

PHYSIKERRUNDBRIEF 6 (2002)

7. Februar 2002

Editorial

Wie Sie sehen, kommt diese Ausgabe erst nach den Arbeitstagen — erst Alec Schae-
rers Frage nach dem Kraftbegriff hat genügend Material für eine neue Ausgabe zusam-
mengebracht. Die Sache mit der quantenmechanischen Wurfparabel habe ich dagegen
sein gelassen, mir schien das Thema inzwischen zu fern, um noch interessant zu sein.
Es gäbe dazu noch Material aus einer numerischen Simulation, aber es wäre an den
Lesern, meiner Vermutung, dass das niemanden mehr besonders interessiert, zu wi-
dersprechen. Verschiedene Beiträge schliessen direkt an die Arbeitstage an. Ich selber
habe versucht, explizit auf Alec Schaeerer zu antworten; das Schreiben des Textes hat
zwar den Rundbrief verzögert, aber andererseits dadurch möglich gemacht, dass der
Beitrag Georg Sonders noch mit aufgenommen wird. Ohne die Frage nach der Wirkung
zu den Akten legen zu können (oder zu wollen) nehme ich dankbar seine Anregung
auf, über einen anderen wichtigen Begriff der Physik zu korrespondieren.

Ausdrücklich hinweisen möchte ich wie üblich auf unsere Präsenz im Internet, die
Sie alle möglichst bekannt machen mögen¹. Dort finden sich nicht nur alle bisher er-
schienenen Ausgaben des Rundbriefs zum Herunterladen (Als PDF-Dateien), sondern
auch die jeweils neueste Version der “Hinweise für Autoren” mit der Bitte, diese ggf.
zu studieren — dort finden sich einige Hinweise, deren Beachtung die Herstellung
des Rundbriefs erheblich erleichtern würde. Für die vorliegende Ausgabe habe ich
endlich “Perl” gelernt und kann inzwischen recht schön und weitgehend automatisch
den HTML-Code, in den sich Word-Texte exportieren lassen, in Latex-Code umwan-
deln. . .

Die Adressenliste am Ende der Rundbriefe ist mit dieser Art Verbreitung vielleicht
obsolet, sicher jedoch nicht mehr vollständig — mit dem PDF-File erreicht sie aus-
serdem die Email-Empfängerliste. Falls sie dennoch weitere Postadressen oder Print-
Exemplare benötigen, lassen Sie es mich wissen. Teilen Sie mir bitte auch weitere
Interessenten mit.

Jeder Rundbrief im Papierformat kostet die Sektion etwa 7-8 CHF an Kopier- und
Versandkosten. Folgende Bankverbindungen bestehen: Raiffeisenbank St. Gallen, zu-
gunsten der Allg. Anthr. Gesellschaft, Konto 90-970-5, bzw. GLS Gemeinschaftsbank
Bochum (BLZ 430 609 67), Konto 988 100 (Allg. Anthr. Gesellschaft). In beiden
Fällen bitte unbedingt als **Verwendungszweck “Kostenstelle 60445/1129”** angeben!
Herzlichen Gruss

Ihr Florian Theilmann

¹Unsere URL ist <http://goetheanum.ch/sektion/nws/projekte.html>

Inhaltsverzeichnis

Die Stoffmenge als phänomenologische Größe	2
Einführung in die Problematik	2
Die Stoffmenge als physikalische Größe	3
Die Stoffmenge als extensives Maß der Materiewirkungen	4
Die Quantisierung der Stoffmenge, Atome als Phänomene	6
Das Licht - Urphänomen der Erscheinung des Raumes?	9
Die Grenzen einer mechanistischen Lichttheorie.	9
Licht und Raum.	12
Licht und Elektronen	13
Kosmischer Magnetismus	14
Zur Frage der Begriffe von ‘Kraft’ und ‘Gesetz’ in der Physik und Chemie — erläutert am Beispiel der Fragestellung nach ‘Prozessualität’	16
Gedanken-Urphänomene in der Modellphysik?	25
Zur Definition der Kraft	26
Universelles Weltverstehen und was mir ein Märchen zu diesem Thema zu denken gibt	29
Adressenliste	33

Die Stoffmenge als phänomenologische Größe

VON FRIEDRICH WILHELM DUSTMANN

Einführung in die Problematik

In der herkömmlichen Physik wird die Materie als etwas betrachtet, das den beobachtbaren Phänomenen zugrunde liegt, selbst aber eigentlich nicht unmittelbar beobachtbar ist. Die Phänomene treten nach dieser Sichtweise an der Materie auf, ohne dass die Materie selbst als Phänomen erscheint. In einer Wissenschaft, die sich an den strengen erkenntnistheoretischen Grundsetzen von Goethe orientiert, kann ein solcher Materiebegriff keinen Platz haben. Wir müssen uns deshalb die Frage stellen, in welchem Sinne Materie als Phänomen in Erscheinung tritt. Es gibt sicher nicht ein einzelnes Materiephänomen, sondern einen Phänomenkomplex, der in seinem Erscheinungszusammenhang als Materie bezeichnet wird. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit seien hier drei Aspekte dieses Komplexes genannt:

- Materie hat Ausdehnung, d. h. sie nimmt einen Raum ein und verdrängt aus diesem andere Materie. Dabei treten Druckwirkungen auf.
- Materie behindert oder modifiziert durch Brechung, Absorption und Reflexion die Sichtverbindung zwischen zwei Punkten des Raumes.
- Materie speichert und leitet Wärme.

Tatsächlich treten die hier genannten Aspekte im Zusammenhang auf, wobei die Materiewirkungen unterschiedliche Heftigkeit zeigen können. Um diese Heftigkeit geht es vor allem im vorliegenden Aufsatz. Wir können sie als Maß für die Menge des vorhandenen Stoffes betrachten. Jeder der in Frage stehenden Aspekte kann zudem unterschiedlich ausgeprägt sein, was sich z. B. in unterschiedlichen Brechungsindizes, Reflexionskoeffizienten, spezifischen Wärmen usw. bemerkbar macht. Die spezifische Kombination aller dieser Größen macht das Charakteristische des jeweiligen Stoffes aus.

Die Stoffmenge als physikalische Größe

Auf den ersten Blick scheint es klar zu sein, dass man die Menge eines Stoffes durch Wägung bestimmt. Man muss sich jedoch die Frage stellen, ob die Masse wirklich in jedem Fall eine angemessene Größe zur Erfassung der Stoffmenge ist. Dem Begriffe nach ist die Masse eine mechanische Größe, die die Trägheit und Schwere eines Körpers charakterisiert. Es ist deshalb nicht zu erwarten, dass sie eine über die Mechanik hinausgehende Bedeutung für das Phänomen Materie hat, obwohl dies natürlich auch nicht von vornherein ausgeschlossen ist. Wie eine Mengenangabe definiert wird, hängt entscheidend vom Kontext ab, in dem sie auftritt. Wenn man z.B. verschiedene Energieträger vergleichen will, so ist es ziemlich gleichgültig, welches Gewicht sie haben, es sei denn, man muss sie transportieren. Die für Energieträger relevante Mengenangabe ist die Energie, die man aus dem vorhandenen Stoff gewinnen kann. Deshalb gibt man die Menge eines Energieträgers oft in *Tonnen Steinkohleneinheiten* an, d. h. man vergleicht die vorhandene Menge mit einer *gleichwertigen* Menge Steinkohle. Will man Sprengstoffe vergleichen, so kommt es auch nicht auf das Gewicht an, sondern auf die Sprengkraft. Man gibt sie in *Tonnen TNT* an und will damit zum Ausdruck bringen, dass der vorliegende Sprengstoff eine ebenso große Sprengwirkung wie soundsoviel Tonnen TNT hat. Ein Mengenvergleich ist nicht a priori gegeben, sondern hat stets einen Bezug zu einer irgendwie gearteten Operation, wie der des Wägens, der Energieerzeugung, der Sprengwirkung usw.

Bei chemischen Reaktionen spielen Stoffmengen eine entscheidende Rolle, wobei allerdings die Masse eher ungeeignet ist diese Rolle zufriedenstellend darzustellen. Deshalb ist in diesem Kontext auch eine von der Masse unterschiedene Größe als Stoffmenge eingeführt worden, die den Mengenverhältnissen bei Stoffumsetzungen besser entspricht. Die Grundidee besteht darin, dass man zwei verschiedene Stoffe, die miteinander reagieren, als mengengleich betrachtet, wenn nach der vollständigen Reaktion von keinem der beiden Stoffe etwas übrig bleibt. Allerdings muss diese Definition noch etwas modifiziert werden, da man sonst nicht zu eindeutigen Festlegungen gelangt. Bei der Verbindung von Kohlestoff und Sauerstoff z. B. kann Kohlenmonoxid oder Kohlendioxid entstehen. Im zweiten Fall wird doppelt so viel Sauerstoff benötigt wie im ersten Fall. Verbindet man eine Mengeneinheit Kohlenstoff mit Sauerstoff, so wäre nach der obengenannten Definition die verbrauchte Sauerstoffmenge in jedem Fall eine Mengeneinheit, egal ob man Kohlenmonoxid oder -dioxid gewinnt. Untersucht man jedoch das Volumen oder die Masse des verbrauchten Gases, so stellt man fest, dass diese Größen im Fall des Kohlendioxids doppelt so groß sind wie im Fall des Kohlenmonoxids. Man hat also bei den Reaktionen nicht nur konstante Massen- oder Volumenverhältnisse, sondern auch Vielfache dieser Verhältnisse mit kleinen ganzen Zahlen. Zur Erzielung der Eindeutigkeit muss man diese Vielfachen bei der quantitativen Bestimmung gewissermaßen ausschließen bzw. nachträglich in Rechnung stellen,

wenn man z. B. sieht, dass das Reaktionsprodukt Kohlendioxid ist, indem man dann die verbrauchte Stoffmenge des Sauerstoffes gleich 2 Mengeneinheiten setzt.

Man kann nach wie vor die Waage zur Mengenbestimmung benutzen, führt aber eine neue Gleichheitsrelation ein. Gleiche Masse bedeutet also bei verschiedenen Stoffen in der Regel nicht gleiche Menge. Streng genommen müsste man die zu vergleichenden Stoffmengen miteinander reagieren lassen um zu testen ob sie gleich groß sind. Dann sind die Stoffe aber nicht mehr verfügbar. Deshalb nutzt man die Tatsache aus, dass bei ein und demselben Stoff die Stoffmengen stets gleich sind, wenn die Massen gleich sind.

Nachdem die Gleichheitsrelation festgelegt ist, müssen wir eine Einheit definieren. Dies ist natürlich eine willkürliche Festlegung, die im Übrigen zu verschiedenen Zeiten etwas unterschiedlich vorgenommen wurde. Man bezeichnet diese Einheit als 1 mol. Wenn für einen Stoff festgelegt wird, was ein Mol ist, so ist das hinreichend um die Stoffmengen aller anderen Stoffe zu bestimmen. Heute geschieht das dadurch, dass man für das Kohlestoffisotop C^{12} die Menge von 12 g als 1 mol definiert. Die Vielfachheit schließlich kann direkt von der Massenvielfachheit übernommen werden. Ist die Masse eines Stoffes das 2-, 3- oder 4-fache der Masse eines Moles, so beträgt auch die Stoffmenge 2, 3 oder 4 mol.

Die Stoffmenge als extensives Maß der Materiewirkungen

Nachdem die Stoffmenge als eigenständige Größe erkannt war, stellte man bald fest, dass sie offenbar nicht nur im Bereich der chemischen Umsetzungen eine Rolle spielt, sondern auch in anderen Bereichen. So gilt für hinreichend verdünnte Gase, die in ein Gefäß des Volumens V eingesperrt sind, *unabhängig vom jeweiligen Stoff* das ideale Gasgesetz

$$pV = \nu RT, \quad (1)$$

worin ν die Stoffmenge und R eine universelle Konstante ist. Offenbar ist die Druckwirkung des Gases proportional zur vorhandenen Stoffmenge.

Dulong und Petit erkannten 1818, dass die Wärmekapazitäten vieler fester Stoffe ungefähr gleich $3\nu R$ sind, worin R die Gaskonstante ist. Diese Entdeckung weist bereits darauf hin, dass R eine universellere Bedeutung haben muss als nur die der Gaskonstante beim idealen Gasgesetz. Insbesondere bei tieferen Temperaturen zeigen sich allerdings bei allen Stoffen erhebliche Abweichungen von der Dulong-Petit'schen Regel. Ähnliche Erscheinungen werden wir auch bei der Behandlung spezifischen Wärme der Gase kennen lernen (s. u.). Auch hier beobachten wir also die Abhängigkeit der Speicherfähigkeit für Wärme von der Menge des vorhandenen Stoffes.

Auch beim Faraday'schen Gesetz der Elektrolyse zeigt sich, dass die elektrische Ladung proportional zur Stoffmenge ist, wobei die Proportionalitätskonstante wiederum universell, d. h. unabhängig vom jeweiligen Stoff ist. Die Liste ließe sich noch verlängern. Wir sehen also, dass es eine Reihe von Phänomenen gibt, die sich dadurch auszeichnen, dass sie in gewissem Sinne nicht stoffspezifisch sind. Eine scheinbare Abhängigkeit von der Stofflichkeit kommt nur dadurch zustande, dass man die relevanten Größen auf andere spezifische Größen bezieht, wie z. B. die Wärmekapazität auf die Masse, die sicher stoffspezifisch ist. Bei der spezifischen Wärme der Festkörper ist also der asymptotische Wert $3\nu R$ unabhängig vom Stoff, der Anstieg vom Wert 0 auf den Grenzwert ist allerdings je nach Stoff unterschiedlich.

Auf Grund der Definition ist klar, dass die Stoffmenge ν nur positive Werte annehmen kann. Bei genauerem Hinschauen stellt man jedoch fest, dass *unter bestimmten Umständen*, die noch genauer zu ermitteln sind, ν nicht jeden positiven Wert annimmt, sondern ähnlich wie die Ladung gequantelt ist, also ein ganzzahliges Vielfaches einer Elementarmenge τ ist. Diese Größe ist extrem klein, nämlich $1,66 \cdot 10^{-24}$ mol. Unter diesen Umständen ist also

$$\nu = N\tau, \quad (2)$$

worin N eine natürliche Zahl ist. Es ist heute eine weit verbreitete Meinung, dass (2) *unter allen Umständen* mit N als natürlicher Zahl gilt. Dies ist aber eine bloße Unterstellung, die empirisch nicht zu verifizieren ist, da „Messungen“ der Zahl N stets auf besondere Zustände der Materie beschränkt sind und von diesen ausgehend verallgemeinert werden. Trotz dieser Unsicherheit ist diese Tatsache die empirische Grundlage des sogenannten Atomismus, also der Vorstellung, dass alle Materie aus Molekülen und Atomen aufgebaut ist. Man bezeichnet in diesem Zusammenhang N als Teilchenzahl und interpretiert dies je nach Situation als Zahl der Moleküle, Atome oder Elementarteilchen.

Die Vorstellung, dass N die Zahl der Atome oder Moleküle bedeutet, führt uns auf die nahe liegende Frage, ob N bzw. ν eine Erhaltungsgröße ist. Diese Frage muss heute eindeutig mit nein beantwortet werden. In einem von undurchlässigen Wänden eingeschlossenen Gas (z. B. Sauerstoff) tritt nämlich bei Überschreiten einer Schwelentemperatur T_D von einigen Hundert Kelvin eine sogenannte Dissoziation ein. Das Wort Dissoziation soll hier nicht die *Vorstellung* einer Teilung der O_2 -Moleküle in O-Atome bedeuten, sondern die *empirische Feststellung*, dass sich die Stoffmenge ν im Innern des Gefäßes erhöht, obwohl die Wände undurchlässig sind und die Masse im Wesentlichen konstant bleibt.¹ Diese Erhöhung zeigt sich explizit an einer der Größen, die von ν abhängen, z. B. am Druck des eingeschlossenen Gases. Man kann in diesem Zusammenhang durchaus von Materieerzeugung und -vernichtung bei Erwärmung bzw. Abkühlung sprechen, wenn man den Materiebegriff nicht völlig einseitig an den mechanischen Begriff der Masse bindet, sondern die Stoffmenge als Maß der Materie verwendet. Bei dem von uns gewählten Beispiel wird der Phänomenkomplex *molekularer Sauerstoff* vernichtet und dafür ein neuer Komplex *atomarer Sauerstoff* erzeugt, der mit einer doppelt so großen Stoffmengengröße verknüpft ist. Die Ausdrücke *molekular* und *atomar* sollen hier nicht im Sinne eines mechanischen Modells verstanden werden, sondern sollen lediglich die unterschiedlichen makroskopischen Eigenschaften der jeweiligen Stoffe charakterisieren. Vielleicht sollte man die Mitteilung Rudolf Steiners, dass wir es bei den Wärmephänomenen mit Materieerzeugung und -vernichtung zu tun haben (11. Vortrag des Wärmekurses) einmal in diesem Zusammenhang betrachten.

Treibt man die Erwärmung weiter, so ergibt sich zunächst über einen größeren Temperaturbereich ein konstantes ν und schließlich ein weiterer Anstieg, also eine erneute Dissoziation, die mit einem weiteren Phänomen einhergeht, nämlich dem Übergang zu einem sogenannten Plasma. Im Prinzip lässt sich diese Kette immer weiter fortsetzen, wobei schließlich Prozesse der Kern- und Elementarteilchenphysik ins Spiel kommen. Darauf kann aber im Rahmen dieses Aufsatzes nicht eingegangen werden. Wichtig ist für uns lediglich der Gedanke, dass man sich den Vorgang nicht notwendigerweise so vorstellen muss, dass Materie in Bestandteile (hier Elektronen

¹Hier wird von einer geringfügigen Massenerhöhung durch Energiezufuhr entsprechend $E = mc^2$ abgesehen.

und positive Atomrümpfe) zerlegt wird, die bereits vorher in ihrer Eigenart vorhanden und nur verborgen waren, sondern dass es auch möglich ist das Ganze als eine Transformation, nämlich als Vernichtung des einen Phänomenkomplexes (atomarer Sauerstoff) und Erzeugung eines anderen (Sauerstoffplasma) verstehen kann. Bei dieser Transformation gibt es offenbar ähnlich wie bei geometrischen Transformationen eine Invariante, die mechanische Masse. Eine solche Invarianz verlangt nach Erklärung. Das dürfte der tiefere Grund für die Herausbildung der Atom- bzw. Elementarteilchenvorstellung sein, also der Vorstellung unveränderlicher Bestandteile fester Masse, die bei der Transformation nur anders angeordnet, selbst aber nicht verändert werden. Bei der hier angesprochenen Transformation sollen sich also die Bestandteile Elektron und Nukleon aus dem gemeinsamen Atomverband lösen, wenn der Übergang zum Plasma eintritt. Die Frage ist nur, ob man wirklich ein solches Erklärungsmuster braucht um die Invarianz zu verstehen.

Die Quantisierung der Stoffmenge, Atome als Phänomene

Weiter oben wurde bereits darauf hingewiesen, dass die Stoffmenge unter bestimmten Umständen keine kontinuierliche Variable ist, sondern nur als Vielfaches eines Elementarquantums in Erscheinung tritt. Gewöhnlich wird die Ansicht vertreten, dass dies immer so ist, dass man davon aber nichts merkt, weil wegen der großen Teilchenzahl die quantenhafte Natur der Stoffmenge unbemerkt bleibt. Ob es tatsächlich ein Elementarquantum der Stoffmenge gibt oder nicht, lässt sich natürlich nur in solchen Fällen prüfen, in denen ν so klein ist, dass man die Diskretisierung erkennen kann. Der Millikan-Versuch zeigt, wie eine solche Untersuchung für die elektrische Ladung durchgeführt wird. Bekanntlich beobachtet man die Bewegung von mikroskopisch kleine Öltröpfchen in einem elektrischen Feld und zieht aus dieser Bewegung Rückschlüsse auf die Ladung der Tröpfchen. Man wird eine vergleichbare Situation schaffen müssen um die quantenhafte Natur der Stoffmenge nachzuweisen, d.h. man muss einen Vorgang untersuchen, der von der Stoffmenge ν abhängt, wobei ν aber sehr klein sein muss. Ein typisches Experiment dieser Art ist die Resonanzfluoreszenz mit einzelnen Ionen in der Paulfalle, wie sie in Abb. 1 dargestellt ist.

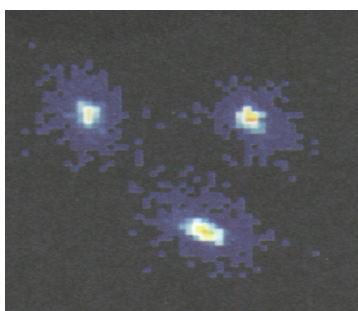


Abbildung 1: Drei atomare Lichtquellen

Natürlich kann man aus der Existenz dreier leuchtender Zentren noch nicht schließen, dass in diesem Fall $\nu = 3\tau$ ist, denn jedes der Zentren könnte für eine Materieansamm-

Es ist möglich einzelne Ionen über lange Zeiträume in einer Paulfalle zu halten und sie sehr intensivem Laserlicht auszusetzen, dessen Frequenz exakt so eingestellt wird, dass man ein ständiges Hinundherpendeln zwischen dem Grundzustand und dem angeregten Zustand des Magnesiums bekommt (Resonanz). Die bei Rückkehr in den Grundzustand ausgesandte Strahlung ist im Idealfall (Dunkelakkomodation) sogar mit bloßem Auge wahrzunehmen, d. h. eine atomare Lichtquelle ist zu beobachten (Walther 1999).

Im Sinne der früheren Ausführungen würde man hier wohl besser nicht vom Übergang von einem

Zustands in den anderen sprechen, sondern von der ständigen Umwandlung des Stoffes Mg_g in den Stoff Mg_a und zurück unter der Einwirkung des abgestimmten Laserlichtes. Abbildung 1 zeigt die Fotografie dreier Magnesium-Ionen in einer Paulfalle.

lung mit relativ großem ν stehen. Verwendet man jedoch an Stelle von Magnesium Barium, dann ist es tatsächlich möglich die Teilchenzahl direkt aus der Intensität des Fluoreszenzlichtes zu bestimmen. Barium besteht nämlich nicht nur aus den beiden Komponenten Ba_g und Ba_a , sondern einer weiteren Komponente Ba_l , die energetisch zwischen den beiden anderen liegt und langlebig ist (metastabiler Zustand). Gelegentlich verwandelt sich Ba_a nicht sofort (d.h. nach ca. 10 ns) in Ba_g zurück, sondern in Ba_l , so dass die Resonanzfluoreszenz wegen der Langlebigkeit des Zustand für eine gewisse Zeit unterbrochen ist (siehe Abb. 2), bis schließlich aus Ba_l wieder Ba_g entsteht.

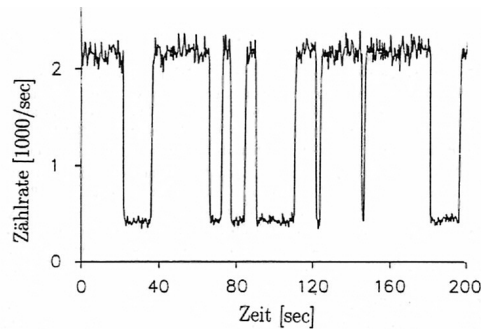


Abbildung 2: Resonanzfluoreszenz eines Einzelions

Verschwindet die Fluoreszenz vollständig, so ist offenbar kein fluoreszierender Stoff mehr vorhanden. Es kann aber auch der Fall eintreten, dass die normale Intensität doppelt oder dreimal so groß ist und es nicht zu einem vollständigen Verschwinden der Resonanzfluoreszenz kommt, sondern nur zu einem Absinken der Intensität auf die Hälfte oder zwei Drittel. Im ersten Fall ist die Stoffmenge gerade gleich 1τ , im zweiten gleich 2 oder 3τ . Die beobachtete Intensität ist stets ein ganzzahliges Vielfaches einer Grundintensität, die wir als Fluoreszenzintensität eines Elementarquantums Barium

(d.h. eines Bariumatoms) auffassen können. In der Regel fällt, wenn überhaupt, nur eines dieser Elementarquanten für den Fluoreszenzvorgang aus, in seltenen Fällen vielleicht auch mal zwei gleichzeitig. Wir können also aus der Intensität des Fluoreszenzlichtes direkt auf die Stoffmenge schließen, ähnlich wie wir beim Millikanversuch aus dem Bewegungsverhalten der Öltröpfchen direkt auf deren Ladung schließen können.

Hier wird aber auch sofort eine Schwierigkeit deutlich: Wir machen nur eine Aussage über $\nu = \nu_g + \nu_a$ nicht aber über ν_g oder ν_a im Einzelnen. Es lässt sich nicht feststellen, ob in einem bestimmten Zeitpunkt die Komponente Ba_g oder Ba_a vorliegt. Deshalb sind in diesem Fall ν_g und ν_a nicht scharf definiert und es macht deshalb auch keinen Sinn davon zu sprechen, dass sie ein ganzzahliges Vielfaches von τ seien. Dies ist offenbar nur für solche Stoffmengen sinnvoll, die über einen gewissen Zeitraum unveränderlich sind, wie es in der Paulfalle für die Gesamtstoffmenge der Fall ist. Um dies zu erreichen unternimmt man erhebliche Anstrengungen, z. B. die Kühlung des Stoffes in den mK-Bereich. Dadurch hemmt man die Veränderung von ν so stark, dass es über Stunden oder Tage konstant bleibt. In einem solchen Fall können wir von scharfen Werten für ν sprechen und nur dann macht es Sinn zu sagen, dass ν ein ganzzahliges Vielfaches von τ ist. Während der Umwandlung der Materiekomponenten

sind die Stoffmengen jedoch nicht scharf definiert.

Im gerade geschilderten Fall macht sich die Materiewirkung im optischen Bereich bemerkbar. Ganz anders liegen die Dinge im folgenden Beispiel. Es handelt sich um ein an der FU Berlin entwickeltes Objekt, bei dem eine geringe Menge Kohlenmonoxid (CO) mit Hilfe eines Rastertunnelmikroskops auf einem Kupfersubstrat in Form der Ziffer 2 angeordnet und anschließend abgebildet wurde. Die „körnige“ Struktur des Fremdstoffes ist deutlich erkennbar, so dass man die Menge der Elementarquanten zählen und ihre räumliche Anordnung im Detail wahrnehmen kann. Natürlich ist dies zunächst kein visuelles Objekt, da dieses erst in einem komplizierten Auswerteverfahren entsteht (Meyer/Reider 2000).

Tatsächlich werden beim Abtasten kleine Veränderungen der Tunnelströme registriert, die im Abbildungsmodus durch Veränderung des Abstandes der Sondenspitze zur Substratebene kompensiert werden. Im Bild sieht man eine Fläche gleich starker Tunnelströme in perspektivischer Darstellung. Die Farben verdeutlichen die Höhe über einem willkürlich festgelegten Nullniveau. Man sieht hier deutlich das Adsorbat als starke Überhöhung über einem gleichmäßig stufenförmig angeordneten Kupfersubstrat. Jede einzelne Stufe wird als Rand einer monoatomaren Schicht des Metallgitters interpretiert.

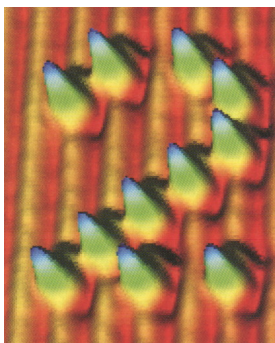


Abbildung 3: Nanostrukturen

Die räumliche Manipulation erreicht man dadurch, dass die Nadelspitze so dicht an die Oberfläche herangefahren wird, dass das Adsorbat an die Sitze gebunden ist und deren Lateralbewegung mitmacht. Dabei wird es entweder abgehoben, also vom Substrat gelöst, oder auf der Substratfläche verschoben. Hat man die gewünschte Stelle erreicht, so wird der Kontakt des Adsorbates zum Substrat wieder verstärkt, der zur Sonde verringert und anschließend der Abstand der Spitze vom Substrat vergrößert, so dass das Adsorbat auf dem Substrat haften bleibt. Bei hinreichend niedrigen Temperaturen bleibt die hergestellte Struktur über einen längeren Zeitraum (Stunden oder Tage) erhalten. Die hier dargestellte Anordnung wurde bei einer Temperatur von 15 K hergestellt. Bei höheren Temperaturen wird es wegen der thermischen Mobilität zunehmend schwierig stabile Strukturen zu erzeugen. Wir haben es hier tatsächlich mit einer mechanischen Manipulation zu tun, bei der kleinste Stoffmengen (1 Elementarquantum) durch Schieben oder Ziehen auf dem Substrat bewegt werden. Ähnlich wie im vorher beschriebenen Fall erreicht man durch tiefe Temperaturen, dass die Veränderung von ν gehemmt wird, so dass es tatsächlich möglich ist die in einem bestimmten Bereich der Substratebene vorhandenen Stoffquanten zu zählen.

Wesentlich weniger Aufwand zur Darstellung einzelner Stoffquanten benötigt man bei der Beobachtung der α -Strahlung in einer Nebelkammer. Die Materiewirkung des ionisierten Heliums macht sich hier als Kondensationskeim in einer übersättigten Dampfatmosfera bemerkbar. Hier entfällt ein aufwendiger Kühlungsprozess, so dass das Phänomen ohne Schwierigkeiten im Schulunterricht gezeigt werden kann. Es stellt sich allerdings die Frage, ob auch hier der Prozess der Materieerzeugung und -vernichtung also der Veränderung von ν irgendwie gehemmt ist. Das ist in der Tat der Fall. Die Isolierung von der Umgebung wird durch die große Geschwindigkeit der Heliumionen erreicht. Sind sie nach einer gewissen Wegstrecke hinreichend langsam geworden, so tritt die Wechselwirkung mit der Umgebung ein und die Heliumionen

wandeln sich in gewöhnliches Heliumgas um, das in der Nebelkammer keine Spuren mehr hinterlässt. Im hier beschriebenen Sinn handelt es sich dabei um eine Vernichtung von He^{++} und eine Erzeugung von gewöhnlichem Helium. Während der He^{++} -Phase ist es im Prinzip möglich jedes einzelne Materiequantum zu zählen. Das es sich tatsächlich um *ein* Quantum handelt kann man nachweisen, indem man ein homogenes Magnetfeld anlegt und aus der Bahnkrümmung dessen spezifische Ladung und damit auch die Masse bestimmt.

Diese drei Beispiele mögen reichen um zu zeigen, dass es möglich ist die Quantenhaftigkeit der Stoffmenge nachzuweisen. Wir können nun auch die Umstände, unter denen dies möglich ist, genauer benennen. Offenbar muss der zu untersuchende Stoff so von seiner Umgebung isoliert werden, dass die Veränderung von ν gehemmt wird. Wenn dies erreicht ist, stellen sich scharfe, diskrete Werte ein, die stets ein Vielfaches des Elementarquantums sind. Hier stoßen wir auf die empirische Grundlage des Atomismus. Ob es erlaubt ist die Existenz räumlich lokalisierter Materiequanten auch in anderen als den eben beschriebenen Situationen vorauszusetzen, wie es heute meistens geschieht, ist durchaus eine ernstzunehmende Frage, die sorgfältig geprüft werden sollte. Dass man sich die Dinge so vorstellt, beruht weniger auf empirischer Forschung, sondern eher auf einem weltanschaulich begründeten Glauben an ein unveränderliches materielles Substrat. Wenn man also einmal nachgewiesen hat, dass es ein räumlich lokalisiertes Barium- oder Kohlenmonoxid-Elementarquantum gibt, dann ist man der Überzeugung, dass dies immer so ist, wenn man Barium oder Kohlenmonoxid vorliegen hat. Die Quantenphysik der Materie zeigt aber, dass man sich mit solchen Vorstellungen sehr schnell in Widersprüche verwickelt.

Literatur

- [1] *Falk, G.* (1989): Physik · Zahl und Realität, Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin, 1990.
- [2] *Meyer, G., Rieder, K.-H.* (2000): „Bauen mit einzelnen Atomen“, in: Physik in unserer Zeit, **31**, Heft 1, S. 8 - 13.
- [3] *Walther, T., Walther, H.* (1999): Was ist Licht? Von der klassischen Optik zur Quantenoptik, München.

Das Licht - Urphänomen der Erscheinung des Raumes?

VON THOMAS SCHMIDT

Die Grenzen einer mechanistischen Lichttheorie.

Das Vertrauen, irdische Räumlichkeit und die Gesetze der Mechanik beliebig in den Kosmos extrapolieren zu können, wurde nicht unwesentlich dadurch gestärkt, dass das Licht selbst als der Vermittler aller kosmischen Erscheinungen durch die astronomische Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit durch *Olaf Römer* (1676) und die Interpretation der von *James Bradley* 1728 entdeckten Aberration¹ in die Gesetzmäßigkeit

¹Unter *Aberration* versteht man die Verschiebung eines Sternortes am Himmel durch die Bewegung des Beobachters quer zur Richtung zum Stern. Für die Erdbahngeschwindigkeit von durchschnittlich

der irdischen Mechanik eingegliedert werden konnte, wenn auch das Problem mit der unveränderten Aberration des Sternlichtes in einem wassergefüllten Fernrohr trotz der dort deutlich auf 225.000 km/sec reduzierten Lichtgeschwindigkeit aufmerksame Forscher irritieren musste. Der entscheidende Stoß gegen eine mechanistische Auffassung des Lichtes bahnte sich jedoch erst zum Ende des 19. Jahrhunderts an.

1881 wiesen *A. Michelson* in Potsdam und nach ihm 1887 *E.W. Morley* u.a. mit verbesserter Technik nach, dass die Lichtgeschwindigkeit eine universelle Naturkonstante ist und sich damit prinzipiell nicht wie gewöhnliche Geschwindigkeiten verhält, die sich grundsätzlich vergrößert, wenn man sie von einem gegenläufig bewegten Standpunkt aus beobachtet und umgekehrt verkleinert, wenn sich der Messpunkt gleichsinnig bewegt. Das Ergebnis der Experimente von *Michelson* und *Morley* war dagegen, dass die Geschwindigkeit der Lichtausbreitung im Vakuum stets dieselbe bleibt, völlig unabhängig vom Bewegungszustand des Beobachters und der Lichtquelle, nämlich $c = 299792 \text{ km/sec}$.

Die Lösung dieses Widerspruches war innerhalb des von der Mechanik beherrschten Weltbildes des 19. Jahrhunderts ohne neue Erkenntnisse zu gewinnen, nur formalistisch möglich: *J. J. Lamor* gibt in einem Lehrbuch 1900 Gleichungen an, die der Umrechnung von Koordinaten zwischen zwei sich gegeneinander bewegenden Inertialsystemen dienen, so dass die universelle Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und ihre Unerreichbarkeit für jede körperliche Bewegung gewahrt bleibt. Neu abgeleitet und in einen etwas klareren Erkenntniszusammenhang gestellt wurden diese Gleichungen der *Lorentz-Transformation* dann 1904 von dem Holländer *H. A. Lorentz*.

Charakteristischer Weise beginnt der Titel der entscheidenden *Lorentz'schen* Publikation mit den Worten Elektromagnetische Erscheinungen, dennoch waren sowohl *Lamor* als auch *Lorentz* und alle anderen Vorläufer *Albrecht Einsteins* noch nicht in der Lage, ihre Ideen zu Ende zu denken: Weiterhin wurde von allen der Undulationstheorie (Wellentheorie) anhängenden Physiker seit *Huygens* als Medium der Lichtwellen ein gewichts- und trägheitsloser Äther angenommen, dessen einzige Eigenschaften mechanisch ideale Elastizität und Inkompressibilität sind, mittels derer er die transversalen Wellen zu tragen in der Lage ist. Der Name Äther wurde der quinta essentia des *Platon* und *Aristoteles*, der fünften, dem Kosmos zugeordneten Substanzart "*αἰθήρ*" entlehnt, der kosmischen Ergänzung der vier irdischen Elemente Erde, Wasser, Luft und Feuer. Nur *Newton* hatte die Ätherhypothese bereits etwa 1680 aufgegeben, denn für seine Korpuskularhypothese des Lichtes war der "Äther" eine entbehrliche, ja als Zwischenmedium eine eher hinderliche Vorstellung.

Der Titel der Publikation von *Lorentz*, wie auch der von *Einstein* (1879- 1955) ein Jahr später vorgelegter Aufsatz Zur Elektrodynamik bewegter Körper, der den Durchbruch zur speziellen Relativitätstheorie brachte, zeigen, dass das Problem nicht eigentlich mechanischer Art war, sondern dem Kern nach der Naturgesetzlichkeit der Elektrizität und des Magnetismus angehört. Die Erforschung des Elektromagnetismus ist verglichen mit der mechanischen Optik, die mit *Bradleys* Entdeckung der Aberration des Lichtes bereits 1728 einen gewissen Abschluss erreicht hatte, vergleichsweise jungen Ursprungs: Erst im Jahre 1780 machte *L. Galvani* seine berühmten Beobachtungen von Zuckungen abgetrennter Froschschenkel bei Gewitterblitzen, 1800 konnte *A. Volta* mit elektrochemischen Elementen (heute Batterien genannt) die ersten elektrischen Ströme erzeugen, 1820 entdeckte *H.C. Ørstedt* den Magnetismus stromdurch-

29,8 km/sec ergibt sich entsprechend der Vektoraddition der beiden Geschwindigkeiten die von *Bradley* beobachtete jährliche Aberration von 20,5.

flossener Drähte und schließlich 1831 *M. Faraday* die elektromagnetische Induktion elektrischer Spannungen durch Magnetfeldänderungen im Umkreis von metallischen Drähten, die die Grundlage des Dynamos und damit der Ausgangspunkt der modernen, von elektrischer Energie abhängigen Zivilisation darstellt.

Auf Grund dieser Vorarbeiten leitete *J.C. Maxwell* im Jahre 1864 die nach ihm benannten Maxwellschen Gleichungen ab, durch die die Gesetze des Elektromagnetismus zusammengefasst wurden. In diesen Gleichungen tritt eine Naturkonstante auf, die sich aus der Berechnung von materiellen Wirkungen der Elektrizität und des Magnetismus ergibt und als solche keinerlei Erscheinungszusammenhang zu Geschwindigkeiten besitzt, aber dennoch die Maßeinheit einer Geschwindigkeit besitzt und sich zur Größe der Vakuumlichtgeschwindigkeit $c = 299'792'000$ m/sec identisch erweist. Wegen des elektromagnetisch universellen Charakters dieser Konstante besteht für eine Änderung ihres Wertes je nach Geschwindigkeitszustand eines Beobachters – wie es der üblichen Überlagerung von Geschwindigkeiten entspricht – keinerlei Möglichkeit. Diese Problematik war Ende des 19. Jahrhunderts bekannt und wurde besonders drängend, als es *H. Hertz* 1888 gelungen war, die nach den Maxwellschen Gleichungen zu erwartenden, im Raum freien elektromagnetischen Wellen, die die universelle Konstante c als Ausbreitungsgeschwindigkeit besitzen, experimentell herzustellen – wodurch die Grundlage für allen drahtlosen Funkverkehr, Radio und Fernsehen begründet wurde.

Einsteins spezielle Relativitätstheorie. Obwohl jede notwendige Einzelerkenntnis bereits vorhanden war, hat es doch erst der 26-jährige *Albert Einstein* 1905 gewagt, sich so weit von der Konvention des 19. Jahrhunderts zu lösen, um den Gordischen Knoten der mechanistischen Ätherhypothese zu durchschlagen: er sah die Existenz irgend eines Äthers als Träger der elektromagnetischen Wellen als überflüssig an und lehnte sie deshalb ab. Die schwingenden elektromagnetischen Wechselfelder, die sich als Hertzsche und Licht-Wellen im Raum ausbreiten sind Eigenschaften des Raumes selbst, einschließlich der universellen Naturkonstante $c = 299'792'500$ m/sec . Es zeigte sich *Einstein* bei seinen Überlegungen – darum auch der Titel Zur Elektrodynamik bewegter Körper -, dass die durch *Maxwell* formulierten Grundgesetze des Elektromagnetismus zunächst zwar unbemerkt aber dennoch von vorn herein eine relativistische Theorie gewesen sind, die die spezielle Relativitätstheorie enthält und ohne deren Gültigkeit voller innerer Widersprüche wäre; so ergeben sich im Rahmen der speziellen Relativitätstheorie sogar die magnetischen Kräfte als unmittelbare Folge der elektrostatischen Kräfte. Der Vakuumlichtgeschwindigkeit c sind dabei drei unterschiedliche Aspekte zuzuschreiben:

- Sie ist als **Geschwindigkeit üblicher Art** messbar, die allerdings niemals als Bewegung sinnlich wahrnehmbarer Phänomene beobachtet werden kann, sondern nur auf indirekte Weise festzustellen ist, weil ja das Licht selbst unbeobachtbar ist. Trotzdem wurde durch die Entdeckung dieser Tatsache von *Olaf Römer* das Vertrauen in die universelle Gültigkeit der mechanistischen Physik zunächst wesentlich gestärkt.
- Sie ist die **universelle Naturkonstante** des materiefreien Raumes, der die Dinge der Welt trennt und verbindet. Diese wegen ihrer Maßeinheit allein als Geschwindigkeit im üblichen Sinne anzusehen, wird deshalb ihren Wesen nicht gerecht, führte aber mittelbar dazu, Gespräche mit wissenschaftlichen Außenstehern, wie etwa *Johann Wolfgang Goethe* mit seinem naturwissenschaftlichen Grundkonzept außerordentlich zu erschweren.

- Für jede Praxis real-materieller Bewegung ist die Lichtgeschwindigkeit nicht endlich, sondern **unerreichbare Unendlichkeit**, wie u.a. aus der Lorentztransformation der Masse hervorgeht, die mit Annäherung der Geschwindigkeit v an die Lichtgeschwindigkeit c für jede noch so kleine Ruhmasse unendlich groß wird, so dass weitere Geschwindigkeitsvergrößerungen schließlich unmöglich werden.

Es ist hier auch noch darauf hinzuweisen, dass ebenfalls das oben schon erwähnte Paradoxon der unveränderten Aberrationskonstante $\alpha=20,5''$ bei Sternbeobachtungen durch Fernrohre ohne und mit Wasserfüllung trotz der dadurch veränderten Lichtgeschwindigkeit allein durch die Berücksichtigung der speziellen Relativitätstheorie erklärt werden kann.

Licht und Raum.

Betrachten wir die Gestensprache der Ideengeschichte bis zur speziellen Relativitätstheorie, so wird deutlich, dass der von *I. Newton* bis *H. A. Lorentz* verfolgte Versuch, das Licht als Vorgang anzusehen, der in einem Raum abläuft, der im Sinne *I. Newtons* und *I. Kants* ein a priori gegebenes Gefäß für physikalische Ereignisse ist, als gescheitert angesehen werden muss. Statt dessen zeigt sich, dass der Raum nur insofern existiert, wie er konkret fassbaren Inhalt und Eigenschaften, und zu seiner wesentlichen Eigenschaft gehört es Licht sein zu können – im Sinne *Goethes* lässt sich auch sagen, dass wir hier ein grundlegendes *Urphänomen der Erscheinung des Raumes* vor uns haben, als *reale* Erscheinung allerdings nur der Möglichkeit nach, die der Verwirklichung durch die Anwesenheit beleuchteter Gegenstände bedarf. Etwas mehr im Sinne der üblichen Physik lässt sich diese Aussage auch dadurch formulieren, dass eine Grundeigenschaft des Raumes ist, als elektro-magnetische Feldkräfte und Wellen zu erscheinen. Der physikalische Raum hat als Inhalt also konkrete, naturgesetzliche Begrifflichkeit, die aus ebenso konkreten Erfahrungen wie auch jede andere Naturgesetzlichkeit abzuleiten ist. *Rudolf Steiner* ist zu einem entsprechenden Gedanken bereits 15 Jahre vor *Albert Einsteins* spezieller Relativitätstheorie gelangt, und zwar aus der Weiterentwicklung der naturwissenschaftlichen Ideenbildung durch den schulwissenschaftlich verpönten *Johann Wolfgang Goethe* mit seinen bereits 1791 erschienenen Beiträgen zur Optik und Zur Farbenlehre von 1808. *Steiners* Einleitungskapitel Der Goethesche Raumbegriff zu den vom ihm herausgegebenen naturwissenschaftlichen Schriften *Goethes* endet mit dem folgenden Satz: Der Raum ist eine Idee, nicht, wie Kant glaubte, eine [a priori] Anschauung.

Das Problem des Auftretens der speziellen Relativitätstheorie ist nicht eigentlich ihr Begriffsinhalt, der tatsächlich eine neue physikalische Erkenntnisdimension eröffnet, sondern die Art, wie diese Theorie popularisiert wurde, indem nicht etwa die Gedankenwege der beteiligten Forscher dargestellt wurden, sondern dem Laien-Publikum in einer geradezu perversen Lust die nicht erlebnismäßig adäquat verarbeiteten Resultate geschildert wurden, wie die Längenkontraktion, Zeitdilatation oder die Vierdimensionalität des Raum-Zeit-Kontinuums, die in der vorgebrachten Weise für die Praxis des menschlichen Lebens keinerlei Bedeutung besitzen. Nur gegen diese *Art*, die Relativitätstheorie pseudo-verständlich zu machen hat *Rudolf Steiner* immer wieder polemisiert (z.B. in Die Rätsel der Philosophie, 1914, Abschluss des Kapitels Der moderne Mensch und seine Weltanschauung, GA 18) nicht gegen ihre Ideenbildungen selbst.

Ist es wirklich berechtigt ist, die Raum-Erscheinung durch das Licht ein *Urphänomen* zu nennen? Anders als beim *Goetheschen Urphänomen* der Farbentstehung sind ja in diesem Fall sowohl der *Raum* als auch das *Licht* keine Sinneserscheinungen, Phänomen wird erst der konkrete Raum der vom Licht beleuchteten Dinge. Wir hätten es also hier mit so etwas wie einer "Arche" der *Urphänomene* an der Grenze der sinnlichen Erscheinungs-Welt zu tun, von *Steiner* in den "Grundlinien..." *Kosmos* genannt — wenn denn dieser Schritt "erlaubt" sein sollte.

Es sei an Entsprechendes bei *Aristoteles* erinnert: Alle Bewegung in der Welt hat ihren Ursprung in den ewigen Kreisbewegungen in der translunaren Welt; diese aber haben wiederum ihre "Arche" in dem "unbewegten Beweger", ebenfalls an der "Grenze" des Kosmos.

Licht und Elektronen

Der einfache Schulversuch zum äußeren Photoeffekt ist bekannt: ein Elektroskop mit einer polierte Zink- oder Aluminium-Platte wird negativ aufgeladen. Fällt UV-Strahlung auf die Platte, ist Entladung zu beobachten, die weder bei positiver Aufladung geschieht noch bei normaler Raumbeleuchtung. Benutzt man metallische Cäsium-Oberflächen, so ist der Effekt für normales und auch rotes Licht festzustellen und durch spezielle Legierungen sogar bis ins nahe Infrarot auszudehnen. Diese negativen Ladungsträger, die durch Beleuchtung von außen (oder auch Erwärmung von innen) freigesetzt werden können, sind die *Elektronen*, die aus der Materie fast ausschließlich elektrische Ladungen mitnehmen, kaum jedoch irgendwie feststellbare Masse. Bei genauerer Untersuchung ist Beleuchtung von materiellen Körpern auch sonst vielfach mit der Veränderung ihrer elektrischen Eigenschaften verbunden, und auch die generelle Beziehung zwischen den elektrischen Eigenschaften und der Licht-Absorption der Materie fällt auf.

In der *Elementarteilchen-Physik* wird dieser Aspekt der materiellen Lichtwirkung über die Elektrizität der Begriff der fundamentalen *elektromagnetischen Wechselwirkung* formuliert, dessen Trägerteilchen das *Photon* sei, das unter sämtlichen Elementarteilchen einzige frei existierende *und stabile Boson*. In dem sehr lesenswerten Buch von *Yuval Ne'eman* und *Yoram Kirsch* "Die Teilchenjäger" (Springer-Verlag 1995) finden sich auf Seite 130 zur Erläuterung der elektromagnetischen Wechselwirkung die folgenden Sätze:

Fast alle Kräfte, die unser tägliches Leben beeinflussen, wie etwa die Anziehung zwischen Atomen oder Molekülen und die zwischen Elektronen und dem Kern des Atoms, sowie alle die Kräfte, die im lebenden Organismus wirken, rühren in irgendeiner Weise von der elektromagnetischen Wechselwirkung her. Diese Wechselwirkung ist auch verantwortlich für die Existenz all der verschiedenen Arten elektromagnetischer Strahlung, die von den Funkwellen bis zu Gammastrahlen reichen. Jede Änderung der Geschwindigkeit eines geladenen Teilchens bewirkt die Emission eines Photons, welches, wie wir bereits gesehen haben, das Teilchen ist, das die elektromagnetische Wechselwirkung zwischen den Körpern überträgt.

Zu ergänzen ist noch, dass zum Wesen dieser Wechselwirkung gehört, dass Photonen keinerlei Wechselwirkungen anderer Art vermitteln und auch nach der Übertragung der Wechselwirkung nicht mehr vorhanden sind.

Zwar gilt die elektromagnetische Wechselwirkung an sich nicht nur für Elektronen, sondern für alle geladenen Teilchen, dennoch sind die Elektronen als die eigentlichen Partnerteilchen dieser Wechselwirkung. Sie gehören zwar als *Fermionen* zu den Bausteinen der Materie und sind außerdem die einzigen mit *Sicherheit* völlig stabilen, elektrisch geladenen Elementarteilchen überhaupt, in unserem Zusammenhang wichtiger ist aber, dass sie fast *ausschließlich* die elektrische Ladung repräsentieren und zur Masse der Materie nur zwischen 0,02% und 0,06% beitragen. Die Elektronen sind damit auch die einzigen elementaren Materie-Bausteine mit der Fähigkeit, Wechselwirkungspartner des *sichtbaren Lichtes* zu sein. Um feststellbare Wirkungen auf Protonen zu übertragen, bedarf es der harten Röntgenstrahlen, besser noch der aus der Radioaktivität stammenden γ -Strahlen.

Rudolf Steiner drückt diese Beziehung zwischen Licht und Elektrizität in seinem Vortrag Die Ätherisation des Blutes (GA 130) am 1.10.1911, also lange bevor von den fundamentalen Wechselwirkungen der Elementarteilchen die Rede sein konnte so aus: ...Was ist das Licht? Es zerfällt, und das zerfallende Licht ist Elektrizität. Was wir als Elektrizität kennen, das ist Licht, das sich selbst zerstört innerhalb der Materie. In seinem letzten Mitgliederbrief "Von der Natur zur Unternatur" (GA 26) kommt er dann auf die Bedeutung der Erkenntnis gerade dieses die Elektrizität betreffenden Prozesses zurück.

Die folgende kurze Zusammenfassung sei deshalb gewagt: Das Beziehungsgeflecht des Lichttraumes ist weitgehend mit dem *Lichtäther* identisch und als solcher sinnlich unwahrnehmbar, im Untersinnlichen zerfällt das Licht in die an den Elektronen angreifenden Energiequanten und allein auf diesem Umweg können materielle und damit physisch beobachtbare Wirkungen des Lichtes entstehen.

Kosmischer Magnetismus

In unserem Planetensystem finden wir einen offensichtlichen Widerspruch zwischen der Verteilung der Masse und des Drehimpulses: Während der Sonne fast 99,9% der Masse konzentriert sind, trägt sie nur etwa 1% des Drehimpulses des gesamten Planetensystem und 99% desselben entfallen auf demnach auf die Planeten, im wesentlichen auf deren Bahnumläufe.

Bei der Bildung des Planetensystems muss also wesentlich mehr Drehbewegung vom Zentrum auf den Umkreis übertragen worden sein, als Materie abgefließen ist. Dieser Prozess dauert - wenn auch kaum noch merklich - selbst in der Gegenwart noch an: Im Sonnenwind haben wir einen feinen, aber ständig fließenden Plasma-Strom vor uns, der in Magnetfeldern gefangen ist, die sich in der Regel in vier Sektoren unterschiedlicher Polarität spiralförmig in das Planetensystem hinaus erstrecken und die die Kopplung liefern, durch die Drehimpuls von der Sonnenrotation in das interplanetare Plasma übertragen werden kann. Die den Sonnenwind gliedernden planetaren Magnetfelder wurden inzwischen durch interplanetare Raumsonden vielfach nachgewiesen.

Im Plasma-Zustand sind Gase besonders leicht zu einem inneren, substanzspezifischen Leuchten anzuregen. Ferner ist ihre elektrische Leitfähigkeit in der Regel so groß, dass vorhandene Magnetfelder entsprechend den Gesetzen der elektromagnetischen Induktion und der Lenz'schen Regel fast unauflösbar mit dem Plasma verbunden sind.

Seitdem kosmische Magnetfelder aus der interstellaren Polarisierung des Sternlichtes sowie aus radioastronomischen Messungen auch in den kosmischen Fernen der

Welt der Fixsterne und sogar der extragalaktischen Sternsysteme nachweisbar sind, deutet sich an, dass sowohl für die Entstehung neuer Sterne als auch für Gestaltbildungsprozesse im Kosmos die Kopplung von interstellarem Plasma durch Magnetfelder eine große Bedeutung besitzt. Das gilt u.a. auch für die Spiralstruktur unserer Milchstraße und der extragalaktischen Spiralsysteme: Man kann sogar nachweisen, dass die Spiralstruktur nur in dem durch Magnetfelder zusammengehaltenen Gasanteil des Systems entsteht und dann noch die unmittelbar daraus entstandenen kosmisch jungen Sternen betreffen, nicht aber die kosmisch alten Sterne, die sich aus diesem Zusammenhang befreit haben. – Auch auf der Sonne selbst liegen allen Gestaltbildungen, die über die gleichmäßig leuchtende Sonnenscheibe hinausgehen, Magnetfeldstrukturen zugrunde. Da sind zunächst vor allem die mit einem durchschnittlich 11-jährigen Rhythmus auftretenden Sonnenflecken, der jedoch, wenn man die jeweils wechselnde Polarität betrachtet, ein 22-jähriger Magnetfeldrhythmus ist. Seine Entstehung ist immer noch nicht ganz geklärt, dürfte aber in irgendeiner Weise aus der 27-tägigen Sonnenrotation gespeist werden. Ferner sind die *Protuberanzen*, diese interessanten, filamentartigen Verdichtungen außerhalb des Sonnenrandes in Magnetfeldern eingefangene und verdichtete Materie der Sonnenkorona, und schließlich sind die strahlenförmigen, mit dem Fleckenrhythmus wechselnden Strukturen der Sonnenkorona selbst ebenfalls von den solaren Magnetfeldern gestaltet, die zugleich der solare Anfang des oben erwähnten interplanetaren Magnetfeldes sind.

Sowohl für das interstellare als auch das stellare – und damit auch das solare – Plasma ist eine einmal entstandene Verbindung mit Magnetfeldern also außerordentlich langlebig; sie lässt sich allenfalls modifizieren (wie etwa der magnetisch bedingte Sonnenfleckenzyklus zeigt) aber keinesfalls abstreifen. Die Zeitkonstanten der Kopplung überschreitet für Sterne deren Lebensdauer, für das interstellare Medium rein rechnerisch sogar das gesamte Weltalter. Der diesen Befund begründende physikalische Vorgang ist als *Wärme-Prozess* anzusehen, der zugleich das Plasma-Gas zum Leuchten bringt. Für die Sonne und entsprechend alle Fixsterne ist das unmittelbar einleuchtend, ist ihre Raumausdehnung selbst ja nichts anderes als ein Maß ihres inneren Wärmezustandes. Aber auch das interstellare Plasma zeigt als Geste einen Wärme-Prozesses, denn die *Wärme* mit ihrer besonders engen Verbindung zum *Wärme-Äther* zeigt sich in ihrer Beziehung zum Raum als Unbegrenzbarkeit, die stets die Tendenz besitzt, spezifische Raumunterschiede aufzuheben. Im Zusammenhang mit kompakten, schweren Stoffansammlungen bedarf es dazu hoher Temperaturen, in dem extrem materie-verdünnten interstellaren Raum genügt für einen derartig prozessualen Wärmezustand bereits eine Temperatur von wenigen Graden über dem absoluten Nullpunkt, der dann ein Plasma mit magnetfeld-bindender elektrischer Leitfähigkeit erzeugt – einschließlich der Tatsache von stoffspezifisch, leuchtenden Glimmen dieser interstellaren Materie.

Rudolf Steiner schildert in dem schon erwähnten Vortrag *Die Ätherisation des Blutes* vom 1.10. 1911 (GA 130) den Magnetismus als die zweite unterphysische Kraft, die aus dem chemischen Äther herabgesunken ist. Ob man zu den dargestellten magnetisch induzierten Gestaltbildungsprozessen eher dadurch kommt, dass statt des chemischen mehr der Klang-Äther-Aspekt angeschaut wird, müsste noch genauer untersucht werden.

Zur Frage der Begriffe von ‘Kraft’ und ‘Gesetz’ in der Physik und Chemie — erläutert am Beispiel der Fragestellung nach ‘Prozessualität’

VON ALEC SCHAEERER

Wie andere Naturwissenschaften, gingen auch die Physik und die Chemie weitgehend pragmatisch aus von der Beobachtung und Beschreibung, besonders seit Galileo Galilei seine Mathematisierung auf die korrekte Handhabung von Beobachtungsdaten reduzierte — also es explizit ablehnend, zuerst eine universell anwendbare Begrifflichkeit zu bilden im Sinne der Platonischen und Aristotelischen Intention von Mathematik — und dies zum Gründungsakt für die heutige Physik wurde, welche dann auch die Chemie überformte (Quantenchemie).

Weil weder das in den ‘Dingen’ und Prozessen eigentlich Wirkende (die Kräfte) noch die eigentliche Ordnung (die Gesetze) direkt beobachtbar sind, mußte mit diesen Kernaspekten des Begreifens anders umgegangen werden, als es mit den äußerlich meßbaren und somit scheinbar sicheren Aspekten wie Gewicht, Ort, Geschwindigkeit, etc. möglich war.

Pragmatisch, im Alltag, ist der Ansatz der äußerlichen Betrachtbarkeit und Meßbarkeit in der Tat sehr brauchbar. Schwierigkeiten tauchen erst auf, wenn es um mehr als einzelne Perspektiven und Nutzungsformen geht, nämlich um Allumfassung im strengen Sinne, um strikte Begründung, um *letztliche Zusammenhänge* — um das, was bei der Theoriebildung relevant ist. Erst unter diesen universellen Auspizien gelangte man aus den Fragen schließlich zu unterschiedlichen Auffassungen und Theorien über die Materie und ihr Verhalten — je nachdem, ob man z.B. sie messen wollte (> Quantentheorie), oder ihre relativen Bewegungen untersuchte (> Relativitätstheorie), oder ihren Mustern in Abläufen nachging (> nichtlineare Dynamik, ‘Chaostheorie’), usw. Eine Schwierigkeit der Physik ist, daß sie ihre vielen Ansätze nicht recht in einem einzigen Begriffssystem unterbringen kann (‘Grand Unified Theory’, ‘Theory Of Everything’). Wenn sie das tun will, so muß sie einen Gesichtspunkt ‘von nirgendwo’ einnehmen (wie Thomas Nagel dies nennt) — aber das kann sie so lange nicht tun, als sie bloß dinglich denkt, nur objekt-fixiert, also z.B. von diskreten (separablen) ‘Teilchen’ ausgehend, die später in der Quantentheorie — um Inkonsistenzen zu vermeiden — als geometrische Punkte gedacht werden mußten.

Was als Schwierigkeit im letzten Umgang mit Materiellem mitwirkt, ist die gängige Vermischung von Begrifflichem und Wirklichem. Das Problem tritt nicht erst im Kleinsten auf. Sind z.B. Kräfte und Gesetze ‘nur’ etwas Begriffliches oder ‘schon’ etwas Wirkliches? Ist die mathematische Notation eines Gesetzes bloß eine Abbildung dieses Gesetzes in eine formalisierte Sprache, oder hat Mathematik an sich schon Beweiskraft für Wirklichkeit? Man denke etwa an Prigogine, der trotz Nobelpreis davon redet, Prozesse seien ‘reversibel’ — also nicht etwa nur deren Notation, sondern sie selbst (m.E. wäre es sinnvoller, er würde über Schwingungen reden, im Sinne von Regelschwingungen).

Wesentlich für viele Phyiker ist wohl der (unten nur implizit abgedeutete) Gedanke, dass Mathematik allein noch keinen Inhalt anzubieten hat, weil es nur eine hoch formalisierte Sprache ist. Jedes Zeichensystem, jede Sprache und damit auch jede Logik, ja schon jedes Zeichen hat bekanntlich einen syntaktischen, einen semantischen und einen pragmatischen Aspekt. Damit ist die einzige in einem formal-logischen Gefüge an sich schon vorliegende Art von Information jene, die als Syntax nötig ist

— wenn auch viele Phyiker diese Information vergöttern, weil sie durch sie immer weiter geführt (eigentlich: verführt) werden, zu ‘neuen Wahrheiten’ (Steiner kritisiert das als “immer weiter rollen”). Aber eigentlich muss die Semantik (das, was als Bedeutung in die Elemente gesteckt wird) je nach den pragmatischen Anforderungen durch die Benutzer gewählt werden. Deshalb ist bei formalen Handhabungen die Begriffsbildung so wichtig, gerade weil aus lauter Freude am Formalen (Automatischen, Mechanischen [!]) oft das Inhaltliche (Lebendige) vergessen geht (ein bekanntes Symptom, zumal in der heutigen Physik...). Darum betone ich so sehr die Wichtigkeit der Begriffsbildung und darum strenge ich mich so an, einen echt universellen Ansatz zu finden und zur Debatte zu stellen — allmählich sollten wir doch genug haben von den kleinkarierten pragmatisierenden Ansätzen, mit denen man zwar am Ende so grandios Wirksames wie z.B. gewaltige ‘Teilchen’-Beschleuniger und tödliche Atombomben bauen kann, aber nicht das Leben umfassen.

In Sachen ‘Sprache’ ist das Faktum ja interessant, dass man Widersprüche von “ $3+4=9$ ” über “krumm ist gerade” bis “ich lüge jetzt” in Sprache ausdrücken kann, aber nicht in einem einzigen kohärenten Gedanken denken. Wer sich Grundannahmen hingibt, die zu Antinomien und Paradoxen führen, ist angewiesen auf Sprachen aller Art, um die erzeugten Widersprüche zusammenhängend beherbergen zu können, also nicht gleich alle Kohärenz zu verlieren und um etwas Zeit zu gewinnen für die ideale Lösung der erzeugten Probleme. Man sagt oft, der Mensch zeichne sich durch die Fähigkeit zur Sprache aus; aber man vergißt noch öfter, daß die Fähigkeit zu *kohärentem Denken* das eigentlich Entscheidende am Menschen ist. In einem gewissen Umfang haben auch Tiere ‘Sprachen’. Die Idee des Letztlichen, Ganzen, All-Einen ist relevanter, als ‘man’ heute glaubt.

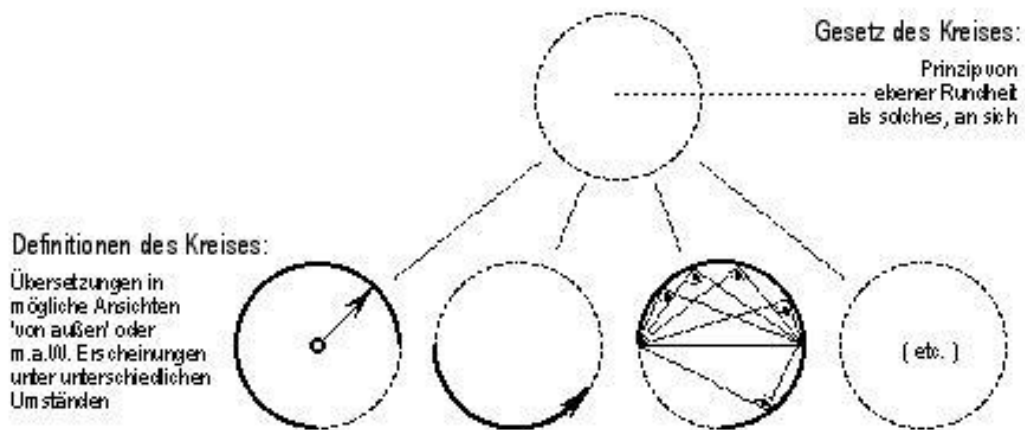
Diese Probleme sind keineswegs unlösbar. Insbesondere mit Rudolf Steiner kann leichter klar werden als mit der üblichen Wissenschaft, daß Wissen als Gewißheit nur während dem Denk-Akt selbst zu haben ist, weil nur dann der konkrete Bezug zur Eigengesetzlichkeit der Sache gegeben bzw. durch das Denken hergestellt ist. Alle anschließenden Fixierungen in Zeichen und somit Sprachen — inklusive Mathematik — können nur eine tote Welt bilden. Wenn Zeichen nicht gelesen werden, d.h. in Denk-Akten interpretiert, sind sie bloße ‘Dinge’ wie alle anderen auch.

Im Laufe der letzten Jahre habe ich einen Lösungsansatz entwickelt, der diesen Punkten Rechnung trägt. Letztes Jahr präsentierte ich ihn kurz in der Naturwissenschaftlichen Sektion und er liegt inzwischen auch publiziert vor (siehe unten). Ursprünglich ging ich aus von der Frage, wie sich das *Lebendige* prinzipiell verstehen liesse. Dies erforderte, das zugrundeliegende Prinzip der *Prozessualität* besser zu greifen, als es der gängigen Prozeß-Philosophie gelingt. Damit wurde ein Denkansatz zugänglich, der über das Prozeßhafte hinaus einen Zugang zu streng universell anwendbaren Begrifflichkeiten bietet. — Mich auf diesen Ansatz abstützend möchte ich einige *Thesen* zur oben skizzierten Problematik formulieren (*kursiv*), jeweils mit Erläuterungen dazu:

1. *Es gibt keine direkte Beobachtung und neutrale Beschreibung, weil alle Ergebnisse von Wahrnehmungen immer eine Interpretation darstellen, die in Funktion der angewendeten Begriffe entsteht.* Als Beispiel: Wer (wie Zenon zeigte) alle Vorgänge in Termini von ‘Entfernung’ sieht, kann ‘relative Bewegung’ nicht vollständig deuten und gelangt zu unlösbaren Grenzfällen. Erst wer merkt, dass die Kategorie ‘Geschwindigkeit’ relevant ist, kann diese Vorgänge ohne Grenzfälle begreifen. Der Umgang z.B. mit dem Unendlichen ist ähnlicher Natur und tritt auf den verschiedensten Ebenen auf. Wesentlich ist somit das Gewährwerden, *daß die Sache ‘eine’ ist* — das, was sie eben

ist, an und für sich — und unsere Begriffsbildung unser Problem ist als ein *Mittel*, durch welches wir den Dialog mit der Wirklichkeit aufnehmen. Die Begriffsbildung wirkt zugleich *differenzierend* (gliedert in Aspekte des Dings) und *verbindend* (macht das Ding für unser Bewußtsein zugänglich). Dennoch kann mit Begriffen und Wörtern kompromißlos korrekt umgegangen werden. Es ist sehr gut möglich, für etwas viele Definitionen zu benutzen, die sich nicht gegenseitig stören müssen. Man muß eben auf den reinen Inhalt gehen, nicht auf seine Abbildung in einem Medium (Vorstellungen, Zeichen, Sprache, usw.). Nehmen wir als Beispiel den geometrischen Kreis. Er kann etwa definiert werden als alle Punkte mit gleichem Abstand von einem Punkt, oder als jene Kurve, die eine konstante Krümmung hat, oder auch als alle rechten Winkel über einer gegebenen Strecke. Es ist die Frage-Perspektive, welche die jeweilige Bestimmung / Bezeichnung / Definition nach sich zieht; das prinzipielle Objekt ist in allen Fällen dasselbe, nämlich der reine Inhalt, das Gesetz *per se*, das eine Verknüpfung von rein qualitativen Inhalten ist (Fig. 1).

Fig. 1 Das Gesetz und seine stoffliche Erscheinung – geistig als Definitionen, materiell als Exemple



Auf der Ebene der Gesetze gibt es keine Metrik, weil jedes Messen ein Vergleichen ist mit etwas, was der Mensch wählen muß (Grundmaß, Grundhandlung, usw.), wenn er quantitativ messen will. Die Natur bietet auch mit den sog. Naturkonstanten keinerlei Grundmaß an, denn diese entstehen alle aus einer spezifischen Frage-Perspektive, sie bestehen nicht an sich im absoluten Sinne.

2. Je nach dem Fragevektor, mit dem man die Wirklichkeit der Welt angeht — z.B. "was ist ein Ding?"; "was ist ein Prozeß?"; "was ist Entstehen und Vergehen?" — wird für die vollständige inhaltliche Kohärenz letztlich ein anderes Begriffssystem nötig, und zwar immer ein in sich polarisiertes. Die Philosophiegeschichte zeigt uns beispielsweise:

<i>Denker</i>	<i>betrachtet lange...</i>	<i>... und findet</i>
<i>Heraklit</i>	Dynamik des Kosmos	begriffliche Struktur von polaren Gegensätzen, die sich in Gleichgewichten zu 'Dingen' vereinigen
<i>Empedokles</i>	Urgünde der 'Dinge'	'Liebe' versus 'Haß', Affinität versus Antipathie
<i>Aristoteles</i>	Prinzip 'Veränderung'	'Form'- versus 'Stoff'-Aspekt
<i>Kant</i>	Bedingungen für Erkennen	Polarität von Wahrnehmen und Denken
<i>Seinsphilosophie</i>	Natur der Seinsformen	'Geist' versus 'Materie' ('Geist' verstanden als reiner Akt, 'Materie' als reiner Nicht-Akt, 'materia prima')
<i>Saussure</i>	Wesen des Zeichens	'Bezeichnendes' versus 'Bezeichnetes'
<i>Goethe</i>	Natur der Farben	'Helligkeit' versus 'Finsternis' als ihre letzten Konstituentien
<i>Hegel</i>	wurde nicht müde, an allem Seienden aufzuzeigen, wie der Versuch, dieses ganz zu begreifen, die begriffliche Notwendigkeit nach sich zieht, dessen 'Hintergrund' in Bezug zum 'Vordergrund' einzusehen, durch diesen Bewußtseinsprozeß einen übergeordneten Standpunkt der 'Aufhebung' findend.	
<i>Die projektive Geometrie,</i>	wo Linearität die einzige Invariante ist und das Unendliche in jedem Schritt ganz mitgedacht werden muß, untersucht bis ins Letzte die Eigengesetzlichkeit der geometrischen Elemente und Strukturen und muß entdecken, daß sie alle letztlich polar sind, bis hin zu Raum-und-Gegenraum.	

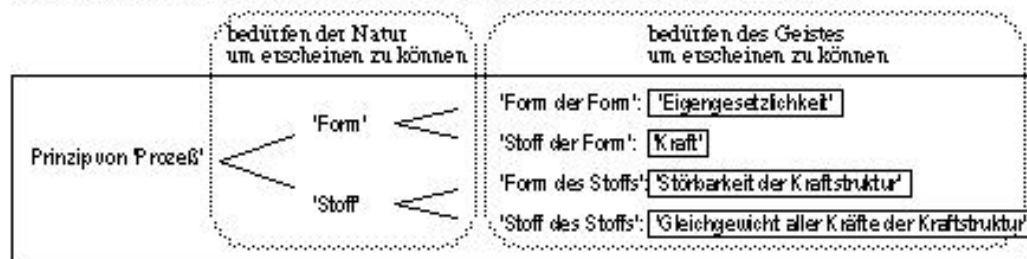
Diese Liste ließe sich beliebig verlängern. Die *Kraft des konkreten Fragens* ist es, was die Einheit der Sache selbst in entsprechende begriffliche Unterscheidungen aufgliedert. Wenn die Physik alle ihre Theorie-Perspektiven in einem einzigen Begriffssystem zusammenkriegen will, muß sie somit einen 'Blick von nirgendwo' finden. Das kann sie aber prinzipiell nicht, solange sie (pragmatisierend) nur im Dinglichen denkt, und aus diesem Bann erlöst sie auch die Mathematik nicht. Bis sie diesen begrifflich universellen Standpunkt erreicht, ist ihr auch der Weg versperrt zu einer Physik des Lebendigen, die dem Lebendigen wirklich gerecht werden kann. Beispielsweise ging die Physik von 'Teilchen' aus und musste feststellen, dass dies in den Grenzfällen (des Kleinsten, erste Version der Quantentheorie) zu Problemen führt. Man reduzierte die Größe der 'Teilchen' auf diskrete geometrische Punkte, die aber noch beobachtbare 'Observablen' haben. Das liegt jedoch noch immer auf der pragmatisierenden Linie, weil mit objekt-fixierten Termini operiert wird, womit das 'Subjektive' oder anders gesagt das 'Eigene' der Sache selbst mit diesen begrifflichen Mitteln nicht auffindbar ist; siehe dazu Steiners Atomismus-Kritik.

Polarisierungen sind rein begrifflich, nicht materiell. Was sich an Gegensätzlichem im Materiellen zeigt (z.B. die Symmetrien in der Physik), möchte ich daher Dualitäten nennen. Das Erscheinen einer Eigengesetzlichkeit in einem Medium muß dual sein, weil Materialität nicht in sich polar sein kann, d.h. immateriell und auch zugleich materiell. Deshalb kann in jedwelcher Erscheinungsform nur Duales auftreten, während für das vollständige Begreifen seiner Struktur polare Begrifflichkeiten nötig sind.

3. Der 'Blick von nirgendwo' (Thomas Nagel) läßt sich dennoch finden, und zwar wenn das Denken sich seines Umgangs mit den reinen Inhalten (Ordnungen, Gesetzen) im strengen Sinne vollständig bewußt wird. Dies habe ich in meiner Arbeit an zunächst einem Beispiel aufzuzeigen versucht, nämlich für die Fragestellung, was *Prozessualität* sei. Daß gerade diese Polarität gewählt wurde liegt daran, daß — wie gerade die Physik zeigte — alles materiell Erscheinende letztlich nicht von einer dinglich fixierbaren Natur ist. Alles Materielle ist letztlich Prozeß, Metamorphosen von Energie gemäß den je spezifischen dynamischen Gleichgewichtsbedingungen.

Aus der Anwendung des reinen Inhalts der Begriffspolarität auf sich selbst (vollständige Selbstbezüglichkeit von 'Form'- und 'Stoff'-Aspekt) ergab sich das Schema in Abb. 2.

Fig. 2 Die begriffliche Triade von 'Gesetz', 'Kraft', 'Störbarkeit' und 'Grundgleichgewicht'



Wo eine Erscheinung begrifflich zu durchdringen ist, zeigt *analytisch* gesehen diese Tetrade in ihren Kategorien die Grundgesetzlichkeit, welche die Prozessualität alles Seienden bestimmt, vom letzten Gluon zum Universum aller möglichen Universen: alle haben sie (a) eine *Struktur* ('Gesetzes'-Aspekt, ihre Eigengesetzlichkeit), (b) sie *erleiden und bewirken Veränderung* ('Kraft'-Aspekt), (c) ihre *Kräftestruktur kann beeinflusst werden* ('Störbarkeits'-Aspekt), und (d) *strukturell können sie nur durch ihr Grundgleichgewicht bestehen*, das passiv auftreten (in unlebendigen Strukturen) oder zusätzlich aktiv beeinflusst werden kann (in den lebendigen Strukturen, mit Autonomie-Stufen). Diese Ordnung von Kategorien ist aus genau *einer* Perspektive heraus entwickelt, der Prozessualität, und muß somit *im Verbund* angewendet werden, weil sonst interpretatorische Verzerrungen auftreten.

Vom komplementären *synthetischen* Gesichtspunkt aus vereinigen diese Kategorien die die Sache begründende existenzielle Ordnung als dasjenige, was (a) *exakt diese Sache* ist ('Gesetzes'-Aspekt bzw. genauer: Eigengesetzlichkeits-Aspekt), (b) passiv oder aktiv in *Veränderungen* exakt so stehend, wie sie es kann ('Kraft'-Aspekt), (c) *störbar bis tötbar* exakt so, wie sie es ist ('Störbarkeits'-Aspekt), und (d) für ihr Sein *abhängig von ihrem eigenen Grundgleichgewicht* ('Gleichgewichts'-Aspekt). Die Erhaltung des Gleichgewichts kann ganz ohne Bewußtsein erfolgen, wie in mineralischen Strukturen, oder zunehmend bewußt, wie in den lebendigen Strukturen, die sich bewegen können, essen müssen, etc. — und somit Wahlmöglichkeiten haben. Je nach Strukturtyp, je mit der entsprechenden Autonomiestufe, kann ein Lebewesen seiner eigenen Prozessualität mehr oder weniger bewußt werden. Die volle Selbstbewußtheit kann logischerweise nur durch vollständige Selbstbezüglichkeit möglich sein. Diese kann nicht einfach durch den menschlichen Leib automatisch gewährleistet werden,

wie dies bei einem Mechanismus der Fall ist, sondern bedarf des integral organischen Denkaktes. Dieser wiederum muß gewollt werden — und dazu ist jeder Mensch frei, insofern die Nachbarn ihn dabei eher unterstützen als stören. Der wichtige Unterschied zwischen Mechanismus und Organismus ergibt sich also aus den begrifflichen Erwägungen selbst. Organe einer lebendigen Struktur zeichnen sich dadurch aus, daß sie Teil-Gleichgewichte erreichen, auf dem Weg zum ‘Gesamtzusammenklang’.

Damit ist das *Prinzip* aufgezeigt, mit dem sich der ‘Blick von nirgendwo’ begreifen läßt. Denn jede beliebige Fragevektor (siehe die Beispiele in These 2) führt zu seiner je eigenen vollständigen Feldüberdeckung. Die Fragestellung nach ‘Prozess’ ist es, was überhaupt erst zu ‘Gesetz’, ‘Kraft’, ‘Störbarkeit’ und ‘Grundgleichgewicht’ gelangen läßt — und in derselben Art und Weise generiert das Verfolgen jedes Fragevektors am Ende die für das spezifische Begreifen notwendigen Kategorien. So ergibt sich beispielsweise für die Frage, was letztlich das naive Erkennen (wo man sich der letztlich bestimmenden Inhalte nicht bewusst ist) ausmacht gegenüber dem wissenschaftlichen Erkennen (Fig. 3).

Fig. 3 Naives Wahrnehmen gegenüber wissenschaftlichem Erkennen



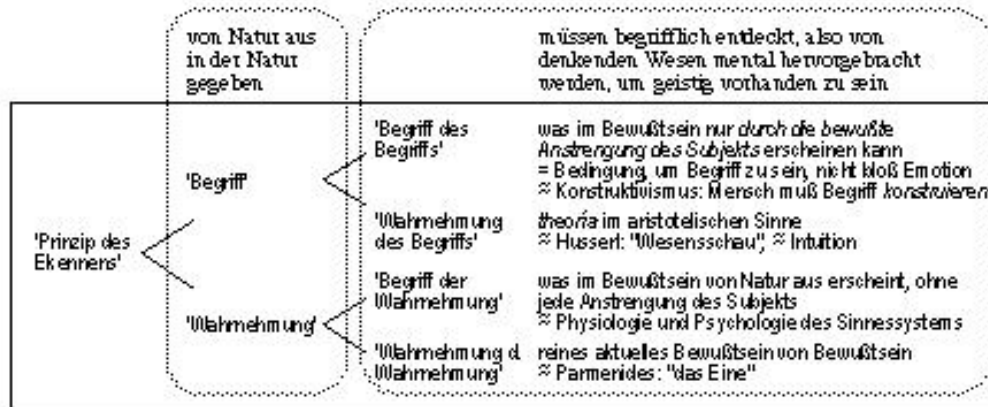
Oder für die oben genannte Frage nach den Bedingungen für das Erkennen — die Kant markant aufwarf und welche die Philosophie seither beschäftigt — ergibt sich aus der Anwendung der reinen Inhalte von ‘Wahrnehmung’ und ‘Begriff’ auf sich selbst (Fig. 4).

Wie sich damit zeigt, wird am Schluß immer *das Ganze* prinzipiell erfaßbar. Die vielen Fragevektoren konvergieren immer im Ganzen, und die Summe aller möglichen Fragevektoren spannt die potentielle Totalität allen Zugangs zum Erkennen auf.

Die heute in den Wissenschaften übliche Vorgehensweise, mit ihrer Überbetonung des Empirischen, kann auf der Suche nach Gesetzmäßigkeiten bloß ‘vektorielle’ und letztlich nur *probabilistische* Formulierungen davon bereitstellen (nach denen die ‘Zentralkräfte’ wirken), die deshalb keine streng universelle Feldüberdeckung bieten. Im Gegensatz dazu macht der hiermit angebotene prinzipiell rationale Ansatz ‘umhüllende’ *streng universell* gültige Ordnungen (Gesetze) zugänglich (nach denen die ‘Umkreiskräfte’ wirken). Diese Ordnungen sind nicht absolut, sondern folgen aus der Erschöpfung ihrer jeweiligen Frageperspektive.

Die beiden Verfahren ergänzen sich grundlegend: während das rationale Vorgehen (als ‘Kultur’ des Geistes) *heuristisch* relevante Ordnungen für die empirischen Methoden findet, bieten diese (als ‘Natur’ des Geistes) das nötige *konkrete Anschauungs-*

Fig. 4 Die begriffliche Tetrade – für die Frage nach der Natur des Erkennens



material, aus welchem die wissenschaftliche Sprache und damit die Verständigung schöpft. Nur wenn beide Seiten zum Zusammenklang gebracht werden, offen für einander bleibend, kann das Gesamt-Unternehmen 'Wissenschaft' ein ausgewogenes organisches Gebilde werden, statt wie bis jetzt eine quantitativ wachsende Ansammlung von qualitativ bloßen Teilwahrheiten. Wie ein guter (d.h. biologisch-dynamisch wirtschaftender) Bauer den stofflichen Boden, kultiviert gute Wissenschaft den ideellen Boden nicht nur kurzfristig, sondern in einer nachhaltig durchführbaren Weise (Fig. 5).

Fig. 5 Unternehmen Wissenschaft als kohärent-organisches Ganzes, begrifflich das Leben fassen könnend

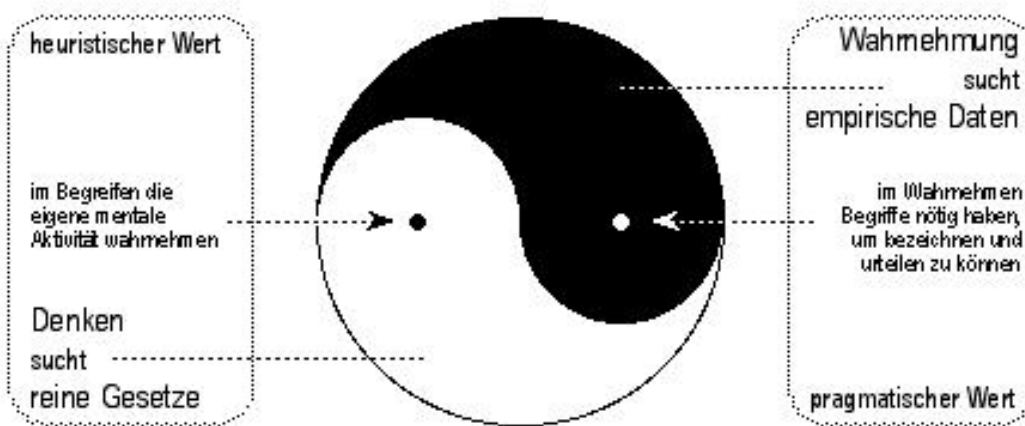


Abbildung 1: Unternehmen Wissenschaft als kohärent-organisches Ganzes, begrifflich das Leben fassen könnend.

Die denkenden Wesen unter den belebten können ein Bewußtsein davon gewinnen, daß das, was sie durch sich hindurch gehen lassen, nicht nur etwas Totes oder eine belanglose Phantasiewelt ist, sondern daß es letztlich Ordnungen sind, Ideen (in der Triade- / Tetrade-Terminologie: Gesetze), die durch Akzeptieren oder Verwerfen

gewählt werden. Das ist die Motivbildung, jene andauernde Urteilstätigkeit, die in die leiblichen Bewegungen einfließt und deren die denkenden Wesen *nolens volens* bewußt werden müssen, wenn sie nicht in Konflikt mit dem Universum geraten wollen. In der Bibel heißt es dazu etwas kryptisch “nun werdet ihr sein wie die Götter”: *andauernd ur-teilend*. — Aber wie bewußt? Das hängt ganz von den denkenden Wesen selber ab, denn sie sind frei in ihrer Motivwahl. . .

Zur Frage der Anwendbarkeit — etwa auf den ‘Wärmekurs’

Man bedenke genau, daß ich mit meinem begrifflichen Vorschlag — der Triade und Tetrade (in diesem Falle für die Prozessualität, für die Naturwissenschaft) — ja nicht z.B. behaupte “es gibt Gesetze und es gibt Kräfte” etc. als etwas Existenzielles, sozusagen Herumstehendes, womit man nur in die bekannten naturphilosophischen Streitigkeiten gerät, was eigentlich die Wirklichkeit sei. Was ich sage ist: Es gibt Phänomene, worunter auch Ur-Phänomene (die sich gegenüber den komplexeren Formen dadurch kennzeichnen, daß sie direkt einen primären Zusammenhang, eine Naturgesetzlichkeit zeigen), und diese Phänomene sind jeweils ‘eins’, sich selbst in ihrem ganzen Weltensammehang (inklusive Beobachter) — und fragend-denkende Wesen tragen unweigerlich Begriffliches an sie heran, wenn sie sie angehen. Oder wie es in der heute üblichen Wissenschaft heißt “alles ist Interpretation”, oder “alles ist theoriegeladen”. Dieses Begriffliche habe ich vielleicht stärker durch-systematisiert, als Rudolf Steiner dies getan hat. Aber ich stehe damit in keiner Weise im Gegensatz zu ihm (auf Einwände gehe ich gerne näher ein).

Wenn man den Text beispielsweise des Wärmekurses so auf die heute übliche Wissenschaft losläßt, wie er vorliegt, gerät man in die heillosen Konflikte (siehe Seite 219 “Hinweise”), die die Anthroposophie in der Öffentlichkeit hat, weil Steiner in diesem Fall zu Waldorf-Leuten spricht, die vieles schon wissen (sollten) — womit er die Begrifflichkeiten so frei und ‘intuitiv’ braucht, wie er es sich in diesem Kreise eben leisten kann. Aber wir stehen in der Situation, mit der heute üblichen Wissenschaft umgehen zu müssen. Deshalb können wir uns nicht mehr direkt Steiners Begrifflichkeit bedienen. Wir müssen ‘Übersetzungen’ machen. In dieser Situation meine ich, daß meine Begriffsstrukturen es explizit erlauben, Brücken zu schlagen zur heute üblichen Wissenschaft, die eben jenes Viele nicht schon weiß, das Steiners Zuhörer wohl wußten.

In meinem Ansatz gehe ich explizit davon aus, vom Ganzen zum Teil hin zu denken — gerade nicht, wie in der heute üblichen Wissenschaft vom Teil zum Ganzen hin (wie es auch manche Teilnehmer dieses Debattierkreises noch tun). Für dieses ‘andere’ Vorgehen schmiede ich das begriffliche Werkzeug, und es ist leistungsfähig.

Man bedenke etwa, daß mein Ansatz es just erlaubt, die Wirkung der ‘Riesen’ zu fassen, von denen Steiner im 14. Vortrag redet (Seite 209 oben) und die ja der üblichen Wissenschaft völlig absurd vorkommen müssen. Die Wirkung der ‘Riesen’ reicht vom Ganzen durch alle Stufen bis ins Allerkleinste (in der Darstellung nach einem anderen Gesichtspunkt: durch alle Hierarchien hindurch) — genau wie die Kategorien meiner Triade / Tetrade auf allen Stufen des Seinenden gelten.

Oder man bedenke daß Steiners fundamentaler Hinweis, es handle sich bei naturwissenschaftlich relevanten Phänomenen immer um ‘Ausgleichsvorgänge zwischen Niveaudifferenzen’ (Seite 206 ff), genau dem entspricht, was sich mittels meiner Kategorien des Stofflichen, nämlich ‘Störbarkeit der betrachteten Kraftstruktur’ und ‘Grundgleichgewicht aller Kraftstrukturen’ (und damit auch der betrachteten, was ihren universellen Bezug klärt), präzis analysieren und zum Ausdruck bringen läßt.

Auch was Steiner unter der 'Nullsphäre' versteht (Seite 198), ist damit faßbar als Grenze, außerhalb der die Grundstruktur von Materie (die zwei sich die Waage haltenden Grundkräfte der 'materia prima') abgelöst ist von der Verflechtung der Materie mit den Eigenwünschen des Seienden. Diese Eigenwünsche haben, nach Maßgabe des jeweiligen Bewußtseins, Gesetzes-Charakter: einerseits drängt das Lebewesen seinen Lebenswunsch kraftvoll ('Form'-Aspekt) dem 'Stoff' auf; das ist das 'Druck'-Prinzip des sich behauptenden Ek-sistierens: Luzifer. Andererseits kann die Grundstruktur von Materie jenseits der Grenze in ihrem eigenen Sein ruhen und so ihre saugende Qualität ungestört verwirklichen — darum ist die materielle 'Raumforschung' etwas eigentlich Störendes, aber zum Glück auch Begrenztes: Wir werden nie das ganze Universum stören können.

Und schließlich kann mit meinem Ansatz begreiflich werden, daß 'negative Materie' (11. / 12. Vortrag) nicht die Antimaterie ist, die unsere Physik kennt: Während die Balance der 'materia prima' ein Ausdruck der Idee (Eigengesetzlichkeit) ist, als Struktur grundsätzlich zur Verfügung zu stehen (das ist der Sinn des Opfers der Thronoi), ist die Eigengesetzlichkeit der Balance der Antimaterie unserer üblichen Physik die, daß die Grundkräfte sich letzten Endes gegenseitig auslöschen, d.h. in ungeordneter Energie aufgehen (die Antimaterie maniestiert das Prinzip des Todes: Ahriman), was also — im Gegensatz zur 'positiven' Materie — eine kontinuierliche Anstrengung des Lebendigen notwendig macht, um während der Inkarnation am Leben zu bleiben. Demgegenüber hat die 'negative Materie' nach Steiner das Kennzeichen, die Lebensordnung zu bewahren.

Die oben erwähnten Publikationen sind:

Schaerer, Alec A.

[2001] "Why Matter Matters Massively", in: *Frontier Perspectives* 10(2), Herbst 2001 (wobei die Herausgeber es fertiggebracht haben, auf Seite 57 einige Verunklärungen in den Text hineinzuschmuggeln)

[2002] "Conceptual Conditions for Conceiving Life — a Solution for Grasping its Principle, not Mere Appearances", in: *Fundamentals of Life* (G. Palyi, C. Zucchi, L. Caglioti, Hsg.), Paris: Elsevier (zuletzt im Druck; sollte ursprünglich im Herbst 2001 erscheinen)

Gedanken-Urphänomene in der Modellphysik?

VON BORIS HEITHECKER

Ob man Urphänomene auch in der Modellphysik finden kann, ist auf der Physiker-Tagung 2002 in Dornach mehrfach gefragt worden. Es besteht offenbar die Frage nach der Möglichkeit, in den Vorstellungskonstrukten der Modellphysik so etwas wie Gedanken-Urphänomene oder urphänomenale Gedankengesten ausfindig zu machen. Man muss sich aber, um diese Frage lösen zu können, zunächst über eine bestimmte Verständnisvoraussetzung ins Klare kommen, die das grundsätzliche Verhältnis der urphänomenalen Physik zur Modellphysik betrifft und die so viel seltener thematisiert wird. Wir gehen nämlich heute zu oft davon aus, dass den Unterschied zwischen den beiden Traditionen nur eine methodische Vorentscheidung des sich um Erkenntnis bemühenden Subjekts ausmacht. Modell- und urphänomenale Physik wären nach dieser Voraussetzung nur zwei verschiedene Methoden der Erkenntnisgewinnung, die jeweils auf eine Natur angewendet würden, welche selber sich der Erkenntnis gegenüber indifferent verhielte. Diese Voraussetzung ist aber nicht ganz richtig.

Die Natur offenbart sich dem inkarnierten Menschen in Urphänomenen. Und wenn sich eine Tradition des Physik-Treibens herausgebildet hat, die die Urphänomene nicht in ihren unmittelbaren Formen suchen will, dann muss sie damit rechnen, auf Umwegen auf das Urphänomenale zu treffen. Man kann den Urphänomenen nie entkommen. Es gibt keine Alternative zwischen Modellphysik und urphänomenaler Physik. Die Modellphysik kann höchstens das unmittelbare sinnliche Erscheinen der Urphänomene zu meiden suchen, und zwar auch nur so lange, bis das verdrängte Urphänomenale plötzlich wieder hereinbricht, sich durch die Hintertür hereinschleicht. Dann geschieht das, von dem ich meine, dass man es als Auftreten von Gedanken-Urphänomenen oder urphänomenalen Gedankengesten bezeichnen könnte.

Wenn das so ist, gibt es nicht zwei Wege zur Natur, sondern *eine* Möglichkeit, die Urphänomene direkt in ihrem Erscheinen aufzusuchen, und eine zweite der indirekten Konfrontation mit denselben. In diesem Fall trifft man, wenn man denn überhaupt ein Gespür für das Urphänomenale hat, auf dasjenige, worein sich die Urphänomene als Gedankengesten verwandelt haben.

Dabei ist der Weg zu den Urphänomenen durch die Modellphysik nicht der einfachere. Man müsste doch erst einmal viel tiefer und konsequenter, als das jeder Durchschnittsphysiker tut, in das Abstrakte oder die ganze Konstruiertheit der Modellphysik einsteigen. Man müsste sehr viel folgerichtiger und hartnäckiger als üblich die Natur nur aus den mathematisch-logischen Relationen der theoretischen Physik heraus denken wollen. Der nächste Schritt ist dann, bewusst und gezielt das mathematisch Formulierte auszuschalten *ohne dabei in naive oder geometrische Vorstellungen zurückzufallen*. Hier durchläuft man sicherlich den schwierigsten Punkt, denn wenn man die Physik erst vollständig in mathematisch-relationale Konstrukte auflösen will und diese dann auch noch ausschalten soll, bleibt ja nicht viel übrig. Mangelnde Konsequenz bringt einen hier aber in jenes seichte Befühlen populärwissenschaftlicher Vorstellungen mit halbesoterischen Begriffen, das leider so oft mit dem echten phänomenologischen Zugang verwechselt wird.

Wie schwierig und doch auch wieder konsequent der vorgeschlagene Weg ist, mag am Beispiel der Atomphysik oder Quantenmechanik verdeutlicht werden. Der Formalismus der Quantentheorie treibt einen ja immer weiter weg von der sinnlichen Wahrnehmung und letzten Endes auch jeder räumlich-geometrischen Vorstellung und es ist die Frage, was als Gedankengeste übrig bleibt, wenn man dann auch noch diesen For-

malismus selber auslöscht. Auf keinen Fall wird man aber ein Urphänomen *innerhalb* des physikalischen Formalismus oder sogar in populärwissenschaftlichen Vorstellungen finden. Und um eine Gedankengeste überhaupt als Gedanken-Urphänomen zu erkennen, muss man ja auch zunächst, zum Beispiel anhand der goetheschen Farbenlehre, gelernt haben, was ein Urphänomen ist. Man wird also doch immer wieder auf den direkten, phänomenologischen Weg verwiesen.

Zur Definition der Kraft

VON GEORG SONDER

Die Motivation zu diesem kleinen Exposé

Folgende Gedanken zur Definition der Kraft geht auf einen Disput zurück, den ich Anfang Januar 2002 anlässlich der Tagung für Physiker und Physiklehrer am Goetheanum in Dornach mit Herrn Florian Theilmann führte. Der kurze und direkte Verlauf hat mir sehr gut gefallen. Daraus entstand die Bitte von Herrn Theilmann, meine Gedanken zur Definition der Kraft kurz darzustellen.

Die Frage nach einer sinnvollen Definition der Kraft bewegt mich schon lange, da die in der technischen Welt gebräuchliche Definition zwar von Wissenschaftlern und Technikern bei ihrer Arbeit verwendet wird und für die Entwicklung von Maschinen und technischen Geräten von großer Bedeutung ist, - von der breiten Mehrheit der Menschen aber anders erlebt wird und oft als "abstrakt" erscheint. In meiner früheren Tätigkeit als Physiklehrer an mehreren beruflichen Schulen konnte ich erleben, dass die Schüler zwar die Aufgaben richtig lösen konnten; den Lerninhalt "Kraft" und damit die ganze Mechanik haben aber nur wenige verinnerlichen können.

Im Folgenden sei nun versucht, einige Gedanken in aller Kürze darzustellen, die mehr als Aufforderung gedacht sind, intensiv eine Beschreibung oder Definition des Kraftbegriffs zu suchen, der den Menschen mit seiner Erlebnis- und Erfahrungsfähigkeit mit einbezieht. Die unten aufgeführten Gedanken stellen höchstens ein Arbeitskonzept dar und sind deswegen noch unvollständig.

Zu den Kräften

1. Die Definition der Kraft, wie sie von der heutigen Schul- und Hochschulphysik vorgenommen wird, verwendet die beobachtbaren Größen
 - (a) Bewegung, vielmehr "Bewegungsänderung" in Richtung und/oder Betrag und
 - (b) mehr in der Technik üblich, die Formänderung [8]

Man kann dazu alle Physikbücher, die ihr Entstehen den Lehrtätigkeiten der oben genannten Bildungseinrichtungen verdanken, heranziehen. In Büchern der theoretischen Physik wird die Kraft oft über den Impuls definiert; dieser impliziert die Möglichkeit, daß sich nicht nur die Bewegung - Geschwindigkeit eines Körpers ändert, sondern auch seine Masse.

2. Die beiden Größen "Formänderung" und "Änderung des Bewegungszustandes" sind beide geometrische Größen. Der erste ist reine geometrische Größe. Der zweite, die Änderung des Bewegungszustandes ist auch eine geometrische Größe in Kombination mit der Zeit. Falls der Impuls (Bewegungsgröße) zur Definition verwendet wird, kommt die Masse als dritte Größe (oft nur als Proportionalitätsfaktor bezeichnet) dazu.
3. Eine wichtige Frage:
 - a) Ich beobachte, wie der Ast eines Baumes herunter gebogen wird. b) Ich beobachte, daß eine Tier, z.B. eine Katze aufspringt und wegrennt und aus dem Stand heraus eine recht hohe Geschwindigkeit erreicht.

Woher weiß ich, dass in beiden Fällen Kräfte diese Änderungen von Form und Bewegung hervorgerufen haben, so wie es die Physiker behaupten?

4. Zieht ein Mensch an dem Ast, so dass er sich herunter biegt, kann ich den Menschen nach seinem Erlebnis fragen, das er bei dieser Aktion hatte. Hänge ich mich selbst an den Ast, bleibe ich nicht ohne Erlebnis; ich kann diese Erfahrung beschreiben.

Jeder Mensch muss mindestens einmal in seinem Leben die Erfahrung einer Kraftwirkung gemacht haben, damit er sich etwas vorstellen kann unter einer Kraft. Oskar Höfling [1] weist darauf hin, daß der Kraftbegriff doch mit der menschlich-körperlichen Erfahrung zusammenhängt. Wegen dem Bestreben, ein genaues Maß der Kraft angeben zu können, wurde die subjektive Erfahrung des Menschen von der Bildung des Kraftbegriffes ausgeschlossen. Interessanterweise bemerkt auch Istán Szábó [8] den Zusammenhang des Menschen mit de Kraftbegriff.

5. Der in der heutigen Physik verwendete Kraftbegriff ist nur ein mittelbarer, - ihm fehlt der erste Teil, - die direkte menschliche Sinneserfahrung.

In der heutigen Arbeitswelt der hochtechnisierten westlichen Industrienationen wird dem Menschen bei der Arbeit fast jede Kraftbetätigung abgenommen. Dafür gehen viele Menschen heute ins Fitnessstudio, um Kraftübungen zur Ertüchtigung ihres Körpers zu erlangen. Wieweit den Besuchern des Fitnessstudios der Kraftbegriff dadurch klarer wird, müsste man durch eine Umfrage einmal klären.

Ausblick

6. Bei den oben aufgeführten, fragmentartigen Gedanken zum Kraftbegriff wurden noch nicht die Vorgänge angesprochen, die im Innern des Menschen ablaufen, wenn er eine sinnliche - körperliche Wahrnehmung hat. An dieser Stelle entzündete sich der Disput zwischen Florian Theilmann und mir. Diesen Vorgängen sollte wissenschaftlich - erkenntnistheoretisch (im Sinne von R. Steiners Philosophie der Freiheit [10] nachgegangen werden.
7. Ein weiterer Punkt müsste Beachtung finden: George Adams [9] ordnet bei seiner Beschreibung der mechanischen Arbeit die "Kraft" dem "Gegenraum" zu, die geometrische Größe "Wegstrecke" dem "physischen Raum". Wieweit kann ich beim Wahrnehmen einer Kraftwirkung von einem "gegenräumlichen Erlebnis" sprechen?

8. Bei diesen Ausführungen stand ein Gedanke Pate: R. Steiner weist im Lichtkurs [11] darauf hin, dass sich das Bewegungsparallelogramm und das Kräfteparallelogramm sehr voneinander unterscheiden. Die Richtigkeit des letzteren lässt sich nur auf "empirische Weise durch äußere Erfahrungen" bestätigen.
9. Ich möchte noch auf das Exposé von Boris Heithecker [11] hinweisen, das er auf der o.g. Tagung mitbrachte. Leider konnte ich es bis jetzt nur in einem Schnelldurchgang lesen. Seine Forschungsergebnisse könnten einige Antworten auf die gestellten Fragen bringen.

Literatur:

- [1] O. Höfling, Lehrbuch der Physik, Oberstufe Ausgabe A, 9. Auflage 1971, Fer. Dümmers Verlag, Bonn.
- [2] L. Bergmann - Cl. Schaefer, Experimentalphysik 1, Walter de Gruyter Verlag, Berlin, 1961.
- [3] H. Goldstein, Klassische Mechanik, Akademische Verlagsanstalt, Frankfurt.
- [4] G. Joos, Lehrbuch der Theoretische Physik; 12. unv. Nachdruck der 11. Auflage. Akad. Verlagsgesellschaft m.b.H., Frankfurt/M., 1959.
- [5] A. Sommerfeld, Mechanik, 7. Aufl., Akademische Verlagsgesellschaft, Geest & Portig K.-G., Leipzig, 1964.
- [6] W. Kuhn, Physik, Band III A, Mechanik. G.Westermann Verlag, Braunschweig, 1979.
- [7] F. Klein, Einleitung in die analytische Mechanik. Vorlesungen, geh. In Göttingen 1886/87. Teubner Archiv zur Mathematik. B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1991.
- [8] I. Szabó, Einführung in die Technische Mechanik. Nachdruck der 8. Aufl., Springer Verlag, Berlin, 1984.
- [9] G. Adams, Kräfte in Raum und Gegenraum. Abgedruckt in: Universalkräfte der Mechanik, Mathematisch-Astronomische Blätter Neue Folge, Phil.-Anthr. Verlag am Goetheanum, Dornach, 1996.
- [10] R. Steiner, Die Philosophie der Freiheit. Verlag der R. Steiner Nachlaßverwaltung, Dornach, 1962.
- [11] R. Steiner, Lichtkurs. Geisteswissenschaftliche Impulse zur Entwicklung der Physik. Erster Naturwissenschaftlicher Kurs. GA 320, Verlag der R. Steiner-Nachlaßverwaltung, Dornach, 1964.
- [12] Boris Heithecker, Zur Naturphänomenologie der Kraft. Exposé einer Dissertation.

Universelles Weltverstehen und was mir ein Märchen zu diesem Thema zu denken gibt

VON FLORIAN THEILMANN

Alec Schaerer hat uns mit der Frage nach dem, was sich unter “Kraft” verstehen lässt, auch einen dichten Text vorgelegt, der viele Gedanken ebenso explizit wie neu wieder ins Spiel bringt, die er schon einmal in unserem Kreis vorgebracht hat [1]. Ich möchte auf zweierlei Arten auf seine Anregung eingehen: zum einen andeuten, in welche Richtung ich derzeit “Kraft” verstehe, und andererseits versuchen, auf das radikale Konzept einzugehen, das Alec vorschlägt.

Von Kräften sprechen

Zunächst scheint mir wichtig festzuhalten, dass von Kraft vornehmlich im Kontext von Ursache und Wirkung zu sprechen ist, genauer: in einer Art “Übergriffssituation”. Damit meine ich Situationen, in denen Erscheinungen für ihr Verständnis mehr Umfeld brauchen, als in der unmittelbaren Situation zu liegen scheint (was auch immer wir für eine unmittelbare Situation halten mögen). Die Ursache, die begrifflich für solche Erscheinungen gesucht wird, erscheint so als Eingriff (womit bereits eine gewisse Dynamik der Situation impliziert ist) wie von aussen, dessen innere Entsprechung, also das innere Erlebnis, auf das ich beim Mich-darauf-Beziehen verfallen kann, der *Wille* ist [2, 3] — und nicht einfach Erfahrung von Körperbetätigung. Wichtig ist dabei für die Physik, diese Wirksamkeit an äussere Erscheinungen zu binden.

So lässt sich im Gebiet der Mechanik in diesem Sinne beim Führen von Bewegungen von Kraft sprechen, sofern die beeinflusste Bewegung im Blick ist. Schwieriger ist die Sache für die eigentlich mechanische Situation, die *Statik* als das Wechselspiel von Zug und Druck, von Verformung und Spannungen. Leopold Müller-Salzburg schildert in den *Elementen* [4] seine Erfahrungen und Methodik beim Tunnelbauen dahingehend, dass man im frischen Tunnelstück nicht äusserliche Kräfte berechnen (eigentlich: schätzen) sollte, sondern auf die *tatsächlichen* Verformungen, sprich: *Kraftwirkungen* schaut, und dann Massnahmen ergreift, diese gemäss ihres Auftretens zu kompensieren. Die statische Situation ist eben gerade die, in der sich alle Kräfte/Spannungen/Schübe kompensieren, sie liegt einfach als Gesamtheit vor und ist im geschilderten Sinn letztlich *kräftefrei*. Hier greift nichts Fremdes von aussen ein, “Kraft” ist hier nicht eine Ursache, sondern ein Name für diesen Typ Beziehung (Vgl. auch [5]), den *Körper*¹ miteinander eingehen, das Sich-Drücken bzw. -Ziehen. So müsste man in der Statik eigentlich auch sagen, “Kraft herrscht” (und das sich kompensierende Wechselspiel im Sinn haben), und nicht “da wirkt eine Kraft” (denn es ist ja sicher nicht nur eine).

Spannend war für mich zu sehen, dass sich mir die Originalarbeiten Robert Mayers erst unter diesem Gesichtspunkt erhellen². Es kann einen ja stören, wie da an allen Enden von “Kraft” die Rede ist, wo nach heutiger Sprechweise “Arbeit” oder “Energie” stehen sollte. Mir scheint, es stehen ihm dabei solche Übergriffs-Konstellationen vor Augen und seine *logisch*-begründete Forderung nach dem Erhalten-Sein der Kräfte

¹Offenbar muss hier nicht nur an feste Körper gedacht werden!

²Vgl. etwa: “Kräfte sind Ursachen; mithin findet auf dieselben volle Anwendung der Grundsatz: *causa aequat effectum*.” aus: R. Mayer: Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur. Annalen der Chemie und Pharmacie 1842

rühre daher, dass er das Ursache-Wirkungs-Verhältnis nicht mehr streng an die Erscheinungswelt bindet, sondern die physikalischen Kräfte (analog zum Willen?) anfangen, als Entitäten für sich zu stehen. Die Übergriffssituation ist aber offenbar nicht auf einen mechanischen Kontext beschränkt. Die Februarsonne hat offenbar dieser Tage Kraft genug, den letzten Schnee zu schmelzen, Essig die Kraft, Kalkränder zu lösen.

Erkenntnispraxis

Ob mir eine bestimmte Sichtweise auf eine bestimmte Erscheinung taugt, entscheidet sich erst und nur im Umgang mit der Sache. Offenbar treten wir einerseits an mit Erwartungen daran, mit welchen Methoden oder Begriffen und in welches Umfeld sich eine Erscheinung wird einordnen lassen, andererseits muss sich unser Erkennen auch an der Welt bewähren. Goetheanismus wäre dabei eine bestimmte Art, sich mit den Erscheinungen ins Verhältnis zu setzen [5–7]; zwar gibt es jeweils eine Art Methoden- und Begriffskanon, dessen Benutzung allein garantiert aber noch keinen Erkenntnisserfolg. Und: eine gewisse Offenheit für Abweichungen scheint dazu zu gehören, ja es scheint, als würde es gerade da spannend, wo das mitgebrachte Konzept nicht aufgeht. In jedem Fall geht es wohl um eine Art grundsätzliches Bekenntnis, aber – so scheint es mir – nicht zu einem bestimmten Kanon (von was auch immer), sondern zu einer Sympathie für eine *Erkenntnisstimmung*, einen bestimmten *Stil* der Auseinandersetzung mit der Welt. Und es ist klar: in meinen Stil fließt die gesamte Kultur meines Gedankenlebens und des Umgangs mit meiner Biographie mit ein, er ist (und: ich bin) ein Gewordener ebenso wie ein Werdender.

Rolle ich mit dem Fahrrad den Berg hinunter, kommt mancherlei an physikalischem Umfeld zusammen: das Fallen mit den Fallgesetzen, die jeweilige Komponente³ der Fallbeschleunigung “in Richtung Strasse”, das Rollen und damit auch der Kreisel, Rollwiderstände, der Luftwiderstand. Für mindestens alle diese Stichworte liesse sich die Sache in charakteristischer Weise entwickeln, bis hin zu charakteristischen Erfahrungszusammenhängen, den Urphänomenen. Jedes dieser Stichworte verweist auf eine charakteristische Art, den Vorgang zu tingieren, zu färben, verweist auf bestimmte Arten Gesetzlichkeit. Jedes dieser Stichworte verweist auch auf eigenes, spezifisches Erkenntnisinteresse (Alec Schaerers Fragevektoren?), eigene Denkbewegungen, eigenes experimentelles Umfeld und eigene mathematische Beschreibungen. Da einzutauchen und mitzumachen erfordert offenbar eine gewisse Neigung zur Empirie ebenso wie Flexibilität. Im inhaltlichen Umgang damit finden wir Alec Schaerers Thesen 1 und 2 gespiegelt: wir sprechen über die Erscheinungen in einer Sprache, die aus unserer Fragehaltung an dieselben erwächst und ihre Bedeutung im Erfahrungszusammenhang erweist. “Freie und geführte Bewegung”, Bewegungswiderstände und “Haftigkeit⁴” — all das sind Begriffe, die nur dadurch tragen, dass sie auf Erfahrungen verweisen, an die Empirie gebunden sind.

Andererseits steht jedes der obigen Stichwörter u. U. für eine spezifische Form des Übergriffs. Wenn man Ruhen oder gleichförmig-geradlinige Bewegung für grundsätzlich halten möchte, ist das Fallen schon Ergebnis eines Eingriffs. Die Kraft dazu wäre das Gewicht⁵. Die diversen Typen von Widerstand gegen die Bewegung sind wiederum solche Eingriffe, die korrespondierenden Kräfte wären die entsprechenden Reibungs-

³Zur Frage, was da zerlegt wird, vgl. meinen Beitrag im kommenden Lehrerrundbrief 74

⁴Vgl. Rundbrief 5 (2001), “Auf der Suche nach höherer Erfahrung”

⁵Ist problematisch, weil gerade beim Fallen Schwerelosigkeit herrscht, vgl. [8,9]

kräfte, analog lassen sich die Merkwürdigkeiten des Fahrradfahrens ansehen. Auf einer formalen Ebene habe ich einen Satz Vektorpfeile, die ich nach mathematischen Gesichtspunkten ins Verhältnis setze, aber dies wäre für mich noch nicht die Ebene der Gesetze. Gesetze finden wir im Reich der Begriffe, und *hier bekenne ich mich zum "Merken-worauf-es-ankommt" an der Erscheinung*. Reibungskraft, das ist nicht eigentlich ein Vektor, sondern jeweils ein konkretes Beispiel dafür, wie Bewegung in einem Umfeld behindert wird oder zum Erliegen kommt. Die Lust, von Kräften im obigen Sinne zu reden, vergeht in dem Mass, in dem sich das neu in den Blick genommene Umfeld des Vorgangs als grundsätzlich zur Situation gehörig erweist, also wir dem Aufmerksamkeit schenken (so spreche ich inzwischen eben viel lieber vom *Reibungswiderstand*).

Standpunkt von Nirgendwo oder im Nirgendwo?

Alec stellt die Frage ja schon richtig: wie muss eine Methodik aussehen, die mehr ist als punktuelle Perspektive oder pragmatische Machbarkeitsanalyse? Aber es gibt offenbar zwei Arten, den Kummer mit diesem ungenügenden Zustand zu formulieren: mangelnde "Allumfassung" bzw. mangelnde Überzeugungs"kraft". In beiden Fällen leidet man wohl an einem mangelnden Zusammenhang zwischen dem Verständnis der Einzel-Welt-Dinge, aber einmal mit Blick auf das Ganze und ein anderesmal mit dem Blick auf das Konkrete, dem man zu wenig gerecht wird. Der Blick auf den "letztlchen Zusammenhang" braucht, so lesen wir, einen "Gesichtspunkt von Nirgendwo", was mir einleuchtet. Aber *wollen wir* diesen Blick überhaupt?

Ich arbeite immer wieder an einem Text, den ich regelmässig auf Eis lege, weil das Gemeinte so schwierig angemessen zu sagen ist. Der Arbeitstitel ist "Experimentieren jenseits einer affirmativen Praxis". Das Anliegen ist dabei folgendes: wenn ich ein Experiment zeige, scheinen dabei zweierlei Grundstimmungen möglich, nämlich

- ich führe etwas vor, also vielleicht die Fallgesetze, etwa an der schiefen Ebene. Meine Stimmung ist "es gibt diese Fallgesetze, hier sehen wir's. Die Abweichungen von $s = at^2/2$ etc. sind der Unmöglichkeit geschuldet, die Reibung ganz zu beseitigen. Schade." Hier ist das Experiment *affirmative Praxis* zu einer Gesetzlichkeit, die sich hier nur unvollkommen zur Äusserung bringen lässt.
- ich sehe den Versuch an und habe die Stimmung "ja das ist doch spannend, wieviel hier zusammenwirkt! Die selbe Kugel, dieselbe Bahn, sorgfältige Durchführung, und doch ist es jedesmal etwas anders. Wie das wohl zustandekommt?" Wirklichkeit erscheint hier als konstituiert durch Prinzipien (poetisch gestimmt könnte man sagen: Charaktere), die man durch das Experiment – und nur da – *kennenlernt*.

Auch hier scheint ein Bekenntnis gefragt und ich persönlich versuche mich in Richtung "kennnenlernen" zu erziehen. Wenn ich das ernst nehme, heisst "Allumfassung" praktisch "Allerfahrung". Und dies klingt mir einfach zu sehr nach dem Ende des Märchens vom "Fischer und seiner Frau"... Aber Allumfassung ohne Allerfahrung droht sinnleer zu werden, also nichts konkretes mehr zu meinen.

Alec fragt, ob Kräfte nur etwas Begriffliches sind oder schon etwas Wirkliches. Ich hoffe, es liegt keine Einseitigkeit darin zu sagen, dass es sich um Begriffe handelt, die am Wirklichen (im Sinne von sinnlich erfahrbarer physischer Welt) zu bilden sind. Darin liegt impliziert, dass diese Begriffe in einzelnen Zusammenhängen gebildet werden und nicht von einer "Theory of Everything" bestimmt werden. Ein solcher

Erkenntnisakt scheint mir dennoch nicht verloren in der Welt zu stehen. Nicht ein begrifflicher Lösungsansatz schafft den Zusammenhang zwischen den einzelnen Erkenntnissen, sondern die Welt selbst ist ein Gewebe! Der eigene Standpunkt demgegenüber ist kein Punkt, sondern ein Weg, nicht nur für den Naturwissenschaftler: vom abstrakt-unbestimmten “Ja, das hängt eben alles zusammen” hin zu einem Schauen in die Welt, das die Schnüre des Gewebes aktiv sucht, sich so zum Erlebnis bringt und dies Werk achten lernt [10].

Literatur

- [1] Beilage zu Physikerrundbrief **1** (2000).
- [2] Rudolf Steiner: Einleitung zu Goethes Naturwissenschaftlichen Schriften, Band 2, Kapitel Ethische und Historische Wissenschaften.
- [3] Georg Maier: Zum Umgang mit dem Begriff der Kraft. Elemente der Naturwissenschaft **47** (2/1987), pp. 8-9.
- [4] Leopold Müller-Salzburg: Spannungen und Deformationen in der technischen Mechanik — ein goetheanistischer Versuch. Elemente der Naturwissenschaft **47** (2/1987), pp. 1-7.
- [5] Martin Basfeld: Die Begriffe Naturgesetz und Kraft in der Goetheanistischen Naturwissenschaft. Elemente der Naturwissenschaft **45** (2/1986) pp. 1-7.
- [6] Georg Maier: Hypothesenfreie Erkenntnis der unorganischen Natur, Elemente der Naturwissenschaft **45** (2/1986) pp. 8-26.
- [7] Florian Theilmann: Beweis und Urphänomen — Zur Methodik in der Naturerkenntnis. Das Goetheanum **46** (11.11.2001) pp. 842-844.
- [8] Hermann Bauer: Gibt es eine Schwerkraft? Mathematische h-Physikalische Korrespondenz **100** (1976) pp. 50-63
- [9] Florian Theilmann: Mechanik anders greifen. Erziehungskunst **2**/2002 pp. 154-165.
- [10] Georg Maier: Wirksamwerden von Fähigkeiten in der Gemeinschaft individueller Wesen. Das Goetheanum **45** (4.11.2001), pp. 817-819.

Adressenliste

Dr. David Auerbach	Physiologisches Institut Harrachgasse 21/V A-8010 Graz	david.auerbach@kfunigraz.ac.at
Leopold Buchinger	Wischathal 59 A-2013 Göllersdorf	leopold.buchinger@siemens.at
Dr. Oliver Conradt	Heinrich-Bomhoff-Weg 1 22607 Hamburg	oliver.conradt@gmx.net
Friedrich-Wilhelm Dustmann	Ypernstr. 154 57072 Siegen	DustmannFW@aol.com
Johannes Grebe	Pfalzburger Str. 83, HH 10719 Berlin	johannes.grebe@physik.hu-berlin.de
Friedrich Hartmann	Riensbergerstr. 93 28359 Bremen	
Boris Heithecker	Brink 5 58452 Witten	boris.heithecker@gmx.net
Michael Jacobi	Königsbergerstr. 27 79650 Schopfheim	
Johannes Kühl	Dorneckstr. 47 CH-4143 Dornach	johannes.kuehl@goetheanum.ch
Prof. Dr. Ludolf von Mackensen	Hugo-Preuß-Str. 3 34131 Kassel	
Frank Mast	Wölperwiesenweg 11 D-72250 Freudenstadt	FrankMast@swol.com
Dr. Georg Maier	Quidumweg 18 CH-4143 Dornach	g.maier@goetheanum.ch
Heinz-Christian Ohlendorf	Christbuchenstr. 143 34130 Kassel	
Albert Pröbstl	Ernsdorfer Str. 34 D-83209 Prien	
Alec A. Schaerer	Gempenstr. 10 CH-4053 Basel	sascha@magnet.ch
Klaus Schimpf	Mühlenstr. 10 07745 Jena	Klaus.Schimpf@t-online.de
Dr. Thomas Schmidt	Zum Upholz 1 33739 Bielefeld	thomas-cornelia.schmidt@ t-online.de
Dr. Konrad Schneider	Veilchenweg 50c D-01326 Dresden	schneider@ipfdd.de
Peter Schwab	Schildbusch 20 34369 Hombressen	
Hanspeter Seipp	Engadinerweg 1 CH-8049 Zürich	hpseipp@bluemail.ch
Wilfried Sommer	Walter-Leiske-Str. 46 60320 Frankfurt	dwsommer@aol.com

Georg Sonder	Hohlgasse 9 72361 Hausen am Tann	g.sonder@t-online.de
Rolf Speckner	Steenkamp 17 D-22607 Hamburg	rolf.speckner@t-online.de
Dr. Jörg Strepfer	162 Lincoln Oaks Dr No. 1205 USA-Willowbroke IL 60514	strepfer@anl.gov
Dr. Florian Theilmann	Zürcherstr. 4 CH-4143 Dornach	florian.theilmann@gmx.net
Jürgen Vogt	Brasselsbergstr. 42 34132 Kassel	Juergen_Vogt@gmx.de
Peter Wenger	Blütenhang 10 78333 Stockach	wenger@wenger-lehrmittel.de