

GIBT ES WISSENSCHAFTLICHEN FORTSCHRITT? EINE ERWIDERUNG

THOMAS NATTERMANN

Dass alle unsere Erkenntnis mit der Erfahrung
anfänge, daran ist gar kein Zweifel.

Immanuel Kant

Ich möchte im Folgenden einige Anmerkungen zur Frage des Abends, nämlich nach der des Fortschritts in der Wissenschaft machen. Diese Anmerkungen sind zum Teil eine direkte Antwort auf die Thesen von Herrn Hüttemann, zum Teil schildern sie die Sicht eines Naturwissenschaftlers auf dieses Thema, insbesondere auf das Verhältnis der Wissenschaften untereinander, was in diesem Kreis vielleicht von Interesse ist.

Meine Aussagen beschränken sich auf die empirische Wissenschaften, sie lassen die Mathematik, obwohl ihre Entwicklung eng mit der der Physik verknüpft ist, und die Geisteswissenschaften unberücksichtigt. Lassen Sie mich direkt zur Sache kommen und mit der These von Herrn Hüttemann beginnen, dass es keinen allgemeinen Fortschritt der Wissenschaft geben könne, weil der Wissenschaft die einheitlichen Ziele fehlten. Dem kann ich, mit der eben gemachten Beschränkung auf die empirischen Wissenschaften, so nicht zustimmen.

Nimmt man die Nachrichten in Massenmedien ernst, etwa über verliehene Nobelpreise, dann ist es das erste Ziel der Wissenschaft, das Leben der Menschheit zu verbessern, d.h. Krankheiten zu heilen, die Arbeit zu erleichtern, die Umwelt intakt zu halten, usw.. Dies ist sicher ein Aspekt wissenschaftlicher Tätigkeit und die Gesellschaft bezahlt uns dafür.

Aber wenn ich mich selbst befrage, oder zur Kenntnis nehme, was andere Wissenschaftler äußern, dann ist es etwas anderes, so willkommen mögliche nützliche Anwendungen der Forschung auch immer sind. Gottfried Schatz, ein führender Schweizer Biochemiker und langjähriger Leiter des Schweizer Nationalfonds für die Wissenschaft schreibt hierzu: "Die besten Köpfe, welche die wirklich grundlegenden Entdeckungen machen, funktionieren anders. Ihr Treibstoff ist Neugier und die Freiheit, Zufallsentdeckungen intuitiv weiterverfolgen zu dürfen. Wenn wir diesen Köpfen vorschreiben, wofür sie sich zu interessieren haben, verkümmern sie".

Ich glaube das Ziel der Wissenschaft ist das Verstehen der Natur, zu der ich auch uns selbst, unser Gehirn, unseren Geist und unsere Interaktionen zähle.

Date: 21. Dezember 2009.

Der Weg zu diesem Ziel besteht im systematische Sammeln und Ordnen von Erfahrungen, dem Herausschälen von geeigneten Begriffen zur Beschreibung dieser Erfahrungen, dem Auffinden von Beziehungen zwischen diesen, schließlich in der quantitative Formulierung dieser Beziehungen in der Form mathematischer Gesetze. Nicht alle dieser Relationen sind gleich wichtig, so können wir das Galileische Fallgesetz und die Keplerschen Gesetze der Planetenbewegung aus der Gravitationstheorie Newtons ableiten. Getreu dem Occamschen Lemma "dass man Wesenheiten nicht über Gebühr vermehren soll, denn es ist eitel etwas mit mehr zu erreichen, was mit weniger zu erreichen möglich ist" versucht die Wissenschaft mit einer Minimalzahl von als grundsätzlich betrachteten Gesetzen auszukommen.

Albert Einstein hat das Ziel der wissenschaftlichen Tätigkeit in einem einzigen, wenn auch nicht sehr kurzen Satz formuliert

"Ziel der Wissenschaft ist einerseits die möglichst vollständige begriffliche Erfassung und Verknüpfung der Sinneserlebnisse in ihrer ganzen Mannigfaltigkeit, zweitens aber die Erreichung dieses Ziels unter Verwendung eines Minimums von primären Begriffen und Relationen".

Zum vollständige Erfassen unserer Sinneserlebnisse gehört natürlich auch das erlebbar machen durch geeignete Apparaturen wie Fernrohr, Mikroskop, Teilchenbeschleuniger etc. und das Ersinnen und Ausführen von geeigneten Experimenten, die ja nichts anderes als gezielte Fragen an die Natur sind.

Das Fortschreiten auf diesem Weg, hin zu diesem Ziel, kennt aber nun zwei Richtungen, die Viktor Weisskopf, ein prominenter Physiker und früherer Direktor von CERN als intensive und extensive Forschung beschreibt. (Hier komme ich auf die Heterogenität der Wissenschaftsparxis zu sprechen, die Herr Hüttemann ausmacht.) Weisskopf schreibt:

"Die *intensive* Forschung sucht nach den fundamentalen Gesetzen, die *extensive* Forschung sucht nach der Erklärung von Phänomenen auf der Grundlage dieser fundamentalen Gesetze. Die Unterscheidung zwischen beiden ist nicht immer zweifelsfrei, aber in den meisten Fällen klar. Die Physik der kondensierten Materie, die Plasmaphysik und vielleicht auch die Biologie sind extensiv, die Hochenergiephysik und ein guter Teil der Kernphysik sind intensiv. Es gibt immer viel weniger intensive als extensive Forschung. Wenn ein neues fundamentales Gesetz entdeckt worden ist, dann beginnt eine große und weiter anwachsende Aktivität in der Anwendung dieser Entdeckung auf bisher unerklärte Phänomene. Es gibt also zwei Dimensionen in der Grundlagenforschung. Die Front der Forschung erstreckt sich daher von der neuesten intensiven Forschung (über die extensive Forschung die von der jüngsten intensiven Forschung befruchtet wird), bis hin zu der extensiven Forschung die auf der intensiven Forschung der letzten Dekaden basiert".

Die von Herrn Hüttemann angeführten Beispiele lassen sich in dieser Weise verstehen: die Forschung von Herrn Kiefer hier in Köln ist intensive Forschung, die von Frau Landfester am MPI in Mainz ist extensiv.

Zusammenfassend kann man also versuchsweise behaupten, dass das Ziel der Wissenschaft in drei Punkten besteht:

- (1) In der Erweiterung unserer empirischen Erkenntnis durch gezieltes Befragen der Natur
- (2) Im Auffinden der Minimalzahl der fundamentalen Begriffe und Relationen zur Beschreibung dieser Wahrnehmungen
- (3) In der Erklärung komplexer Strukturen aus diesen fundamentalen Gesetzen.

Akzeptiert man diese drei Punkte einmal für alle empirischen Wissenschaften, dann kann man fragen, ob wir auf diesem Weg vorangekommen sind, ob es Fortschritt gegeben hat.

Beginnen wir mit den Sinneswahrnehmungen und der Erweiterung unserer empirischen Erkenntnis. Um ein Beispiel zu geben betrachten wir die Längenskalen, auf denen uns Beobachtungen möglich sind. Zur Zeit von Aristoteles umfasste die menschliche Erfahrung Phänomene von vielleicht der Dicke eines Haars, etwa 1/10 mm, bis hin zur Bahn des Saturns, der etwa 1 Milliarde km von der Sonne entfernt ist (die Bewegung der Fixsterne ging in die antike Astronomie nicht ein), dies sind 16 Größenordnungen. Optische Geräte waren zu dieser Zeit unbekannt.

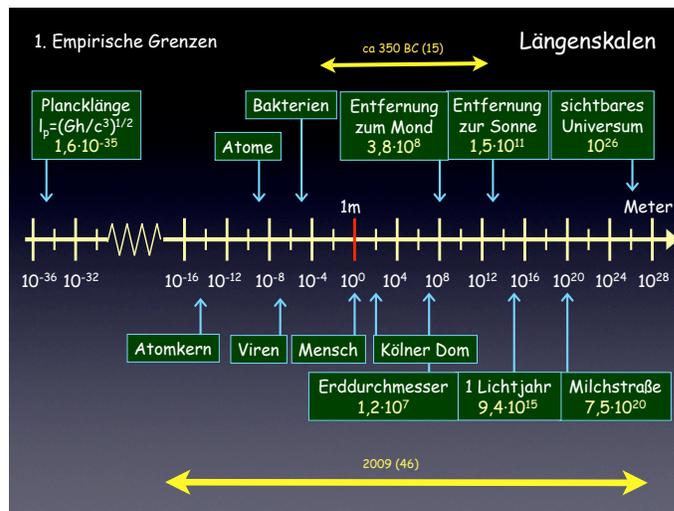


ABBILDUNG 1. Zugängliche Längenskalen in der Antike und heute

Vergleichen wir damit die heutige Situation, dann sind wir mit den großen Beschleunigern wie dem LHC in Genf in der Lage, Prozesse auf Skalen von 10^{-19} m zu untersuchen. Andererseits können wir mit großen Teleskopen Objekte am Rande des uns sichtbaren Universum, d.h. in einer Entfernung von ca. 10^{26} m beobachten. Die uns zugängliche Erfahrungswelt umfasst also 45 Größenordnungen. Sie hat sich damit gegenüber der Antike um einen Faktor 10^{29} , das sind rund eine Billiarde Billionen, vergrößert. Ein mögliches Ziel wäre es hier, bis zur Planck-Skala vorzudringen, dies entspricht einer Längenskala von 10^{-35} m. Leider benötigen wir hierzu Beschleuniger, für die auf der Erde kein Platz ist, es wird also wohl noch eine Weile dauern.

Ähnliches gilt für Zeit- oder Massenskalen. Natürlich werden wir nie alles wissen, in diesem Sinn werden wir nie am Ziel ankommen, aber doch fortschreiten. Dieser Erkenntnis sind auch objektive

Grenzen gesetzt: Wir sehen nur das Licht der Galaxien, das gerade bei uns ankommt, astronomische Erscheinungen, die vor 200 Jahren sichtbar waren, sind unwiederbringlich verloren.

Der zweite Ziel - das Auffinden der fundamentalen Begriffe und Relationen zur Beschreibung dieser Wahrnehmungen und der Reduktion ihre Anzahl - beschreibt ein Wissenschaftsprogramm, das als *Reduktionismus* bekannt ist, und das die meisten Naturwissenschaftler teilen.

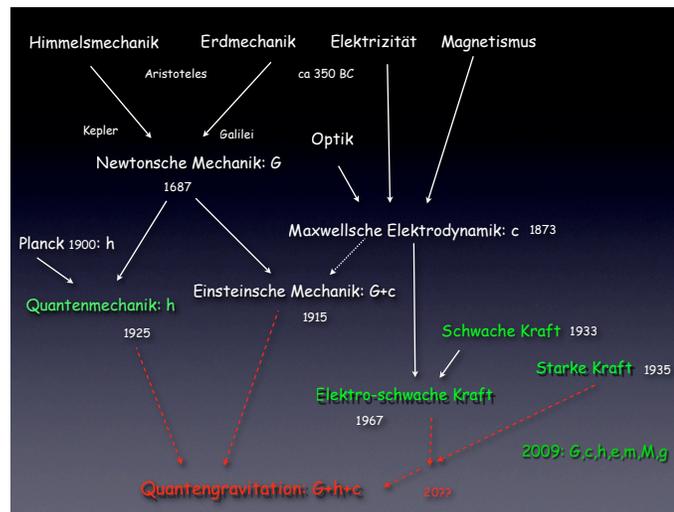


ABBILDUNG 2. Reduktionismus in der Physik

Max Planck benennt es so " ...die Signatur der ganzen bisherigen Entwicklung der Physik ist eine Vereinheitlichung ihres Systems" und Philipp Anderson " Die reduktionistische Hypothese mag immer noch Gegenstand einer Kontroverse zwischen Philosophen sein, unter großen Mehrheit der aktiven Wissenschaftlern ist sie ohne jede Frage akzeptiert."

Lassen Sie mich das am Beispiel der Physik erklären, was die Naturwissenschaftler unter Reduktionismus verstehen, Herr Hüttemann hat schon daraufhingewiesen. Die Erd- und die Himmelsmechanik, von Aristoteles getrennt, wurde von Newton im 17. Jahrhundert vereint, Elektrizität, Magnetismus und Optik verschmolzen im 19. Jahrhundert in der Maxwellschen Elektrodynamik, die gleich noch die elektromagnetischen Wellen vorhersagte. Im 20. Jahrhundert hat dieser Prozess in der Vereinigung elektromagnetischen und der schwachen Kernkräfte seine vorläufige Vollen- dung erfahren. Indem wir also zu immer größeren Beobachtungsbereichen vorstoßen, kommen wir zu neuen Naturgesetzen, die die alten als Grenzfall enthalten. Was aussteht ist die Verschmel- zung der Gravitation mit der starken und der elektroschwachen Kraft. Hier gibt es vielverspre- chende Ansätze, aber noch keine Lösung.

Folgt man diesem Argument, dann ist es das ultimative Ziel der Physik, alle physikalischen Phäno- mene im Prinzip aus einem einzigen Gesetz erklären zu können. Fortschritt wäre dann die zurück- gelegte Strecke auf diesem Weg. Die Mehrheit der Physiker glaubt, das dies möglich sein wird.

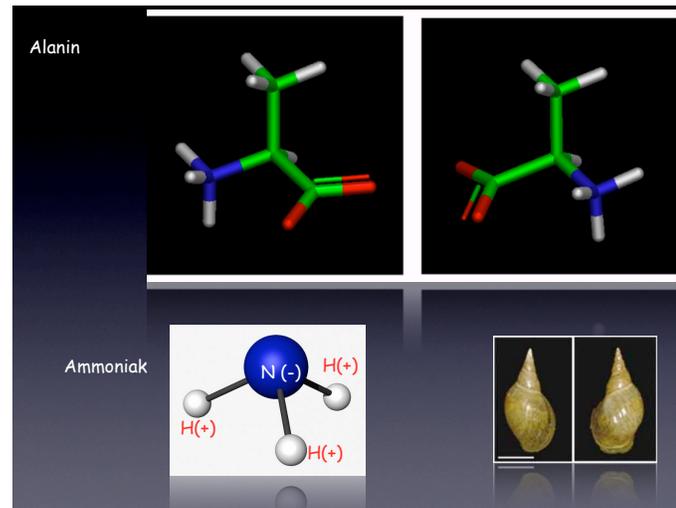


ABBILDUNG 4. Chiralität in der Chemie und Biologie

Um Ihnen ein Beispiel zu geben, betrachten wir eine Aminosäure, das Alanin-Molekül. Es sind 20 (oder 22) Aminosäuren, aus denen die Eiweißmoleküle aller Organismen besteht. Bei den Wirbeltieren bestehen die Eiweiße zu knapp 8% aus Alanin. Die beiden Alaninmoleküle, die Sie hier sehen, sind in ihrer atomaren Zusammensetzung und praktisch allen physikalischen und chemischen Eigenschaften gleich, nur auf Licht wirken sie verschieden. Sie sind tatsächlich verschieden, man kann sie nicht durch eine Drehung ineinander überführen, man sagt sie haben eine Händigkeit.

Die Gesetze der Quantenmechanik verbieten eigentlich eine Händigkeit. Tatsächlich sagt die Quantenmechanik voraus, dass das Molekül sich in einem Zustand befindet, der eine Überlagerung der beiden Zustände darstellt. In der uns leichter zugänglichen klassischen Deutung dieses Phänomens springt, besser tunnelt, das Molekül zwischen den beiden Konfigurationen ständig hin und her. Bei dem viel kleinere Ammoniak-Molekül passiert das etwa 10 Milliarden mal in jeder Sekunde. Beim Alanin-Molekül ist diese Tunnelbewegung im Prinzip immer noch vorhanden, aber so langsam, dass sie auf der Skala der Lebensdauer der Moleküls keine Rolle spielt.

Das Molekül hat nun eine Händigkeit und die im Stoffwechsel der Organismen entstehenden Moleküle haben immer die gleiche, obwohl bei der Produktion von Alanin in einer Retorte, die selbst keine Händigkeit aufweist, im Mittel gleich viel links- wie rechtshändige Moleküle entstehen. Beim Übergang von der Physik zur Chemie und Biologie ist also die Symmetrie der Quantenmechanik gebrochen, ohne dass ein neues Gesetz nötig ist.

Ähnliche Symmetriebrechungen findet man in der Physik der kondensierten Materie. Auch die irreversible Vermischung zweier Flüssigkeiten, z.B. von Tinte im Wasser, ist in ähnlicher Weise erklärbar, auch wenn die Grundgesetze der Natur reversibel sind (das war eines der großen Mysterien der Physik des 19. Jahrhunderts, das Ludwig Boltzmann auflöste).

Geht man in diese Richtung weiter, etwa von der Chemie zur Biologie, dann kommt als neuer Schritt hinzu, dass die Moleküle Information speichern können, die dann benutzt wird, andere Moleküle zu synthetisieren. So kodiert die DNA die Synthese der Eiweiße aus den Aminosäuren etc. an den ribosomen. Hierzu ist kein neues Naturgesetz nötig. Ohne dass ich das jetzt im weiteren Ausbauen kann ist es doch plausibel, dass bei jedem Schritt solche Symmetriebrechungen stattfinden. Auf jeder Ebene der Komplexität erscheinen völlig neue Eigenschaften deren Verständnis Wissenschaft erfordert, die so fundamental ist wie jede andere.

Phillip Anderson sagt in dem erwähnten Artikel aus dem Jahre 1967:

“es gibt sicherlich mehr Organisationsebenen zwischen der Verhaltensforschung und der DNA als zwischen der DNA und der Quantenelektrodynamik, und jede Ebene erfordert eine völlig neue konzeptionelle Struktur”.

Das erklärt die Heterogenität der wissenschaftlichen Praxis, die Herr Hüttemann konstatiert.

Man kann es auch mit Marx sagen, der feststellte, dass quantitative Unterschiede zu qualitativen werden.

In diesem Sinne sind die Ziele der einzelnen Wissenschaften verschieden, aber es gibt doch diesen Strang, der sie verbindet, und den ich aufzuzeigen versucht habe.

Wenn wir jeder der Disziplinen zubilligen, dass es in ihr Fortschritte gibt, dann denke ich es ist fair zu sagen, dass die Wissenschaft als ganzes Fortschritte macht.

Ein Nachsatz zu den Kosten der Grundlagenforschung, die nach Herrn Hüttemann nicht zwingend Geldverschwendung sind.

Viktor Weisskopf, den ich schon erwähnte, hat ausgerechnet, dass die Grundlagenforschung von der Antike bis heute Kosten verursacht hat, die dem Wert der Weltindustrieproduktion von 10 Tagen entspricht. Ich denke, dieses Geld ist gut angelegt.