein Auto anzuschieben versuchte, der weiß mit Sicherheit, was es mit der „Masse“ auf sich hat. Die Masse gehört zu den fundamentalen Größen der Mechanik und damit der Physik überhaupt. Und der Massebegriff bedarf keiner Erläuterung. Über den intuitiv sicher benutzten Begriff der alltäglichen Praxis und im ebenso alltäglichen Sprachgebrauch gehen die Physiker insofern nur hinaus, als dass sie ihn möglichst exakt quantifizieren und ihn in Relation zu anderen Größen setzen (der Kraft beispielsweise - je größer eine Masse, um so schwerer ist sie auch und um so schwerer lässt sie sich in Bewegung setzen oder auch abbremsen). Das alles ist so einfach und damit stinklangweilig, dass es fast schon als Zumutung erscheint, den Leser mit dermaßen trivialen Dingen zu behelligen.

Doch genau jene Einstellung wird sich als völlig falsch erweisen. Dieses Kapitel wird sich mit der - noch unvollkommenen - Analyse des Massebegriffes widmen. Und dieses Kapitel ist das bis jetzt umfangreichste und wird womöglich auch gedanklich der nicht gerade besonders leicht nachvollziehbare Teil dieses Textes sein. Denn genau der Massebegriff wird eindeutig nahelegen, dass „die Welt“ nicht, ohne in allergrößte Schwierigkeiten zu geraten, in ihre „einfachen Bestandteile“ zergliedert werden darf. Und einer dieser „einfachen Bestandteile“ ist - so der immer noch gültige Glaube - die Masse.

Die Masse gehört zu den SI-Basiseinheiten. Sie ist eine der fundamentalen Größen in der Physik. Intuitiv sind wir durchaus in der Lage, mit dem Massebegriff einigermaßen sicher umzugehen. (Ziel dieses Kapitels ist es, darüber nachzudenken, ob die „Masse“ wirklich eine fundamentale Größe ist, oder ob sie nicht vielleicht viel mehr als Resultat bestimmter noch unbekannter Zusammenhänge erscheint.) Unter Alltagsbedingungen sind überhaupt keine Schwierigkeiten zu erwarten. Jeder Körper ist irgendwie „schwer“ - unser Körper inklusive. Und je „schwerer“ ein Gegenstand ist, um so mehr „Kraft“ auch muss man aufwenden, um ihn in Bewegung zu setzen oder ihn von einem gegebenen Bewegungszustand abzubringen. An anderer Stelle ging ich bereits auf diese Dinge sehr ausführlich ein. Das alles steht im Zusammenhang mit den Grundfragen und den **Newtonschen** Bewegungsgesetzen („Axiomen“) der Mechanik. Genau in diesen Gesetzen kam unter anderem eine sehr wichtige Größe vor: die Masse eben.

Bisher befassten wir uns mit der Problematik der Bewegung und deren Veränderung. Dabei war festzustellen, dass die „Bewegung an sich“ (der kinematische Aspekt) immer an irgendwelche Bezugssysteme gekoppelt war (Relativitätsprinzip. - Im kinematischen Sinne ist das Relativitätsprinzip trivial, da sich Bewegung anders überhaupt nicht definieren lässt.). Die Physiker ersetzten die konkreten materiellen Bezugssysteme (z.B. die Gesamtheit der Fixsterne unserer Galaxis) durch mathematische Gebilde, „Koordinatensysteme“ genannt. Dabei nahmen die „Inertialsysteme“ eine - genau genommen - nicht begründbare Sonderstellung ein: Ein Inertialsystem ist ein Koordinatensystem, in dem das Trägheitsgesetz gilt - das Trägheitsgesetz besagt, dass in einem Inertialsystem ein „kräftefreier“ Körper sich geradlinig und gleichförmig bewegt oder sich in Ruhe befindet. Und genau die Hilfskonstruktion „Inertialsystem“ bildet die wichtigste Stütze der Mechanik. Zunächst jedoch möchte ich die ersten beiden **Newtonschen** Sätze wiederholen:

Zwei der Newtonschen Axiome

1. **Ein Körper (eine Masse) befindet sich im kräftefreien Zustand in Ruhe oder bewegt sich geradlinig und gleichförmig.**
2. **Für jede Änderung des Bewegungszustandes (Beschleunigung) muss eine Kraft aufgewendet werden. Kraft und Beschleunigung sind (im klassischen Fall) einander proportional. Der Proportionalitätsfaktor heißt „träge Masse“ oder „Trägheit“.**

Bevor ich zum eigentlichen Thema (Satz 2.) komme, folgende Wiederholung: Satz 1 (und natürlich auch das 2. „Axiom“) gilt nur in einem Inertialsystem. Damit allerdings hatten wir schon einmal unsere Probleme. Entweder wir sind gefangen in einem Zirkelschluss (oder einer Zirkeldefinition), oder wir kommen nicht umhin, das wichtige Inertialsystem unabhängig vom Trägheitsprinzip zu definieren. - Entweder wir „beweisen“ immer genau das (Zirkelschluss), was wir vorher als richtig voraussetzen, oder wir müssen tatsächlich nach einem Ausweg suchen. Und der Ausweg hier hieß „galaktisches Bezugssystem“. Damit gelangten wir irgendwie zum sogenannten **Machschen Prinzip**.

Wir dürfen aber auch den 1. **Newtonschen** Satz als **Definition für ein Inertialsystem** verwenden; dann allerdings beschreibt er kein objektives Naturgesetz, sondern führt zu einer mehr oder weniger sinnvollen Festlegung, die zunächst bestimmt, was wir unter „geradlinig“ (im Sinne der Mechanik) verstehen wollen (die Frage nach der Gleichförmigkeit greife ich an anderer Stelle auf). dass unter uns unmittelbar zugänglichen Bedingungen „Geradlinigkeit“ scheinbar unabhängig von der Aussage des Satzes 1. definiert ist, darf uns nicht darüber hinwegtäuschen, dass jene „Unabhängigkeit“ an eben ganz bestimmte und ganz und gar spezielle Bedingungen geknüpft ist, die ich bereits nannte (quasi starre Bezugssysteme).

Auch das Vorhandensein starrer (fester) Körper sollte kein Grund zur Beruhigung sein. Wir müssten uns eigentlich maßlos darüber wundern, dass es Stoffe mit eindeutigen und stabilen Eigenschaften - Festkörper z.B. - überhaupt gibt. Da wir aber mit solchen „Unbegreiflichkeiten“ aufgewachsen sind, fällt uns das Staunen zunächst schwer. Allerdings kamen die Physiker gar sehr ins Grübeln, als die „Quantenhypothese“ das Licht dieser Welt erblickte. Und mit Licht hat dies tatsächlich auch etwas zu tun. Dazu später mehr.

Zur Vertiefung der bisherigen Überlegungen und zu einer das Verständnis der Zusammenhänge unterstützenden Wiederholung seien folgende Skizzen

(Abbildung 3 und Abbildung 4) zur Veranschaulichung der Problematik der raumbezogenen Bewegung herangezogen, wobei ich der Einfachheit halber auf die „dritte Dimension“ verzichte. (Im folgenden Text teile ich nichts wirklich Neues mit. Andere Schwerpunkte werden vielleicht gesetzt. Doch wem dies zu langweilig wird, kann die nächsten Seiten überspringen.)

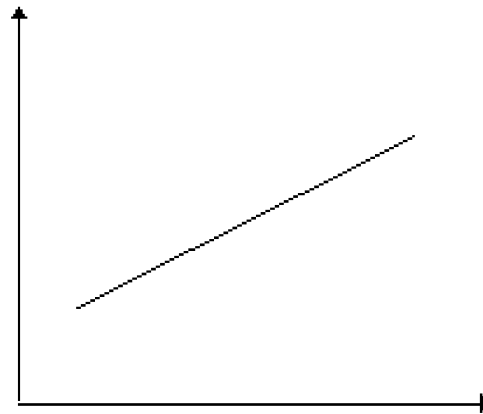


Abbildung 3

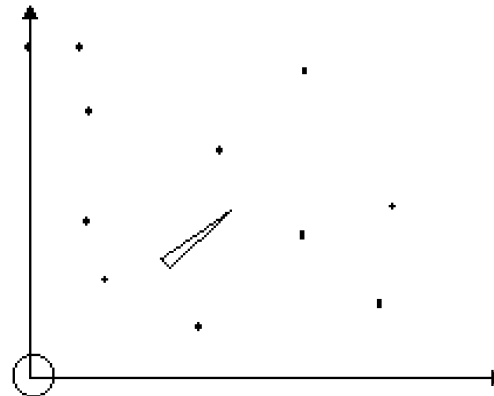


Abbildung 4

Die hier im Koordinatensystem eingezeichnete Gerade dürfen wir getrost kommentarlos hinnehmen. Und wenn sich ein Körper entlang einer solchen Geraden bewegt, so erfüllt er eine der Voraussetzungen des Trägheitssatzes. Was aber gilt in dieser Skizze als Bezugssystem? - Es gibt anscheinend keines. Genau dies ist natürlich falsch. Das Bezugssystem ist der Bildschirm, auf dem die Darstellung abgebildet ist oder ein Blatt Blatt Papier, auf welchem die Zeichnung gedruckt wurde. Dieses Bezugssystem allerdings hat mit dem objektiv realen physikalischen Geschehen nichts, aber auch gar nichts, gemein. Dieses Bild abstrahiert von allen Dingen, die es überhaupt physikalisch sinnvoll erscheinen ließe. (Für uns absolut nicht neu.)

Wenn sich also ein Körper „frei im Raum“ bewegt - was dann? - Dieses Thema behandelten wir ausgiebig. „Frei im Raum“ könnte heißen: Freie Bewegung

im interstellaren Raum irgendwo zwischen den Sternen. **Abbildung 4** deutet die veränderte Situation an. Dabei sollen die „Punkte“ irgendwelche Sterne (eine ganz kleine Auswahl) symbolisieren. Und unser „Raumschiff“ bewegt sich irgendwo in dem Gewimmel „durch den Raum“. Auch sieht das auf dem Monitor sehr einfach aus. Zwei Probleme allerdings haben wir. Wie gewinnen wir - erstens - aus den Beobachtungen vom Raumschiff aus diese Darstellung? Und zweitens was geschieht, wenn die anderen Massen sich im Beobachtungszeitraum bewegen?

Zur ersten Frage. Vom Raumschiff aus gesehen, sind - wie auch vom irdischen Standpunkt aus beurteilt - Winkelmessungen der einzelnen Objekte untereinander durchführbar. Führen wir diese Messungen zu verschiedenen Zeitpunkten aus und vergleichen die Messergebnisse (unter der Voraussetzung, dass die Sterne nicht allzu weit entfernt sind und/oder wir „hinreichend große“ Zeitabstände wählen), so stellen wir eine Veränderung (Parallaxe) fest. Daraus nun lassen sich schließlich die Entfernungen der Sterne zu uns und auch der Sterne untereinander bestimmen. (Die wäre eine relative Entfernungsbestimmung. Für die absolute Entfernungsangabe muss mindestens ein Abstand in einer gebräuchlichen Maßeinheit bekannt sein. In der astronomischen Praxis gilt - für nicht allzu große Distanzen - als ein möglicher Referenzabstand die „**Astronomische Einheit**“ (AE). Dies ist der mittlere Abstand der Erde von der Sonne, rund 150 Millionen Kilometer.) Sollte die Parallaxenmethode versagen und in der astronomischen Praxis versagt sie bei der Mehrzahl aller stellaren Objekte -, so werden für die Entfernungsbestimmungen die unterschiedlichsten, sich oftmals ergänzenden, Methoden herangezogen. Diese beruhen auf einem astronomischen und astrophysikalischen Wissen, das ich nicht näher erläutern möchte, weil die Einzelheiten für uns einigermaßen unwichtig sind und nur für den Fachmann von Interesse (und ich bin auf diesem Gebiet keiner).

Legt man die Lage des Koordinatensystems fest - der Mittelpunkt möge von der Sonne gebildet werden, und ein beliebiger anderer Stern fixiert die Lage einer Koordinatenachse -, so lassen sich aus den Beobachtungsdaten die Koordinaten aller anderen Sterne errechnen, unsere eigene Position mit eingeschlossen. Ob wir anschließend diese Daten in unsere Zeichnung eintragen oder deren Auswertung sowieso dem Computer überlassen, bleibt unerheblich. Absolut wichtig hingegen: Alle Koordinaten sind nur indirekt bestimmbar. Führen wir die Berechnung in beliebigen Zeitabständen immer wieder aus, so werden für uns selbst - wir bewegen uns ja - auch unterschiedliche Positionen ermitteln. Und wenn wir die Triebwerke nicht einschalten und immer hübsch Abstand zu anderen Himmelsobjekten halten, werden diese Positionen entlang einer Geraden aufgereiht erscheinen. Damit haben wir, wie bereits betont, eine Forderung des Trägheitsprinzips erfüllt.

Was aber - und diese Frage ist keineswegs nur spekulativer Natur - wird aus unseren Berechnungen, wenn alle Bezugsobjekte sich im Beobachtungszeitraum **merklich** bewegen? Wie ließe dann sich die Flugbahn unserer Raumkapsel bestimmen? - Wir ständen vor der unmöglichen Entscheidung der Wahl der Bezugspunkte zur Konstruktion des Koordinatensystems. Wir müssten zwei Sterne unter vielen anderen auswählen, welche die Lage und die Orientierung des Koordinatensystems festlegten. Und in jedem dieser Systeme würde die Bahn unserer Raumkapsel - unter sonst gleichen Bedingungen - eine völlig andere sein. Nur keine Gerade. Diese Abweichungen von der Geraden werden jedoch immer kleiner, und schließlich vernachlässigbar klein, wenn wir alle Bezugspunkte als (annähernd) untereinander feststehend annehmen können. Und diese Annahme ist unter den uns zugänglichen Bedingungen bezüglich der Fixsterne stets gegeben. Diese Zusammenhänge habe ich hiermit ausführlich wiederholt, da sie die wichtigsten Beziehungen betreffen, auf welchem die klassische Mechanik mit ihrem raum-(koordinaten-)bezogenen Bewegungsbegriff beruht.

Das beschriebene Problem ist vergleichbar mit der Wahl des Bezugssystems für die planetaren Bewegungen. Die „**Kopernikanische Wende**“ bestand letztlich darin, bei der Wahl eines wichtigen Bezugspunktes für das Sonnensystem die Sonne (unbeweglich) in dessen Mitte zu setzen und nicht die Erde. Dies hat den entscheidenden Vorteil, dass die Sonne ein Objekt ist unter vielen gleichwertigen Sternen der Galaxis. Jedenfalls waren, vom heliozentrischen Standpunkt aus beurteilt, die Bewegungen der Planeten aus kinematischer Sicht (eine **dynamische** Sichtweise in unserem Sinne gab es erst seit **Newton**) wesentlich einfacher darstellbar.

Es folgte sogar die Unterscheidung zwischen scheinbarer und tatsächlicher Bewegung. Die wirkliche Bewegung bezog sich auf das heliozentrische Bezugssystem; und die geozentrische Bezugsbasis führte zu scheinbaren Bewegungsabläufen. Diese Unterscheidung war auch für **Newton** von großer Bedeutung und ist in Hinblick auf das 2. **Newtonsche „Axiom“** äußerst wichtig. Weicht die „wahre Bewegung“ von der Trägheitsbewegung (Gerade) ab, so gilt dies als Hinweis darauf, dass Kräfte wirken müssen. Die „scheinbare Bewegung“ hingegen bezieht sich lediglich auf einen subjektiven Beobachtungsstandpunkt (z.B. die geozentrische Sicht), die, ohne dass Kräfte wirken müssen, von der Trägheitsbewegung abweichen darf.

Untersucht man diesen Zusammenhang jedoch gründlicher, so wie wir es eben getan haben, so erscheint die Unterscheidung von „wahrer“ und „scheinbarer“ Bewegung als willkürlich und durch keinerlei objektive Kriterien gestützt (die raumbezogene Bewegung ist immer eine scheinbare Bewegung); sie macht nur Sinn vor dem Hintergrund des „unbeweglichen Fixsternhimmels. Wir sollten uns also stets vor Augen halten, dass diese Unterscheidung dadurch - und

ausschließlich dadurch - nur möglich werden konnte, weil sich die Veränderungen des Fixsternhimmels derart langsam vollziehen, dass man, ohne einen großen Fehler zu begehen, sich sogar auf den heutigen Kenntnisstand berufend, durchaus von Fix-Sternen sprechen darf. Somit benötigt die „wahre“ Bewegung eben auch das „wahre Bezugssystem“: die Gesamtheit der Fixsterne eben. (Selbst, wenn wir als Bezugsobjekte die noch viel „feststehenderen“ - extragalaktischen Objekte heranziehen, haben wir das Problem nicht gelöst, sondern nur auf eine andere Ebene der Hierarchien der astronomischen Strukturen und eine andere Zeitskala verlagert.) Dadurch erhält - so die im vorausgegangenen Kapitel getroffene Formulierung - „absolute Relativbewegung“ einen Sinn. Und - noch eine Wiederholung - Newton sah ab von jenem Bezugssystem und ersetzte dieses durch den „absoluten Raum“.

Bewegt sich nun ein „kräftefreier“ Körper geradlinig oder nicht? - Unter den gegebenen astronomischen Verhältnissen dürfen wir davon ausgehen, dass dem tatsächlich so ist, vorausgesetzt, er befindet sich in ausreichendem Abstand zu anderen Massen. Aber wir müssen uns allzeit der Grenzen dieser Darstellungsweise bewusst sein. Folgende „Prophezeiung“ sei hiermit feierlich verkündet: Die raumbezogene Bewegung (in Bezug zu einem Koordinatensystem) muss dann unweigerlich zu Schwierigkeiten führen, ist die Voraussetzung eines quasi-starren Bezugssystems nicht gegeben! Sollten irgendwann in der Physik experimentelle Befunde Hinweise für solche Schwierigkeiten erbringen, so wäre dies ein unübersehbarer Fingerzeig, spätestens dann den Bewegungsbegriff grundsätzlich zu überdenken. Und - man wird es kaum für möglich halten - um die Jahrhundertwende tauchten ernsthafte Probleme auf; und das Gebäude der Physik schien stark erschüttert. Es passte fast nichts mehr zusammen.

Und - man wird es kaum für möglich halten - das Überdenken der **Grundlagen** der Physik fand nicht statt. Neue Vorstellungen wurden entwickelt, jedoch die alten blieben nach wie vor gültig. Der Massebegriff z.B. erfuhr eine Veränderung, doch die an diesen Begriff geknüpften Voraussetzungen waren nicht Gegenstand der Überlegungen (nicht einmal bei **Einstein**, und das will tatsächlich etwas heißen). Die „alte Physik“ wurde nie in Frage gestellt; sie hatte sich ja seit Jahrhunderten „bewährt“. Und als die Physik die neueren Bewährungsproben eben **nicht** bestand, so war dies immer noch kein Anlass, über ihre **grundlegenden** Begriffe auch grundlegend nachzudenken, sondern darüber nur, wie man die alten Begriffe in ein neues Korsett zwingen konnte.

Bewegt sich die Raumstation um die Erde auf einer „kräftefreien“ Bahn? Offensichtlich ja, zumal in diesem Fall auch keine Möglichkeit der Kraftübertragung durch den Raum ersichtlich ist. dass man dem Augenschein aber misstrauen sollte (ich habe es ja selbst oft genug erwähnt) so wissen wir, dass es die Gravitation gibt (den Beweis dafür erbringe ich selbst, fest auf dem Stuhl vor dem Computer sitzend). Und außerdem wissen wir, dass sich ein kräftefreier Körper gefälligst geradlinig zu bewegen hat. Und die Raumkapsel auf der Umlaufbahn um die Erde ist bekanntermaßen mit Sicherheit keine Gerade - vor dem „un“beweglichen Fixsternhintergrund. Wir können uns drehen und wenden wie wir wollen, aus dem logischen Teufelskreis gibt es kein Entrinnen, zumal erstens die Alltagserfahrung uns die Tatsachen auf eine ganz bestimmte Weise interpretieren lässt und zweitens die Physik auf große Erfolge verweisen kann.

Abbildung 5 zeigt, was es mit der Fliehkraft (als Trägheitskraft) auf sich hat. Ein im Kreis herumgeschleudeter Gegenstand muss „gezwungen“ werden, dieser Bewegung zu folgen. Dies erreichen wir, indem diese Masse an einem Faden befestigt ist, der dafür sorgt, dass sie nicht - der Trägheit folgend - sich auf gerader Bahn auf und davon macht. Die Bahn des Mondes um die Erde folgt auch einem Kreis; und es ist ein leichtes, die dabei auftretende Fliehkraft (die ihn aus der Kreisbahn zu drängen sucht) zu bestimmen. Diese Kraft ihrerseits muss dann aber einer ihr entgegengesetzten Kraft die Waage halten. Und diese Kraft ist die Gravitation, welche die unangenehme Eigenschaft besitzt, dass dafür kein „Faden“ nachweisbar ist. Der Nachweis der Fern-Kraft Gravitation erfolgt indirekt: über die Newtonschen Bewegungsgesetze. Den direkten Nachweis für die Existenz der Schwere, den wir selbst erbringen, hat aber mit der Fern-Kraft Gravitation nichts zu tun; wir befinden uns ja im (mittel- oder unmittelbaren) Kontakt mit der Erdoberfläche. - Woran dürfen wir jetzt zweifeln?

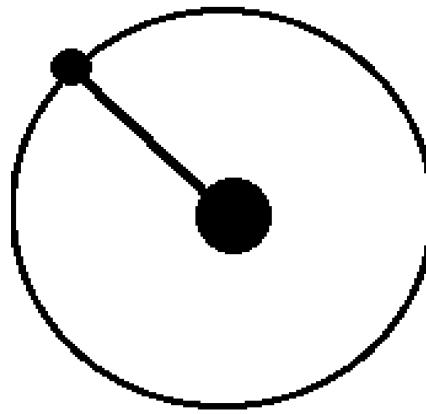


Abbildung 5

Es wäre durchaus sinnvoll, daran zu zweifeln, dass durch den Raum hindurch „Kräfte wirken“ können. Dies hätte die logische Konsequenz, gleichermaßen an den **Newton** schen Bewegungsgesetzen zu zweifeln, welche die Grundlage der Mechanik abgeben. Ein wichtiges Indiz dafür war die im vorigen Kapitel behandelte Gleichheit von Trägheit und Schwere. Nun gibt es leider genügend Hinweise, dass es doch „Fernkräfte“ geben müsse. Und weil sich solche Hinweise auch auf Erscheinungen berufen, die unabhängig sind von der Gravitation (z. B. elektromagnetische Phänomene), muss notgedrungen der Eindruck entstehen, dass unsere bisherigen Überlegungen jeglicher Grundlage entbehren. Irgend etwas beißt sich hier. Lassen wir uns jedoch von solchen Einwänden vorerst nicht beirren und ignorieren sie einstweilen. Das Ignorieren wird ja auch in der wissenschaftlichen Praxis recht erfolgreich praktiziert. Und außerdem musste selbst **Einstein** feststellen, dass sich Gravitation und Elektromagnetismus „beißen“; seine „einheitliche Feldtheorie“ war ihm damals nicht gelungen, obwohl er sich Jahrzehnte lang darum bemühte. Und bis in die heutigen Tage entzieht sich die Gravitation allen Bestrebungen, sie in den „Rest der Physik“ zu integrieren. Das kann kein Zufall sein. Und die mögliche Ursache ist meiner Überzeugung nach im klassischen (raumbezogenen) Bewegungsbegriff zu finden, von dem auch ein Einstein sich nicht trennen konnte.

Wo also war ich stehengeblieben? - Irgendwie war die Diskussion um das erste Newtonsche Axiom der Anlass über den Begriff der Geradlinigkeit nachzudenken. Auch das Argument, dass man die Geradlinigkeit des Lichtes als Maßstab nehmen könnte, zieht nicht. Hier würden wir eine erst einmal - „nichtmechanische Erscheinung“ willkürlich als Maßstab heranziehen, ohne von vornherein zu wissen, in welcher objektiven Beziehung Mechanik und Elektrodynamik stehen, zumal innerhalb der Allgemeinen Relativitätstheorie begründet wird, dass das Licht den „geradesten“ Weg nimmt, der nicht unbedingt eine „Gerade“ sein muss.

Hier erweist sich die 1983 eingeführte Vorgehensweise, das Meter mit Hilfe der Lichtgeschwindigkeit zu definieren, als sehr fragwürdig, weil man auch hier wieder in einem geschlossenen logischen Kreis landen kann. Jetzt nämlich gilt die „Konstanz der Lichtgeschwindigkeit“ nicht mehr als empirisch beurteilbares Gesetz, sondern wird definitorisch festgelegt, obwohl man eben **nicht** weiß, in welcher **objektiven** Beziehung Elektrodynamik und Mechanik stehen. Es ist nicht auszuschließen, dass der Wert der Lichtgeschwindigkeit - im Vergleich zu anderen Größen - abhängig ist, von bestimmten Bedingungen, die wir eben **nicht** kennen. Die traditionelle Vorgehensweise betrachtet die Ausbreitungsgeschwindigkeit als fundamentale Konstante, sich dabei angeblich auf die Erfahrung stützend. Nun ist aber durchaus einzukalkulieren, dass diese Einschätzung falsch sein kann und damit der Fehlinterpretation neuer empirischer Fakten Vorschub leistet.

Damit allerdings gelangen wir zum Problemkreis der „nichteuklidischen Geometrien“. Und außerdem bedient sich ja die Astronomie seit Tausenden von Jahren des Lichtes als wichtigstem Beobachtungsmittel. Ebenso bei den eben angesprochenen Problemen im Zusammenhang mit der Konstruktion eines Koordinatensystems ging ich von optischen Beobachtungen aus, dabei stillschweigend die „Geradlinigkeit“ des Lichtes **voraussetzend**. Die Entfernungsbestimmung mit Hilfe der Parallaxenmethode setzt die „Geradlinigkeit“ der Lichtausbreitung voraus. Auch bei der Lichtausbreitung sind wir gezwungen, diese auf ein Koordinatensystem beziehen zu müssen. Damit kommen wir auf unser bisher ungelöstes Problem zurück.) Bei der Problem-**Lösung** hilft uns diese Voraussetzung allerdings überhaupt nicht. Wenn wir behaupten, Licht breitet sich geradlinig aus, so ist dies eine Frage der Festlegung, nicht der empirischen Erkenntnis, denn andernfalls müssten wir „Geradlinigkeit“ unabhängig von den Eigenschaften des Lichtes definieren.

Zwar komme ich anscheinend immer weiter vom eigentlichen Thema ab, doch möchte ich kurz auch auf einen anderen Sachverhalt eingehen. Wie ich bereits

auseinandersetzte, versuchte **Einstein** einerseits das Relativitätsprinzip auch auf Nicht-Inertialsysteme auszudehnen (verallgemeinertes Relativitätsprinzip), und zum anderen wollte er der empirischen Tatsache der Gleichheit von träger und schwerer Masse gerecht werden. Als vorausgesetzte „Hintergrund-Prämisse“ galt, von der realen Existenz des Raumes nicht abzugehen. Ich erwähnte ebenfalls schon, dass „der Raum“ (oder das „Raumkontinuum“) seine mathematische Entsprechung in den Koordinatensystemen fand, wobei der Raum etwas wirklich - zunächst unabhängig von der Materie (Massen) - existentes sein sollte. Die Koordinatensysteme der analytischen Geometrie waren damit nicht nur Beschreibungs-**Formen** von räumlichen **Beziehungen**, sondern ein getreues (lineares) Abbild des real vorhandenen Raumes.

Und in einem solchen Koordinatensystem (ich gehe hier lediglich auf „zweidimensionale Kontinua“ ein) wird bekanntermaßen die Angabe eines Ortes durch zwei Koordinaten bewerkstelligt. Nun bewegt sich die Mathematik selbst auf einer weitaus abstrakteren Ebene; und der Begriff des Raumes umfasst zudem völlig andere „Mannigfaltigkeiten“, als jene, die wir Durchschnittsbürger mit dem Raum in Verbindung bringen. Da gibt es beispielsweise sogenannte metrische Räume. Bei diesen Räumen ist so etwas wie ein „Abstand“ definiert (für uns eine absolute Selbstverständlichkeit). Und der Abstand zwischen zwei Punkten lässt sich aus den Koordinaten mit Hilfe ziemlich einfacher Formeln ermitteln (die ich, meinem Vorsatz gemäß, mir verkneife, zu notieren). Nur soviel: Die Vorschrift, nach der man aus den Koordinaten zweier Punkte deren Abstand errechnen kann, wird „Metrik“ genannt. Und diese Metrik ist eine konstante Größe, d. h., sie ist nicht abhängig von den Koordinaten („sie ist eine Funktion des Ortes“). Alle Räume die unserer unmittelbaren Anschauung zugänglich sind, besitzen diese einfache „**euklidische Metrik**“. Benannt nach **Euklid von Alexandria**, der etwa von 365-300 v. Chr. lebte und in seinen „Elementen“ (der Mathematik) das mathematische Wissen seiner Zeit zusammenfasste. Wesentlich dabei war seine axiomatische Begründung der Mathematik, speziell der Grundlagen der Geometrie.

Axiome sind unbeweisbare Aussagen - die auf welcher Grundlage auch immer - „wahr“ sind. („Wahr“ hat in der Mathematik einen ganz anderen Sinn als in der Physik.) Auf Basis eines Axiomensystems lassen sich logische Folgerungen entwickeln, die - bei Beachtung der logischen Regeln - genau so wahr sind, wie die ihnen zugrundeliegenden unbeweisbaren Basisaussagen, dem Axiomensystem eben.

Von einem Axiomensystem verlangt man **mindestens**, dass es widerspruchsfrei ist. Es sollte keine Aussage im logischen Widerspruch zu irgendeiner anderen Aussage stehen. (Diese Forderung erscheint trivial; die Entscheidung jedoch, ob diese Forderung in einem konkreten Fall auch tatsächlich erfüllt ist, kann im Einzelfall durchaus alles andere als einfach sein.) Desweiteren sollte ein Axiomensystem vollständig sein, d. h., die zur Verfügung stehenden Aussagen müssen für alle Schlüsse ausreichen. Es dürfen bei der logischen Ableitung von Schlüssen nicht irgendwann zusätzliche Annahmen gefordert werden, die in den Axiomen nirgends Erwähnung finden (Diese Forderung erfüllte das euklidische System in seiner ursprünglichen Fassung nicht.)

Schließlich kommen wir zur Unabhängigkeit der Axiome. Alle Aussagen eines Axiomensystems müssen logisch unabhängig voneinander sein. Es sollte keine Aussage in irgendeiner Form als logische Folgerung anderer Axiome auftreten (dann wäre sie ja überflüssig).

Und die Basis der euklidischen Geometrie wurde durch ein System von Grundaussagen gebildet, die (fast) all diese Forderungen erfüllten. Über die meisten Aussagen gibt es keine Diskussion. Doch das sogenannte Parallelenaxiom warf einige Probleme auf. Dabei handelt es sich um die Aussage, dass es zu einer Geraden höchstens eine zweite Gerade gibt, die durch einen nicht auf der ersten Geraden liegenden Punkt geht und die erste Gerade nicht schneidet. Diese zweite Gerade wäre dann die „Parallele“ zur ersten. Es lässt sich also zu einer gegebenen Geraden nur eine einzige Parallele konstruieren.

Doch hatten sich schon vor geraumer Zeit Mathematiker (folgende Namen möchte ich kurz erwähnen: **Gauß, Bolyai, Lobatschewski, Riemann**) darüber Gedanken gemacht, ob dieses Parallelenaxiom durch eine andere Aussage ersetzt werden darf, und dass dann immer noch etwas Gescheites dabei herauskommt (z. B. kann es zu einer „Geraden“ auch mehrere „Parallelen“ geben). Im Hinblick auf die „reine Mathematik“ waren auch solche „Geometrien“ sinnvoll. Diese allerdings weichen von dem der unmittelbaren Anschauung gegebenen Raum erheblich ab (es müssen bei der „elliptischen Geometrie“ außerdem noch weitere Axiome gegen andere ausgetauscht werden). Alles weitere sind mathematische Einzelheiten, die nicht mehr besonders leicht vermittelbar sind, und damit auch in erster Linie den Mathematiker interessieren müssen - nicht uns. Jedenfalls gelten in solchen Räumen - man hat es ja so **festgelegt** - völlig andere Gesetze, als im euklidischen Raum.

Als Beispiel möchte ich abschließend auf die Problematik der „elliptischen Geometrie“ ansatzweise eingehen. Dazu betrachten wir als Spezialfall einer „zweidimensionalen elliptischen Geometrie“ die Kugeloberfläche. Der Mathematiker ist in der Lage, diese Fläche losgelöst von jenem dreidimensionalen Gebilde zu beschreiben, das wir „Kugel“ nennen. Es lassen sich die Eigenschaften dieser „gekrümmten Fläche“ beschreiben, ohne Zuflucht zur „transzendenten dritten Dimension“ nehmen zu müssen. Jedoch gelten auf dieser Fläche - wenn wir nur die Fläche sehen - vom üblichen abweichende

Beziehungen (z. B. ist die Winkelsumme im Dreieck größer als 180 Grad). Man kann - wie auf dem Globus realisiert - ein Koordinatensystem konstruieren und damit jedem Punkt dieses „zweidimensionalen Raumes“ eindeutig Koordinaten zuordnen. Auch wird die Berechnung des Abstandes zweier Punkte aus den insgesamt vier Koordinatenangaben etwas komplizierter, zumal man ja zwei beliebige Punkte über zwei verschiedene „kürzeste Wege“ entlang eines „Großkreises“ miteinander verbinden kann.

Mit den Oberflächen von rotationssymmetrischen Körpern haben wir überhaupt keine Probleme. Man kann solche Gebilde sogar unmittelbar als körperliche Modelle herstellen (für den Schulgebrauch werden im Mathematikunterricht solche Unterrichtsmittel zur Veranschaulichung herangezogen).

Der Mathematiker jedoch hat ebenfalls keine Probleme damit, seine Gleichungen dahingehend zu modifizieren und zu verallgemeinern, dass auch „dreidimensionale gekrümmte Räume“ sich widerspruchsfrei beherrschen lassen. Formal gibt es keine Schwierigkeiten, einen solchen „dreidimensionalen gekrümmten Raum“ zu entwerfen, für welchen die genau bekannten Gesetze gelten. Doch der Anschauung sind solche Gebilde überhaupt nicht mehr zugänglich. Und man kann hierbei auch nicht zur „vierten Dimension“ (in Analogie zu der in die dritte Dimension gekrümmten Kugeloberfläche) Zuflucht nehmen, da der reale Raum mit drei Dimensionen auskommt, es sei denn, man sucht einen - für uns im allgemeinen unzugänglichen - Aufenthaltsort für Geister, Gespenster und die Seelen Verstorbener.

Nicht zu verwechseln mit der „vierdimensionalen Raum-Zeit“ der Speziellen Relativitätstheorie, bei der formal die drei Raumkoordinaten mit der „eindimensionalen Zeitkoordinate“ unter Zuhilfenahme eines mathematischen Tricks „zusammengeschweißt“ wurden. Eine Schlüsselposition nimmt hierbei die „Konstanz der Vakuum-Lichtgeschwindigkeit“ ein. Im jetzigen Zusammenhang für uns belanglos.

Die letzte Bemerkung allerdings ist gar nicht so lächerlich, wie es zunächst den Anschein hat, sondern wurde in der Blütezeit des Spiritismus im vergangenen Jahrhundert von den gläubigen Akteuren (zu denen auch professionelle und anerkannte Wissenschaftler gehörten) absolut wörtlich genommen. Die Mathematik stiftete hiermit unter anderem auch einen wissenschaftlichen Eckpfeiler für Okkultismus und Spiritismus. Damit streite ich nicht über die Existenz möglicher sog. paranormaler Effekte. Dies ist ein völlig anderes Thema. Mir geht es in jetzigen Text lediglich um eine allzu naive Einstellung zu bestimmten mathematischen Erkenntnissen. Auch die moderne Physik ist kaum noch von Science Fiction zu unterscheiden. Selbst die gewagtesten Hypothesen klingen so schön wissenschaftlich.

Die Mathematik und die reale materielle Welt sollte man tunlichst nicht kritik- und gedankenlos in einen Topf werfen. Dass in der wirklichen Welt auch geometrische Relationen gelten, kann und will ich nicht in Abrede stellen. Jedoch sollte man sich davor hüten, Welt und Geometrie zu identifizieren. Und dennoch kam es zu einer solchen Identifikation. Dabei muss man sich nicht einmal in die ein wenig fragwürdige Nähe der Geisterbeschwörer begeben. Die praktizierte Physik verhält sich ganz und gar nicht anders. Das allerdings ist absolut nicht lächerlich, dafür aber um so folgenschwächer.

Die Kapitelüberschrift lautet - sollte dies bereits in Vergessenheit geraten sein - „Die Masse“. Und seitenlang lasse ich mich über Dinge aus, die nicht das geringste mit diesem Thema zu schaffen haben. Scheinbar nicht zu schaffen haben. Doch irgendwo ging es vorübergehend um das Thema „Allgemeine Relativitätstheorie“. Zusammenfassend möchte ich die Ausgangsposition dieser wichtigen physikalischen Theorie nochmals nennen:

1. **Das Relativitätsprinzip wird auf zueinander beschleunigte Koordinatensysteme (Nicht-Inertialsysteme) ausgedehnt (verallgemeinertes Relativitätsprinzip).**
2. **Die empirisch konstatierte quantitative Gleichheit von Trägheit und Schwere wird als eine qualitative Gleichwertigkeit akzeptiert.**
3. **Es gilt nach wie vor die eigenständige Realität des Raumes. Es gibt den Raum nicht nur als „Behälter für Materie“, sondern der Raum selbst stellt ein real vorhandenes Kontinuum dar, das völlig unabhängig von der in ihm enthaltenen Materie existiert und agiert (Trägheit und Träger der Wechselwirkungen in Gestalt der Felder).**

Alle drei Punkte galt es, unter einen Hut zu bekommen. Und **Einstein** schaffte es - fast. „Fast“ hieß, die dritte Voraussetzung musste - wortwörtlich - verbogen werden. Mit den ersten beiden Sätzen hatten wir uns bereits einigermaßen ausführlich beschäftigt. Darum möchte ich den Leser von weiteren Wiederholungen verschonen. Unsere Aufmerksamkeit sei auf die dritte Aussage gerichtet. Von der in diesem Satz steckenden Grundhaltung (Realität des Raumes anerkennen) wich Einstein nie ab. (Dies hatte auch biographische Gründe, die für uns im jetzigen Zusammenhang nicht sonderlich wichtig sind.) Doch **Einstein** kam nicht umhin, dem Raum völlig andere und gänzlich ungewohnte Eigenschaften zubilligen zu müssen. Am besten lässt sich dies verdeutlichen, wenn ich die Aussage 3. in folgender veränderter Form niederschreibe:

Nach wie vor gilt die eigenständige Realität des Raumes. Es gibt den Raum nicht nur als „Behälter für Materie“, sondern der Raum selbst stellt ein real existentes Kontinuum dar, das (dies ist die wesentliche Modifikation) nicht unabhängig von der in ihm enthaltenen Materie existiert, wobei dessen geometrische Eigenschaft (Metrik) abhängig ist von den vorhandenen Massen.

Hier besann sich **Einstein** auf die Tatsache, dass die Mathematiker schon losgelöst von den Bedürfnissen der Physiker (die waren nicht vorhersehbar) sich mit geometrischen (und anderen) Problemen herumgeschlagen hatten, die ich gerade laienhaft anzudeuten versuchte. Und so machte er sich, auf Anregung seines ehemaligen Studienfreundes Marcel **Grossmann**, die geleistete mathematische Vorarbeit zunutze und versuchte - wie wir wissen, angeblich sehr erfolgreich die Gravitation als eine „Krümmung des Raumes“ zu interpretieren. „Massendichte“ und „Metrik“ waren auf ganz bestimmte Weise aneinander gekoppelt. Besagter **Grossmann** zeichnete auch für einen großen Teil der mathematischen Ausarbeitung und Vervollkommen der Allgemeinen Relativitätstheorie verantwortlich.

Wichtig für uns ist, dass unter der Voraussetzung des Raumes als realer Gegebenheit **und** unter Beachtung des Relativitätsprinzips **und** der Gleichwertigkeit von Trägheit und Gravitation eine Geometrie angewandt werden muss, die zwar formal beherrschbar ist, jedoch sich der direkten rationalen Erfassung grundsätzlich entzieht. Noch wichtiger aber erscheint jene Tatsache, dass die geometrischen Eigenschaften dieses Raumes von den „Massen“ abhängen sollen. Möglicherweise (ich möchte mich an dieser Stelle nicht weiter damit befassen) bringt der **Einsteinsche** Formalismus uns der quantitativen Beherrschung bestimmter Phänomene näher. Es erhebt sich aber die Frage, ob mit diesem Kalkül bestimmte geometrische Relationen beschrieben werden, oder ob das abstrakte Gebilde des gekrümmten Raumes tatsächlich ein unmittelbares Abbild der Realität liefert. Für **Einstein** gab es an der zweiten Deutung keinerlei Zweifel.

Unsere Überlegungen begannen mit dem ersten **Newtonschen** „Axiom“ (Jetzt kann ich auch begründen, warum ich dieses Wort in diesem Zusammenhang immer mit Anführungszeichen versehe. Die berühmten Sätze **Newtons** erfüllen die Forderungen an ein Axiomensystem - ich nannte diese Forderungen weiter oben in diesem Kapitel - eben nicht. Ich werde mich darüber aber nicht im Einzelnen auslassen.) im Zusammenhang mit der Geradlinigkeit einer Bewegung. Nun gibt es aus der Perspektive der **Einsteinschen** Theorie eine solche Geradlinigkeit im allgemeinen ohnehin nicht. Ein „kräftefreier Körper“ wird sich auf der „geradest möglichen“ Bahn bewegen. Und „kräftefrei“ in diesem Sinne sind Bewegungen die ausschließlich unter dem Einfluss der Gravitation erfolgen. Seltsamerweise deckt sich das zum Teil mit unseren bisherigen Überlegungen. Erstens sahen wir auch innerhalb unserer Gedankenkette die gravitativen Bewegungen als kräftefrei an; und der Geradlinigkeit der mechanischen Bewegung galt unsere Aufmerksamkeit in gleichem Maße. Die Ausgangspositionen aber können unterschiedlicher nicht sein.

Mit der Problemstrecke „Geradlinigkeit“ setzten wir uns am Anfang dieses Kapitels ausführlich auseinander. Dabei gelangten wir zu dem Schluss, dass die Sache schwierig wird, wenn wir nur ein sich veränderndes Bezugssystem zur Verfügung haben. Bei **Einstein** werden Massen, Raum und Gravitation irgendwie in einen Zusammenhang gestellt, in welchem der Raum (bzw. dessen Geometrie) eine tragende Rolle spielt. Die Bewegung als solche trat vordergründig noch nicht auf.

Allerdings sollten wir auf zwei Dinge nachdenklich reagieren: Erstens stellte schon **Einstein** eine Gleichwertigkeit von Trägheit und Gravitation fest; und zweitens hatten wir bereits den Gedanken geäußert, dass mit dieser quantitativen Gleichheit möglicherweise eine qualitative Identität einhergeht, die dann aber fordert, dass nicht nur die Trägheit eine dynamische Eigenschaft der Materie ist, sondern dass diese Einschätzung zudem notgedrungen auf die Gravitation ausgedehnt werden muss, auch wenn wir diese „Dynamik“ noch nicht begreifen. Hier existieren logisch zwingende Notwendigkeiten. Und wie noch gezeigt werden wird, ist die **Einsteinsche** Theorie ebenfalls nur unter Zuhilfenahme gekünstelter Zusatzhypothesen „nichtdynamisch“ (statisch bzw. stationär).

Eine recht verworrene Geschichte wie es scheint. Und diese Geschichte wird noch undurchsichtiger, wenn ich die Frage nach der Masse stelle. Überall tauchte diese Größe auf, doch habe ich bisher noch kein Wort darüber verloren, wie diese Größe überhaupt definiert ist.

Da gibt es einen sogenannten Masseprototyp, der die Masse von einem Kilogramm repräsentiert. Diese Massennormal ist ein aus einer Platin-Iridium - Legierung bestehender Zylinder, der in Sèvres bei Paris aufbewahrt wird. In allen Ländern, die das **SI-System** übernommen haben, gibt es Kopien von diesem „Ur-Kilogramm“ (insgesamt etwa 80 Stück, Deutschland bewahrt die Nr. 52 auf). Und diese nationalen Eichmaße werden in den dafür zuständigen Ämtern. (In Deutschland ist dies die **Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)** in Braunschweig.) aufbewahrt, und bilden die Grundlage für weitere

hochgenaue Eichmaße. Damit allerdings gelangen wir zu dem Problem, wie man ein Original-Massestück mit einem anderen Maß vergleicht: Wie eben findet ein Massevergleich statt? - Für den Massevergleich verwendet man selbstverständlich Waagen. Und damit gelangen wir zu unserem eigentlichen Thema.

Masse	Gravitation	Masse+Raum	Masse+Trägheit
-------	-------------	------------	----------------

[\[Home\]](#) **[\[Seitenanfang\]](#)**

Die Masse - Masse und Trägheit -

Der Begriff der Masse ist irreführend. Eigentlich dürfte nur eine Eigenschaft der "Masse", die Trägheit nämlich, als physikalisch relevante Größe akzeptiert werden.

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Gravitation
Masse+Raum
Masse+Trägheit

**Ernst
Mach
1838-1916**



Sobald wir also, durch die Erfahrung aufmerksam gemacht, die Existenz eines besonders beschleunigungsbestimmenden Merkmals der Körper erschaut haben, ist unsere Aufgabe mit der Anerkennung und unzweideutigen Bezeichnung dieser Tatsache erledigt. Über die Anerkennung dieser Tatsache kommen wir nicht hinaus, und jedes Hinausgehen über dieselbe führt nur Unklarheiten herbei. Jede Unbehaglichkeit verschwindet, sobald wir uns klar gemacht haben, dass in dem Massenbegriff keinerlei Theorie, sondern eine Erfahrung liegt. Der Begriff hat sich bisher bewährt. Es ist sehr unwahrscheinlich, aber nicht unmöglich, dass er in der Zukunft erschüttert wird, ...

Ernst Mach

Die Masse - Masse und Trägheit

„Masse“ hat - so die landläufige Haltung - etwas mit „Materiemenge“ zu tun. Beginnen wir mit folgenden Sätzen, die sicherlich einleuchtend sind:

Übliche Verwendung des Massenbegriffes

1. **Die Trägheit eines Körpers ist seiner Masse (Menge der Materie) proportional.**
2. **Das Gewicht eines Körpers ist seiner Masse (Menge der Materie) proportional.**
3. **Daraus folgt, dass die Trägheit eines Körpers seinem Gewicht proportional ist. (Gleichheit von träger und schwerer Masse.)**

Das alles erscheint klar. Und anzunehmen ist, dass kein Physiker diesen Formulierungen widersprechen wird. Diese Aussagen zunächst sind empirischer Natur. Wie gesagt, alles ist klar - bis auf eine „völlig unbedeutende Kleinigkeit“: Was eigentlich heißt „Masse“ oder - nicht viel glücklicher formuliert - „Menge der Materie“? - Diese Frage ist äußerst leicht zu beantworten - scheint es. Dabei gehen wir vom letzten Satz aus, so dass wir nur noch uns mit dem

ersten zu beschäftigen brauchen. Wir führen einen einfachen Versuch (Abbildung 6) durch. Dazu benötigen wir einen Wagen, der sich reibungsfrei auf einer ebenen Fläche bewegt. Die Skizze deutet dies an. Die Masse **m** sei unsere Versuchsmasse und das Gewicht soll die für die Beschleunigung notwendige Kraft **K** aufbringen. Gemäß dem Newtonschen 2. Axiom besteht zwischen der Kraft und der Beschleunigung eine einfache Proportionalität. Für dieses Experiment interessiert uns die Größe der Kraft nicht als absoluter Zahlenwert. Es genügt zu wissen, dass sie für unsere Versuche als konstant angesehen werden kann. Das Ziel ist es, den Satz „Die Trägheit eines Körpers ist seiner Masse (Menge der Materie) proportional“ zu beweisen. Der Einfachheit halber nehmen wir an, die Masse des Wagens sei im Vergleich zur Probemasse verschwindend gering. Als weitere Annahme gelte, dass die „Zugmasse“ (Gewicht) sehr viel kleiner sei als die eigentliche Versuchsmasse auf dem Wagen. Ansonsten gilt die hier vereinfachte Annahme, dass die Geschwindigkeit nach einer bestimmten Zeit umgekehrt proportional der Versuchsmasse ist, **nicht**. (Dann wäre die Geschwindigkeit reziprok proportional der **Summe** beider Massen. *(Auf diese Ungenauigkeit wurde ich durch einen aufmerksamen Leser aus NL aufmerksam gemacht. Vielleicht werde ich hier noch eine Änderung vornehmen müssen. W. N. 03.04.2012)*

Als erste Probe nehmen wir einen Eiswürfel mit einer Kantenlänge von 10 Zentimetern. Wir bestimmen die Beschleunigung dieser Masse, indem wir die Geschwindigkeit des Wagen nach einer bestimmten Zeit ermitteln (bei konstanter Kraft ist auch die Beschleunigung konstant und damit die Geschwindigkeit linear abhängig von der Zeit) und nehmen diese Größe als Basis für weitere Vergleiche.

Dem beschriebenen Würfel ordnen wir willkürlich die „Massezahl 1“ zu. Jetzt stellen wir einen zweiten Würfel auf den ersten. Das Ergebnis ist die halbe Endgeschwindigkeit des Wagens und mithin die doppelte Masse. Um ganz sicher zu sein, halbieren wir einen dieser Würfel und wiederholen den Versuch in bekannter Weise. Natürlich erhalten wir die doppelte Endgeschwindigkeit, was einer Halbierung der Masse gleichkommt. „Die Trägheit eines Körpers ist seiner Masse (Menge der Materie) proportional“ hätten wir somit bewiesen, da mit „Menge der Materie“ leicht das Volumen (hier das des Würfels) auszumachen ist. Das Problem wäre damit gelöst - wenn es nicht noch andere Materialien gäbe außer Wasser (der Bequemlichkeit halber wählte ich es für unser Gedankenexperiment in gefrorener Form). Versuchen wir es jetzt mit einem anderen Stoff und nehmen einen Bleiwürfel gleichen Volumens zur Hand. Die dieser Masse erteilte Beschleunigung beträgt, im Vergleich zu der mit unserem Normal erzielten, nur etwa das 0,0885-fache. Die Masse somit ist $1/0,0885 = 11,3$ mal größer als die des Eiswürfels.

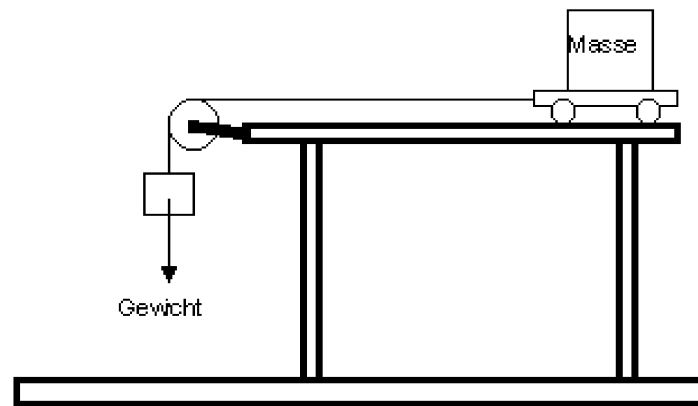


Abbildung 6

Jetzt wollen wir - als unverbesserliche „Nachfrager“ - die Frage danach stellen, was wir eigentlich gemessen haben. Wir messen die Größe, die wir (Massen) Trägheit nennen. Und außerdem stellen wir fest, dass jene Trägheit der „Menge der Materie“ (hier dem Volumen) proportional ist. Die traditionelle Physik aber verwandelt diese objektive Proportionalität stillschweigend - und völlig ungerechtfertigt, wie wir noch sehen werden - in eine Identität! Es wird eine Eigenschaft (Trägheit) der Materie gleichgesetzt mit deren Quantität (Menge). Erkennen wir nur an, was wirklich prinzipiell messbar ist, dann müssen wir passen, wird uns die Aufgabe gestellt, die Masse zu bestimmen. Infolgedessen erhebt sich die Frage, welche Bedeutung der Massebegriff tatsächlich hat, oder welche Konsequenzen es hätte, Masse und Trägheit **nicht gleichzusetzen**.

Die Masse ist dem Volumen eines Körpers proportional. Darüber brauchen wir nicht zu diskutieren. Welcher Körper besitzt die größere Masse: ein

Kubikdezimeter Wasser oder das gleiche Volumen Blei? - Die Antwort habe ich bereits gegeben. Das Blei besitzt eine um den Faktor 11,3 - dies ist dessen „Dichte“ - größere Trägheit. Ist aber das Verhältnis beider Massen das gleiche? - Ist man ehrlich, so lässt sich diese Frage überhaupt nicht beantworten, da wir etwas messen müssten, ohne dafür eine Messvorschrift angeben zu können. Denn die Definition der (Massen-)Dichte setzt die der Masse voraus; und gemessen haben wir die Trägheit. (**Newton** definierte die Masse u.a. als das Produkt von Dichte und Volumen, was natürlich nur dann sinnvoll wäre, könnten wir die Dichte unabhängig von der Masse definieren. Die logischen Zirkel lauern überall! Und schon Ernst **Mach** hatte auf diese Ungereimtheit hingewiesen.)

Versuchen wir jetzt, dieses Problem aus atomistischer Sicht zu entscheiden. „Menge der Materie“ könnte heißen, „Anzahl der Atome“. Dies gilt für die Atome eines Elementes mit Sicherheit, ist aber auch nicht völlig korrekt, da es verschiedene Isotope geben kann. Wie aber vergleichen wir Wassermoleküle mit Bleiatomen? - Ganz einfach, indem wir die Atome zählen bzw. deren Bestandteile (angenommen dieses Zählen wäre wirklich einfach). Im wesentlichen bestehen Atome aus Protonen und Neutronen (im Atomkern) und den Elektronen in der Atomhülle.

Das Mol als Mengeneinheit des Stoffes beruft sich auf bestimmte Zusammenhänge, die ich nicht im Detail erläutern will. Als Basiseinheit dafür dient die „absolute Atommasse“, die als ein Zwölftel der Masse des Kohlenstoffisotopes ^{12}C definiert ist. Die so gewonnene Referenzmasse beträgt etwa $1,67 \cdot 10^{-24}$ Gramm. Oder anders herum formuliert: $6,02 \cdot 10^{23}$ Kohlenstoffatome bringen 12 Gramm auf die Waage. Oder 12 Gramm Kohlenstoff ^{12}C bilden die Stoffmenge von einem Mol. Die Menge eines bestimmten Stoffes in Mol ergibt sich aus der relativen (bezogen auf die eben genannte Basiseinheit) Atom- bzw. Molekularmasse in Gramm. Die Wasserstoffmenge von einem Mol besitzt die Masse von 1,008 Gramm. Und hierbei stoßen wir auf das Problem, die relativen Atommassen aller möglichen Atome zu bestimmen. Nur: bei der angeblichen **Masse**-Bestimmung handelt es sich immer um einen **Trägheits**-Vergleich oder **Gewichts**-Vergleich!

Die Photonen als „Quanten des elektromagnetischen Feldes“ zählen wir nicht mit, da sie erstens nicht als Bausteine zu bewerten und zweitens nicht masselos sind. Dass dies nicht ganz stimmt, werden wir noch in einem anderen Zusammenhang zu beachten haben, denn die Photonen sind zwar trägheits- aber nicht masselos, verstehen wir unter „Masse“ die Existenz von Materie. Jedenfalls existieren sie.)

Wie aber vergleichen wir die Masse des Protons mit der des Elektrons? - Diese Aufgabe kann als gelöst betrachtet werden. Informiert man sich aber darüber, wie diese „Masse“-Bestimmung erfolgt, so wird man feststellen, dass die Physiker immer - mit welch ausgeklügelten Versuchsanordnungen dies auch im Einzelfall durchgeführt wird - die Trägheit der genannten „Teilchen“ ermitteln (oder das Verhältnis von Ladung zu Trägheit). Wir kommen also auf diese Weise auch nicht unserer Aufgabenstellung näher. Das Problem wurde nicht gelöst, sondern nur verlagert und dessen Lösung hinweggeschoben.



Vielleicht aber finden wir dennoch eine Lösung, die wir in einfacher Weise zumindest auf gasförmige Medien anwenden dürfen. Da gibt es ein Gesetz, das sogenannte **Avogadro**sche Gesetz, (Amadeo **Avogadro**, italienischer Physiker, 1776-1856, siehe Bild) das besagt, dass im gleichen Volumen bei gleichem Druck und gleicher Temperatur die Anzahl der Gasmoleküle bei allen Gasen gleich ist. Bei Edelgasen gibt es naturgemäß nur Atome, deren Anzahl mit der Anzahl der Moleküle in anderen Gasen gleichgesetzt werden kann. Diese Zahl beträgt bei normalem Druck und 0°C für ein Liter Gas etwa $2,7 \cdot 10^{22}$ Partikeln. Dies ist die, auf Gase angewandte, **Loschmidtsche Zahl** (Joseph **Loschmidt**, österreichischer Physiker, 1821-1895).

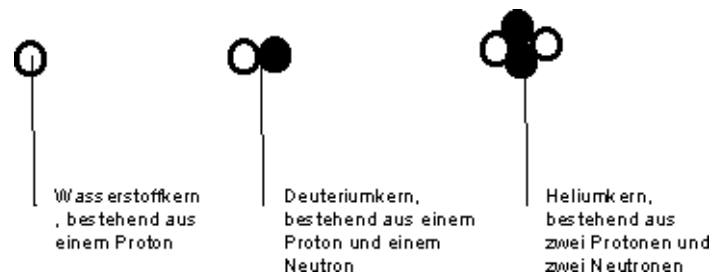


Abbildung 7

Nehmen wir als Beispiel zwei Gase: Wasserstoff und Helium. In einem Liter Wasserstoff befinden sich die gleiche Anzahl Wasserstoff-Moleküle wie in dem Liter Helium Helium-Atome unter den gleichen Bedingungen vorhanden sind. Bekanntlich (Ich setzte diese Dinge ganz einfach einmal als bekannt voraus. Und außerdem genügt ein ganz grober Überblick. - s. Abbildung 7) besteht ein Wasserstoffatom im allgemeinen aus einem Proton und einem Elektron. Dies

ist das einfachste Atom überhaupt. „Im allgemeinen“ impliziert: Es gibt Ausnahmen. Eine solche Ausnahme bildet jenes Wasserstoffisotop, welches im Atomkern „unnützerweise“ zusätzlich ein Neutron enthält und „Deuterium“ genannt wird. Das Heliumatom seinerseits besteht im Kern aus zwei Protonen plus zwei Neutronen. Und um diesen Kern kreisen (ich verwende hier einmal diese angeblich veraltete „volkstümliche“ Formulierung) im Normalfall zwei Elektronen. Folgende Reaktion ist denkbar: Wir nehmen zwei Deuteriumkerne und „schießen“ sie zusammen, und wenn wir Glück haben, erhalten wir einen Heliumkern.

So einfach ist das Ganze nun auch wieder nicht, doch wurde es schon praktiziert. „Wasserstoffbomben“ heißen die Objekte im Volksmund, in denen eine „Kernverschmelzung“ oder „Fusion“ oder „thermonukleare Reaktion“ auf unkontrollierte und verheerende Weise vonstatten geht. Und die Sterne - so die Schulwissenschaft - „leben“ von diesem Prozess seit Milliarden von Jahren, wenngleich hier dieser Vorgang sich auf Umwegen vollzieht (hierbei handelt es sich um den sogenannten „Kohlenstoffzyklus“ und/oder die „Proton-Proton-Kette“).

Folgende einfache Milchmädchen-Rechnung gilt: Ein Heliumatom besitzt die doppelte Masse (vgl. Abbildung 7) der eines Deuteriumatoms. Eindeutiger geht es nicht. Machen wir die Probe aufs Exempel. Da die gesteuerte Kernfusion im Labor zur Zeit noch ein wenig problembehaftet ist (man arbeitet seit Jahrzehnten heftig daran) nehmen wir ganz einfach einen Liter Deuteriumgas und einen Liter Heliumgas. Beide Gasmengen enthalten die gleiche Anzahl Moleküle bzw. Atome. Da das Helium-Atom die gleiche Masse besitzt wie ein aus zwei Atomen bestehendes Deuterium-Molekül (nochmals Abbildung 7) kann man folgende Aussage treffen: Beide Gasmengen besitzen die gleiche Masse!

Dies ist eine Aussage, die wir nicht zu überprüfen brauchen, da sie durch Definition gilt. Weil wir aber sicher gehen wollen, bestimmen wir das **Gewicht** beider Gase (oder deren **Trägheit**, sind sowieso identisch). Mit Bestürzung stellen wir einen „Fehler“ fest. Das Helium wird mit etwa 99,27 % des zu erwartenden Gewichtes als zu leicht befunden, denn 0,73 % Prozent sind „verschwunden“. Was ist verschwunden? Masse wohl nicht (diese Aussage bedarf noch der Korrektur), aber der Trägheitswiderstand (oder das Gewicht) von einem Liter Helium ist fast ein Prozent niedriger als es seiner Masse nach sein dürfte. Der Physiker spricht vom „Massen-Defekt“.

Was schließen wir daraus? - Die Masse ist - **vereinbarungsgemäß** - eine additive Größe. Bei gegebener homogener „Dichte“ ist die Masse bei makroskopischen Körpern dem Volumen proportional und bei den mikroskopischen Objekten der Anzahl der Bestandteile. Zwei Säcke Kartoffeln sind eben doppelt so viel Kartoffeln wie ein Sack. Und die Trägheit ist es - **erfahrungsgemäß** - nicht immer.

Auf unser Beispiel mit den Kartoffelsäcken bezogen trifft dies zu, aber nicht mehr bei dem aus zwei Deuteriumkernen gewonnen Heliumkern. Doch unser Heliumbeispiel hat noch einen Haken. Um aber das Verwirrspiel nicht auf die Spitze zu treiben, wollen wir uns um jenen „Haken“ erst in einem späteren Kapitel kümmern.

Kommen wir nochmals auf das 2. Newtonsche Bewegungsgesetz zurück, welches lautet: Für jede Änderung des Bewegungszustandes (Beschleunigung) muss eine Kraft aufgewendet werden. Kraft und Beschleunigung sind (im klassischen Fall) einander proportional. Der Proportionalitätsfaktor heißt „träge Masse“ oder „Trägheit“. Jetzt schreibe ich drei - fast - identische Sätze auf:

1. Die Trägheit eines Körpers ist seiner Masse (Menge der Materie) proportional.
2. Die Trägheit eines Körpers ist (**auch**) seiner Masse (Menge der Materie) proportional.
3. Die Trägheit eines Körpers ist (**nur**) seiner Masse (Menge der Materie) proportional.

Der erste Satz (1.) ist uns wohl bekannt. Damit fing unser Problem an. Die Sätze 2. und 3. sind - anscheinend unwesentliche - Modifikationen des ersten Satzes. Die Unterschiede betreffen die in Klammern geschriebenen Wörtchen „auch“ bzw. „nur“. In Klammern geschrieben wurden sie, weil - jedenfalls auf 3. bezogen - dieses Wort zwar stillschweigend gedacht, nie aber ausgesprochen wurde. Die Ergänzungen „auch“ oder „nur“ sind vollkommen unwichtig - scheinbar. Für die klassische Mechanik gilt der Satz 3., den wir - aufgrund von „nur“ und sinnvoll gewählten Einheiten - auch folgendermaßen notieren dürfen:

3*. Die Trägheit eines Körpers ist seiner Masse (Menge der Materie) **gleich**.

Wenn aber 3*. gilt - und dies ist die seit Newton praktizierte Handhabung des Massebegriffes -, so haben wir das Problem der eigentlichen Massebestimmung (vgl. unsere weiter oben beschriebenen vergeblichen Bemühungen) anscheinend gelöst (dies ist die **Newton'sche** Lösung). Dann aber drückt das zweite

Newton sche Bewegungsgesetz keine objektive - von uns und unserem Wissen unabhängige - Gesetzmäßigkeit aus, sondern dient der Definition der Trägheit und damit der Masse. Dann jedoch ist „Masse“ nichts als ein anderes Wort für „Trägheit“, die aber eine dynamisch definierte Größe ist. Und genau dies ist die geschichtlich begründete und praktisch gehandhabte Verfahrensweise, die uns nicht einmal einen ganz kleinen Schritt weiter bringt, denn dann benötigten wir das Wort „Masse“ überhaupt nicht mehr, weil es keine Beziehung hat zu dem ursprünglichen und historisch entstandenen Massebegriff. Auch die Massedefinition auf Grundlage eines Masseprototyps (vgl. vorausgegangene Ausführungen) bringt uns nicht weiter, da der Vergleich einer zweiten Masse mit diesem Normal unter Zuhilfenahme einer Präzisionswaage der Vergleich der Gewichte beider Massen ist. Und wenn wir von der Identität von Schwere und Trägheit ausgehen, so haben wir damit einen indirekten Vergleich der Trägheit zweier Massen angestellt.

Bringen wir unsere Überlegungen in Verbindung zur Problematik der Inertialsysteme, so müssten wir vorher das Problem lösen, ein von dynamischen Voraussetzungen - eben von der gerade behandelten Beziehung - unabhängiges Inertialsystem zu definieren. (Ein Teilproblem des Inertialsystems - die Problematik der Geradlinigkeit einer Bewegung - behandelte ich ja nochmals im ersten Textabschnitt dieses Kapitels.) Erst wenn das gelänge, würde die gerade beschriebene Definition einen objektiven Sinn erhalten.

Nun könnte man einwenden, dies sei der physikalische Schnee von vor 300 Jahren. (Selbst dann aber hätte dieser „Schnee“ fatale Folgen.) Die Physik hat Fortschritte gemacht. Das hat sie auch. Einen dieser Fortschritte betrifft angeblich die Spezielle Relativitätstheorie. Daran geknüpft sind bestimmte Konsequenzen. Eine Konsequenz ist die **„empirisch gesicherte Abhängigkeit der Masse von der Geschwindigkeit“**. (Jetzt wäre noch zu untersuchen, ob es sich dabei um eine „relativistischen“ oder einen dynamischen Effekt handelt. Im Sinne meiner bisherigen Ausführungen kann es sich nur um einen dynamischen Effekt handeln, welcher sich auf das „**Machsche** Bezugssystem“ bezieht.)

Kein Teilchenbeschleuniger würde auch nur den Bruchteil einer Sekunde funktionieren, entspräche dies nicht den Tatsachen. Für kleine Geschwindigkeiten bleibt dieser „relativistische Effekt“, wegen des großen Wertes der Lichtgeschwindigkeit vernachlässigbar gering, da sich der „relativistische Massezuwachs“ erst bei Geschwindigkeiten bemerkbar macht, die mit der Lichtgeschwindigkeit vergleichbar ist. Dies schließt den Fakt ein, dass „normale“ Körper nie diese Geschwindigkeit erreichen können, weil ihre Masse in diesem Fall unendlich groß werden würde. Dieser Sachverhalt lässt sich folgendermaßen interpretieren: Jede Energieübertragung - (kinetische) Energie und Bewegung sind eng aneinander gekoppelt - ist untrennbar mit einer Masseübertragung verbunden. Dies gilt als ein Ergebnis der Speziellen Relativitätstheorie oder: Die Spezielle Relativitätstheorie ist in der Lage, jenen Effekt richtig zu deuten.

So **scheint** es!

Die letzte Formulierung jedoch erscheint lediglich als logische Folge der bereits bekannten Aussage „Die Trägheit eines Körpers ist seiner Masse (Menge der Materie) **gleich**“. Gehen wir jedoch von der Aussage aus „Die Trägheit eines Körpers ist (**auch**) seiner Masse (Menge der Materie) **proportional**“, so müssen wir, wohl oder übel, die relativistische Relation des „Massezuwachses bei Bewegung“ umformulieren. Dann sind wir lediglich in der Lage, festzustellen, dass die **Trägheit** abhängig ist von der Geschwindigkeit - **nicht die Masse!**

Beide Sichtweisen beschreiben formal den gleichen quantitativen Sachverhalt. Ihre qualitativen Bedeutungen jedoch sind so unterschiedlich wie wir sie uns unterschiedlicher überhaupt nicht denken können!

Die erste Deutung betrachtet die Geschwindigkeitsabhängigkeit der Masse. Sie führt zur Aussage: Jede Energieübertragung ist untrennbar mit einer Masseübertragung verbunden. Oder: Energie hat Masse. Oder: Energie ist Materie - Materie ist Energie. Oder auch: Energie und Masse sind zwei unterschiedliche Erscheinungsformen der Materie. Dies genau entspricht der Deutung des Effektes innerhalb der Schulphysik.

Eine konkrete Konsequenz dieser Tatsache findet sich in der Verfahrensweise der Physiker, nicht nur die Energie, sondern auch die Masse der Elementarteilchen in der Maßeinheit **Elektronenvolt** anzugeben, wobei ein Elektronenvolt (1 eV) die Energieänderung ist, die ein elektrisch geladenes Teilchen erfährt, durchläuft es die Potentialdifferenz von einem Volt. Und in den Teilchenbeschleunigern werden auf diese Weise aus Energie - aus Bewegung also - munter neue Teilchen „erzeugt“. Auf dieses Thema komme ich an anderer Stelle nochmals kurz zu sprechen.

Die zweite Deutung jedoch besagt lediglich, dass die **Trägheit** abhängig ist - unter anderem **auch** - von der Geschwindigkeit. Dieser Zusammenhang ist anscheinend empirisch gut gesichert, jedenfalls bei elektrisch geladenen Teilchen. (Die Trägheit eines Körpers ist somit von seiner Masse **und** seiner Energie abhängig.)

Energie ist eine Eigenschaft der Materie und die Trägheit eine Eigenschaft der Masse. Aus der Gleichsetzung von Masse und Trägheit folgt logisch die Gleichsetzung von Materie und Energie. Eine Eigenschaft wurde damit „materialisiert“!

Nochmals: Die klassische Betrachtungsweise identifiziert die Trägheit mit der Masse in der Weise, dass „Masse“ der primäre, unabhängige und fundamentale Begriff ist und die Trägheit die sekundäre dynamische Eigenschaft der Masse. Wir erhalten zusammenfassend folgende Schlußweise:

1. Die Trägheit eines Körpers ist seiner Masse (Menge der Materie) **gleich**. - Historisch bedingte und beibehaltene grundlegende Einstellung, durch die Alltagserfahrung nahegelegt, von Newton wissenschaftlich kultiviert.
2. Die **Trägheit** einer „Masse“ hängt ab von deren Geschwindigkeit, jedenfalls dann nachweisbar, ist diese Geschwindigkeit mit der des Lichtes vergleichbar. - Empirisch gestützte Gesetzmäßigkeit neueren Datums.
3. Weil voraussetzungs- und gewohnheitsgemäß 1. gilt, und 2. als gesicherte Erfahrungstatsache akzeptiert werden muss, folgt: Die **Masse** ist abhängig von der Geschwindigkeit.

Da man 2. nicht ignorieren kann, aber an 1. festhält folgt 3. - und nur dann! Die Trägheit also hängt - über den logischen, historisch bedingten, Umweg Masse - ab von der Geschwindigkeit.

Lösen wir uns von der historisch entstandenen **Newtonschen** Prämisse und dem genannten logischen Umweg, so bildet die Aussage „Die Trägheit ist abhängig - **unter anderem auch** - von der Geschwindigkeit“ die einzig korrekte Darstellung eines - objektiven - Zusammenhanges.

Diese Formulierung wäre richtig, wenn wir einmal von der Schwierigkeit absehen könnten, die Geschwindigkeit definieren zu müssen. Mit Gesichtspunkten dieser Problematik setzten wir uns bereits auseinander.

Die herkömmliche Deutung erscheint als nichts anderes als das Resultat einer überaus gedankenlosen Handhabung eines der vormalig grundlegendsten Begriffe der Mechanik: den der Masse.

Wir sehen also am Beispiel der Analyse des Massebegriffes, dass hier einige Probleme auftreten können, die schwerwiegende Folgen nach sich ziehen, macht man sich keine Gedanken darüber, wie bestimmte Begriffe historisch entstanden und wie die damit verbundenen Quantitäten wirklich ermittelbar sind. Die Grundhaltung, um die es uns geht, ist doch die, dass man mit Recht fordern sollte, dass die der Physik zugrundeliegenden Begriffe durchaus einer strengen Definition bedürfen. Und in der Physik heißt „strenge Definition“ nun einmal nichts anderes als die Angabe einer - wenigstens prinzipiell denkbaren Messvorschrift. Eine solche Vorschrift aber im Falle der Masse ist, da können wir anstellen was wir wollen, (noch?) nicht gegeben.

Für Ernst **Mach** war der ursprüngliche Massebegriff als „Materiemenge“ ohnehin nicht sinnvoll, weil prinzipiell nicht messbar, da auch er von der dynamischen Bestimmung der Masse (also Trägheit) - als einzig mögliche beobachtbare Größe - ausging, allerdings ohne der Bedeutung der Gleichwertigkeit von träger und schwerer Masse wirklich konsequent auf den Grund zu gehen, was **Einstein** später vollzog. Weil aber Ende des 19. Jahrhunderts solche Überlegungen noch nicht relevant waren, beeinflussten sie den weiteren Verlauf der physikalischen Forschung nicht unmittelbar. Und als die wahre Bedeutung dieser Gedanken sich hätte erweisen können, war die Physik längst andere Wege gegangen (z.B. Spezielle Relativitätstheorie), ohne sich mit den grundsätzlichen Dingen - auch im Sinne Ernst **Machs** - auseinanderzusetzen. Die Weichen waren gestellt. Wenngleich **Mach**, **Einstein** und die **Allgemeine Relativitätstheorie** immer gern in einen Zusammenhang gebracht werden, möchte ich eindeutig darauf hinweisen, dass **Einstein**s Gedanken keine logische Folge der Ansichten **Machs** waren. **Beide Wege waren verschiedene Wege!** Von **Mach** lernte **Einstein**, sich mit bestimmten Fragen auseinanderzusetzen; die Antworten **Einsteins** bewegten sich auf einer ganz und gar anderen Ebene des Denkens (**Einstein** hielt, im Gegensatz zu **Mach**, an der Realität des Raumes fest. Für **Mach** hingegen war der Raum Ausdruck der räumlichen Beziehungen der materiellen Objekte untereinander; und ohne jene Objekte wäre er, wie er es im Zusammenhang mit der Zeit ausdrückte, „ein müßiger metaphysischer Begriff“.), zumal **Mach** selbst „lediglich“ den analytischen Teil (hier der Mechanik) abhandelte. Mit der konstruktiven Seite befasste **Mach** sich nicht mehr, womit vielleicht erklärlich ist, dass er zwar **Einsteins** Theorien anfangs abwartend bis wohlwollend gegenüberstand, wissend, dass diese nicht seiner eigenen Denkrichtung entsprachen, keineswegs jedoch feindselig, da seinerseits mit keiner konkreten Alternative verknüpft. (Hier spielen noch andere Überlegungen bei **Mach** eine Rolle, auf die einzugehen ich im Rahmen meiner Darlegungen verzichte.)

Nur aus der historisch entstandenen Massebestimmung im Zusammenhang mit der Trägheit (Newton) erfolgte anscheinend so etwas ähnliches wie eine indirekte Messvorschrift, die aber bei etwas näherer Betrachtung sich als eine unzulässige Vermischung grundverschiedener Dinge herausstellt, wobei dieser Fehler jedoch zur damaligen Zeit keine Rolle spielte, weil aufgrund der experimentellen Befunde im Rahmen des damals gegebenen Erfahrungshorizontes die Abhängigkeit der Trägheit nur von der Masse recht naheliegend schien. Die Vermischung zweier völlig verschiedener Dinge aber wurde - trotz neuer Erkenntnisse - bis heute beibehalten!

Alte Anschauungen bedingen neue Ansichten. Kommen wir deshalb wieder auf das Beispiel der Gegenüberstellung der Gewichte von Deuterium und Helium zurück, so erfährt der sogenannte Massendefekt eine Deutung, die aus der Gleichsetzung von Masse und Trägheit (bzw. Gewicht) folgt: Die fehlende Masse ist die Energie, die bei Kernverschmelzung auftritt. Und diese Energie ist eine gewaltige! Sie lässt sich auch rechnerisch mit einer einfachen Formel bestimmen. Diese Gleichung ist die bekannteste und berühmteste und konsequenzenreichste Formel, Synonym gleichsam für bahnbrechende Forschungsergebnisse und Genialität (**Einstein**), der Physik überhaupt. Und hier lasse ich es mir nicht nehmen, doch eine Gleichung in den Text aufzunehmen, zumal sie fast jeder kennt, wenngleich deren Interpretation weniger geläufig sein dürfte:

$$E = m \cdot c^2$$

Konkretes Rechenbeispiel: Ein „Massen“-Defekt bei kernphysikalischen Reaktionen (nur dort ist er groß genug, um nachweisbar zu sein) von einem Gramm entspricht einer Energie von $8,99 \times 10^{13}$ Joule (Wattsekunden) oder ca. 25.000 Megawattstunden. Dies auch ist die Energie, die man benötigen würde, um ein Gramm Masse auf etwa 87% der Lichtgeschwindigkeit zu beschleunigen, denn bei ungefähr dem 0,866-fachen der Geschwindigkeit des Lichtes hätte eine Masse sich verdoppelt.

Karl Popper



Ich bin begeisterter Anhänger der Wissenschaft. Physik und Biologie sind für mich großartige Wissenschaften, und ich halte die meisten Physiker und Biologen für sehr gescheit und gewissenhaft. Aber: Sie stehen unter Druck. Diesen Druck gibt es erst seit dem Zweiten Weltkrieg, seitdem so viel Geld für die Wissenschaft ausgegeben wird. Wer eine vorherrschende Mode angreift ist „draußen“ und erhält - vielleicht - kein Geld mehr. Das ist alles sehr traurig. Ja, die Wissenschaft ist leider gefährdet - ihre ursprüngliche Reinheit ist, leider, nicht mehr selbstverständlich.

In Wahrheit jedoch müssten wir korrekterweise formulieren: Bei 87% der Lichtgeschwindigkeit setzt eine gegebene Masse ihrer weiteren Beschleunigung einen Trägheitswiderstand entgegen, der sich gegenüber dem Zustand der Ruhe verdoppelt hat. Oder kürzer: Die Trägheit hat sich unter den genannten Umständen bei gegebener Masse verdoppelt. Dies ist eine völlig andere Aussage (!!!), und doch ändert dieser Umstand nichts an der Tatsache, dass ein mit etwa 259.000 Kilometer pro Sekunde in die Erdatmosphäre eintauchender und nur ein Kilogramm Masse besitzender Meteor bis zur seiner vollständigen Abbremsung (in der Atmosphäre und beim Aufprall) eine Energie von 25.000.000 Megawattstunden umsetzt. Gott sei Dank haben solche kosmischen Geschosse nie die Erde erreicht.

Oder...?

Jedenfalls würden solche Meteore eine ungeheure Verwüstung anrichten, dabei aber im Nachhinein nicht mehr körperlich nachweisbar sein.

Die Energie also besitzt, da mit Masse behaftet, materiellen Charakter - weil dies stillschweigend bei der klassischen Massebestimmung, die sich korrekterweise jedoch nur auf die Trägheit (dynamische Eigenschaft) beziehen dürfte, vorausgesetzt wurde. Da auch elektromagnetische Vorgänge mit Energietransfer verbunden sind, versteht es sich von selbst, dass elektromagnetische Wellen auch Masse besitzen.

Wir werden uns noch damit auseinanderzusetzen haben, dass „elektromagnetische Wellen“ doch mit einer Masseübertragung einhergehen, aber nicht im Sinne der formalen Äquivalenz von Masse (Trägheit) und Energie, sondern in Form von „Teilchen“, den trägheits- aber nicht masselosen Photonen, als „Quanten des elektromagnetischen Feldes“. Die „real existierenden“ Felder werden wir damit jedoch nicht retten. Das Gegenteil ist der Fall.

Folgende interessante Überlegungen könnten die zur Materie gewordene Energie ergänzen. Nehmen wir unseren Bleiwürfel, dessen Temperatur wir jetzt um - sagen wir - 100 Grad erhöhen. Anschließend bestimmen wir das Gewicht jenes Körpers und konstatieren eine Gewichtszunahme, die sich durch die zugeführte Wärmeenergie entsprechend der Einsteinschen Formel erklären lässt.

Selbstverständlich stellen wir nichts fest, da der Effekt zwar grundsätzlich vorhanden ist aber durch eine läppische Energiezufuhr infolge einer Temperaturerhöhung um 100 Grad so gering bleibt, dass selbst utopische Präzisionstechnik ihn unter keinen Umständen direkt messbar werden ließe. Zum Glück ist dieser Effekt derart gering, dass man ihn unmittelbar nicht messen kann. Denn wäre er mit traditionellen Mitteln beobachtbar, so hätte dieser Umstand noch Anfang vergangenen Jahrhunderts recht eigenartige Beweiskraft gehabt. Es galt einst die Auffassung, dass Wärme an das Vorhandensein eines Wärmestoffes gebunden war. Somit hätten wir mit der Wägemethode den „absolut unwiderlegbaren Beweis“ in der Hand gehabt - für die Existenz dieses Stoffes! Um wieviel schwerer hätte es dann die dynamische Sichtweise (statistische Mechanik) des Phänomens Wärme gehabt (wenn überhaupt), sich durchsetzen zu können!

Natürlich käme kein Physiker auf die groteske Idee, im Nachhinein den Wärmestoff aus der Mottenkiste verstaubter Theorien hervorzukramen und zu neuem Glanze zu verhelfen. Wir wissen es halt besser. Und das stimmt vielleicht wirklich. Doch leider nur zum Teil. Die „Masse“-Änderung infolge von Energieänderung ist im Falle der Veränderung des Bewegungszustandes - des makroskopischen Körpers als Ganzes oder als Bewegung der Bestandteile eines Körpers in Form der thermischen Bewegung beispielsweise - in Wahrheit eine Änderung der Trägheit. Das wissen wir jetzt. Aber Energie ist nur in besonderen Fällen Bewegung(senergie). Noch einmal: Führen wir einem Körper Bewegung zu, indem wir ihn beschleunigen (geordnete mechanische Bewegung) oder ihm Wärme zuführen (ungeordnete Bewegung), so verändert sich sein dynamisches Verhalten bezogen auf das **Mach** sche Bezugssystem dahingehend, dass sein Trägheitswiderstand zunimmt.

Der „Massen“-Defekt bei kernphysikalischen Prozessen hat - im Verständnis der etablierten Physik - nicht das geringste zu schaffen mit Bewegung. Auch die „chemische Bindungsenergie“ ist damit vergleichbar. Beide Energieformen lassen sich unter bestimmten Bedingungen umsetzen in verschiedene Formen der Bewegungsenergie; sie selbst aber sind keine dieser Formen. Warum jedoch nicht?

Vom Wärme-Stoff konnte man sich trennen. Doch wird jetzt aus jeder Form der Energie Materie. Damit haben wir den Wärmestoff, auf höherer Ebene zwar und in verallgemeinerter Form, doch noch rehabilitiert. Ist aber nicht jede Form der Energie konsequenterweise eine Erscheinungsform der Bewegung? Folgendes aufschlussreiche Zitat fügt sich fast nahtlos in unsere Überlegungen ein (C. F. v. **Weizsäcker**, Zum Weltbild der Physik (Die Auswirkungen des Satzes von der Erhaltung der Energie in der Physik), Stuttgart 1990, S 57 f.):



Die materielle Wärmetheorie hielt die Wärme für eine Art Materie, welche weder entstehen noch vergehen könne. Schon die Beobachtung der unbegrenzten Wärmeproduktion durch Reibung widersprach dieser Annahme, und mit der Anerkennung der Wärme als einer Energieform unter anderen war der Bruch mit der alten Theorie vollzogen. Die neue Lehre nannte man im allgemeinen die „mechanische Wärmetheorie“. Damit war zunächst noch nicht die Ansicht bezeichnet, dass Wärme in Wirklichkeit eine Form der Bewegung sei, sondern nur, dass sie in mechanische Arbeit übergeführt werden könne.

Mayer selbst fasste die Wärme nicht als Bewegung, sondern als eine selbständige Energieform auf. Er sagte, so wenig man aus der Überführbarkeit der potentiellen Energie in Bewegung folgere, die potentielle Energie sei in Wirklichkeit Bewegung, ebensowenig könne man aus der Überführbarkeit der Wärme in Bewegung folgern, die Wärme sei selbst eine Art der Bewegung.

Konsequenterweise müssten wir aber zu genau diesem Schluss gelangen. Am Beispiel des Gravitationsfeldes kamen wir bereits überein, dass hier eine Form der „versteckten Bewegung“ vorliegen könnte. Diese Annahme wird durch die Gleichwertigkeit von Trägheit und Gravitation weitgehend gestützt, wenn nicht gar gefordert. Dieses Thema behandelte ich schon mehrmals recht ausführlich. Sind wir allerdings noch konsequenter, so müssten wir überall dort, wo im traditionellen Sinne von „potentieller Energie“ die Rede ist, ebenfalls eine „verborgene Dynamik“ vermuten. Allerdings haben wir uns dann von der **Newtonschen** Vorgabe ein für allemal trennen. Und von allen Folgerungen, die historisch und logisch davon abhängig sind - und es gibt keine Aussage der Physik, die nicht davon abhängt -, natürlich auch.

Trotzdem hat gerade der Energiesatz am meisten zur Ausbreitung derjenigen „mechanischen Naturauffassung“ beigetragen, die der Meinung war, alle Phänomene der beobachtbaren Natur würden durch rein mechanische Wirkungen der kleinsten Teile der Materie (und des hypothetischen Äthers) hervorgebracht; ja eine physikalische Theorie stelle noch keine wirkliche Erklärung der von ihr behandelten Erscheinungen dar, solange sie diese Erscheinungen nicht auf Mechanik zurückgeführt habe. Durch diese Ansicht wird nämlich der allgemeine Energiesatz als besonderes Naturgesetz entbehrlich. Denn wenn man annimmt, dass alle zwischen den kleinsten Teilchen auftretenden Kräfte

Diese Formulierung lässt die Inkonsequenz auch bei C. F. v. Weizsäcker erkennen. Wenn wir alle Physik auf Mechanik zurückführen wollten, so müssten wir uns von der Newtonschen Mechanik trennen und von den „verursachenden Kräften“ ebenso.

durch eine nur von ihrer gegenseitigen Lage abhängigen Energie

Diese „von ihrer gegenseitigen Lage“ abhängige Energie ist eben die potentielle Energie, die, sind wir wirklich konsequent, ihrerseits auf Dynamik zurückgeführt werden müsste.

bestimmt sind (dass es also im kleinen keine Reibung gibt), so gilt vermittels der mechanischen Grundgesetze automatisch der Energiesatz. Die empirisch allgemeine Gültigkeit des Energiesatzes ist dann nur ein Hinweis auf die Geltung dieser verborgenen Mechanik und eine Aufforderung, die in der Erfahrung auftretenden Energiearten auf mechanische Energieformen der kleinsten Teilchen

zurückzuführen. So gilt dann z.B. die Wärme als kinetische Energie, die chemische Energie als eine bestimmte potentielle Energie der Atome. Man hat nach Helmholtz diesen Gedankengang geradezu als Begründung des Energiesatzes verwendet. Eine Fülle von Erfahrungen hat schließlich in der Tat bewiesen, dass Wärme als ungeordnete Bewegung der Atome aufgefasst werden muss. Die auf dem Energiesatz basierende Thermodynamik ist dadurch auf eine statistische Mechanik gegründet worden. Um so wichtiger ist daher vom grundsätzlichen Standpunkt aus, dass der Energiesatz auch in der Elektrodynamik gilt, welche nicht hat auf Mechanik zurückgeführt werden können

Tatsache ist: auf die **Newtonsche Mechanik** lässt sie sich **nicht** zurückführen, weil Wesensmerkmal dieser Mechanik die Trennung von Kinematik und Dynamik ist. dass die „mechanische Wärmetheorie“ überhaupt erfolgreich sein konnte liegt in der Tatsache begründet, dass sie von den konkreten Wechselwirkungen der „kleinsten Teilchen“ absieht, und das „Billardkugel-Modell“ (nur die lineare Bewegung und der elastische Stoß sind relevant) **in diesem Zusammenhang** mit hinreichender Genauigkeit der Realität sehr nahe kommt.

Fassen wir zusammen:

1. Der überaus wichtige Massebegriff ist in der Mechanik überhaupt nicht definiert.
2. „Masse“ wird einerseits als Synonym für „Trägheit“ (eine Eigenschaft) genommen, aber andererseits wird der Massebegriff noch immer mit „Materiemenge“ in Verbindung gebracht.
3. Korrekterweise darf der Massebegriff nur im Sinne von „Trägheit“ verwendet werden.
4. Die Trägheit ist eine dynamische Größe, die nur im Machschen Sinne (Machsches Prinzip) einigermaßen - zumindest qualitativ - erklärbar ist.
5. Aufgrund der quantitativen Gleichheit von Trägheit und Gravitation sowie der Annahme, dass diese auf einer qualitativen Identität beruht, kann die Gravitation auch nur als dynamische Erscheinung der Wechselwirkung aller Objekte mit dem kosmischen Umfeld gedeutet werden (auch dann, wenn wir noch nicht in der Lage sind, dieser Aussage eine quantitative Gestalt zu geben).
6. Da die Trägheit zudem vom „inneren Energiegehalt“ eines Körpers abhängt („Massen“-Defekt bei kernphysikalischen Reaktionen beispielsweise), folgt logisch zwingend, dass Trägheit nur als Ausdruck einer komplexen Wechselwirkung der „inneren Dynamik“ der Materie mit der „äußeren Dynamik“ des Machschen Bezugssystems angesehen werden darf. Auch in der Schulphysik geht man davon aus, dass die „Bausteine der Materie“ sich in steter Bewegung befinden, wobei dieser Bewegungsbegriff nicht mit dem „einfachen“ mechanischen Bewegungsbegriff verglichen werden darf.

Wichtig:

Die größte Fehleinschätzung aller Zeiten der Physiker besteht meiner Überzeugung nach darin, den klassischen mechanischen Bewegungsbegriff als „einfach“ einzustufen! Diese Bewegung ist, wie wohl die bisherigen Darlegungen nahelegen, alles andere als einfach; und ich konnte nachweisen, dass dieser „einfache“ mechanische Bewegungsbegriff bis in die heutigen Tage nicht sinnvoll und widerspruchsfrei und allgemeingültig erklärt ist.

Alle bisherigen Fehleinschätzungen beruhen auf dem Vorurteil, dass die materiellen Strukturen auf den verschiedenen hierarchischen Strukturebenen (eine Auswahl: Galaxien, Planetensysteme, Atome, Elementarteilchen) voneinander **unabhängig** sind. Wie ich an dieser Stelle ohne Beweis mitteile, sind sie lediglich „relativ unabhängig“, aber es gibt Systemeigenschaften (eine sehr wichtige Eigenschaft ist die Trägheit, im üblichen Sprachgebrauch die Masse), die möglicherweise ausschließlich hierarchieübergreifend erklärt ist. Alle empirisch verifizierten Erkenntnisse (z.B. die energieabhängige Trägheit als Massezunahme gedeutet) werden in das vorhandene Gedankensystem integriert, ohne zu beachten, dass dieses System historisch gewachsen ist, wobei naturgemäß auf künftige empirische Befunde nicht vorgegriffen werden konnte. Wären **Galilei** und **Newton** auch nur einige wenige Erfahrungstatsachen aus den Gebieten der Atom- und Teilchenphysik bekannt gewesen, die Entwicklung der Physik hätte mit hoher Wahrscheinlichkeit einen gänzlich anderen

Verlauf genommen!

Alles, was sich bei den Ausführungen dieses Kapitels auf den Massebegriff bezog, lässt sich auch auf andere Dinge verallgemeinern. Wichtigste Erkenntnis: Es ist nicht immer möglich, Eigenschaften der Materie (hier die Trägheit) aus dem „kosmischen Zusammenhang“ losgelöst zu betrachten. Sicherlich gibt es „hierarchieeigene“ Beziehungen, die ohne hierarchieübergreifende und damit komplexe Zusammenhänge auskommen. Aber es ist nie von vornherein entscheidbar, welcher Fall gerade vorliegt. Für eine solche Entscheidung wären Kenntnisse erforderlich, die möglicherweise dem tatsächlich gegebenen historischen Verlauf der Physikentwicklung vorauseilen, zu denen man doch erst gelangen will. Und diese notwendigen Erkenntnisse bleiben in unerreichbarer Ferne, weil alle Erscheinungen auf Grundlage des gegebenen Wissensstandes interpretiert werden. Und diese Interpretation kann grundsätzlich falsch sein, wie es die Analyse des Massebegriffes zeigt.

Dazu einige grundlegende Bemerkungen, die sich nicht nur auf den Massebegriff beziehen. Die Physiker sind einigermaßen stolz auf ihre Errungenschaften. Und als eine wesentliche Errungenschaften der Physik gilt deren Vorgehensweise: die traditionelle wissenschaftliche Methode. Dazu hatte ich bereits Stellung bezogen. Mathematisierte Theorie auf der einen Seite sowie Beobachtung und Experiment auf der anderen. Dies allein wird akzeptiert. Es läuft darauf hinaus, Aussagen der Form

A gleich B

zu gewinnen. Und im Experiment oder der Beobachtung wird dann überprüft, ob diese Aussage wahr ist oder auch nicht. Erweist sich diese Aussage eindeutig als falsch (Mess- und Beobachtungsfehler sowie Manipulationen ausgeschlossen), so stimmt mit der Theorie etwas nicht (Falsifikation). Im Falle eines positiven Befundes (Verifikation) hat man zwar noch keinen endgültigen Beweis für die Richtigkeit der Theorie in der Hand (es kann immer noch vorkommen, dass unter anderen Bedingungen diese Hypothese sich als falsch erweist), aber es besteht die berechtigte Hoffnung, der Wahrheit ein Stück näher gekommen zu sein. Dabei setze ich voraus, dass die Aussage „A gleich B“ wirklich eine - zunächst hypothetische - Gesetzmäßigkeit abbildet. Mit einer solchen Hypothese hatten wir uns im obigen Text und einem der vorausgegangenen Kapitel eingehend beschäftigt:

*träge Masse **gleich** schwere Masse.*

Mit einer sehr hohen Genauigkeit konnte diese Hypothese bisher bestätigt werden. Allerdings gibt es dabei, sollte diese Aussage eine objektive Aussage sein, ein schwerwiegendes Problem: Die beiden Massebegriffe müssten unabhängig von dieser Aussage und unabhängig voneinander definiert sein. In diesem Kapitel konnte nachgewiesen werden, dass der Massebegriff im üblichen Sinne (Materiemenge) überhaupt nicht definiert ist. Es wäre nämlich notwendig, streng zwischen „Masse“ und „Trägheit“ zu unterscheiden. Und die „Schwere“ ist nach unserer jetzigen Kenntnis auch nur Ausdruck der Trägheit. Auch das 2. Newtonsche Axiom hilft uns nicht weiter:

*Die Beschleunigung ist **gleich** Kraft dividiert durch Masse.*

Sollte diese Beziehung eine objektive (empirisch kritisierbare) Gesetzmäßigkeit abbilden, so wäre zu fordern, dass alle in dieser Relation vorhandenen Größen unabhängig voneinander definiert sein müssten. Wie wir bereits erkennen konnten, ist dies für die Beschleunigung (die sich immerhin auf ein Inertialsystem beziehen muss; die Zeit kommt später dran) sowie die Masse nicht gegeben.

Auch wenn ich noch nicht auf alle Zusammenhänge eingehen konnte (dies würde auch den Rahmen dieses Textes sprengen), so folgt als wichtigste Aussage aller bisherigen Bemühungen (selbst wenn der Leser noch nicht sämtliche logischen Abhängigkeiten schon überblicken kann):

Alle Begriffe der klassischen Mechanik definieren sich gegenseitig. Damit beschreibt *nicht eine einzige Aussage* dieser Mechanik irgendwelche objektiven Gesetze qualitativ richtig. Aufgrund ganz bestimmter Bedingungen erscheinen die quantitativen Fehler als vernachlässigbar klein. Und die „ganz bestimmten Bedingungen“ beziehen sich auf den raumbezogenen Bewegungsbegriff (raumbezogene Kinematik), der wegen der konkreten „kosmischen Dynamik“ (quasistatisches Bezugssystem in Gestalt der „unbeweglichen kosmischen Objekte) zwar qualitativ falsch ist, jedoch durchaus näherungsweise zu quantitativ richtigen Rechenergebnissen führen kann.

Wenn diese Sätze richtig sein sollten, so folgt zwingend: Die Physik befindet sich in der Sackgasse, und mit ihr auch alle die Physik anwendenden

Wissenschaften. Dazu ein Beispiel aus dem nicht gerade leichten Leben der Astronomen und Astrophysiker.

Mit ziemlicher Sicherheit glaubt man zu wissen, auf welche Weise „das Universum“ strukturiert sei und wie es entstanden ist. Ich erwähnte in diesem Text bisher zwei dieser Strukturebenen: das Sonnensystem und die Galaxis (wenn unser Milchstraßensystem gemeint ist bzw. die Galaxien (wenn diese Systeme als Allgemeinbegriff angesprochen werden). Nun tummeln sich die Galaxien nicht irgendwie völlig regellos und chaotisch im All umher, sondern bilden ihrerseits wiederum irgendwelche Strukturen, die „Galaxienhaufen“, welche selbst wieder irgendwelchen „Superhaufen“ und „großen Mauern“ (Die Einzelheiten sind nicht so wichtig, ich kenne mich da auch nicht so genau aus; auf die Tatsache der Strukturbildung in kosmischen Dimensionen überhaupt kommt es an.) angehören sollen. Ein Ende ist nicht abzusehen. All diese Strukturen (gehen wir einmal berechtigterweise davon aus, dass sie existieren) müssen seit dem Urknall (gehen wir einmal unberechtigterweise davon aus, dass er stattfand) sich gebildet haben. Dies führt zu erheblichen Problemen, auf die ich nicht im Detail eingehen möchte. Jedenfalls dürften aus verschiedensten Gründen diese Strukturen noch nicht oder überhaupt nicht sich gebildet haben können.

Doch ganz so weit brauchen wir uns gar nicht hinauszubegeben, denn schon die konkrete Dynamik der Galaxien widerspricht offensichtlich den Gesetzen der Mechanik. Deren Rotation (relativ zum „extragalaktischen Hintergrund“?) dürfte nicht in dieser Weise stattfinden, wie sie nun einmal stattfindet. An unseren Vorstellungen gemessen, rotieren sie recht langsam, aber hierbei würden die auftretenden Fliehkräfte weitaus größer sein als zulässig. Die Galaxien müssten „auseinanderfliegen“. Und hier besann man sich der Verfahrensweise, die bereits im vergangenen Jahrhundert erfolgreich war: Die Abweichungen einer beobachteten Bewegung von der theoretisch zu erwartenden muss eine Ursache haben, die in irgendwelchen „verborgenen unsichtbaren“ Massen zu finden sein muss. Beim Planeten Neptun ging diese Rechnung aufgrund glücklicher Begleitumstände (und wirklich nur deshalb) **fast** auf. Warum sollte eine bewährte Denkweise nicht auch bei neuen Problemlösungen sich abermals bewähren?! Nochmals: Aufgrund der bekannten Verteilung der Sterne innerhalb einer Galaxie sowie der ebenfalls bekannten gravitativen Anziehungskräfte müsste sich ein Rotationsverhalten errechnen lassen, das mit der beobachtbaren Kinematik - innerhalb der Fehlergrenzen - in Übereinstimmung zu bringen sein müsste. Dem aber ist nicht so. Es treten eklatante Divergenzen auf, die sich dann nur beherrschen lassen, führt man - neben der bereits beobachteten Materie - weitere Massen ein, die durch ihre Gravitationswirkung wieder Ordnung in das Geschehen zu bringen in der Lage sind und für die Stabilität der Sternsysteme sorgen. Das Problem: Die „unbeobachtbare Materie“ müsste 90% der Gesamtmasse der Galaxie ausmachen! Die Gesamtmasse der Galaxien wäre damit 10mal größer, als es herkömmliche astronomische Beobachtungen bislang nahezulegen schienen!

Also wurde die Hypothese von der „Dunklen Materie“ geboren. „Dunkel“ heißt hier nicht einfach nur, dass diese Materie (noch) zu kalt sei, um selbst Licht oder sonstige elektromagnetische Strahlung auszusenden, sondern, dass sie mit der „normalen Materie“ nur und ausschließlich über die Gravitation in Wechselwirkung tritt, sonst nicht. Interstellare und intergalaktische Gas- und Staubmassen zählen vielleicht dazu; die aber sind nicht „dunkel“, sondern nur „kalt“. Mögliche Kandidaten z. B. sind „Schwarze Löcher“ und „Neutronensterne“ und andere Exoten. Und die Neutrinos waren lange Zeit im Gespräch. Auch über noch völlig unbekannte Materiearten denkt man bereits sehr laut nach.

Zwei Probleme hat man sich damit eingehandelt: Erstens musste man sich darum kümmern, diese Dunkelmaterie unabhängig von den Beziehungen nachzuweisen, zu deren Zweck sie eingeführt wurde; und zweitens stellt diese exotische Materie, wie schon angedeutet, nicht irgendeine nebensächliche Randerscheinung dar, die einen bestimmten nebensächlichen Effekt erklären soll, der ohne sie nur ungenau begründbar wäre, sondern sie wäre wesentlicher Bestandteil der Galaxien überhaupt. Dieses Problem deutet darauf hin, dass die „gewöhnliche Materie“ der Galaxien (Sterne, Gas- und Staubmassen) beispielsweise nur bescheidene 10% deren Gesamtmasse ausmachen soll! **Hier handelt es sich nicht um eine - lediglich die Genauigkeit steigernde - Korrektur, sondern um ein existenzielles Problem!**

Hier möchte ich mich nicht in Einzelheiten verlieren. Welcher Art von unsichtbarer Materie man auch gern haben möchte, alles hängt mit der „Masse“ zusammen und deren „Gravitationswirkung“ und der „Trägheit“. Wie auch immer mögliche Schlussfolgerungen ausfallen mögen, von einer physikalischen Größe - der Masse eben - werden alle Folgerungen abhängen! Ausnahmslos alle - jetzigen und künftigen - Überlegungen sind geprägt von diesem historisch entstandenen und überhaupt nicht sauber definierten Begriff!

Sind unsere bisherigen Überlegungen in diesem Text - insbesondere die in diesem Kapitel - nicht gänzlich unsinnig, so bemerkt man die Sinnlosigkeit der Bemühungen der Physiker um die Deutung der konkreten Struktur des Universums. Bevor man nach irgendwelcher exotischen Materie Ausschau hält und die verwegenen theoretischen Konzepte entwirft, wäre es doch viel naheliegender, über all die diesen Überlegungen zugrundeliegenden Begriffe und Basisvorstellungen einige Überlegungen anzustellen! (Hierzu einige weitere Überlegungen im Text **“Gottes Urknall”**)

Verstehen wir die Masse als eine Eigenschaft der Materie, nämlich die der Trägheit, so kehrt sich die ganze Schlussweise um. Die Trägheit und mit ihr die Gravitation - ist eine dynamische Größe, die sich aus den konkreten (hier wahrscheinlich galaktischen?) Bewegungsverhältnissen ergibt. **Wie auch immer wir „Bewegung“ konkret verstehen wollen, so ist nicht die „Masse“ die Ursache für diese Bewegungsverhältnisse; sondern umgekehrt ergibt sich die Masse (verwenden wir „Masse“ für „Trägheit“ und „Schwere“) als Resultat dieser Dynamik.** Damit hat sich die Fragestellung aber umgekehrt, ungeachtet der Tatsache, dass wir diese Frage - die Frage nach der Dynamik - noch nicht beantworten können. Zumindest erübrigt es sich dann, nach irgendwelcher Dunkelmaterie zu fahnden.

Immer dann, wenn wir bestimmte Zusammenhänge nicht verstehen, werden „verborgene Ursachen“ vermutet, die einstmals sich als Geister, Götter und Dämonen manifestierten. Dieses Thema möchte ich nicht nochmals aufwärmen, zumal uns die Naturwissenschaften ein großes Stück rationaler Weiterkenntnis beschern konnten. Allerdings gibt es auch hier einige „Geisterstoffe“, von denen ich drei bereits nennen konnte. So hatte man erst in diesem Jahrhundert endgültig Abschied genommen von dem alles durchdringenden „Äther“. Er passte spätestens seit der Speziellen Relativitätstheorie nicht mehr ins physikalische Bild. Und der „Wärmestoff“ seligen Angedenkens musste der statistischen Mechanik weichen. Dann tauchten die „Felder“ auf, zu denen man ebenfalls nur indirekt - über deren „Wirkungen“ - sich Zugang verschaffen konnte. Die Felder sind die Vermittler der Wechselwirkungen. Einige dieser Zusammenhänge konnten wir bereits analysieren. Letztlich verdanken die Felder ihre „Existenz“ der noch immer gültigen Anschauung von Raum, Zeit, Bewegung und Wechselwirkung.

Bei Ernst **Mach** konnten wir bereits nachlesen (E. **Mach**, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, Leipzig 1933, Nachdruck: Darmstadt 1991, S. 227 f.):

Ernst Mach



Wenngleich auch ich erwarte, dass astronomische Beobachtungen zunächst nur sehr unscheinbare Korrekturen notwendig machen werden, so halte ich es doch für möglich, dass der Trägheitssatz in seiner einfachen Newtonschen Form für uns Menschen nur örtliche und zeitliche Bedeutung hat.

Hier hatte **Mach** zweifelsohne recht. Nur in einem Punkt irrte er gewaltig: Er sprach von „unscheinbaren Korrekturen“. Unscheinbar sind die Korrekturen, die notwendig sein könnten, mitnichten. Schon die Dynamik der Galaxien ist innerhalb der geläufigen Denkschemata nicht sehr verständlich. Und die „unscheinbare Korrektur“ erfordert die Annahme einer „dunklen Materie“, die angeblich 90% der Gesamtmasse der Milchstraßensysteme ausmachen soll! Weiter oben deutete ich das Problem des „Massendefektes“ im atomaren Bereich an. Hier zeigte es sich, dass die Eigenschaft der Trägheit keine statische additive Größe ist. Wegen der Vermischung von „Masse“ und „Trägheit“ sprechen die Physiker noch immer vom „Massendefekt“, der als vergegenständlichte Energie gedeutet wird. Nichts anderes finden wir möglicherweise bei der Dynamik der Galaxien. Hier allerdings beträgt der „Massendefekt“ stattliche 90%, wobei man diese Differenz wirklich als (noch) nicht beobachtbare „echte“ Materie deutet.

Nochmals: Die Indizien deuten darauf hin, dass die Gesamtmasse der Galaxien nicht einfach durch die Summe der Einzelmassen der Sterne gebildet wird, sehen wir hierbei einmal von dem durchaus abschätzbaren Anteil „kalter Materie“ (interstellare Gas- und Staubmassen) ab. Die „Gesamtmasse“ muss scheinbar größer sein, als sie es der Anzahl der Sterne nach sein dürfte. Da aber die Masse nur als Trägheit verstanden werden kann, ergibt sich auch die Einzelmasse (sprich: Trägheit) eines Sternes aus der konkreten Dynamik der übergeordneten Struktureinheit (Galaxie), deren Bestandteil er ist. Damit aber ist so etwas wie eine Gesamtmasse (als Trägheit verstanden) für ein ganzes Milchstraßensystem überhaupt nicht im traditionellen Sinne definiert. Hier spielen - vermutlich - andere Beziehungen eine Rolle, von denen wir noch weniger verstehen! Hier gelangen wir in der Systemhierarchie einen Schritt in Richtung Galaxienhaufen usw., wobei auch hier in der Astronomie und Astrophysik von abschätzbaren „Gesamtmassen“ die Rede ist. Je weiter wir uns in die „überstellaren“ und „übergalaktischen“ Bereiche begeben, um so sinnloser aber werden unsere altbekannten Begriffe!

Und wenn sogar - ein endliches Universum vorausgesetzt, wie auch immer man sich das vorstellen möge - die „Gesamtmasse der Welt“ ermittelt wird, so

erinnert eine solche „exakte Berechnung“ - die **Einstein** -Jünger mögen verzeihen - seltsam an die „korrekte“ Bestimmung der Anzahl der Engel, die auf einer Nadelspitze Platz finden. **Newton** löste auch dieses Problem, wobei solche - für uns heutzutage abwegig erscheinenden Betrachtungen - die tatsächliche Leistung eines Isaac **Newton** nicht herabwürdigen.

An dieser Stelle könnte ich dieser Text bereits beenden. Wenn ich nämlich nachweisen kann, dass auch nur **ein** Begriff im Gesamtgefüge der Physik ein recht fragwürdiges Dasein fristet, so gilt dies für sämtliche Begriffe, Hypothesen und Theorien, die von diesem einen Begriff in irgendeiner Weise abhängig sind. Und Tatsache ist: Es gibt **keinen** Bereich der Physik, in welchem die fundamentale Größe „Masse“ keine Rolle spielt. Wenn es aber diese fundamentale Bestimmung überhaupt nicht gibt, jedenfalls nicht in der üblichen Verwendung, was dann?!

Zumindest zeigt bereits die Analyse des Massebegriffes, dass erstens „die Welt“ nicht so einfach ist, wie man es immer noch wahrhaben will; und dass zweitens der Erkenntnisstand der Physik nicht einfach nur objektiv reale Verhältnisse widerspiegelt, sondern auch in irgendeiner Weise Abbild des historischen Erkenntnisprozesses ist, wobei ich mich an dieser Stelle auf allzu langweilige Einzelheiten nicht einlassen mag. Diese Einsicht aber ist nicht wirklich neu. Neu vielleicht sind die hier angedeuteten Konsequenzen.

Erkenntniskritische Überlegungen hatten bislang keinerlei Einfluss auf den Prozess der Forschung selbst. Und die Konsequenz des Ernstnehmens solchermaßen kritischer Hinweise wäre es, den gesamten Erkenntnisprozess wirklich unvoreingenommen zu überdenken, aber auch die historisch entstandenen Institutionen der Wissensvermittlung und die der Wissensgewinnung ebenso. Eine solche Kritik allerdings ist indiskutabel, da sie die Tätigkeit derer berührt, welche die Forschung und Lehre **betreiben**.

Im einem der nächsten Kapitel gehe ich auf ein spezielles Forschungsgebiet die Hochenergiephysik - in groben Umrissen ein. Dabei zeigt es sich, dass Forschung zu einem gewaltigen Wirtschaftsfaktor geworden ist. Und das ist gefährlich. Nicht für die Forscher, sondern für die Wahrheit. Diese Formulierung ist natürlich auch nicht völlig korrekt. Für die Wahrheit kann es gar nicht gefährlich werden, da man ihr ohnehin nicht zu nahe kommen wird. Bei Karl **Popper** z. B. (Sir Karl Raimund, 1902-1994) finden wir eine interessante Aussage, die ich unkommentiert wiedergeben möchte (Aus einem Interview mit der Zeitung „Die Welt“ im Jahr 1990.):

Masse	Gravitation	Masse+Raum	Masse+Trägheit
-------	-------------	------------	----------------

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Machsches Prinzip - Vorbemerkungen -

Das Machsche Prinzip hat irgendwie etwas mit der "Einheit von Kinematik und Dynamik" zu tun.
Das Problem: Wie sind die altbekannten kinematischen Größen überhaupt erklärt?

Vorbemerk.

Beziehungen

Raum

Ernst Mach

Inhalt

1. Vorbemerkungen
2. Nur Beziehungen gelten
3. Raum oder nicht Raum
4. Ernst Mach

Ob man es nun wahrhaben will oder nicht: Die vorgeblich elementaren Beziehungen der klassischen Mechanik sind alles andere als einfach und trivial. Hier verbergen sich schwerwiegende - und bislang ungelöste - Probleme.

Machsches Prinzip - Vorbemerkungen

In diesem Text befasse ich mich mit einigen Seiten der mechanischen Bewegung. Im Grunde geht es um ganz simple Dinge. Darum auch habe ich mich bemüht, die folgenden Zusammenhänge möglichst voraussetzungslos darzustellen. Doch wenn man meint, dass alles ganz klar ist, so trügt mit Sicherheit der Schein. Gerade die einfachsten und alltäglichen Dinge bergen mit Sicherheit einige Stolpersteine, die man gemeinhin überhaupt nicht bemerkt. Nehmen wir ein elementares Beispiel aus der Mechanik. Bei einer auf der Kreisbahn sich bewegenden „Punktmasse“ gilt für die „Zentrifugalkraft“:

$$F_z = m \cdot v^2 / r$$

bzw.

$$F_z = m \cdot r \cdot \omega^2$$

Dabei sind F_z die Zentrifugalkraft, m die auf der Kreisbahn befindliche Masse, v die Bahngeschwindigkeit bzw. ω der Winkelgeschwindigkeit und r der Bahnradius. Diese Gleichung beschreibt den einfachsten Fall der Rotationsbewegung. Und dieser „Fall“ birgt keinerlei Geheimnisse - so glaubt man. Allgemein formuliert: Es werden die kinematischen Größen (v bzw. ω und r) mit den dynamischen Größen (F und m) verknüpft.

Wenn obige Gleichung aber eine objektive „Gesetzmäßigkeit“ abbilden soll, so wäre korrekterweise zu fordern, dass alle in dieser Beziehung vorkommenden Größen unabhängig voneinander und unabhängig von eben jener Beziehung definiert sein müssten. In der Praxis wird man sich solchermassen „tiefeschürfenden“ Gedanken freilich nicht unbedingt machen, da ja alles völlig klar ist. Jedes Kind ist in der Lage, die Problematik der Fliehkraft - zumindest qualitativ - praktisch nachzuvollziehen. Ein an einer Schnur befestigter Ball z.B. lässt sich im Kreis herumschleudern, wobei man die Schnur schon festhalten muss, damit der Ball nicht auf und davon fliegt. Diese „Festhaltekraft“ heißt bekanntlich „Zentripetalkraft“ und muss der Zentrifugalkraft, die Ausdruck der

Massenträgheit ist, dem Betrag nach gleich, ihr aber entgegen gerichtet sein. Das alles ist triviale Alltagserfahrung und kaum der Rede wert. Doch könnte eine solche Einschätzung möglicherweise völlig ungerechtfertigt sein, denn schon mit der Definition der kinematischen Größen tauchen im Allgemeinen einige Schwierigkeiten auf.

Wenn man sich kritisch mit der Physik befasst, kommt man also an den Grundlagen der klassischen Mechanik nicht vorbei; und wenn man sich mit **diesem** Thema beschäftigt, so kommt man an Ernst **Mach** - wie auch immer man zu seinen Aussagen im Einzelfall stehen möge - nicht vorbei. Wie man diesen - als „Wegbereiter der Relativitätstheorie“ völlig missverstandenen - Physiker auch bewerten mag, so sind viele seiner Überlegungen durchaus des Nachdenkens wert. Gerade in der heutigen Zeit scheint eine Art Rückbesinnung durchaus angemessen und notwendig zu sein.

Das „**Machsche** Prinzip“ beinhaltet zum einen die Problematik der kinematischen Bezugsbasis für die Bewegung und zum anderen die damit einhergehenden dynamischen Konsequenzen. Innerhalb der klassischen Mechanik bedeutet Trägheit die Reaktion der „Massen“ auf eine Beschleunigung im (absoluten) Raum. (Das obige Beispiel mit dem Massepunkt auf der Kreisbahn bildet hierbei einen Sonderfall.) Das **Machsche** Prinzip lässt sich m. E. dahingehend interpretieren, dass an die Stelle des „Raumes“ der „Rest der Welt“ tritt. Dies scheint einleuchtender, wenn man bedenkt, dass die Geschwindigkeit (als kinematische Größe) nur als relative Größe (in Bezug auf...) erklärt ist, hingegen die Beschleunigung als absolute Größe in der Mechanik umhergeistert (in elementarer skalarer Schreibweise):

Geschwindigkeit

$$\mathbf{v} = \mathrm{d}\mathbf{s}/\mathrm{d}t$$

Beschleunigung

$$\mathbf{a} = \mathrm{d}^2\mathbf{s}/\mathrm{d}t^2$$

Für die erste Ableitung des Weges nach der Zeit gilt somit uneingeschränkt die Tatsache, dass es sich um eine relative Bestimmung handeln muss. Ohne Bezugs-System ist diese Größe nicht erklärt. Hingegen handelt es bei der zweiten Ableitung des Weges nach der Zeit um eine absolute Gegebenheit, die sich im Auftreten von Trägheitskräften äußert.

Innerhalb der traditionellen Physik gilt zunächst das „spezielle Relativitätsprinzip“, wonach nur Relativ-Geschwindigkeiten physikalisch relevant sind. Aus kinematischer Sicht ist diese Aussage trivial. Aus dynamischer Perspektive bedeutet dies, dass in einem System, welches sich der Trägheit folgend bewegt, der Bewegungszustand mit systeminternen Mitteln nicht ermittelbar ist, da es keine dynamischen Auswirkungen gibt. Dabei wird angenommen, dass es kein „ausgezeichnetes Bezugssystem“ gibt, welches eine solche Wirkung ermöglichen würde.

Im Gegensatz dazu gibt es bei einer beschleunigten Bewegung die bekannten dynamischen Auswirkungen, wobei „Beschleunigung“ bei **Newton** noch heißt „Beschleunigung im absoluten Raum“. Hier gilt zunächst kein „Relativitätsprinzip“. Diese Aussage ist aber nicht korrekt, denn die Beschleunigung kann als kinematische Größe - als die Ableitung der **relativen(!) Geschwindigkeit** nach der Zeit - ebenfalls nur relativ (zu einem Bezugssystem) definiert sein. Aus dynamischer Sicht aber tragen die Auswirkungen einer beschleunigten Bewegung (Trägheit) absoluten Charakter. Insbesondere zeichnet sich die Rotationsbewegung (vgl. obiges Beispiel) durch ihre „dynamische Absolutheit“ aus.

Es gibt eigentlich nur zwei Möglichkeiten:

1. Es gilt uneingeschränkt ein (wie auch immer konkret formulierbares) „dynamisches Relativitätsprinzip“ für **alle** Arten von Bewegungen
2. Geschwindigkeit **und** Beschleunigung sind **dynamisch absolute** Bestimmungen.

Zu 1.

Hier gelangen wir u.a. zu den beiden „relativistischen Theorien“ **Einsteins**. Explizit werde ich im folgenden Text (noch) nicht darauf eingehen. Wichtig: Die kinematischen Größen Geschwindigkeit und Beschleunigung sind im Allgemeinen vektorielle Größen, was besagt, dass es sich dabei um „raumbezogene“ Bestimmungen handelt.

Zu 2.

Zur „absoluten Bewegung“ gehört naturgemäß das „absolute Bezugssystem“ Ohne Bezugssystem ist Bewegung kinematisch nicht definiert. Frage: Kann man ein „ausgezeichnetes Bezugssystem“ angeben, auf welches alle Bewegung bezogen werden muss? Und noch etwas: Wenn es dieses „absolute Bezugssystem“ geben **sollte**, so müsste konsequenterweise auch eine „absolute Geschwindigkeit“ erklärt sein. Und wenn dem so wäre, so dürfte nicht nur die **Änderung** dieser Geschwindigkeit dynamisch wirksam sein, sondern die **Geschwindigkeit** als solche ebenso.

Und ein weiteres Problem kommt hinzu: Was hat es mit den „raumbezogenen“ vektoriellen Größen auf sich. In der Mechanik (auch bei **Einstein**) wird für „**Bezugs**-System“ stets „**Koordinaten**-System“ gesetzt, ohne der Tatsache Rechnung zu tragen, dass ein physikalisch relevantes Koordinaten-System immer ein materielles Bezugs-System zur Voraussetzung haben muss.

Wer über all die Ungereimtheiten nicht stolpert, hat sich wahrlich keine Gedanken über diese Dinge gemacht. Doch hatte der Österreicher Ernst **Mach** vor mehr als 100 Jahren sich sehr ausgiebig über diese (und andere auch noch) Unstimmigkeiten nachgedacht.

Im folgenden Text befasse ich mich mit einigen der genannten Probleme, wobei ich eine weitgehend elementare Darstellung gewählt habe.

Ernst Mach	Vorbemerk.	Beziehungen	Raum	Ernst Mach
------------	------------	-------------	------	------------

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Machsches Prinzip - Nur Beziehungen gelten -

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

In der Mechanik wird stets von Bezugssystemen gesprochen. Gemeint aber sind - zunächst - immer Koordinatensysteme. Aber **ohne materielle Bezugs-Systeme** gibt es auch **keine physikalisch relevanten Koordinaten-Systeme**.

Vorbemerk.

Beziehungen

Raum

Ernst Mach

Inhalt

1. Vorbemerkungen
2. Nur Beziehungen gelten
3. Raum oder nicht Raum
4. Ernst Mach

Wie bekommt man eigentlich die einfache mechanischen Bewegung in den Griff? In der tradierten Physik wird so getan, als seien alle Probleme gelöst. Ich möchte aber dennoch Zweifel anmelden.

Machsches Prinzip - Nur Beziehungen gelten

Die Tachonadel bewegt sich immer weiter. Die Autobahn ist gerade frei. Tempo 150 und noch kein Ende. Es ist schon ein herrliches Gefühl. Bei 180 km pro Stunde - mehr gibt der Wagen nicht her - ist Schluss. Was Geschwindigkeit ist, kann jeder erfahren. Wir nehmen sie wahr - im Auto z.B. Es ist schon ein Unterschied, ob man mit Tempo 5 oder 50 km/h auf ein Hindernis prallt. Natürlich wissen wir, dass die Geschwindigkeit relativ ist. In einem fahrenden Eisenbahnwagen, der mit 150 km/h über die Schienen fährt, können wir gemütlich und unbehelligt auf und ab gehen, zumindest solange der Zug weder Geschwindigkeit noch Richtung ändert. Wir gehen den Gang entlang und bewegen uns als Fußgänger so, als gingen wir auf der Straße. Die Bewegung als solche ohne Bezug zur Außenwelt ist nicht zu spüren (Relativitätsprinzip). Aber wir nehmen die Veränderung wahr, schauen wir aus dem Fenster. Sowie das Geräusch des fahrenden Zuges hören wir. Und die kleinen Schwankungen der Unebenheiten des Schienenstranges vermitteln den Eindruck der Besonderheit des Zustandes der Bewegung gegenüber dem der Ruhe.

Die Geschwindigkeit ist definiert als die Länge des zurückgelegten Weges pro Zeiteinheit. Legt ein Auto eine Strecke von - angenommen - 50 km in einer halben Stunde zurück, so bewegte es sich mit einer Durchschnitts-Geschwindigkeit von 100 km/h. Die Momentan-Geschwindigkeit ist auf dem Tacho abzulesen. dass solche Angaben sinnvoll sind, bedarf keiner weiteren Erläuterung. Eine Strecke lässt sich messen und die Zeit, die man benötigt, diese Entfernung zurückzulegen ebenfalls. An diese Selbstverständlichkeiten haben wir uns gewöhnt.

Doch gibt es weitere Bewegungen. Die Erde steht im Mittelpunkt und alles andere kreist um selbige. Die Planeten, die Sonne und die Sterne. Wie auch

anders sollte man die täglichen und jahreszeitlichen Veränderungen verstehen. Denn bewegte die Erde sich und stünde nicht still, so müssten wir dies spüren.

Natürlich ist das falsch! Natürlich gehört es heute zu den Selbstverständlichkeiten, den ausgemachten Trivialitäten des Wissens geradezu, dass dem nicht so ist. dass dies möglicherweise falsch war aber formulierte bereits **Aristarchos von Samos** (310-230 v. Ch.). Diese Erkenntnis aber wurde lange Zeit ignoriert. Es galt weiterhin das Weltbild des **Aristoteles**, welches von Claudius **Ptolemäus** (ca. 90-170) seine mathematisch vollendete Gestalt erhielt. Der Domherr Nikolaus **Kopernikus** (1473-1543) beschäftigte sich mit der Fehlerbeseitigung am gültigen Kalender. Irgendwie ging es wohl auch um die Suche von Fehlern in den Arbeiten des **Ptolemäus**. Dabei vielleicht (ich habe dies nicht weiter verfolgt) stieß **Kopernikus** auf die in Vergessenheit geratene Hypothese des **Aristarchos**. Dies nun war der Beginn der „**Kopernik** anischen Wende“, die eigentlich bereits 1700 Jahre zuvor etwa die „Wende des Aristarchos“ hätte heißen können, welche aber - aus welchen Gründen auch immer - nicht stattfand.

Erst Johannes **Kepler** (1571-1630) erkannte die genaue Gestalt jener Planetenbahnen als Ellipsen, indem er die umfangreichen astronomischen Beobachtungsdaten des Tycho **Brahe** (dänischer Astronom, 1546-1601) analysierte. Darum wissen wir: Die Erde - und mit ihr alle anderen Planeten - bewegen sich auf elliptischen Bahnen um die Sonne. Diese wiederum bewegt sich - gemeinsam mit allen Fixsternen, die damit alles andere als „fix“ sind - um das Zentrum einer Sternenansammlung, die unter dem Namen Galaxis bekannt geworden ist. Dieser letztgenannte Umlauf dauert für unsere Sonne immerhin ca. 200 Millionen Jahre. Was die Anzahl der genannten Sterne betrifft, so ist diese Zahl - ganz standesgemäß - ebenfalls eine „astronomische“: 100 bis 200 Milliarden (oder so ungefähr). Dieses Sternensystem seinerseits bewegt sich...

Lassen wir es genug sein. Ob und wann ein Ende dieser Aufzählung erreicht sein könnte, ist aus Sicht unseres Erkenntnisstandes ohnehin nicht entscheidbar. (Ist dies jemals entscheidbar?) Darauf kommt es einstweilen nicht an. Wichtig beispielsweise ist die Aussage: „Die Erde bewegt sich auf einer elliptischen Bahn um die Sonne“. Stimmt dies wirklich? - Das soll nicht der Versuch der Rückkehr zu mittelalterlichen Anschauungen bedeuten. Vielmehr geht es um die Frage: Was eigentlich ist eine Bahn? Was ist Bewegung? - Genau diese letzte Frage werden wir nicht wirklich beantworten können.

Zwei Beispiele von Bewegungen lernten wir bereits kennen. Das eine betraf den Weg, den ein Pkw auf der Straße zurücklegt. Das Beispiel mit der Eisenbahn demonstriert den Begriff der Bahn recht deutlich: Nichts anderes als der Schienenstrang könnte diese Sache besser veranschaulichen. Hier bezieht man sich direkt auf die Erdoberfläche. Die Erdoberfläche ist das - **Bezugssystem**.

Auch ein Schiff legt einen bestimmten Weg zurück. Nur ist dieser so einfach nicht zu ermitteln, wie ein Weg auf der Erdoberfläche. Sich drehende Räder, mit einer geeichten Vorrichtung verbunden, welche den zurückgelegten Weg aus der Anzahl der Umdrehungen dieser Räder bestimmt, sind im Wasser nicht anwendbar. Letztlich läuft es auf eine zweidimensionale Ortsbestimmung - geographische Länge und Breite - hinaus. Die Methoden dieser Positionsbestimmung bedienen sich astronomischer Methoden. Ohne auf Einzelheiten dieser Art der Navigation eingehen zu wollen, müssen wir zumindest das Wesentliche dieses Verfahrens erkennen. Aus Uhrzeit und der relativen Lage (Winkel) eines bestimmten Sternes in bezug zur Erd - (oder Wasser-) Oberfläche lässt sich der Standort des Schiffes ermitteln. Dieser indirekte Weg ist erforderlich, da sich ein Schiff auf einer Fläche bewegt, die - im Gegensatz zu festen Erd-Oberfläche - alles andere ist als starr und fest. Zwei Tatsachen dabei spielen eine wesentliche Rolle: Erstens dreht sich die Erde innerhalb von 24 Stunden um ihre Achse (darum die Zeitangabe) und zweitens bewegen sich die Sterne (darum die relative Positionsangabe als Winkel in bezug zur Erdoberfläche) nicht. Fast nicht.

Jedenfalls nicht in den von uns unmittelbar beobachtbaren Zeiträumen. Wieder wird ein starres - bzw. annähernd starres - Bezugssystem herangezogen, um eine Ortsbestimmung durchführen zu können. (Die jahreszeitlichen Veränderungen ignorieren wir der Einfachheit halber.)

Bewegen wir uns mit dem Flugzeug in der Luft, so kommt lediglich eine dritte Dimension- die Höhe über der Erdoberfläche - hinzu. Auch hier ändert sich grundsätzlich nichts an der Tatsache, starre Bezugskörper - die Erde und/oder den (annähernd) starren Fixsternhimmel - für die Positionsbestimmung, und damit auch für die Bewegung heranziehen zu müssen. Welchen Bezugskörper auch immer wir wählen, er muss eine feste (starre) Bezugsbasis bilden.

Nachtrag 2018: Auch die sich mittlerweile einer gewissen Beliebtheit erfreuenden Navigationssysteme ändern an der grundlegenden Problematik überhaupt nichts. Die Lage der maßgeblichen Satelliten in Bezug zur Erdoberfläche lässt sich zu jedem Zeitpunkt berechnen. Wichtiges Bezugssystem hierbei ist die Erde selbst. Die weiteren Bahnparameter der Satelliten sind astronomische Parameter der bekannten Art. Nichts Neues also. Neu lediglich sind die technischen Möglichkeiten der Auswertung der von den Satelliten gesendeten Funksignale auf der Empfängerseite. Der technische Aufwand einschließlich der Berechnung der Daten ist schon beachtlich. Die Mikroelektronik macht es möglich, die Position des Empfängers relativ

Da aber die mathematische Behandlung der einzelnen konkreten Verhältnisse recht unübersichtlich ist, haben sich die Mathematiker schon seit langem etwas einfallen lassen. Der Zweig der Mathematik, der sich in allgemeiner Form mit der Problematik der Ortsbestimmung befasst, heißt analytische Geometrie und ist mit dem Namen René **Descartes** (1596-1650) verbunden. Die heute bekannte Gestalt erhielt die analytische Geometrie durch den Schweizer Mathematiker Leonhard **Euler** (1707-1783). Und hier taucht der - für die etablierte Physik absolut „lebensnotwendige“ - Begriff des Koordinatensystems auf. Wenn wir im folgenden diesen Begriff benutzen, so sollen damit rechtwinklige oder kartesische Koordinaten angesprochen sein. Die Lage eines Punktes in einem solchen System wird durch Angabe dreier Koordinaten eindeutig bestimmt. Die Astronomie bedient sich aus praktischen und traditionellen Gründen anderer Koordinatensysteme, die aber letztendlich mathematisch den kartesischen äquivalent sind, zumal sich die verschiedenen Darstellungsformen mit Hilfe bestimmter Umrechnungsvorschriften, (Koordinaten-)Transformationen genannt, ineinander überführen lassen.

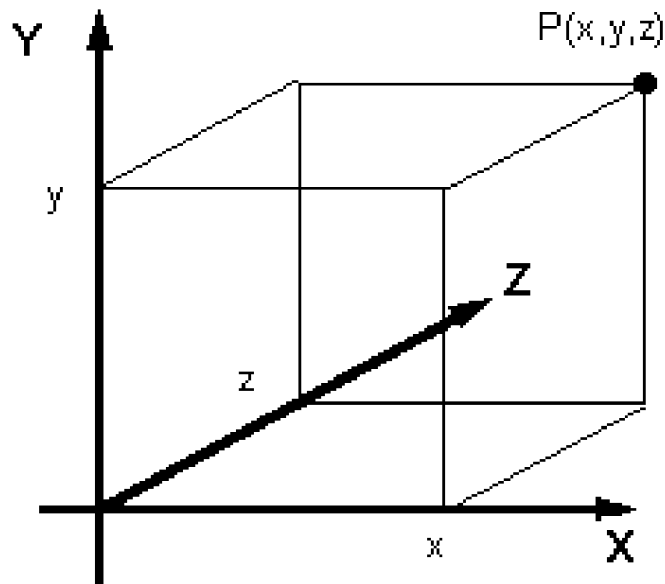


Abbildung 1

In wird diese Vorgehensweise prinzipiell aufgezeigt. Die Koordinatenachsen sind senkrecht aufeinander stehende Geraden und werden mit **X**, **Y** und **Z** bezeichnet. Die Lage des Punktes **P** sei durch die Koordinaten x , y und z fixiert. Eine Bewegung dieses Punktes nun bedeutet die „Veränderung dieser Werte in der Zeit“. Das quantitative Maß dieser Bewegung heißt Geschwindigkeit. Diese Größe kennen wir schon. Sie lässt sich im Auto unmittelbar als Momentan-Geschwindigkeit auf dem Tacho ablesen. Die Beziehungen im Rahmen unseres Koordinaten-Systems stellen die verallgemeinerte Form der möglichen Bewegungen innerhalb aller drei räumlichen Dimensionen dar. Dabei repräsentiert unser Koordinatensystem den dreidimensionalen Raum, der - laut **Newton** - absolut und unbeweglich ist.

Verlassen wir die Erde bzw. den erdnahen Raum und bewegen uns in einem Raumschiff in eben jenem „Raum“, so wäre es durchaus interessant zu wissen, wie hoch unsere Geschwindigkeit sei. Wie also müsste ein „Raumschiff-tacho“ beschaffen sein, um einen solchen Wert zu ermitteln? - Zur Beantwortung dieser Frage verfolgen wir die Reise zurück bis zum Start des Raumschiffes. Um dem Einfluss der Erde zu entkommen, bedarf es einer bestimmten Fluchtgeschwindigkeit. Bei der Erde beträgt sie 11,2 km/s. Auf diese Geschwindigkeit also muss eine Rakete beschleunigt werden, um den Schwerkörper der Erde verlassen zu können. Gemeint mit dieser Geschwindigkeit ist - hier völlig eindeutig - jene „Quantität der Bewegung“, mit der sich das Raumschiff von der Erde entfernen muss. Der Abstand Erde/Raumschiff vergrößert sich pro Sekunde um 11,2 Kilometer. Da wir aber das Sonnensystem möglichst schnell verlassen wollen, lassen wir die Triebwerke so lange arbeiten, bis wir eine Geschwindigkeit von - sagen wir - 100 km/s erreicht haben. Diese

Geschwindigkeit ermitteln wir durch den Empfang speziell zu diesem Zweck von der Erde ausgesandter Radiosignale, deren Frequenz wir messen. Anhand der Frequenzänderung im Vergleich zur bekannten ausgestrahlten Frequenz des irdischen Senders infolge des Doppler-Effektes lässt sich die Geschwindigkeit - im Rahmen unseres Gedankenexperimentes - leicht ermitteln. Der „Tacho“ in diesem Fall wäre ein spezieller Radioempfänger, dessen technische Einzelheiten für uns ohne jegliche Bedeutung sind. (Dies funktioniert anber nur in Bezug auf die Radialbewegung.)

Nachdem die Triebwerke abgeschaltet wurden, befinden wir uns im Zustand der Schwerelosigkeit. Monate sind vergangen, und wir haben uns einige Hundert Millionen Kilometer von der Erde entfernt. Die Geschwindigkeit beträgt nicht mehr 100 km/s. Dies liegt daran, dass wir den Einflussbereich weiterer Planeten kreuzten sowie dem ebenfalls gravitativen Einfluss der Sonne entkommen mussten. Von allem spüren wir nichts, da die aufgeprägten Kräfte (Gravitation) immer den Reaktions-Kräften (Trägheit) entgegengesetzt gleich sind. Nur die Beobachtung der Außenwelt (In Form der Auswertung der Radiosignale) liefert die Tatsache, uns überhaupt zu bewegen, obschon ausgesprochen langsam. Nach Jahren haben wir auch unser Sonnensystem verlassen. Der Funkkontakt zur Erde wird immer problematischer, da die Laufzeit der Funksignale kaum noch wirkliche Verständigung zulässt. Auch unser „Funktacho“ zeigt einen bestimmten Wert an, der noch anzeigt, wie schnell sich die Entfernung von der Erde vergrößert. Wir sind schon so weit in „den Raum“ vorgedrungen, dass unsere Sonne ein Stern nur ist unter vielen anderen auch. Bald ist die Funkverbindung gänzlich abgebrochen. Auch unser Geschwindigkeitsmesser quittiert seinen Dienst. Bewegen wir uns noch? - Natürlich wissen wir das. Aber wie schnell sind wir eigentlich? - Auch diese Frage lässt sich beantworten. Dazu nutzen wir den bereits erwähnten Dopplereffekt. Jetzt allerdings nicht mehr mit Hilfe der von der Erde ausgesandten Funksignale, sondern durch die Veränderung der Wellenlängen des von den Sternen ausgestrahlten Lichtes. Wir peilen unsere Sonne an und bestimmen die relative Änderung der Wellenlänge (Verschiebung der Lage der Spektrallinien im Vergleich zu einem Referenz-Spektrum.) bestimmter Spektrallinien, welche ein Maß ist für die Relativgeschwindigkeit von Sender und Empfänger. Jetzt wissen wir, wie schnell wir uns von der Sonne entfernen - oder die Sonne sich von uns... Nur: es gibt etwa 200 Milliarden weiterer „Sonnen“ und somit eine gleiche Anzahl von Relativgeschwindigkeiten. Wir aber wollten wissen, wie schnell wir uns „durch den Raum“ bewegen.

Und dann gibt es noch Milliarden weiterer Galaxien...

Erinnern wir uns: Das „durch den Raum bewegen“, hieß im Falle des Autos „die Straße entlang fahren“. Die „Straße“ in der jetzigen Situation ist die Flugbahn unseres Raumschiffes im Raum. Und dieser Raum nun kann durch ein Koordinatensystem bereits aufgezeigter Art dargestellt werden. Um ein solches Koordinatensystem konstruieren zu können, jedoch bedarf es (mindestens) dreier fester Bezugspunkte. Wir aber haben 200 Milliarden solcher - leider nicht wirklich starrer - „Punkte“ zur Auswahl. Als ersten Punkt wählen wir - als heimatbewusste Astronauten - unsere Sonne. Sie soll den Mittelpunkt des Koordinatensystems bilden. Zwei weitere bekannte Sterne fixieren die Lage dieses Systems. Von diesen Sternen müssen die Entfernungen untereinander und zur Sonne bekannt sein. Dank des „computergestützten Fahrtenschreibers“ ist auch unsere Entfernung zu Sonne bekannt. Jetzt lässt sich mit Hilfe von Winkelmessungen und elementaren mathematischen Beziehungen die Lage im Raum - sprich, im gerade definierten Koordinatensystem - bestimmen. (Diese Angelegenheit aber hat noch einen Haken, auf den wir später zu sprechen kommen.) Die rechnerische Routinearbeit nimmt uns ohnehin der Computer ab. Das Ergebnis dieser Bemühungen ist es, jederzeit über unsere Lage und der Bewegung „im Raum“ unterrichtet zu sein. Das Resultat wäre eine Bahnkurve, die sich sogar auf dem Computermonitor auf sehr anschauliche Weise graphisch darstellen lässt. Diese „Kurve“ nun ist - eine Gerade. Selbstverständlich eine solche, weil wir „hinreichend weit von gravitierenden Massen“ uns befinden. Da die Triebwerke nicht arbeiten, wirkt auf das Raumschiff keine Kraft, das sich somit - seiner Trägheit folgend - geradlinig und gleichförmig bewegt (Trägheitsprinzip). Das Raumschiff bewegt sich in einem Bezugssystem, welches Inertial-System heißt. Jeder Physiker wird an dieser Stelle aber lautstark Einspruch erheben, denn:

1. **Ein Inertialsystem ist ein Bezugssystem - durch ein Koordinaten-System repräsentiert -, in welchem das Trägheitsgesetz gilt.**
2. **Das Trägheitsgesetz nun besagt, dass in einem Inertialsystem ein kräftefreier Körper sich geradlinig und gleichförmig bewegt.**

Und hier haben wir ihn, den „logischen Salat“. Diese Formulierung ist nicht die willkürliche Erfindung des Autors, sondern drückt eindeutig die Haltung der klassischen Mechanik aus. Um diesem logischen Zirkel zu umgehen, wurden ja für die Bestimmung des Koordinatensystems, in dem sich unser Raumschiff bewegt, drei Fixsterne herangezogen. Das Problem nur war, die Sterne sind so „fix“, wie es den Anschein hat, in Wahrheit **nicht**. Sie sind alles andere als

feststehend. Wir erinnern uns, die Sonne bewegt sich in etwa 200 Millionen Jahren einmal um das Zentrum des Milchstraßensystems (Interessante Frage: woran wird diese Bewegung gemessen? Dies können nur extragalaktische Objekte sein.). Dies ist schon, innerhalb unserer Erfahrungswelt, eine recht beachtliche Zeitspanne. Damit scheint der Fehler, nehmen wir an, die Sterne bewegen sich nicht, zunächst vernachlässigbar gering.

Andere Bewegungsformen zum Beispiel sind die Planetenbahnen unseres Sonnensystems. Aus der schon riesigen Entfernung zu diesem System lässt sich alles recht gut in dem Bordteleskop beobachten, bringt man nur die nötige Geduld auf. Immerhin 88 Tage dauert die Umrundung Merkurs. 365 Tage benötigt unser Heimatplanet für die Umrundung der Sonne. Die Bahnen sind Ellipsen. Auch dies lässt sich mit dem Teleskop beobachten und mit Hilfe des Computers trefflich simulieren. Was aber soll das alles? - Es ging doch darum, den Begriff der Bewegung im Raum zu erläutern. Lassen wir dies zusammenfassend formulieren:

Der physikalische Raum lässt sich mathematisch mit Hilfe eines dreidimensionalen Koordinatensystems beschreiben.

Zur Konstruktion eines solchen Koordinatensystems bedarf es starrer Bezugskörper. Mögliche Bezugskörper sind die Erde, die Sonne und/oder die Fixsterne als „annähernd starre“ Körper. Die Fixsterne (bzw. der „Fixsternhimmel“) können nur näherungsweise als Bezugskörper dienen. Dies gilt innerhalb der Zeiträume, in denen die Eigenbewegung der Sterne vernachlässigbar ist. Für die uns zugänglichen Zeitspannen und die meisten Sterne gilt dies uneingeschränkt. Bei der Beurteilung der Planetenbewegungen ist die Wahl eines Koordinatensystems sinnvoll, in welchem die Sonne den Mittelpunkt bildet. In diesem System bewegen sich die Planeten auf elliptischen Bahnen um die Sonne.

Eigentlich müsste der Massemittelpunkt des gesamten Sonnen-Systems genommen werden, was uns jedoch nicht interessieren soll. dass die Planetenbahnen keine wirklich exakten - geschlossenen - Ellipsen sind, ist in diesem Zusammenhang ebenfalls ein unwesentliches Detail.

Für einen im interstellaren Raum befindlichen Körper unterliegt die Wahl der Bezugskörper keinen sinnvoll begründbaren Restriktionen. D.h., die Wahl der notwendigen drei Bezugspunkte ist willkürlich und wird durch keinerlei Zwang eingeschränkt. Es gibt - allein in unserer Galaxis - etwa 200 Milliarden potentieller Bezugspunkte. Damit haben wir ca. 10^{33} Möglichkeiten, ein Koordinatensystem zu konstruieren, da nur drei solcher Punkte benötigt werden. All diese Systeme sind in Beziehung zur Bewegung unseres Raumschiffes gleichwertig. Welche Auswahlkriterien innerhalb der klassischen Mechanik möglich sind, wird uns noch beschäftigen. Bereits gefallenes Stichwort: **Inertialsystem**.

Drei Bezugspunkte reichen, wollen wir korrekt sein, nicht aus, um ein Koordinatensystem eindeutig zu bestimmen, da es dann noch sechs frei wählbare Parameter gibt, die zur eindeutigen Fixierung dienen müssen. Für die jetzigen grundlegenden Überlegungen spielen diese Dinge eine nur untergeordnete Rolle, sodass wir uns mit diesen „Feinheiten“ nicht befassen müssen, zumal es sich um dynamisch irrelevante Fakten handelt, da die willkürliche Festlegung der sechs Parameter keinen Einfluss auf das Geschehen hat.

Es erscheint dies alles ziemlich umständlich und überflüssig. Welche Bedeutung aber hat die Beschäftigung mit diesen hier dargelegten Zusammenhängen innerhalb der Physik wirklich? - Physik - und hier sei zunächst von der Mechanik die Rede - beschäftigt sich mit der Bewegung. „Bewegung“ aber heißt immer „Bewegung in bezug auf“. „Absolute Bewegung im Raum“ gibt es nicht. In der **Newtonschen** Mechanik ist dieser „Bezugskörper“ - geht es um beschleunigte Bewegungen - der (hier noch absolute) Raum. Doch kann man in der Mechanik mit „dem Raum“ als Abstraktum nicht allzuviel anfangen. Dieser Raum muss mathematisch quantitativ konkret fassbar sein. In diesem Zusammenhang lernten wir das Koordinatensystem kennen. Die Einteilung der Erdoberfläche in geographische Längen und Breiten beispielsweise ist eine spezielle Form eines zweidimensionalen Koordinatensystems mit krummlinigen Koordinaten.

Der nächste Abschnitt wird sich mit einigen weiteren Gesichtspunkten des wichtigen „Raumproblems“ befassen. Dabei wird festzustellen sein, dass zwei mögliche Auffassungen einander diametral gegenüberstehen. Die erste davon - die allgemein anerkannte, mit der wir uns gerade zum Teil auseinandersetzen - spielt eine der wichtigsten Rollen in der Physik überhaupt. (Erkenntnistheoretische Aspekte dieser Problematik beschäftigten uns bereits im Abschnitt **Der Pygmalion-Effekt**.)

[Home] [Seitenanfang]

Machsches Prinzip - Raum oder nicht Raum... -

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Ein weiterer Aspekt der Raumproblematik beinhaltet die Problematik des Bezugssystems für die mechanische Bewegung (Kinematik). In der klassischen Mechanik war noch vom "absoluten Raum" die Rede. Unabhängig davon gilt in der tradierten (auch "modernen") Physik der Raum als eigenständige (wenngleich nicht unabhängige) Realität.

[Vorbemerk.](#)

[Beziehungen](#)

[Raum](#)

[Ernst Mach](#)

Inhalt

1. [Vorbemerkungen](#)
2. [Nur Beziehungen gelten](#)
3. [Raum oder nicht Raum](#)
4. [Ernst Mach](#)

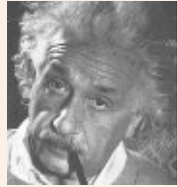
In der klassischen Mechanik kommt dem Raum (vgl. **Der Pygmalion-Effekt**) eigenständige "Materialität" zu. Dies ist bereits in den Newtonschen Axiomen verankert. Und die alltägliche Erfahrung scheint dies durchaus zu bestätigen. Die dynamische Wirksamkeit (Trägheit) des Raumes steht außer Zweifel.

Machsches Prinzip - Raum oder nicht Raum

..., das ist hier die Frage. Schon Generationen von Physikern und Philosophen war dieses Problem des Nachdenkens wert. Die Planetenbahnen (s.o.) sind „Bahnen im Raum“. Dieser Raum wurde greifbar mit Hilfe bestimmter mathematischer Modelle (Koordinatensysteme). Wichtig dabei ist, das bereits genannte Trägheitsprinzip nahm Bezug auf diesen Raum. Wenngleich an dieser Stelle möglichst keine Mathematik betrieben werden soll, so lässt sich dies nicht gänzlich vermeiden. Was eine Zahl ist, darüber brauchen wir uns nicht zu verständigen. Die Geschwindigkeit lässt sich als eine solche Zahl ausdrücken. Gemeint ist jener Wert, der von einem Pkw-Tacho direkt abzulesen ist. Eine physikalische Größe besteht außer aus einem Zahlenwert noch aus einer Maßeinheit. Der Tacho beispielsweise zeigt an: 100 km/h. Dies aber stellt nur einen speziellen Sonderfall dar. Denn die Geschwindigkeit auch ist eine gerichtete Größe. Es genügt nicht, mit Tempo 200 die Autobahn entlang zu rasen (so man kann und darf), um in einer bestimmten Zeit an ein bestimmtes Ziel zu gelangen. In die richtige Richtung muss es schon gehen. Solche gerichtete Größen heißen Vektoren. In der Physik sind der Ort, die Geschwindigkeit, die Beschleunigung und die Kraft solche vektorielle Größen. Von der Geschwindigkeit wissen wir, dass diese nicht „absolut“ ist, sondern nur in Beziehung auf einen Gegenstand - im allgemeinsten Fall sind damit mindestens drei „starre Punkte“ gemeint - eine sinnvolle Angabe bietet. Die Änderung der Geschwindigkeit - die Beschleunigung - hingegen erweist sich als absolut. Die „absolute Beschleunigung“ ist an den „absoluten Raum“ geknüpft. Die konkreten Objekte zur Festlegung des konkreten Koordinatensystems als Repräsentanten des konkreten Raumes spielen eigentümlicherweise jetzt keine Rolle mehr. (Bei unbefangener Betrachtung mutet diese Uneinheitlichkeit schon recht merkwürdig an.)

Konkret auf unser Raumschiff bezogen heißt dies, dass **jede Änderung** der Geschwindigkeit - des Betrages und/oder der Richtung - eine derartige Beschleunigung ist. Ein solcher Effekt ist mit dem Betreiben der Triebwerke zu erzielen. Jedes Manöver mit Hilfe der Triebwerke - das „Aufwenden einer Kraft“ - wird durch das Auftreten von Trägheitskräften im Raumschiff quittiert. Zeichnet sich der vorherige „kräftefreie Zustand“ als Bewegungszustand durch die Eigenschaft aus, überhaupt nicht ohne Beziehung zur Außenwelt nachweisbar zu sein, so bemerken die Insassen des Raumschiffes jede **Änderung** des Bewegungszustandes ohne sich auf äußere Objekte beziehen zu müssen. Dieser Umstand ist - so scheint es deutbar - auf die Absolutheit des Raumes zurückzuführen. Oder umgekehrt: der absolute Charakter der Beschleunigung legt die Absolutheit des Raumes nahe. Dies auch war der Stand der Dinge zu

Albert Einstein

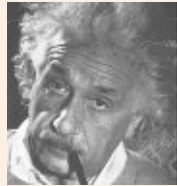


Für die Newtonsche Physik ist es charakteristisch, dass sie dem Raume und der Zeit neben der Materie unabhängige reale Existenz zuschreiben muss. Denn im Newtonschen Bewegungsgesetz tritt der Begriff der Beschleunigung auf. Beschleunigung kann aber in dieser Theorie nur bedeuten „Beschleunigung gegenüber dem Raume“. Der Newtonsche Raum muss also als „ruhend“, oder mindestens als „unbeschleunigt“ gedacht werden, dass man diese

Beschleunigung, die im Bewegungsgesetz auftritt, als eine sinnvolle Größe betrachten kann... Es ist schon eine harte Zumutung, dass man dem Raum überhaupt physikalische Realität zuschreiben soll, insbesondere dem leeren Raume. Die Philosophen haben seit den ältesten Zeiten immer wieder gegen eine solche Zumutung sich gesträubt. Descartes argumentierte etwa so: Raum ist wesensgleich mit Ausdehnung. Ausdehnung aber ist an Körper gebunden. Also kein Raum ohne Körper, d. h. kein leerer Raum. Die Schwäche dieser Schlussweise liegt in erster Linie darin: Es ist zwar richtig, dass der Begriff der Ausdehnung seine Entstehung Erfahrungen verdankt, die wir an der Lagerung (Berührung) von festen Körpern gemacht haben. Daraus kann man aber nicht folgern, dass der Begriff der Ausdehnung nicht berechtigt sei in Fällen, die nicht zur Bildung dieses Begriffes Anlass gegeben hätten. Solche Erweiterung von Begriffen kann auch indirekt durch ihren Wert für das Begreifen von empirischen Befunden gerechtfertigt werden. Die Behauptung, Ausdehnung sei an Körper gebunden, ist daher zwar an sich unbegründet. Wir werden aber später sehen, dass die allgemeine Relativitätstheorie Descartes' Auffassung auf einem Umweg bestätigt. Was Descartes zu seiner merkwürdig anmutenden Auffassung gebracht hat, war wohl das Gefühl, dass man einem nicht „direkt erfahrbaren“ Dinge wie dem Raume ohne dringende Notwendigkeit keine Realität zuschreiben dürfe. Der psychologische Ursprung des Raumbegriffes, bzw. dessen Notwendigkeit, ist gar nicht so offenbar, wie es auf Grund unserer Denkgewohnheiten erscheinen mag. Die alten Geometer handeln von gedanklichen Objekten (Gerade, Punkt, Fläche) aber nicht eigentlich vom Raum als solchem, wie es die analytische Geometrie später getan hat. Der Begriff Raum wird aber nahegelegt durch gewisse primitive Erfahrungen. Man habe eine Schachtel hergestellt. Man kann Objekte in gewisser Anordnung darin unterbringen, so dass die Schachtel voll wird. Die Möglichkeit einer solchen Anordnung ist eine Eigenschaft des körperlichen Objektes Schachtel, etwas, was mit der Schachtel gegeben ist, der von der Schachtel „umschlossene Raum“. Dies ist etwas, was für verschiedene Schachteln verschieden ist, etwas, was ganz natürlich als unabhängig davon gedacht wird, ob jeweiligen überhaupt Objekte in der Schachtel sind oder nicht. Wenn keine Objekte in der Schachtel liegen, so erscheint ihr Raum „leer“. Bisher ist unser Raumbegriff an die Schachtel gebunden. Es erweist sich aber, dass die den Schachtelraum konstituierenden Lagerungsmöglichkeiten davon unabhängig sind, wie dick die Schachtelwände sind. Kann man also die Dicke nicht auf Null herabsinken lassen, ohne dass dabei der „Raum“ verlorenght?

Fiktion - die Dicke dieser Wände Null werden lassen, so hieße dies, konkret auf unsere Umwelt bezogen, alle Massen des Weltraumes müssten verschwinden (und wir selbst mit ihnen). Nun zeigt aber die allgemeine Relativitätstheorie, dass mit dem „Verschwinden der Massen“ auch jener Raum nicht mehr vorhanden wäre:

Albert Einstein



Die Behauptung, Ausdehnung sei an Körper gebunden, ist daher zwar an sich unbegründet. Wir werden aber später sehen, dass die allgemeine Relativitätstheorie Descartes' Auffassung auf einem Umweg bestätigt. Was Descartes zu seiner merkwürdig anmutenden Auffassung gebracht hat, war wohl das Gefühl, dass man einem nicht „direkt erfahrbaren“ Dinge wie dem Raume ohne dringende Notwendigkeit keine Realität zuschreiben dürfe.

Einstein, Auszug aus dem gerade angeführten Zitat. - Und an anderer Stelle lesen wir (A.a. O., S. 125)

Man habe z.B. ein reines Gravitationsfeld ... beschrieben durch Lösung der Gravitationsgleichungen. Wenn man das Gravitationsfeld,... weggenommen denkt, so bleibt nicht etwa ein Raum ..., sondern überhaupt nichts übrig, auch kein „topologischer Raum“.

Also doch kein Raum ohne Materie. Die Allgemeine Relativitätstheorie bringt diese Aussage als deren Resultat oder nähert sich ihr dahingehend, dass die Eigenschaften des Raumes von den Massen abhängen. Wiederholen wir:

1. Der Raum ist mathematisch als Koordinatensystem darstellbar (es gibt viele Möglichkeiten der Festlegung von Koordinatensystemen).
2. Um ein Koordinatensystem aber festlegen zu können, bedarf es materieller Bezugspunkte („Massen“). Darum auch wird vom Raum (vgl. obiges Zitat) als von einem nicht „direkt erfahrbaren Ding“ gesprochen. Der Raum (sprich, Koordinatensystem) kann nur indirekt bestimmt werden - über jene materiellen Bezugskörper nämlich, welche wir im vorigen Kapitel besprochen.
3. Die Allgemeine Relativitätstheorie nähert sich im Ergebnis der Aussage: „ohne Massen kein Raum“. Der Raum - die Geometrie dieses Raumes - wird unter den gegebenen Umständen (dazu später) eindeutig durch die Massen bestimmt. Die Gravitation ist Ausdruck der „Krümmung des Raumes“, welche durch die Massen festgelegt ist.

Jetzt soll dazu eine - vom Grundgedanken her - alternative Auffassung formuliert werden, die aber - betrachtet man die bisherigen Überlegungen im Zusammenhang -, eigentlich recht naheliegend scheint. In diesem Zusammenhang wurde schon mehrfach der Name Ernst **Mach** genannt. Auf weitere Seiten **Mach** schen Gedankengutes möchte ich nachfolgend eingehen.

[Home] [Seitenanfang]

Machsches Prinzip - Ernst Mach -

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Ernst Mach wird m. E. gern missverstanden. Freilich hat er u.a. auch Missverständliches geäußert. Das ist nicht mein Thema, auch nicht eine umfassende Würdigung seiner Arbeit. (Vielleicht komme ich auf weitere Aspekte noch einmal zurück.)

Vorbemerk.
Beziehungen
Raum
Ernst Mach

Inhalt

1. Vorbemerkungen
2. Nur Beziehungen gelten
3. Raum oder nicht Raum
4. Ernst Mach

Ernst **Mach** ist, meiner subjektiven Wertung nach, der bedeutendste Physiker-Philosoph des 19. Jh., wenn nicht gar überhaupt. Kritik an bestimmten seiner Einschätzungen soll nicht darüber hinwegtäuschen, dass wir hier einen der tiefgründigsten Denker der Vergangenheit vorfinden.

Machsches Prinzip - Ernst Mach

Der österreichische Physiker und Philosoph Ernst **Mach** befasste sich im vergangenen Jahrhundert neben anderem auch mit der kritischen Analyse der Grundlagen der Mechanik. Eines seiner wichtigsten Werke ist die „Die Mechanik in ihrer Entwicklung“ (erste Auflage 1883), welches eine Untersuchung des damaligen Kenntnisstandes beinhaltete. **Mach** selbst ist dem breiten Publikum heute vielleicht weniger bekannt. Möglicherweise verbindet der eine oder andere mit diesem Namen die sogenannte Machzahl, die in der Flugzeugtechnik Bedeutung erlangte. Erreicht ein Flugzeug die Schallgeschwindigkeit, so hat es „Mach 1“ erreicht. „Mach 2“ bedeutet doppelte Schallgeschwindigkeit. **Mach** gilt hauptsächlich als heuristischer Wegbereiter der Allgemeinen Relativitätstheorie; und **Einstein** selbst bezeichnete sich in diesem Zusammenhang als „Schüler“ **Machs**. Auch auf philosophischem Gebiet hatte **Mach** einiges geleistet und gilt als Mitbegründer oder zumindest als einflussreichster Vertreter des Empiriokritizismus, welcher von Richard **Avenarius** (1843-1896) gegen 1890 entwickelt wurde. Erwähnenswert vielleicht ist die Tatsache, dass einer der schärfsten Gegner **Machs** ein Russe war namens Wladimir Iljitsch **Uljanow** (1870-1924), der in seinem philosophischen Hauptwerk „Materialismus und Empiriokritizismus“ unter anderem heftig gegen den „Machismus“ polemisierte. **Uljanow** dürfte unter dem Pseudonym **Lenin** wohl bekannter sein. (Aber dies nur am Rande.)

Ernst Mach: Der Empiriokritizismus



Ernst Mach: „Die Empfindungen sind ... keine ‚Symbole (d. h. Abbilder) der Dinge‘. Vielmehr ist das ‚Ding‘ ein Gedankensymbol für einen Empfindungskomplex von relativer Stabilität. Nicht die Dinge (Körper), sondern die Farben, Töne, Drücke, Räume, Zeiten (was wir gewöhnlich Empfindungen nennen) sind eigentliche Elemente der Welt”

Eine solche Aussage ist kaum unwidersprochen hinzunehmen. Doch soll uns das an dieser Stelle nicht interessieren. Es geht ja vordergründig um andere Dinge.

Die philosophischen Ansichten **Machs** und seine sonstigen Leistungen auf dem Gebiet der Physik sind nicht Gegenstand unserer augenblicklichen Betrachtungen, sondern konkrete Hinweise die Physik - respektive Mechanik - betreffend. Zu diesem Zweck soll **Mach** - in dem uns jetzt interessierenden Zusammenhang - zu Wort kommen (E. **Mach**, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, Leipzig 1933, Nachdruck: Darmstadt 1991, S. 227 f.):

Ernst Mach: Das Machsche Prinzip



Statt nun einen bewegten Körper auf den Raum (auf ein Koordinatensystem) zu beziehen, wollen wir direkt sein Verhalten zu den Körpern des Weltraumes betrachten, durch welches jenes Koordinatensystem allein bestimmt werden kann. Voneinander sehr entfernte Körper, welche in bezug auf andere ferne festliegende Körper sich mit konstanter Richtung und Geschwindigkeit bewegen, ändern ihre gegenseitige Entfernung der Zeit proportional... Die eben angestellten Betrachtungen zeigen, dass wir nicht nötig haben, das Trägheitsgesetz auf einen besonderen absoluten Raum zu beziehen. Vielmehr erkennen wir, dass sowohl jene Massen, welche nach der gewöhnlichen Ausdrucksweise Kräfte aufeinander ausüben, als auch jene, welche keine ausüben, zueinander in gleichartigen Beschleunigungsbeziehungen stehen, und zwar kann man alle Massen als untereinander in Beziehung bestehend betrachten... Wenngleich auch ich erwarte, dass astronomische Beobachtungen zunächst nur sehr unscheinbare Korrekturen notwendig machen werden, so halte ich es doch für möglich, dass der Trägheitssatz in seiner einfachen Newtonschen Form für uns Menschen nur örtliche und zeitliche Bedeutung hat.

In diesen Überlegungen sind einige Probleme verborgen, auf die ich an dieser Stelle noch nicht eingehen werde. Doch wollen wir in einem Gedankenexperiment das Grundanliegen jener Hinweise veranschaulichen. An anderer Stelle begleiteten wir einige Astronauten auf ihre Reise in den Kosmos. Dabei stellten wir fest, dass die „Reisegeschwindigkeit“ - als relative Größe - nicht mit den im Raumschiff zur Verfügung stehenden Mitteln ohne Bezug zur Außenwelt (Relativität der Bewegung) bestimmbar ist. Die Änderung jenes Bewegungszustandes war durch das Auftreten von Trägheitskräften gekennzeichnet. Dadurch ist dieser Zustand, ohne „aus dem Fenster zu schauen“ beobachtbar. Die „Ursache“ für die Trägheitskräfte war damit die Beschleunigung des Raumschiffes relativ zum Raum. Dies ist die klassische Darstellung. Denken wir uns ein „übernatürliches jenseitiges Wesen“, welches alles aus der Welt entfernte. Alle Sterne und Galaxien sowie die Galaxienhaufen usw. würden „aus der Welt

verschwinden“. Was geschähe jetzt? - Angenommen, das Raumschiff bewegte sich noch antriebslos „im Raum“, und als nächstes würde der Kommandant die Triebwerke zünden, so müsste etwas passieren. - Vielleicht aber auch nicht.

Selbst als **Gedanken**-Experiment scheint eine solche Fiktion nicht unproblematisch. dass wir uns aber auch mit dermaßen problembehafteten Annahmen wirklich auseinandersetzen können, ohne Gefahr zu laufen, ins märchenhafte abzugleiten, werde ich in einem späteren Text behandeln, wenn es um „Simulationen“ geht.

Entspräche die klassische Raumauffassung der Realität, so würden nach wie vor jene Trägheitskräfte auftreten, da mit dem Arbeiten der Triebwerke der Bewegungszustand des Raumschiffes verändert würde - relativ zum Raum. Wir befänden uns in der paradoxen Situation, zwar keine Geschwindigkeit feststellen zu können (es gäbe ja keine Bezugskörper mehr), jedoch die Beschleunigung - die **Änderung** der „nicht mehr vorhandenen Geschwindigkeit“ - wäre immer noch anhand der Trägheitskräfte nachweisbar. Dieser Widerspruch pflanzt sich durch die gesamte Physik fort und konnte bis heute nicht wirklich gelöst werden. Nun ist es aber unter anderem ein Ergebnis der Allgemeinen Relativitätstheorie - vgl. letzten Textabschnitt -, den Raum nur in Verbindung mit den Massen sehen zu dürfen („Ohne Materie kein Raum“). Warum aber sollen wir eine solche Aussage nicht **postulieren**?! Der Raum wurde als Koordinatensystem mathematisch modelliert. Frage: wie ließe sich jetzt ein solches mathematisches Hilfsmittel konkret konstruieren, gäbe es keine Bezugskörper mehr? Die zweite Möglichkeit, unser Gedankenexperiment zu Ende zu spinnen, bestünde darin, mit dem Verschwinden der (in diesem Fall kosmischen) Materie die Existenz der Bewegung, und damit natürlich auch die der Bewegungs-Änderung, gänzlich zu negieren. Das Einschalten der Raketentriebwerke wäre in diesem Falle überhaupt nicht - weder kinematisch (mit Blick aus dem Fenster, es gäbe ja nichts mehr zu sehen) noch dynamisch (Trägheitskräfte) - feststellbar!

Abermals: Wir könnten darüber streiten, ob die von uns zur Veranschaulichung herangezogenen sehr weit hergeholten Fiktionen prinzipiell zulässig sind, oder ob derartige Gedankenexperimente grundsätzlich über den Rahmen des Erlaubten hinausgehen. Diese Frage werde ich nochmals aufgreifen und dabei recht interessante Konsequenzen entdecken.

Lösen wir uns also von vornherein vom Raum als selbständige Gegebenheit - die Anerkennung des Raumes als Realität, welche Modifikationen er auch erfuhr, ist nach wie vor praktizierte Physik - und ersetzen diesen Raum durch die ganz konkreten (kosmischen) materiellen Objekte, so kommen wir - auf astronomische Verhältnisse angewandt (aber zunächst auch nur dort) - zu eben jenem **Machschen** Prinzip (vgl. obiges Zitat):

Die (Massen-)Trägheit ist der Ausdruck der dynamischen Wechselwirkung der Körper mit der „kosmischen Umwelt“ (Was immer dies sein mag; und im folgenden werden wir in diesem Zusammenhang vom „**Machschen** Bezugssystem“ sprechen. Wir wissen dann qualitativ was gemeint ist, sind dennoch weiterhin unabhängig von konkreten mathematischen Modellen, die wir ja nicht haben - nicht haben können.), ist also Manifestation der Wechselbeziehungen der Massen untereinander. Gäbe es keine kosmischen Massen, so auch keine Bewegung und somit - logisch! - keine Bewegungs-**Änderung** (Beschleunigung), und damit schließlich keine Trägheit.

Natürlich waren **Einstein** die Probleme nicht entgangen. Hier sei eine Stellungnahme **Einsteins** zum **Machschen** Prinzip wiedergegeben (A. **Einstein** , Mein Weltbild [Einiges über die Entstehung der allgemeinen Relativitätstheorie], Frankfurt/M - Berlin 1991, S. 135.):

Albert Einstein



Vom rein kinematischen Standpunkt aus war ja die Relativität beliebiger Bewegungen nicht zu bezweifeln... Freilich war mir Machs Auffassung bekannt geworden, nach der es denkbar schien, dass der Trägheitswiderstand nicht einer Beschleunigung an sich, sondern einer Beschleunigung gegen die Massen der übrigen in der Welt vorhandenen Körper entgegenwirke. Dieser Gedanke hatte etwas Faszinierendes, aber er bot keine brauchbare Grundlage für eine neue Theorie.

Nun könnte es durchaus sein, dass **Einstein** sich in der letzten Aussage - in den **Machs**chen Ideen keine Grundlage für eine neue Theorie zu sehen - irrte. Natürlich führt kein direkter Weg von der klassischen Mechanik über das **Machsche** Prinzip zu dieser neuen Theorie. Der (denkbare) Weg wäre (möglicherweise) weitaus beschwerlicher.

Tatsache ist: Das **Machsche** Prinzip geriet nicht vollends in Vergessenheit; aber keine derzeit akzeptable und akzeptierte Theorie ist in der Lage, diesem Grundgedanken völlig zu entsprechen und ihn mit Leben zu erfüllen. Auch müssen wir uns derweil damit begnügen, das **Machsche** Prinzip als heuristisch bemerkenswerten Denkansatz zu akzeptieren, um mit seiner Hilfe zu veränderten Fragestellungen zu gelangen, ohne diese Fragen bereits beantworten zu können. Allerdings hatte **Mach** selbst seine eigenen Gedanken nicht konstruktiv im Sinne der Erschaffung der Grundlagen einer neuen Mechanik konkret weiter verfolgt. Er war sowieso überzeugt davon, dass eine Mechanik als Grundlage für die Physik ohnehin nichts taugt. Aufgrund dieser Einstellung hatte er sich leider selbst den Weg zu weiterführenden Gedanken verbaut. **Mach** betrachtete seine Überlegungen ausschließlich als Kritik an der vorherrschenden Lehrmeinung.

Zur Aussage **Einsteins** noch einige Erläuterungen. „Kinematisch“ heißt, die Bewegung als reine Ortsveränderung aufzufassen, ohne auf die damit im Zusammenhang stehenden Kräfte eingehen zu müssen. Der kinematische Aspekt beschäftigt sich mit der „Bewegung an sich“, der reinen mechanischen Ortsveränderung (relativ zu ...). Diese Problematik hatten wir bereits eingehend im Zusammenhang mit den Bahnen verschiedener Verkehrsmittel (Auto, Eisenbahn, Schiff, Raumschiff) beleuchtet und mussten immer uns auf materielle Bezugskörper berufen. Die Trägheit (dynamischer Aspekt) jedoch galt stets unabhängig und losgelöst von eben jenen Körpern. Hier zeichnete sich eine Uneinheitlichkeit (Stichwort: Dualismus) ab, die man glaubte, mit der Allgemeinen Relativitätstheorie gelöst zu haben. (Dieser Dualismus erfüllt in unterschiedlichster Gestalt die gesamte Physik.)

Der folgende Text nimmt sich der **Zeit** als physikalische Größe an.

Ernst Mach	Vorbemerk.	Beziehungen	Raum	Ernst Mach
------------	------------	-------------	------	------------

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

Welle oder Teilchen - Begriffe -

Homepage

Einleitung

Physik

DPG-Beiträge

Kritik

Masse

Wellen

Pygmalion-Effekt

Erkenntnis

Ernst Mach

Die Zeit

Zufall+Notwend.

Gottes Urknall

Zwischenbilanz

Geschichten

Links

Der Autor

Bevor man sich mit der "Unanschaulichkeit der Quantenphysik" abfindet, wäre es sicherlich nicht schlecht, sich mit den Begriffen der klassischen Physik vertraut zu machen. Und zu diesen Begriffen zählen nun einmal auch Teilchen sowie Welle.

Teilchen

Prozesse

**Max
Planck**
1858 - 1947



Es gab eine Zeit, wo sogar ein völliger Zusammenbruch der klassischen Physik nicht außer dem Bereich der Möglichkeit zu liegen schien; doch zeigte sich allmählich, was für jeden, der an einen stetigen Fortschritt der Wissenschaft glaubt, selbstverständlich war, daß es sich auch hier letzten Endes nicht um ein Zerstörungswerk, sondern um eine allerdings recht tiefgehende Umbildung handelte, und zwar um eine Verallgemeinerung. Denn wenn man das Wirkungsquantum als unendlich klein voraussetzt, so geht die Quantenphysik über in die klassische Physik. Aber auch für allgemeinen Fall erwiesen sich die Grundquadern des Baus der klassischen Physik nicht nur als unerschütterlich, sondern sie gewannen durch die Einverleibung der neu hinzugekommenen Ideen sogar noch an Festigkeit und Ansehen.

Max Planck, 1929

Welle oder Teilchen - Begriffe

Zunächst möchte ich **Einstein** zu Wort kommen lassen (Annalen der Physik 17/1905, „Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt“).

Albert Einstein



Die mit kontinuierlichen Raumfunktionen operierende Undulationstheorie des Lichtes hat sich zur Darstellung der rein optischen Phänomene vortrefflich bewährt und wird wohl nie durch eine andere Theorie ersetzt werden. Es ist jedoch im Auge zu behalten, dass sich die optischen Beobachtungen auf zeitliche Mittelwerte, nicht aber auf Momentanwerte beziehen, und es ist trotz der vollständigen Bestätigung der Theorie der Beugung, Reflexion, Dispersion etc. durch das Experiment wohl denkbar, dass die mit kontinuierlichen Raumfunktionen operierende Theorie des Lichtes zu Widersprüchen mit der Erfahrung führt, wenn man sie auf die Lichterzeugung und Lichtverwandlung anwendet. Es erscheint mir nun in der Tat, dass die Beobachtungen über die „Schwarze Strahlung“, Photolumineszenz, die Erzeugung von Kathodenstrahlen durch ultraviolettes Licht und andere die Erzeugung bzw. Verwandlung Lichtes betreffende

Erscheinungsgruppen besser verständlich erscheinen unter der Annahme, dass die Energie des Lichtes diskontinuierlich verteilt sei. Nach der hier ins Auge zu fassenden Annahme ist bei Ausbreitung eines von einem Punkte ausgehenden Lichtstrahles die Energie nicht kontinuierlich auf größer und größer werdende Räume verteilt, sondern es besteht dieselbe aus einer endlichen Zahl von in Raumpunkten lokalisierten Energiequanten, welche sich bewegen, ohne sich zu teilen und nur als Ganze absorbiert und erzeugt werden können.

Solches war zu lesen anno 1905. Mehr als 95 Jahre sind vergangen, sodass man denken möchte, der genannte Widerspruch müsste auf die eine oder andere Weise gelöst worden sein. Natürlich ist jedem bekannt, dass dieser Widerspruch eben **nicht** gelöst werden konnte. Zweifelsohne scheint die klassische Feldtheorie mit vielen quantitativen Relationen zurechtzukommen. Bilden aber die mathematischen Felder (elektromagnetisches Feld und Gravitationsfeld) objektiv reale Entitäten ab oder sind sie mathematische Modelle, die unter bestimmten Bedingungen ausschließlich quantitative Beziehungen repräsentieren?

Oder anders gefragt: Sind innerhalb ihres Gültigkeitsbereiches **quantitativ adäquate Modelle** notwendig auch **qualitativ richtige Abbilder**? - Die Schwierigkeit der Physik besteht leider darin, dass eine solche Unterscheidung meines Wissens bisher überhaupt nicht (zumindest nicht von Physikern) getroffen wurde. Ein altbekanntes Beispiel für die sinnvolle Unterscheidung von quantitativem Modell und qualitativer Aussage bildet das **Ptolemäische** „Welt“-System. Das **Ptolemäische** System lag zunächst **qualitativ** - aus unserer rückblickenden Perspektive - „voll daneben“, dennoch konnte es im Rahmen der damals gegebenen Beobachtungsgenauigkeiten die Anforderungen seinerzeit recht ordentlich erfüllen. Ungenauigkeiten wurden durch die Epizykeln ausgegült. (Mit Hilfe solcher speziellen Ad-hoc-Annahmen kann letztendlich **jede qualitativ falsche Theorie** den praktischen Erfordernissen mit der jeweils gewünschten Genauigkeit „angepasst“ werden!) Ein weiteres Beispiel für die notwendige Unterscheidung von qualitativer Erkenntnis und quantitativem Modell möchte ich anhand der folgenden zwei Aussagen veranschaulichen, wobei ich „Licht“ stellvertretend für alle „elektromagnetischen Wellen“ setze:

Das Licht

1. Das Licht ist eine sich wellenförmig im Raum ausbreitende Erscheinung.
2. Das Licht ist eine Erscheinung, welche sich unter bestimmten Bedingungen mit Hilfe des Wellenmodells quantitativ näherungsweise beschreiben lässt.

Die Aussage 1. ist entweder wahr oder falsch.

Der Satz 2. ist eindeutig wahr, wenn wir in der Lage sind, „bestimmte Bedingungen“ sowie „näherungsweise“ eindeutig zu spezifizieren. Diese Abgrenzungen können durchaus empirisch erfolgen. Und was den ersten Satz betrifft, so kann auch hier uns die Erfahrung lehren, ob er wahr ist oder nicht. Die Frage „**Welle oder Teilchen?**“ muss also auf zwei Ebenen, der **qualitativen Ebene** (Satz 1.) und der **quantitativen** (Satz 2.), geklärt werden, wobei es hilfreich ist, sich zunächst mit den Begriffen „**Welle**“ und „**Teilchen**“ (oder „**Massepunkt**“) näher zu befassen. (Auf die „Quanten“ komme ich auch noch zurück.) Zunächst die hoffentlich einigermaßen korrekte und vollständige Definition des Wellenbegriffes:

Die Welle

Eine Welle ist ein Prozess, bei dem Energie in Form von Schwingungen, von einer Quelle ausgehend, sich im Raum ausbreitet, ohne dass damit ein Transport von Materie verbunden ist. Aber ein materieller Träger als Medium wird benötigt, welcher im allgemeinen ein Pseudokontinuum bildet. Wellen sind eindeutig durch bestimmte Eigenschaften charakterisiert. Diese Eigenheiten werden mit Interferenz, Reflexion, Beugung und Refraktion beschrieben und sind unabhängig vom konkreten Charakter der Welle (Wasserwelle, Schall usw.). Erscheinungen, bei denen all diese Effekte beobachtet werden können, sind damit eindeutig als Wellenerscheinungen identifiziert. Die wichtigsten - voneinander abhängigen - Parameter sind Wellenlänge, Ausbreitungsgeschwindigkeit und Frequenz.

Hier taucht der Begriff „**Pseudokontinuum**“ auf. Dies will sagen, dass einerseits sich die mathematischen Modelle (Stichworte u.a.: **Vektoranalysis** und **partielle Differentialgleichungen**) eindeutig auf Kontinua beziehen, aber alle mechanischen Wellen real aus gekoppelten diskreten Oszillatoren (Atome und Moleküle sowie den sich aus diesen konstituierenden Strukturen) bestehen. Die makroskopischen Eigenschaften der **Medien**, in denen sich mechanische Wellen ausbreiten, sind durch deren Elastizitätsverhalten zu beschreiben. Mechanische Wellen in Stoffen werden vollständig beherrscht. Schwierigkeiten bereiteten lediglich die elektromagnetischen Wellen.

Wenn das Licht eine Wellenerscheinung sein soll, so bedarf es eines materiellen Substrats, ohne das eine Wellenausbreitung anscheinend undenkbar ist. Dieses Medium wurde „Äther“ genannt. Jener Äther jedoch entzog sich einst einem von elektromagnetischen Erscheinungen unabhängigen Nachweis. Daraufhin übernahm das „**elektromagnetische Feld**“ seine Rolle als eigenständige „den Raum ausfüllende“ Entität. Damit hatte man dem Äther aber lediglich einen anderen Namen verpasst, mit dem Hinweis darauf, dass es sich bei den elektromagnetischen Wellen nicht um die Ausbreitung **mechanischer Schwingungen** in einem **mechanischen Medium** handelt, was aber an den Tatsachen überhaupt nichts ändert. Jedenfalls beschreiben die **Maxwell** schen Gleichungen ein exaktes Kontinuum, welches irgendwie objektiv real „den Raum ausfüllt“.

Welchen Namen man diesem Kind nun gibt, ist m. E. völlig unerheblich. Jedenfalls existiert im Sinne der traditionellen Physik eine kontinuierliche materielle Struktur innerhalb des unstrukturierten (homogenen und isotropen) Raumkontinuums, die sich der unmittelbaren Anschauung entzieht, und deren Existenznachweis indirekter Natur ist. Der Unterschied zum ursprünglichen lichtleitenden Äther besteht darin, dass die elektromagnetischen Phänomene eigenständige Qualitäten bilden und nicht auf mechanische Zusammenhänge reduziert werden können. Diese „qualitative Kluft“ wird in der Existenz der „elektrischen Ladungen“ bereits vom Ansatz her akzeptiert. Die historisch älteren Erklärungsansätze elektrischer Phänomene ließen immer den Versuch erkennen, Elektrizität und Magnetismus als mechanische Erscheinungen zu deuten. Diese Versuche führten jedoch nicht zu dem gewünschten Erfolg.

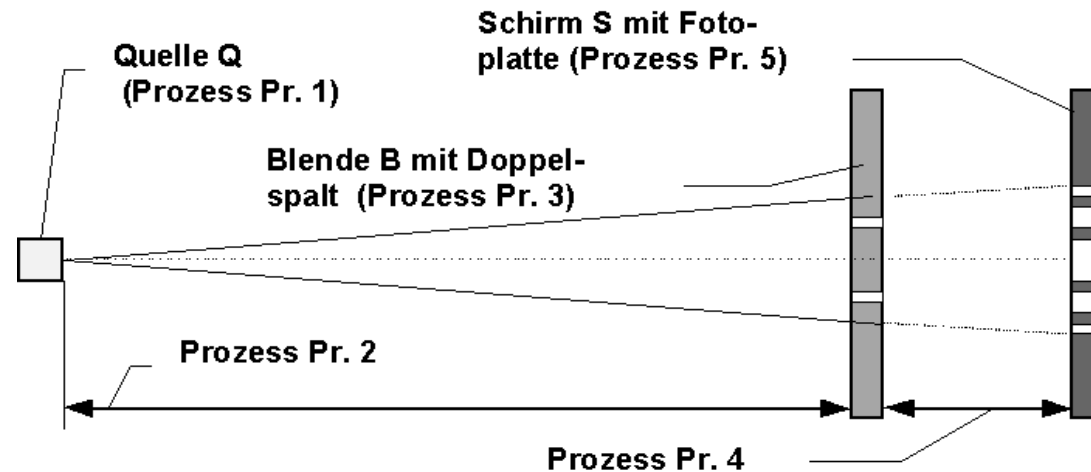
Ein weiterer wichtiger Begriff der klassischen Mechanik ist der des Massepunktes. Eine eindeutige Definition wird etwas umständlicher ausfallen. Vielleicht kommt folgende Aufzählung, stellvertretend für eine korrekte Definition, einer solchen einigermaßen nahe:

Teilchen oder Massepunkt

„Teilchen“ oder „Massepunkte“ sind Abstraktionen, welche in der klassischen Mechanik zu recht brauchbaren Ergebnissen führten. Ein solches Teilchen besitzt ganz bestimmte Eigenschaften:

1. Ein Teilchen ist durch seinen **Aufenthaltsort** gekennzeichnet (im allgemeinen durch die Angabe dreier Koordinaten in einem Koordinatensystem).
2. Ein Teilchen besitzt als wichtige Eigenschaft die Masse. (Mit dieser Sache hatten wir uns schon befasst.)
3. Neben der Angabe der Raumkoordinaten ist ferner die Spezifizierung der momentanen Änderung dieser Koordinaten durch Bestimmung der drei **Geschwindigkeitskomponenten** erforderlich. Die Hälfte des Produktes aus dem Quadrat des Betrages der Geschwindigkeit mit der Masse heißt kinetische Energie. Die aus der Geschwindigkeit (als vektorielle Größe) mit der Masse multiplizierte vektorielle Größe wird als Impuls oder Bewegungsgröße bezeichnet.
4. Neben den bereits genannten Bestimmungen wird ein Teilchen durch **Eigenschaften** gekennzeichnet, welche auch „Ladungen“ genannt werden und die für das konkrete Wechselwirkungsverhalten (Felder) verantwortlich sind, indem auf die miteinander wechselwirkende Massen Kräfte ausgeübt werden.
5. Alle aufgeführten Zusammenhänge dürfen auch auf komplexe Systeme angewandt werden, wenn deren konkrete Struktur keinen unmittelbaren Einfluss auf das gerade benannte Wechselwirkungsverhalten hat und jene Struktur nicht oder nicht irreversibel bei der Wechselwirkung mehrerer „Teilchen“ sich verändert. Hierbei gilt der Schwerpunkt des Systems als der Ort des Systems, in welchem die Summe der Massen als Gesamtmasse gedacht wird.
6. Außerdem können „Teilchen“ mit weiteren Eigenschaften behaftet sein, von denen bei der Betrachtung der Mechanik des „Teilchens“ abgesehen werden darf; und die „innere Dynamik“ beeinflusst nicht das äußere Verhalten. Auf alle Objekte gerade bezeichneter Art sind unter bestimmten Bedingungen die **Newtonschen** Bewegungsgesetze anwendbar. (Was es mit letzteren auf sich haben könnte, bedarf der genaueren Analyse.)

Repräsentiert das Photon nun eine Welle (vgl. obige Definition) oder ein „Teilchen“ im Sinne gerade formulierter Aufzählung? - Schon diese Fragestellung erscheint jetzt etwas eigenartig. Doch wollen wir uns ein Experiment ausdenken, welches, gewissermaßen das experimentum crucis ist für die Entscheidung: Welle oder Teilchen. Das wohl berühmteste Experiment, welches die „Doppelnatur“ des Lichtes in allen Konsequenzen wahrhaft sichtbar macht, ist das Doppelspalt-Experiment. Folgende Skizze soll das allseits bekannte Prinzip andeuten, wobei ich auf technische Details keinen Wert lege.



Um die Sache übersichtlich zu gestalten, schicken wir die Objekte unseres Unverständnisses einzeln auf die Reise. Der Gesamtprozess des Aussendens des Photons lässt sich in folgende Teilprozesse aufgliedern:

1. Das Aussenden der Photonen vom Sender (Prozess Pr. 1).
2. Das Photon bewegt sich vom Sender zur Blende (Prozess Pr. 2).
3. Das Photon bewegt sich durch den/die Spalt(e) (Prozess Pr. 3).
4. Das Photon bewegt sich von der Blende zum Schirm mit der fotografischen Platte (Prozess Pr. 4).
5. Das Photon trifft auf ein Silberbromidmolekül der fotografischen Schicht (Empfänger), was zur Freisetzung elementaren Silbers (Schwärzung) führt (Prozess Pr. 5).

Hier allerdings handeln wir uns einige Probleme ein, die so leicht sich nicht vom Tisch wischen lassen. Nehmen wir dabei also an, dass die Teilchen in größeren Zeitabständen einzelnen die Quelle verlassen (damit wir deren mögliche Wechselwirkung untereinander ausschließen und den Vorgang besser verfolgen können), wobei die auf der Fotoplatte erzielten Treffer zunächst kein System erkennen lassen. Es lässt sich absolut nicht voraussagen, an welcher Stelle ein Photon ein Silberbromidmolekül treffen wird und dabei ein Silberatom freisetzt; es regiert der blinde Zufall. Erst eine Vielzahl von Einzelversuchen führt zu unserem hinlänglich bekannten Beugungsbild, welches eigentlich charakteristisch ist nur für Wellen und darauf schließen lässt, dass der Zufall nicht „völlig blind“ ist.

All das könnte man gerade noch ertragen, wäre die Wahrscheinlichkeitsverteilung auf dem Schirm (hier der Fotoplatte) nicht davon abhängig, ob Spalt 1 oder Spalt 2 oder beide offen sind. Nach menschlichem Ermessen müsste die Wahrscheinlichkeitsverteilung hinter dem Doppelspalt die lineare Überlagerung der Verteilungen mit nur jeweils einem Spalt ergeben. Folgendes Dilemma zeichnet sich ab:

1. Entweder es gilt die Wellen-Hypothese, dann ist letztgenanntes Phänomen kein unerklärliches. Dies jedoch steht in Unstimmigkeit zur Tatsache, dass ein Photon genau ein Silberbromidmolekül trifft - wir wissen nur nicht vorher welches. Der Treffer ist im Nachhinein eindeutig lokalisiert.
2. Wenn wir aber ein (möglicherweise modifiziertes) Teilchenmodell favorisieren, dann ist absolut nicht erklärlich, wieso das Trefferbild mit Doppelspalt nicht einfach durch das Übereinanderlegen der beiden Platten zustandekommt, welche mit nur je einem offenen Spalt belichtet wurden.

Betrachten wir den Vorgang jetzt nur aus der Sicht des Aussendens des Teilchens (Prozess Pr. 1) und des Empfangens (Prozess Pr. 5), so müssen wir zunächst akzeptieren, dass das einzelne Teilchen von einem bestimmten Ort (während des Aussendens) zu einem anderen Ort (auf der Fotoplatte) gelangt. Ohne die dazwischen liegende Blende mit dem Doppelspalt finden wir ein recht einleuchtendes Trefferbild. Wenn wir also von der Flugbahn reden - auch dann, wenn sie nicht mit absoluter Genauigkeit im herkömmlichen Sinne bestimmbar ist -, so müssten wir davon ausgehen, dass - je nach konkreten Anfangsbedingungen - das Teilchen entweder den einen oder den anderen Spalt durchquert. Nur, wie ist dann die konkrete Verteilung auf der Fotoplatte zu

erklären? - Eine Welle teilt sich bekanntlich vor dem Doppelspalt, um nach dem Durchqueren die getrennten Wellenzüge sich wieder dergestalt überlagern zu lassen, dass unsere ominösen Interferenzstreifen entstehen. Ein Teilchen aber kann nur entweder den einen Weg nehmen oder den anderen, und es kann auch nicht „wissen“, welchen Weg das Teilchen vor ihm genommen hat. (Genau das ist das eigentliche Problem.)

Diese Schwierigkeit der gedanklichen Durchdringung führte zu verschiedenen Auslegungen. Hier sei zunächst das **Bohrsche** Komplementaritätsprinzip genannt. Die Quantenobjekte verhalten sich entweder wie Teilchen oder wie Wellen. Beide - komplementäre - und einander widersprechende, sich jedoch ergänzende, Verhaltensweisen legen jene Objekte an den Tag je nach dem, in welchem Zusammenhang sie beobachtet werden. Der Beobachtungsprozess selbst beeinflusst die Eigenschaften der zu beobachtenden Objekte. Beide komplementären Bilder sind zwei Seiten einer Medaille. Nur: Kein Mensch kann sagen, um was für eine Medaille es sich dabei wirklich handelt!

Kommen wir wieder auf unser Doppelspaltexperiment zurück und dessen wahrscheinlichkeitstheoretischer Deutung. Welchen Weg also wird ein Teilchen nehmen? Durch welchen Spalt wird es sich bewegen? - Sagen wir, die Wahrscheinlichkeit, den ersten Spalt zu durchqueren beträgt 0,1 und für den anderen ebenfalls 0,1. Mehr können wir nicht aussagen. Auch können wir nur Wahrscheinlichkeiten angeben für das Auftreffen auf einen bestimmten Bereich auf der Platte. Während des ganzen Fluges von der Quelle zum Ziel wissen wir nicht, wo sich ein Teilchen wirklich aufhält. Die Flugbahn ist über einen bestimmten Bereich „verschmiert“. Nur Aussagen über den möglichen Aufenthaltsort mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit lassen sich treffen. Es könnte sein, dass... Diese Möglichkeit jedoch wird dann zur Gewissheit, ist das Teilchen endlich am Ziel angelangt. Das getroffene Silberatom ist 100-prozentig entstanden, und es existiert nicht nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit. Im Sprachgebrauch der Quantentheoretiker heißt dies auch: „Die Wellenfunktion ist kollabiert“. Nur in dieser letzten Stufe (Prozess Pr. 5) unseres Experimentes die Möglichkeit zur Wirklichkeit. Das Auftreffen des Teilchens auf das Ziel beendet jene Ungewissheit, die zuvor bestand. Dies genau ist angeblich jener Beobachtungsprozess, der die Möglichkeit „festnagelt“. Nicht das Teilchen als solches besitzt diese oder jene Eigenschaft, sondern erst die Wechselwirkung mit der Messeinrichtung bestimmt das Verhalten der Objekte. Zu diesen Messeinrichtungen gehören der Doppelspalt und auch die Fotoplatte selbst. Die Wechselwirkung mit dem Doppelspalt zeigt die Wellennatur unserer Objekte, und die Wechselwirkung mit dem Silberbromidmolekül offeriert uns dessen Teilchencharakter.

Diese Aussagen beinhalten sinnvolle Gedanken, die aber noch ergänzt und - korrigiert werden müssen. Die Korrekturen betreffen die „subjektivistische Entgleisung“, die mit der genannten Interpretation anscheinend einhergeht. Letztendlich - so argumentierte man - entscheidet nicht das objektiv-reale Geschehen das was wir beobachten, sondern unsere subjektiv erdachte und realisierte Versuchsanordnung darüber, was wir wirklich vor uns haben: Eine Wellenerscheinung oder ein korpuskulares Objekt - je nach dem. Der Beobachter bestimmt (mit), was zu beobachten sein wird.

Hiermit sind wir also in der Lage, zu demonstrieren, welche logische Verrenkungen angeblich notwendig sind, um real gegebene Erscheinungen zu deuten, bzw. die Widersinnigkeiten aufzuzeigen, welche an die gängigen Interpretationen geknüpft sind. Das einzelne Objekt zeigt bei der Wechselwirkung mit der - makroskopischen - Messeinrichtung das eindeutig beobachtbare, statistisch gedeutete, Wellenverhalten. Um es etwas deutlicher zu formulieren: Nicht unsere Unkenntnis ist es, die nur Wahrscheinlichkeitsaussagen zulässt, sondern das Teilchen selbst „weiß“ erst wo es sich befindet, hat es das Ziel erreicht. Vorher „existiert“ es nur als diffuse „Wahrscheinlichkeitswolke“, welche die Wahrscheinlichkeit angibt, mit der es sich in einem gegebenen Raumbereich aufhält.

Lesen wir bei Werner **Heisenberg** nach, so ist uns auch nicht wirklich geholfen, die Angelegenheit etwas klarer zu sehen, obwohl **Heisenberg** sich gegen den angeblichen Subjektivismus der Quantenmechanik verwahrte (Quantentheorie und Philosophie, Stuttgart 1990, S. 56 f.):

Werner Heisenberg



Der Übergang vom Möglichen zum Faktischen findet also während des Beobachtungsaktes statt. Wenn wir beschreiben wollen, was in einem Atomvorgang geschieht, so müssen wir davon ausgehen, dass das Wort „geschieht“ sich nur auf die Beobachtung beziehen kann, nicht auf die Situation zwischen zwei Beobachtungen. Es bezeichnet damit den physikalischen, nicht den psychischen Akt der Beobachtung, und wir können sagen, dass der Übergang vom Möglichen zum Faktischen stattfindet, sobald die Wechselwirkung des Gegenstandes mit der Messeinrichtung und dadurch mit der übrigen Welt ins Spiel gekommen ist. Der Übergang ist nicht verknüpft mit der Registrierung des Beobachtungsergebnisses im Geiste des Beobachters.

Die unstetige Änderung der Wahrscheinlichkeitsfunktion findet allerdings statt durch den Akt der Registrierung; denn hier handelt es sich um die unstetige Änderung unserer Kenntnis im Moment der Registrierung, die durch die unstetige Änderung der Wahrscheinlichkeitsfunktion abgebildet wird. ... Sicher enthält die Quantentheorie keine eigentlich subjektiven Züge, sie führt nicht den Geist oder das Bewusstsein des Physikers als einen Teil des Atomvorganges ein. Aber sie beginnt mit der Einteilung der Welt in den Gegenstand und die übrige Welt und mit der Tatsache, dass wir jedenfalls diese übrige Welt mit den klassischen Begriffen beschreiben müssen. Diese Einteilung ist in gewisser Weise willkürlich und historisch eine unmittelbare Folge der in den vergangenen Jahrhunderten geübten wissenschaftlichen Methode. Der Gebrauch der klassischen Begriffe ist also letzten Endes eine Folge der allgemeinen geistigen Entwicklung der Menschheit. Aber in dieser Weise nehmen wir doch schon auf uns selbst Bezug, und insofern kann man unsere Beschreibung nicht vollständig objektiv nennen.

dass man sich damit abgefunden hat, mit nicht mehr anschaulich vorstellbaren Dingen sich auseinandersetzen zu müssen, könnte man vielleicht gerade noch durchgehen lassen (wir allerdings lassen uns so schnell nicht beirren). Wer jedoch auf dem besten Wege sich befindet, die Logik über Bord zu werfen, der schreckt vor gar nichts mehr zurück. Dann - bitteschön - mögen jene, die schon der Logik nicht mehr trauen, doch sagen, welchen verstandesgemäßen Dingen man überhaupt noch vertrauen kann. Dies wäre das unrühmliche Ende des einst ach so gepriesenen Rationalismus und der Beginn (eigentlich stecken wir längst schon drin) des „wissenschaftlichen Okkultismus“!

Verbinden wir unsere bisherigen Erfahrungen mit der Tatsache, dass wir es mit Gegensätzlichkeiten zu tun haben, die sich allein schon in der Tatsache widerspiegeln, dass die logische Kluft zwischen der Physik der makroskopischen Körper und der Physik des Mikrokosmos eine unüberbrückbare ist, so wäre dies - bei unvoreingenommener Betrachtungsweise - ein wirkliche zwingender Grund, sich über die Ursprünge dieser Widersprüche Gedanken zu machen. Die Angelegenheit wird auch dadurch nicht bereinigt, dass die mathematischen Formalismen mit einigen quantitativen Beziehungen durchaus zurechtkommen; doch sie erklären nichts.

Eines dieser mathematischen Modelle ist die Wellenmechanik **Schrödingers**. Im Gegensatz zu den „echten“ elektromagnetischen Wellen haben wir es mit Wahrscheinlichkeitsfunktionen zu tun, deren gängige Deutung, wie ich gerade zeigte, zu logischen Ungereimtheiten führte. Aus einer „über den Raum verschmierten“ Aufenthaltswahrscheinlichkeit wird ein „Punkteignis“, welches auch einen Namen erhielt. Der Übergang von der einen Realität zur anderen nannten wir „Kollabierung der Wellenfunktion“. Diese Wortschöpfung kann ebenso wenig, wie andere es ebenfalls nicht konnten, die logische Zerrissenheit heutiger physikalischer Theorien beseitigen. Zudem möchte ich an diese Stelle schon auf eine gewisse Symmetrie hinweisen, die aus dem in vieler Hinsicht gleichwertigen oder wenigstens vergleichbaren Verhalten der klassischen Elementarteilchen und dem der Quanten folgt. Sind wir konsequent, so dürfen wir nicht vergessen, dass das Licht - wie auch immer man es erklären möge - wirklich existiert und seine Ausbreitung bekannten und wohlerforschten

Gesetzmäßigkeiten folgt.

Gibt es nun die klassischen elektromagnetische Felder **Maxwellscher** Prägung oder „nur“ die - wie auch geartete und interpretierte - statistische Deutung der Quantenmechanik? Entweder - oder. Ein Dazwischen ist - logisch - nicht möglich! Akzeptieren wir die gängige statistische Interpretation - wie auch immer man noch zu differenzieren in der Lage ist - der Quantenmechanik, so müssen wir uns konsequenterweise von den klassischen Feldern als real vorhandene Gegebenheiten trennen. Dann sind letztere - ich behauptete es schon - nichts anderes als (transformierte) mathematische Modelle zur Erfassung quantitativer Relationen aber keine eigenständigen Qualitäten mehr. Dann aber - auch wenn es noch so schwer fällt - gibt es keinen Grund mehr, an die selbständige Realität der elektromagnetischen Wellen und der Felder überhaupt im herkömmlichen Sinne noch zu glauben.

Gibt es nun das Photon - was auch immer das sein möge - oder nur ein nicht genau definierbares Etwas, welches sich das eine Mal so und einmal völlig anders verhält? Gibt es nur Energie, die ohne materielles Substrat auskommt, indem sie selbst die wahre Materie verkörpert? Diese Fragen werden nicht dadurch „ungültig“, indem man sie als unsinnig abtut, nur weil man nicht in der Lage ist, einigermaßen einsichtige Antworten zu geben oder logische Brücken zu bauen, oder wenigstens bereit wäre, zuzugeben, dass man sich von der Wahrheit mit aller Wahrscheinlichkeit immer mehr entfernt oder sich zumindest nicht nähert. (Mit Aspekten der „materialisierten Energie“ werden wir in der Speziellen Relativitätstheorie konfrontiert; ein triftiger Grund, um diese Thema keinen Bogen zu machen.)

Ist Erkenntnis möglich? Ja oder nein?! Die Physiker sagen „ja“ und handeln „nein“!

Tatsache: Es **gibt keine Aussicht, das scheinbar so simple Doppelspaltexperiment zu interpretieren und dabei alle bekannten Fakten - und das in logisch geschlossener Form - zu berücksichtigen!** Einige dieser - absolut unbestreitbaren!!! - Tatsachen sind:

1. Es gibt elektrische und magnetische Erscheinungen.
2. Beide eben genannten Phänomene bilden eine **Einheit**.
3. Über die Realität von Wechselbeziehungen, welche sich mit dem **Maxwellschen** Formalismus beschreiben lassen und „elektromagnetische Wellen“ genannt werden besteht kein Zweifel. (Ich habe hier ganz bewusst eine vorsichtiger Formulierung gewählt.)
4. Dass der Energieaustausch auf atomarer Ebene sich nur sprunghaft vollziehen kann, muss als erwiesene Tatsache hingenommen werden. Die Wechselwirkung der Lichtquanten mit Materie ist eindeutig diskreter Natur. (Wenn wir dies als Tatsache akzeptieren, sollten wir uns für die Frage nach dem Warum auch nicht zu fein sein.)
5. Alle Mikroobjekte legen unter bestimmten Bedingungen ein Verhalten an den Tag, welches im Rahmen der Denkweise der traditionellen Physik nur Wellen zukommt (z. B. Interferenz).
6. Alle Mikroobjekte legen unter bestimmten Bedingungen ein Verhalten an den Tag, welches im Rahmen der traditionellen Physik nur mit dem Teilchenmodell erklärbar ist (z. B. die Wechselwirkung eines Photons mit einem Silberbromid-Molekül).
7. Klassische Elementarteilchen und Quanten verhalten sich in Bezug zu unseren momentanen Überlegungen weitgehend identisch.
8. Im Bereich der Quantenobjekte gilt nicht mehr der starre Determinismus. (Dieses Thema habe ich noch nicht beleuchtet, komme vielleicht darauf nochmals zurück.)

In aller Deutlichkeit: Die Physik ist nicht in der Lage, diese Fakten (es gibt natürlich noch mehr) in einen logischen Zusammenhang zu bringen! Es gibt keine einheitliche Erklärung für **alle** Befunde.

Wellen	Teilchen	Prozesse
--------	----------	----------

[[Home](#)] [[Seitenanfang](#)]

Welle oder Teilchen - Systeme und Prozesse -

Homepage
Einleitung
Physik
DPG-Beiträge
Kritik
Masse
Wellen
Pygmalion-Effekt
Erkenntnis
Ernst Mach
Die Zeit
Zufall+Notwend.
Gottes Urknall
Zwischenbilanz
Geschichten
Links
Der Autor

Haben wir es bei den Quantenobjekten (was eigentlich sind Quantenobjekte?) denn nun wirklich mit Objekten (Systemen) oder Prozessen zu tun. Die tradierte Physik vermischt beide Dinge m. E. auf unzulässige Weise.

Teilchen
Prozesse

Carl-
Friedrich v.
Weizsäcker
1912 - 2007



Seine [Bohrs] Arbeit, die Grundlagen tiefer zu legen, erfüllte sich in seinem Beitrag zur Deutung der Quantenmechanik, dem Begriff der *Komplementarität* (1927). Weder der Begriff des Teilchens noch der der Welle darf aufgegeben werden, da beide wirkliche Erfahrungen beschreiben. Auch ihr Gegensatz aber kann nicht aufgehoben werden. Sie ergänzen einander, indem sie einander widersprechen; sie sind komplementäre Bilder des Geschehens. In diesem Begriff vermochte Bohr sein ursprüngliches Verständnis für die Zusammengehörigkeit der Gegensätze auf die Physik selbst anzuwenden.

C. F. v. Weizsäcker über Niels Bohr

Welle oder Teilchen - Systeme und Prozesse

Wenn wir jetzt versuchen, das logische Chaos ein wenig zu entwirren, so gilt einschränkend - wie auch in allen anderen vergleichbaren Fällen -, dass ein logisch sinnvoller Lösungsansatz noch keine physikalische Erklärung liefern **kann**. Ich will - und kann - keine Fragen beantworten. Doch gilt:

Jede logisch einwandfreie Deutung bringt uns der konkreten physikalisch relevanten Fragestellung ein wenig näher gemäß der Devise „Logik hat Vorrang“.

„Logik hat Vorrang“ bedeutet, es müssen alle gegebenen Erfahrungstatsachen sich in ein logisch zusammenhängendes Bild einordnen lassen.

Wo mehrere unabhängige oder gar sich widersprechende - disjunkte, sich gegenseitig ausschließende oder „komplementäre“ - Bilder notwendig sind, heißt dies nicht, die **Tatsachen** anzuzweifeln, sondern deren **Interpretationen**, dabei beachtend, dass alle vorgeblichen Tatsachenbeschreibungen ohnehin bereits Interpretationen sind oder zumindest Interpretationen enthalten.

Alles andere ergibt sich anschließend fast von selbst. Die Kopenhagener Deutung als statistische Interpretation der Wellenfunktion der Quantenmechanik bezogen auf ein einzelnes Objekt ist, wie ich im bisherigen Text darlegte, mit einigen Problemen behaftet. (Die Wahrscheinlichkeitsfunktion galt nicht für eine statistisch relevante Anzahl von Quantenobjekten, sondern für jedes einzelne Objekt, da nachweislich das Beugungsmuster von der Energiedichte des Strahles unabhängig ist.) Dabei muss unter Umständen eine unstetige Veränderung der Wellenfunktion - „Kollabierung“ - akzeptiert werden. („Schrödingers Katze“ treibt die Absurdität der akzeptierten Deutung der Wellenfunktion auf die Spitze.)

Meine Kritik betrifft nicht die Tatsache der Wahrscheinlichkeitsaussagen an sich, sondern einige Konsequenzen derselben, die schon dadurch nicht wirklich verständlich sind, weil sie die Logik vergewaltigen. Welche Möglichkeit aber haben wir, das Doppelspalt-Experiment - unter Berücksichtigung aller bisher dargelegten Fakten - logisch widerspruchsfrei zu deuten? Einige Gedanken zeigten bereits in die richtige Richtung. Es ging - das sei zum Überdruß

wiederholt - um das nicht recht verständliche Ergebnis des Doppelspaltexperimentes, wobei die übereinandergelegten Aufnahmen der Beugungsmuster mit jeweils nur einem Spalt nicht deckungsgleich sind mit der Aufnahme im Falle, dass beide Spalte passiert werden konnten. Um dieses Ergebnis nicht zu verfälschen, wurden die Photonen (oder sonstige Elementarteilchen) einzeln abgeschickt, dadurch die Möglichkeit ausschließend, dass die sich zeigenden Effekte aus der Wechselwirkung der Teilchen untereinander resultieren. Das Teilchen also bewegt sich von der Quelle zur Blende. Bis dahin haben wir keine Probleme. Denken wir uns zunächst an Stelle der Blende die Fotoplatte gesetzt, so wird nach einer ausreichenden Anzahl von ausgesandten Photonen sich ein bestimmtes Trefferbild ergeben, welches wir bereits diskutierten. Es lässt sich nicht korrekt voraussagen, welchen Punkt ein Photon exakt erreicht, da jeder einzelne Versuch mit - sehr kleinen - aber unkontrollierbaren Fehlern behaftet ist. Betrachten wir diese Trefferbild als Ausgangssituation für das Passieren eines der Spalte, so ist ohne weiteres einsichtig, dass nicht für jedes einzelne Photon bestimmbar ist, ob und wenn ja welchen, Spalt es passieren kann.

Und hier beginnt sich das erste Missverständnis abzuzeichnen, welches die Kopenhagener Deutung dieses Versuches beinhaltet. Die Wechselwirkung mit der Materie der Blende ist keine Wechselwirkung eines mikroskopischen Objektes mit einer makroskopischen Versuchseinrichtung, sondern es handelt sich um die Wechselwirkung der Photonen (oder sonstiger Elementarobjekte) mit Objekten auf ihrer Ebene untereinander. Betrachten wir das Trefferbild in der Ebene der Blende aus unserem makroskopischen Blickwinkel, so dürfen wir von einem nur kleinen Fehler sprechen. Doch diese Aussage verändert sich gewaltig, versuchen wir die gleiche Situation aus der „Sicht“ der Objekte selbst zu beurteilen. Ein Mikrometer ist für uns eine nicht mehr anschaulich erfassbare winzig kleine Entfernung. Für ein Photon hingegen ist diese Größe einfach gigantisch.

Die Koordinaten des Aufenthaltes eines Photons in Ebene der Blende mögen für unsere Verhältnisse weitgehend genau reproduzierbar sein, doch jeder noch so kleine Fehler wirkt sich auf die relativen Lagen der Elementarteilchen untereinander exorbitant aus. Selbst dann, gelänge es uns, die Position um Bruchteile eines Atomdurchmessers zu reproduzieren (was technisch prinzipiell unmöglich sein dürfte), so wäre auch diese Fehler für die exakte Vorhersage des Verhaltens des Photons um Größenordnungen zu gewaltig, weil wir die Bewegung der Elektronen um die Atomkerne berücksichtigen müssten und deren „Positionen“ untereinander und zu unserem „Probeteilchen“, welches sich durch den Spalt bewegt! Wir müssen uns schon auf die mikroskopische Ebene selbst begeben (was natürlich nicht möglich ist; aber auch hier gibt es einen Ausweg), um die tatsächlichen Verhältnisse bewerten zu können.

Folgende nicht einmal abwegige Vermutung, dass die Elementarteilchen (oder Quanten) möglicherweise komplexe dynamische Systeme sind, so wie die Atome selbst, könnte uns weiterhelfen. Doch schon mit den Elektronenbahnen im Atom gab es einige Probleme. Die Quantenmechanik behandelt nicht mehr diese Bahnen im klassischen Sinne, sondern Aufenthaltswahrscheinlichkeiten. (Hier gelangen wir zu einigen grundlegenden Problemen der klassischen Mechanik mit ihren kinematischen Bestimmungen.) Folgende Annahme: In allen Systemen - ob atomaren oder subatomaren - finden zyklische Prozesse (die relativ zueinander nicht streng periodisch sein müssen) statt. Als sehr komplexe Oszillatoren dürfen wir sie betrachten, obwohl wir uns nicht festlegen wollen, was dort schwingt oder rotiert und welche konkrete Struktur wir wirklich vor uns haben.

Bewegt das Photon sich nun durch einen der beiden Spalte - oder nicht? - Natürlich bewegt es sich „irgendwie“ durch den Spalt. Nur, den Spalt im makroskopischen Sinne gibt es für das Photon nicht. Bewegt das Teilchen sich durch einen der Spalte hindurch, so bestimmt die Wechselwirkung der Mikroobjekte untereinander deren weiteres Verhalten. Irgendwie wird das Photon in seinem dynamischen Verhalten beeinflusst. Hat es den Bereich des Spaltes verlassen, so scheint es - dann auch aus makroskopischer Sicht - mehr oder weniger aus seiner ursprünglichen Bahn abgelenkt zu sein. (Hier gelangen wir zur Problematik der kinematischen Bezugssysteme.) Atome sind - ganz allgemein formuliert - Oszillatoren. Erst dann, wenn wir diese Aussage auch auf die Objekte der nächst niederen Strukturebene übertragen, werden wir zu logisch sinnvollen Aussagen gelangen.

Photonen (Elektronen, Protonen...) sind komplexe dynamische Systeme. Wie auch die Wechselwirkung „komplexer dynamischer Systeme“ auf dieser Ebene aussehen mag, mit dem uns geläufigen - raum- bzw. koordinatenbezogenen - Bewegungsbegriff werden wir diese Beziehungen nie erfassen können. (Dies wird Anlass sein, sich mit dem raumbezogenen Bewegungsbegriff grundsätzlich auseinandersetzen zu müssen, der Bestandteil klassischer Mechanik ist.)

Natürlich müsste jetzt der Einwand erfolgen, dass ich das dubiose Ergebnis des Doppelspaltexperimentes noch gar nicht angesprochen habe. Dieser Einwand ist berechtigt. Doch haben wir genügend Vorarbeit geleistet, um den nächsten Schritt zu wagen. Untersuchen wir also den Vorgang in Zeitlupe. Wir „beobachten“ Photonen, wie sie sich auf die Blende zubewegen. Der Ort (die Koordinaten) auf Höhe der Blende ist nicht eindeutig vorhersagbar. Einige Photonen treffen auf das Material der Blende, ohne den Weg durch einen der Spalte zu finden. Doch irgendwann „sehen“ wir ein Photon beim Durchflug durch den „linken“ Spalt. Danach wird es irgendwo auf die Fotoplatte auftreffen und ein Silberatom abspalten.

Selbstverständlich bin ich mir der Tatsache bewusst, den hier im Gedankenexperiment skizzierten Vorgang in der Realität eben **nicht** unmittelbar beobachten zu können, da

genau jede Beobachtung eine Wechselwirkung mit dem Objekt bedeutet, welche den Vorgang stört. Aus durchaus verständlichen Gründen haben die Klassiker der Quantenphysik diese Unmöglichkeit zum Prinzip erhoben. Nicht mehr ganz so verständlich ist es, dass die Physiker auch heutzutage alte Bedenken mehr oder weniger unreflektiert übernehmen, da aus heutiger Sicht ein Ausweg sich durchaus abzeichnen könnte. Wenn man nur wollte. Dieser Ausweg heißt „Simulation“ oder „Computereperiment“.

Angenommen, wir hätten Kenntnis von den wahren physikalischen Zusammenhängen, so wäre es ein Leichtes, dieses Wissen in einen Simulationsalgorithmus zu kleiden, der uns die Beobachtung der virtuellen Vorgänge ermöglicht. Wenn dieser Algorithmus richtig wäre, so könnten wir den eben beschriebenen Prozess tatsächlich „beobachten“, da wir den Vorgang „von außen“ (Stichwort: „Metaebene“) betrachten, ohne ihn zu beeinflussen. Folgende Konsequenz: Die Quantenmechanik ist nur deshalb „unanschaulich“, weil wir nichts wirklich begriffen haben. (Zum Thema „Simulation“ und „virtuelle Realität“ werde ich vielleicht vertiefende Ausführungen zukünftig in diese Web-Seiten aufnehmen.)

Eine Vielzahl von Treffern ergibt ein ganz bestimmtes Trefferbild in Gestalt unserer schon recht bekannten Beugungstreifen. Dabei stellen wir fest, dass die Wahrscheinlichkeitsverteilung auf der Fotoplatte aller „linken“ Elektronen abhängig ist davon, ob durch den „rechten“ Spalt ebenfalls Elektronen geflogen sind. Da aber die Photonen voneinander nichts „wissen“ können (dies erreichten wir durch unseren extrem stark „verdünnten“ Lichtstrahl), so gibt es eine - und wirklich nur eine einzige!! - logisch sinnvolle Deutung dieser Tatsache: Das Material der Blende - respektive dessen Atome - „merkt/merken“ sich, was passiert war. Durchquert also ein Photon den „rechten“ Spalt, so bleibt über diesen Vorgang eine bestimmte Information darüber erhalten, in welcher Weise dieses Durchqueren erfolgte. Aus der Sicht der Photonen gibt es eben keinen starren makroskopischen Körper, sondern eine - uns zur Zeit noch ganz und gar unzugängliche - sich in schneller und steter, aber nicht völlig chaotischer Bewegung befindliche „Welt“. Von Wechselwirkung und Bewegung war mehrfach die Rede. Und bei Durchquerung des Quantenobjektes eines der Spalte, erfährt nicht nur unser „eigentliches“ Versuchsobjekt eine Veränderung, sondern das „Versuchsinstrument“ (die Blende) ebenfalls - es handelt sich eben wirklich um eine Wechsel-Wirkung!

Den Einwand, dass dies alles physikalischer Unsinn ist, kann ich nicht gelten lassen. Denn erstens stelle ich keine konkreten physikalischen Hypothesen auf, sondern befasse mich „nur“ mit logisch sinnvollen Denkansätzen, welche vielleicht irgendwann irgendwie physikalisch untersetzt werden können, indem sie mit völlig anderen Fragestellungen einhergehen. Und zweitens müssten wir konsequenterweise dagegenhalten, dass die anerkannte(n), und für diskussionswürdig befundene(n), Interpretation(en) der gleichen Sachverhalte logischer und physikalischer Unsinn ist, denn die bekannten Formalismen der Quantenmechanik beschreiben quantitative Relationen, aber erklären können sie nichts; und der Dynamik des mikroskopischen Geschehens werden sie auch nicht gerecht, weil - von Bewegung und Dynamik gar keine Rede mehr ist. Diese Überlegungen wären dann Unfug, wenn es jene Dynamik überhaupt nicht gäbe.

Wellen haben etwas mit Schwingungen zu tun. Damit befasste sich der Text „Teilchen oder Welle?“. „Oszillatoren“ werden schwingende Systeme genannt.

- **Besteht das Licht aus Teilchen oder oder handelt es sich um einer Wellenerscheinung?**
- **Ist das Photon ein System oder ein Prozess?**

Die erste Frage brachte die Physiker in arge Bedrängnis. Wir setzten die zweite Frage dagegen. Und diese Frage zu beantworten, sind wir jetzt imstande, wenn wir einstweilen uns mit einer qualitativen Antwort uns begnügen.

- **Das Photon ist ein System.**

Es laufen darin Prozesse ab, die notwendigerweise zyklische Prozesse sein müssen. Ein Photon ist ein komplexes dynamisches System mit zyklischen Prozessen: ein Oszillator eben. Unter bestimmten Bedingungen zeigt die dynamische Struktur eines Teilchens (etwas allgemeiner formuliert) uns Verhaltensweisen, welche sich mit makroskopischen Eigenschaften beschreiben lassen: Masse und elektrische Ladung beispielsweise (unter Beachtung, dass Quanten „ruhemasselos“ sind; für uns ein triftiger Grund, uns mit dem Massebegriff zu beschäftigen.).

Ein sich frei im Raum bewegendes Teilchen ist durch die Angaben weiterer Parameter, die Raumkoordinaten und die Geschwindigkeitskomponenten, eindeutig bestimmt. (Photonen bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit und zwar, so will es die Spezielle Relativitätstheorie, relativ zu **allen Bezugskörpern** mit eben jener „konstanten Grenzgeschwindigkeit“.) Die konkrete dynamische Struktur eines Teilchens wird abgebildet in ganz bestimmten nach außen in Erscheinung tretenden Eigenschaften, wenn wir seine Bewegung im Raum beschreiben. Hier verhält sich das Photon wie ein Teilchen, wenn wir ein solches Teilchen mit dem identifizieren, wie wir es weiter oben kennzeichnen konnten.

Was aber passiert, treten Oszillatoren mit anderen schwingenden oder schwingungsfähigen Systemen in Wechselwirkung? - Auch das wissen wir: Es findet

ein Energieaustausch bzw. -transport statt. Alle schwingenden Systeme nehmen teil an einer zusammenhängenden Bewegung. Und diese Bewegungsformen haben - man wird es kaum für möglich halten - bereits einen Namen: Sie werden „Wellen“ genannt.

Es ist schwierig, korrekte Aussagen darüber zu treffen, wie die zyklischen Prozesse in einem Elektron oder anderem „Elementar“-„Teilchen“ vonstatten gehen. Solange wir den Bewegungsbegriff nicht wirklich in den Griff bekommen, haben wir es noch schwerer, Aussagen über zyklische Bewegungen im mikroskopischen Bereich zu treffen. Diese Schwierigkeiten sollen uns jedoch nicht davon abhalten, logisch sinnvolle Aussagen zu formulieren, darauf vertrauend, dass sie vielleicht künftig in physikalischen Aussagen ihren konkreten Niederschlag finden werden.

Wie stehen unsere bisherigen Überlegungen im Zusammenhang zur Kopenhagener Deutung quantenmechanischer Erscheinungen? - Diesen Zusammenhang herzustellen ist gar nicht so schwer. Dazu erinnern wir uns noch einmal an das Doppelspaltexperiment, welches wir sehr ausführlich bereits analysierten. Die traditionelle Physik betrachtet abstrakte idealisierte Objekte: Teilchen und Wellen. Wir versuchen uns im Konkreten.

Hier berühre ich die Problematik der, so will ich dies einmal nennen, „materialisierten Abstraktionen“ oder Hypostasierungen. (s. **Der Pygmalion-Effekt**) Dies wird beim Wellenbegriff in voller Deutlichkeit klar. Denn dieser Begriff befasst sich - ursprünglich - mit Prozessen, die sich in ein ganz bestimmtes Muster einordnen ließen:

„Wellen sind Prozesse, ...“

All die mit dem Wellenbegriff verbundenen Erscheinungen können wir mit einem einheitlichen Denkmodell beschreiben, welches sich durch Abstraktion konkreter Erscheinungen gewinnen lässt. Der Wellenbegriff sieht ab von der ganzen konkreten Vielfalt der konkret vorhandenen Erscheinungen. Jetzt wird vergessen, dass es sich bei Wellen in erster Linie um Prozesse handelt, sondern diese Prozesse selbst werden in letzter Lesart zu eigenständigen Objekten. Doch dieser Schritt wurde erst mit der Abschaffung des Äthers wirklich vollzogen, denn die ursprüngliche Ätherhypothese war in diesem Sinne durchaus als korrekt anzusehen; sie vertrug sich angeblich „nur“ nicht mit den Tatsachen und wurde damit fallengelassen. Die moderne Physik aber verwandelt die Wellen (Prozesse) endgültig zu Objekten (Systemen) mit recht widersprüchlichen Eigenschaften, die den einstigen Widersprüchlichkeiten des Äthers in nichts nachstehen und diese eher übertrumpfen.

Das Teilchenmodell kommt mit acht Parametern aus: die drei Raumkoordinaten und die drei Geschwindigkeitskomponenten, wobei Masse und Ladung (bei der Gravitation sind Masse und Ladung identisch) das dynamische Verhalten „im Raum“ bestimmen (klassische Mechanik). Und sind die Anfangswerte - die Raum- und Bewegungsgrößen - bekannt, so bestimmen diese das Geschehen im Sinne des klassischen Determinismus der klassischen Mechanik. Nur dürfen wir davon ausgehen, dass die Anfangswerte im mikroskopischen Sinne nicht mit den dürftigen Bestimmungen des Massepunkt-Modells hinreichend gekennzeichnet sind. Das alles spielt im Teilprozess Pr. 2 überhaupt keine Rolle; jedoch wird bei der Wechselwirkung des Photons im Spalt mit Sicherheit die konkrete Weise, wie dies geschieht, von genau jenen Anfangswerten im Prozess Pr. 1 bestimmt. Und da man davon ausgehen kann, dass die „Phasenlage“ im Prozess Pr. 1 im allgemeinen mit der „Phasenlage“ des Prozesses Pr. 3 nicht starr gekoppelt ist, dürften die Auswirkungen nach dem Passieren des Spaltes sich darin äußern, dass sich bezüglich des Aufenthaltes des Elektrons nur bestimmte Wahrscheinlichkeiten angeben lassen. Die „komplexen Anfangsbedingungen“ bei der Aussendung des Elektrons spielen während des Prozesses Pr. 2 (klassische Flugbahn) nicht die geringste Rolle, sie bestimmen jedoch unübersehbar das Verhalten während des Passierens des Spaltes.

Aber auch im makroskopischen Sinne erfährt das Elektron eine wesentliche Beeinflussung, da jetzt die Anfangsbedingungen, die Raumkoordinaten und Geschwindigkeitskomponenten, hinter dem Spalt die relevanten Größen sind; und die Anfangswerte im Prozess Pr. 1 bestimmen jetzt nur noch indirekt das Geschehen im Prozess Pr. 4, der wieder eine klassische Bahn repräsentiert. Wichtig ist:

1. Das Photon hat immer einen bestimmten Aufenthaltsort, wenngleich dieser Aufenthaltsort nicht in allen Fällen durch die unzureichenden klassisch-mechanischen Parameter ausreichend spezifiziert ist. (Der traditionelle Ortsbegriff als solcher bedarf einer grundsätzlichen Klärung, nicht nur innerhalb der Quantenphysik.)
2. Es darf nicht der Trugschluss folgen, dass das indeterministische Verhalten nur eine Folge unserer Unkenntnis der komplexen Anfangsbedingungen ist.
3. Der „Welle-Teilchen-Dualismus“ resultiert aus der Nichtanwendbarkeit des klassischen Massepunktmodells auf die Prozesse Pr. 1 und Pr. 3, bei denen die wahre Natur des Photons (oder sonstiger Mikroobjekte) als komplexe dynamische Struktur (als Oszillator) zum Tragen kommt.
4. Die Formalismen der Quantenmechanik sehen von der Dynamik jener Objekte ab, die sie beschreiben sollen und ersetzen sie durch statische Systeme bzw. quasistatische Modelle.

Auch hierzu sollten einige ergänzende Anmerkungen die Angelegenheit präzisieren:

Zu 1. Angesprochen ist hier jene Tatsache, dass die gängige Deutung der Quantenmechanik genau diesen Sachverhalt bestreitet und man damit zu logisch nicht ganz sauberen Schlüssen gezwungen wird. Der tatsächliche Aufenthaltsort eines Photons während des Durchquerens des Spaltes und hinter dem Spalt wird durch eine „verschmierte“ Wahrscheinlichkeitsverteilung beschrieben, bei der das Objekt beide Spalte gewissermaßen gleichzeitig passiert. Ich hingegen behaupte: Sicherlich ist es richtig, dass der Aufenthaltsort sich als eine Wahrscheinlichkeitsverteilung beschreiben lässt, wie wir sie bei einer großen Anzahl von Teilchen beobachten, aber diese Verteilung gilt - wie schon bei der statistischen Mechanik - nur für eine statistische Gesamtheit von Objekten. (vgl. Aussagen im vorigen Textabschnitt.) Diese Annahme ist aber nur dann möglich, wenn wir die Versuchsobjekte (die Photonen in unserem Beispiel) und das Versuchsinstrument (hier die Blende mit den beiden Spalten) als dynamische Einheit betrachten, wobei beide sich in gegenseitiger Beziehung eben auch gegenseitig verändern (nichts anderes gilt für gewöhnliche Wellen in ihrem Medium auch). Makroskopisch sichtbar aber sind nur die Beugungsmuster auf dem Schirm und nicht die mikroskopischen Prozesse bei der Wechselwirkung des Teilchens mit dem Spalt, welcher hier keine kompakte makroskopische Einrichtung ist. Da aber letztere Prozesse nicht direkt erkennbar sind, dürfen wir umgekehrt aus den beobachteten Erscheinungen auf dem Schirm den hier logisch zulässigen indirekten Schluss ziehen, dass es jene Prozesse wirklich gibt, und dass diese Prozesse wesentlich den Verlauf unseres Doppelspalt-Experimentes bestimmen. Interpretieren wir dieses Experiment auf unsere Weise - ungeachtet der Tatsache, dass wir keine konkreten physikalischen und mathematischen Modelle vorweisen können - so lösen sich alle logischen Schwierigkeiten auf; und es bedarf keiner an den Haaren herbeigezogenen „Kollabierung der Wellenfunktion“ mehr. Der „Wellencharakter“ manifestiert sich nicht **hinter** dem Spalt, sondern **in** demselben!

Zu 2. Das Aussenden eines Teilchens ist im Sinne der makroskopischen Beschreibung weitgehend reproduzierbar; und der unvermeidbare Fehler wirkt sich, treten keine weiteren Wechselwirkungen auf, als konstanter relativer Fehler und linear wachsender absoluter Fehler in Erscheinung. Unser Doppelspalt-Experiment bietet aber recht komplizierte Abhängigkeiten genau bei der Wechselwirkung des Teilchens mit der Materie des Spaltes.

Zu 3. Die Problematik „Welle oder Teilchen“ ist eines der Probleme der unzulässigen Vereinfachungen. Entweder es gibt „Teilchen“ (oder „Systeme von Teilchen“) in klassisch-mechanischen Sinne, welche durch Eigenschaften (Masse, Ladungen) und kinematische Anfangswerte beschreibbar sind, oder wir haben es mit Wellen zu tun. Und Wellen sind kontinuierlich im Raum sich ausbreitende Phänomene (mit einem materiellen oder ohne ein materielles Substrat). Wir aber gelangten zur Ansicht: Es gibt weder die reinen „Punkte“ noch die mathematisch exakten Kontinua. Beide Modelle sind Grenzmodelle für ganz bestimmte Bedingungen. Den Massepunkt beschrieben wir als Modell, welches unter bestimmten Bedingungen zu richtigen Folgerungen führen konnte (diese Bedingungen wiederhole ich nicht noch einmal). Die Welle als die Ausbreitung von Schwingungen in einem Kontinuum reduzierten wir auf die Wechselwirkung „unendlich“ vieler kleiner „ortsfester“ Oszillatoren untereinander, welche sich - sind letztere nur klein genug und in ausreichender Anzahl vorhanden - als Pseudo-Kontinuum durch ein mathematisches Kontinuum näherungsweise abbilden lassen. Die „wahre Welt“ besteht weder aus „reinen Teilchen“ noch aus „reinen Kontinua“. (Die Problematik des Raum-Kontinuums sowie die der Kraft-Felder wäre auch noch ein wichtiges Thema.) Die Vereinfachungen der genannten Modelle führen unter Bedingungen des Doppelspalt-Experimentes zu unüberwindlichen Schwierigkeiten und letztendlich zu logisch fragwürdigen Interpretationen.

Zu 4. Irgendwie sind die Formalismen der Quantenmechanik von den Idealisierungen geprägt, die ich soeben in 3. nannte. Wenngleich man weiß, dass sich die Elektronen im Atom „irgendwie“ bewegen, und das ursprüngliche **Rutherford'sche** Atommodell diese Bewegung den Bahnen der Planeten um die Sonne nachzuempfinden versuchte, so schien die Bewegung nur als ein etwas unwichtiger Nebeneffekt betrachtet zu werden. Nicht über die Bewegung als solche machte man sich übermäßig Gedanken, sondern darüber, warum diese Bewegung sich nicht mit den klassischen Mitteln beschreiben ließ. Da letzteres der Fall war, kam man zu dem Schluss, dass es im Bereich der Atome usw. überhaupt keine mechanische Bewegung im klassischen Sinne gäbe. Dort war alles viel anders. - Es war schon anders. Nur kann man annehmen, dass es

sich bei dem Anderssein „lediglich“ um eine quantitative Kluft zwischen beiden Bereichen handelte. Aus der Bewegung wurde im Rahmen der Quantenmechanik eine diffuse Aufenthaltswahrscheinlichkeit, die sich mit allem befasste, nur nicht damit, dass man es ursprünglich mit Bewegung zu tun hatte, eine Bewegung, die an unseren Maßstäben gemessen, unermesslich schnell sein muss. Die Elektronenbewegung im Atom war zur Welle und Wahrscheinlichkeitsfunktion erstarrt, wobei der Bewegungsbegriff zur ungreifbaren „transzendenten Abstraktion“ gefror. Das alles noch unübersichtlicher wurde durch die Tatsache, dass die Gesetze der klassischen Mechanik als Grenzfall in der Quantenphysik enthalten sein mussten (Korrespondenzprinzip). Dieser Grenzübergang aber ist formal an die **Plancksche** Konstante geknüpft und nicht an die Dynamik der Objekte selbst, aus der man eigentlich die **Plancksche** Konstante ableiten müsste - wären die Zusammenhänge wirklich bekannt.

Eine weitere Inkarnation dieser Ungereimtheiten ist das Bestehen von formalen Beziehungen, die an die klassische Mechanik angebunden sind. Alle bekannten Sätze der **Newton** schen Mechanik finden ihr Gegenstück in den Gesetzen der Quantenmechanik. So gilt der Energiesatz auch hier - nur nicht mehr in seiner ursprünglichen Strenge. Auch gibt es formale Grenzen, welche die Genauigkeit von Angaben einschränken. Die **Heisenberg** sche Unschärfebeziehung schränkt z. B. die exakte Bestimmbarkeit von Ort (Koordinaten) und Impuls (Produkt aus Geschwindigkeit und Masse) in der Weise ein, dass mit der genauen Angabe der einen Größe, die dazu „komplementäre“ Größe immer unbestimmter wird. All diese Beziehungen gelten als empirisch nahegelegte Ad-hoc-Annahmen, die zu Postulaten wurden und nicht aus der Dynamik der Objekte selbst resultierten. Insofern wollen wir die Quantenmechanik als ein statisches Abbild der dynamischen Verhältnisse im Quantenbereich betrachten. (Solches formulierte ich bereits, und man beachte abermals: Der „naive“ Begriff der Bewegung kommt in der Quantenphysik überhaupt nicht mehr vor.)

Folgende Aussagen seien wiederholt und hervorgehoben: Bei der Wechselwirkung mit Systemen auf ihrer Ebene versagt das klassische Massepunktmodell auf ganzer Linie. Unter bestimmten Bedingungen (z. B. unter den Bedingungen des Doppelspaltversuches) treten uns Erscheinungen gegenüber, die sich näherungsweise mit einem Wellenmodell beschreiben lassen. Dieser Wellenaspekt kommt zur Geltung, während sich unser Elektron in Wechselwirkung mit Materie befindet (z. B. im Spalt) und nicht erst hinter dem Spalt, wie das traditionelle Wellenbild es fordert. Damit entgehen wir einer Reihe logischer Inkonsequenzen, müssen aber einstweilen in Kauf nehmen, noch keine quantitativen Aussagen gewinnen zu können.

Das Wellenbild der Quantenmechanik ist ein transformiertes Modell, welches die Dynamik der Objekte in ein statisches Bild überträgt. Diese Abbildung von Dynamik auf statische Bilder ist kennzeichnend für die Physik überhaupt.

Folgende Analogie ist zumindest denkbar: Die Fourierkoeffizienten (statische Parameter) bilden das statische Abbild periodischer Schwingungen (Dynamik). Die Schwingung selbst wird durch eine zeitabhängige Funktion beschrieben. Auch die klassische (phänomenologische) Wärmelehre darf als statisches Abbild der Dynamik (Stichwort: „Statistische Mechanik“) der Atome und Moleküle betrachtet werden.

Wie wir sehen, verfangen wir uns nicht in logische Fußangeln, gehen wir auf die gerade gezeigte Art die Interpretation des Doppelspaltexperimentes an. Nochmals sei betont: Ich habe keine physikalische Erklärung für das Phänomen parat. Jedoch könnte die logisch einwandfreie Darstellung den Weg weisen in die Richtung, in die unsere weiteren Überlegungen gehen sollten. Jede physikalische Hypothese muss sich lückenlos in den logischen Gesamt-Rahmen einfügen, ansonsten ist sie falsch, auch dann, bildet sie als quantitatives Modell „innerhalb ihres Geltungsbereiches“ einige quantitativen Relationen richtig ab. Eine derartige Hypothese ist nicht nur „ein bisschen falsch“, sondern ganz und gar, sprechen wir ihren qualitativen Erkenntniswert an. (Für den Pragmatiker sind diese Aussagen, wie wir wissen, ganz und gar uninteressant. Die Physiker scheinen allesamt Pragmatiker zu sein.)

Wenn aber unsere bisherigen Überlegungen - wenigstens vom grundlegenden Gehalt her - nicht vollkommen falsch sein sollten, dann haben wir keine Wahl: Wir müssen uns von den elektromagnetischen Wellen im bisherigen Sinne als den Raum ausfüllende autarke Kontinuums-Strukturen verabschieden. So schwer es auch fallen mag. Auf den Punkt gebracht:

Das Doppelspaltexperiment - gewissermaßen als **experimentum crucis verstanden - beweist in seiner Ganzheit (unter Beachtung aller Gesichtspunkte) eindeutig, dass es die von der Materie unabhängigen Felder etc. **nicht** gibt und dass die bekannten atomaren und subatomaren Objekte komplexe dynamische Systeme sind.**

Zwei weitere Hinweise für diese Sachlage sind uns bereits einigermaßen bekannt. Es läuft darauf hinaus, zu entscheiden, welche empirischen Befunde fundamentaler sind: die historisch älteren aber indirekten (klassische Feldtheorie) oder die in ihrer Aussagekraft direkteren und eindeutigeren Quantenexperimente. Fassen wir also das komplette Doppelspaltexperiment (Prozess 1 bis Prozess 5) als experimentum crucis auf, allerdings nicht im Sinne der Entscheidung, ob irgendeine Erscheinung eine Welle „ist“ oder auch nicht, sondern als einen „Wink mit dem Zaunpfahl“, sich mit den Grundlagen der Physik zu befassen, weil eben „irgendetwas nicht mehr stimmt“. Das Doppelspaltexperiment erbringt den eindeutigen und nicht widerlegbaren Beweis dafür, dass es die „sich im Raum ausbreitenden“ Wellen ohne Substrat nicht gibt und dass alle Elementarteilchen, die Quanten eingeschlossen, eine (dynamische) Struktur besitzen. Wir haben zwischen zwei Alternativen zu wählen:

1. Das Doppelspaltexperiment beweist die Unzulänglichkeit unseres „naiven“ Denkens. Die Natur verhält sich nun einmal so „verrückt“, dass unser Verstand grundsätzlich überfordert ist.
2. Das Doppelspaltexperiment beweist, dass unser gehegtes und gepflegtes wissenschaftliche Weltbild grundsätzliche Lücken und Fehleinschätzungen aufweist, welche irgendwie historisch, gesellschaftlich, kulturell und psychologisch bedingt sind.

Die erste Variante hat die etablierte Wissenschaft gewählt, weil sie die einzige Möglichkeit bietet, die Entwicklung der Physik der letzten 400 Jahre, nicht prinzipiell in Frage zu stellen. Jeder Physiker „muss“ diese Einsicht teilen, da ansonsten „eine Welt“ zusammenbricht. Ein einigermaßen unvoreingenommener außenstehender Beobachter (der allerdings auch nichts zu verlieren hat) könnte der zweiten Möglichkeit vielleicht geneigter sein. Allerdings muss man schon sagen, dass jene Wahl - objektiv - eine bescheidenere Einstellung beinhaltet.

Mit diesem Beitrag habe ich mich „mitten in die Physik“ begeben. Dabei ist sicherlich nicht zu übersehen, dass einige Zusammenhänge auftauchten, die es erforderlich machen sollten, sich tiefgründiger mit der Basis der Physik zu beschäftigen. Die Widersprüche der Quantenphysik beispielsweise sind deshalb unüberwindlich, weil man sich immer bemühte, neue Fakten im Rahmen „unumstößlicher Erkenntnisse“ interpretieren zu wollen. In den weiteren Ausbau dieser Web-Seiten werde ich „ganz von vorn“ beginnen.

Wellen	Teilchen	Prozesse
------------------------	--------------------------	--------------------------

[\[Home\]](#) [\[Seitenanfang\]](#)

