

Peter Mittelstaedt

Die Erkenntnis der Natur*

Die Verleihung des Preises der Justus-Liebig-Universität und des Wilhelm-Conrad-Röntgen-Preises für besondere Leistungen auf Gebieten der Naturwissenschaft ist eine gute Gelegenheit, einmal darüber nachzudenken, worin diese — hier gewürdigte — Naturerkenntnis eigentlich besteht und wohin sie aller Voraussicht nach führen wird. Ein solches Nachdenken über das Wesen und die Ziele naturwissenschaftlicher Erkenntnis dient zunächst einmal der Besinnung auf das, was wir tun, wenn wir Naturwissenschaft treiben, und damit einer Rechtfertigung dieser Forschungsarbeit. Es dient aber zugleich der Klärung der schwierigen und kontroversen Frage, ob und in welchem vertretbaren Umfang naturwissenschaftliche Forschung jetzt und in der weiteren Zukunft betrieben werden sollte.

1. *Naturerkenntnis und Naturwissenschaft*

Ich möchte zunächst versuchen, etwas genauer zu präzisieren, was hier unter Naturerkenntnis verstanden werden soll. „Erkenntnis der Natur“ — damit soll die in der heutigen „Naturwissenschaft“ betriebene und formulierte Naturerkenntnis gemeint sein. Das bedeutet, daß hier nicht die mythische, die intuitive oder die dichterische Erfassung einer noch unberührten Natur gemeint ist, sondern daß der Gegenstand der Erkenntnis eine Natur ist, die in Sprache übertragen worden ist, — eine Natur also, die auf den Begriff gebracht worden ist.

Unter „Sprache“ verstehe ich hierbei Sprache im allgemeinsten Sinne dieses Wortes, der von der Umgangssprache zur Bildungssprache, zur Wissenschaftssprache mit einer festgefügteten Terminologie, und von dort zu den Formalsprachen und zur Mathematik reicht. — Durch diese Übertragung in Sprache wird die Natur und das Naturgeschehen rational gemacht, die Natur wird begreifbar und dadurch — jedenfalls teilweise — verständlich im theoretischen Sinne und verfügbar im praktischen Sinne. Aus der Begreifbarkeit einer sprachlich formulierten Natur entspringt sowohl die Möglichkeit einer „Erkenntnis“ der Natur als auch die Möglichkeit von „Technik“.

* Festvortrag vom 10. Dezember 1976 anlässlich der Verleihung des Preises der Justus Liebig-Universität 1976 an Herrn Dr. Willem Flameng (Zentrum für Chirurgie der Universität Gießen) und des Wilhelm-Conrad-Röntgen-Preises an Herrn Prof. Dr. Bernhard Ziegler (Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz).

Aus dieser Perspektive der wissenschaftlichen Erfassung von Natur wird zugleich auch der methodische Anfang aller Naturwissenschaft sichtbar: Das Subjekt — hier der Mensch — versucht sich das Objekt — hier die Natur — begreiflich zu machen. Dieser Dualismus durchzieht die gesamte, heute bekannte Naturwissenschaft, und er ist auch dort vorhanden, wo Naturforscher selbst — wohl in Ungewißheit ihrer eigenen methodischen Voraussetzungen — gelegentlich daran gezweifelt haben: Bei dem Problem des Bewußtseins, beim Leib-Seele-Problem oder in der Quantentheorie. Eine Revision der Subjekt-Objekt-Spaltung hätte — wäre sie tatsächlich vorgenommen worden — an einer methodisch viel früheren Stelle einsetzen müssen.

Ich möchte noch klarstellen, welche Naturwissenschaft — oder welche der zahlreichen Naturwissenschaften — ich hier meinen Überlegungen zu Grunde lege: Ich möchte die These aufstellen, daß es nur eine Naturwissenschaft gibt, und daß sich diese aus Gründen der Arbeitsteilung in verschiedene Fachgebiete gegliedert hat, die hierarchisch die gesamte Naturwissenschaft aufbauen. — Tatsächlich spricht alles, was wir wissen, für einen hierarchischen Aufbau: Die Biologie läßt sich zurückführen auf Mikrobiologie und Genetik, diese wiederum auf Chemie und physikalische Chemie und diese schließlich auf Molekülphysik, Quantenmechanik und die übrige Physik. Wir sehen zur Zeit keine Gründe, die gegen einen solchen Aufbau sprechen würden. Man kann daher, — und das soll hier auch geschehen —, alle grundsätzlichen Fragen der Naturerkenntnis an dieser Basis-Wissenschaft, und das ist die Physik, erörtern.

Es gibt innerhalb der Naturwissenschaft bislang keinen echten Pluralismus. Obwohl die Frage nach anderen Möglichkeiten der Naturerkenntnis immer wieder gestellt worden ist, gibt es keine durchgeführten Alternativen. — Der am besten bekannte Entwurf eines Alternativ-Programms, Goethes Farbenlehre, muß naturwissenschaftlich als ein gescheiterter Versuch angesehen werden.

In Bezug auf diese, soeben skizzierte Naturwissenschaft und ihre Erkenntnismöglichkeiten möchte ich zwei Fragen besprechen, die mir von besonderer Bedeutung zu sein scheinen:

- 1) Woher weiß man das, was in dieser Wissenschaft behauptet wird?
- 2) Wohin kann uns diese Erkenntnis überhaupt führen?

Es ist, wegen der Kürze der Zeit und wegen der Schwierigkeiten dieser Fragen, unmöglich, ins Detail zu gehen. Ich muß mich daher auf einige Andeutungen beschränken.

2. Das Begründungsproblem der Naturwissenschaft

- a) Die erste der beiden genannten Fragen fragt nach der Herkunft unseres naturwissenschaftlichen Wissens, wie es heute in Lehrbüchern und Mono-

graphien aufgezeichnet ist. Ist dieses Wissen nur „Wissen“ oder ist damit auch „Erkenntnis“ in einem noch genau zu bestimmenden Sinne verbunden? Verschiedene Epochen der Naturwissenschaft lassen die eine oder andere dieser beiden Alternativen als vermutlich richtig erscheinen.

Die wohl früheste Beschäftigung mit Naturwissenschaft im heutigen Sinne finden wir in der Babylonischen Astronomie. Die überlieferten Texte aus der Zeit vom 6. bis zum 1. vorchristlichen Jahrhundert registrieren mit großer Sorgfalt Mond- und Sonnendaten, insbesondere die der Verfinsterungen. Offensichtliche Regelmäßigkeiten, die aus diesen Tabellen entnommen werden können, werden dann dazu verwendet, um etwa zukünftige Mondfinsternisse auf Grund von früheren Beobachtungen vorauszuberechnen. Dabei wird auch nicht der Versuch unternommen, die derart gefundenen Naturgesetze in irgendeiner Weise geometrisch oder kinematisch zu begründen. Diese Wissenschaften standen der spätbabylonischen Astronomie praktisch nicht zur Verfügung. So mußte der Eindruck entstehen, daß das umfangreiche astronomische Wissen der Babylonier allein auf dem Sammeln von Daten beruht. — Daß derartiges Sammeln von Beobachtungen und das Registrieren von Regelmäßigkeiten die einzige Methode sei, Naturwissenschaft zu betreiben, wird auch im neuzeitlichen Empirismus, beginnend etwa mit Hume, für richtig gehalten. Die im logischen Empirismus unserer Tage vorgenommene Differenzierung dieser Auffassung durch Hinzunahme theoretischer Strukturen, wie der Logik und der Mathematik, ändert nichts an der grundsätzlichen Einstellung.

Die Gegenposition zu dieser empiristischen Haltung beginnt in der griechischen Geometrie. Dort wurde erstmals die Möglichkeit erkannt, bestimmte geometrische Sachverhalte aus anderen Sachverhalten heraus zu beweisen — und das heißt zu verstehen. Die Möglichkeit einer theoretischen Erkenntnis wird hier erstmalig sichtbar. Die Evidenz der einfachen Sätze, der Axiome, stand dabei außer Zweifel, sie ergibt sich — so Platon — aus der Einsicht in das Wesen der idealen Grundgebilde, mit denen die Geometrie arbeitet, also Gerade, Dreieck, Ebene, Archimedes hat versucht, auch einen Teil der Mechanik, nämlich die Statik nach dem Vorbild der Geometrie aufzubauen, d. h. alle Sätze auf einige „evidente“ Axiome zurückzuführen.

Die Möglichkeit, Erkenntnisse über die Wirklichkeit zu gewinnen, ohne auf die Erfahrung zurückzugreifen, spielt auch im neuzeitlichen Denken eine wichtige Rolle. Einen auf metaphysischen Voraussetzungen aufbauenden Apriorismus — oder Rationalismus — findet man bei Descartes, bei Leibniz und anderen. Die Voraussetzungen, d. h. die Axiome, sind hier metaphysischer und theologischer Natur. Aus solchen Voraussetzungen und aus dem reinen (logischen) Denken werden dann Aussagen über die

erfahrbare Wirklichkeit hergeleitet. Eine Kontroverse mit dem Empirismus konnte nicht ausbleiben.

b) Seit Kant wissen wir, daß diese Kontroverse zwischen einem extremen Empirismus und dem entgegengesetzten metaphysischen Apriorismus vordergründig und letztlich gegenstandslos ist. Diese Erkenntnis ist bis in unsere Tage lebendig geblieben, und spielt in der heutigen Diskussion um die Begründung der Naturwissenschaft eine wichtige Rolle. Wir verdanken Kant die erste Formulierung der Einsicht, daß empirische Erkenntnis nur möglich ist, wenn man über ein theoretisches Gerüst verfügt, d. h. über Begriffe, Begriffszusammenhänge, Kategorien — wie Kant sagte — und Sprache. Wissenschaftliche Erfahrung über die Natur setzt allemal schon die Verwendung dieser Strukturen voraus. Es handelt sich dabei um eine Erfassung der Natur mit Hilfe einer präzisierten Begriffssprache, mit ordnenden Prinzipien (Kategorien) und Gesichtspunkten, die selbst nicht der Erfahrung entstammen.

Aus dem begrifflichen Rahmen jedes Erfahrungswissens über die Natur, aus den Begriffszusammenhängen, aus den Strukturen der Wissenschaftssprache und aus methodischen Prinzipien lassen sich bereits einige Eigenschaften der so erfaßten Wirklichkeit einsehen. Erkenntnisse solcher Art, die schon vor aller Erfahrung vorhanden sind — Kant nennt sie Erkenntnisse a-priori — liegen aller Naturwissenschaft zu Grunde, und zwar sowohl zur Zeit Newtons als auch in der modernen Physik. Das Kausalgesetz, die Einheit der Zeit, die Erhaltung der Substanz, — sind Prinzipien, die niemals im Laufe der Entwicklung der Naturwissenschaft verlassen worden sind, obwohl ihr Stellenwert innerhalb des gesamten Gebäudes der Naturwissenschaft sich gewandelt hat.

Über den Ursprung des begrifflichen Rahmens aller Erfahrungswissenschaft sind verschiedene unzutreffende Behauptungen aufgestellt worden. Es sind mit diesem Rahmen nicht unabänderliche Eigenschaften unseres Denk- und Wahrnehmungsvermögens gemeint — wie eine psychologische Fehlinterpretation Kants geglaubt hat. Es handelt sich aber auch nicht um angeborene Verhaltensmuster, wie sie in der modernen biologischen Verhaltensforschung gefunden worden sind. Erst recht nicht aber sind es konventionelle Festsetzungen, die von der Person eines Wissenschaftlers abhängen, oder von der Gesellschaft, der Klasse oder der historischen Epoche, der er angehört. Thesen dieser Art sind bis in die neueste Zeit von seiten einer marxistisch orientierten Wissenschaftstheorie vertreten worden.

Die wirklichen Zusammenhänge sind — wie man aus einer Analyse der heutigen Naturwissenschaft entnehmen kann — wesentlich weniger einfach. Die Formen und Prinzipien der Naturerkenntnis sind — auf eine

komplizierte Weise — selbst von der Erfahrung abhängig. Der Grund für diese Behauptung kann hier nur angedeutet werden: Die materiellen Erkenntnismittel, mit denen wir überhaupt nur die Natur erkennen können, sind selbst Gegenstand dieser Natur. Das betrifft sowohl unsere Augen und Ohren als auch die kompliziertesten Experimentiergeräte der modernen Physik. Diese Tatsache aber — die eine Rückkopplung der Methoden an das Ergebnis darstellt — legt die Formen der Naturerkenntnis bereits weitgehend fest.

c) Man kann fragen, ob das, was man auf die angedeutete Weise entdecken kann, bereits alles ist, was über die Natur erkannt werden kann. Es sind das Prinzipien, Formen — die letztlich von der Erfahrung bestimmt sind — a-priori gültige Rahmengesetze und schließlich die eigentlichen Natur-Gesetze, z.B. das Newtonsche Gravitationsgesetz. — Aber warum gelten diese Gesetze? Warum sehen die Naturgesetze so aus, wie sie aussehen? Man sieht sofort, daß eine solche Fragestellung in den dargestellten Rahmen nicht hineinpaßt, und was die Sache noch schwieriger macht, man sieht überhaupt nicht, welche Art von Antwort auf diese Frage möglich ist, d. h. welche Gründe man für die Geltung des einen oder anderen Naturgesetzes anführen könnte.

Die Geschichte der Philosophie ist voll von Versuchen, Gründe zu finden, die die Herleitung der Gesetze der Wirklichkeit gestatten. Während die antike Philosophie vorwiegend mythologische und kosmologische Vorstellungen zur Hilfe nimmt (z. B. Platon) führt die neuzeitliche Philosophie rationale und theologische Gründe an. So versucht Descartes wesentliche Strukturen der Wirklichkeit aus der Existenz Gottes heraus zu begründen, während Leibniz von der Vorstellung ausging, daß diese Welt — als göttliche Schöpfung — die beste aller möglichen Welten sein müsse.

Begründungen dieser Art erscheinen uns heute nicht mehr überzeugend. Trotzdem ist die Frage nach dem „warum“ der Naturgesetze nicht verstummt. Die Antwort wird auf einer rein rationalen Ebene gesucht, d. h. die „Gründe“ für die Naturgesetze müssen überhaupt eliminierbar sein. Unter den Wissenschaftlern, die sich diesen letzten Fragen aller Naturwissenschaft gewidmet haben, seien etwa J. A. Wheeler und C. F. v. Weizsäcker genannt. — Gemeinsames Ziel dieser Bemühungen ist es, die Gesetze der Natur nicht nur als tatsächlich geltende Gesetze zu erkennen, sondern als Gesetze, die notwendig gelten. Wegen der großen begrifflichen und formalen Schwierigkeiten läßt sich über die Aussichten dieser Bemühungen noch nicht viel sagen. Es gibt jedoch einige sehr ermutigende Teilergebnisse.

3. Gibt es ein Ende der Naturwissenschaft?

Der zweite Problemkreis, den ich hier besprechen möchte, betrifft die Frage, wohin die Naturwissenschaft noch führen wird, und ob ein Ende dieses großen Erkenntnisunternehmens abzusehen ist. Zwei mögliche Antworten bieten sich sofort an:

- a) Naturwissenschaft kennt keine Grenzen. Die Forschungsarbeit wird immer so weiter gehen und immer neue Erkenntnisse liefern.
- b) Eines Tages wird man — jedenfalls in Bezug auf die Grundgesetze — alles wissen, was man wissen kann. Dann ist die Naturwissenschaft abgeschlossen.

Ich möchte versuchen, einige Gründe und Gegen Gründe für diese gegensätzlichen Thesen anzugeben und zu einer abschließenden Meinung zu kommen.

Die Vorstellung, daß es in der Naturwissenschaft immer so weiter geht, wie in den letzten 300 Jahren, entspricht einer weit verbreiteten Auffassung. Die Unendlichkeit der uns umgebenden Natur wird immer neue Phänomene offenbaren und nie restlos erforscht sein. Für diese Vorstellung lassen sich gute Gründe angeben: Die Geschichte der Naturwissenschaft zeigt, daß die Erforschung der Natur in einer gewissen Hinsicht mit einer Gebirgswanderung zu vergleichen ist: Von jedem Gipfel aus eröffnet sich ein neues Panorama und neue, bislang gar nicht sichtbare Gipfel, werden erkennbar. — Für dieses Bild gibt es zahlreiche Beispiele.

Die Entdeckung elektrischer Phänomene durch Volta und durch Galvani (1780) — an zuckenden Froschschenkeln — ließ nicht im geringsten erkennen, welche Möglichkeiten sich aus diesen — durchaus abseitigen — Phänomenen noch ergeben würden. Aus der damaligen Sicht hätte man kaum eine jahrhundertelange Forschungsaktivität voraussagen können, die zur Erforschung der elektromagnetischen Phänomene geführt hat. So hat dieser Schritt in ein zunächst unscheinbares Neuland völlig neue Perspektiven eröffnet.

Das zweite, ähnlich gelagerte Beispiel ist die Entdeckung der Radioaktivität durch Becquerel (1897) und M. Curie (1898). Auch hier handelte es sich zunächst um ein Grenzphänomen, dem die meisten Zeitgenossen nur wenig praktische und auch wissenschaftliche Bedeutung beigemessen haben dürften. Daß in diesem Phänomen der Beginn einer völlig neuen Forschungsrichtung sichtbar geworden ist — nämlich der Physik der Atomkerne — war überhaupt nicht abzusehen.

Als drittes Beispiel möchte ich die Suche nach den Elementarbausteinen der Materie nennen. Die Reduktion der 92 Elemente auf drei Elementarteilchen, Proton, Neutron und Elektron, mußte zunächst als ein großer Fortschritt erscheinen. Das Ende der Atomphysik schien unmittelbar bevorzustehen.

Doch durch die Suche nach einem noch elementarerem Baustein, aus dem eventuell Proton, Neutron und Elektron aufgebaut sind — verkehrte sich die Situation in das Gegenteil: Statt eines Bausteins kennen wir heute mehrere hundert sogenannte Elementarteilchen, von denen man früher überhaupt nichts ahnte. Man kennt heute mehr Elementarteilchen als früher Elemente.

Ich habe diese Beispiele erwähnt, um klar zu machen, daß man mit Feststellungen der Art, daß man nun praktisch alles erforscht habe, und nur noch einige Grenzfragen übrig geblieben seien, sehr vorsichtig sein sollte. In den drei genannten Beispielen waren es gerade solche etwas abwegigen Grenzfragen, die zu völlig neuen Entwicklungen Anlaß gegeben haben.

Andererseits gibt es eine Entwicklung, die deutlich für einen allmählichen Abschluß der naturwissenschaftlichen Forschung spricht. Ich meine die in der Physik seit etwa hundert Jahren deutlich erkennbare Vereinheitlichung und Zusammenfassung durch Theorien. So läßt sich etwa die große Fülle elektromagnetischer Erscheinungen nicht nur in zahlreichen Gesetzen (Coulomb, Biot-Savart, Ørstedt, usw.) erfassen, sondern in einer einzigen Theorie, der Elektrodynamik zusammenfassen, die ihrerseits im Grunde nur aus zwei Gleichungen besteht. — Ähnlich ist die Situation in der Atom-Physik, wo sich die Gesamtheit aller Erfahrungen in eine Theorie — der Quantentheorie — hat zusammenfassen lassen.

Durch die Formulierung derartiger Theorien wird nun tatsächlich jeweils ein ganzer Bereich von Phänomenen abschließend erfaßt. Neue elektromagnetische Phänomene sind nicht zu erwarten und man darf sich daher in diesem Bereich vor Überraschungen sicher fühlen. Das bedeutet nicht, daß man alles weiß. Viele Einzelheiten sind nicht berechnet worden, und werden vielleicht auch nie von einem Menschen berechnet werden. Aber — und darauf kommt es an — man könnte sie berechnen, wenn ein Interesse daran bestünde. Man wird daher sagen dürfen, daß die naturwissenschaftliche Forschung für den Bereich elektromagnetischer Phänomene tatsächlich bereits heute zum Abschluß gekommen ist.

Ein solcher Abschluß durch einzelne Theorien braucht aber nicht das Ende der Naturwissenschaft überhaupt darzustellen. Es könnte sein, daß neue Phänomene aus Bereichen entdeckt werden, die nicht von den bereits existierenden Theorien abschließend erfaßt werden. Wenn man der Auffassung ist, daß die Naturwissenschaft insgesamt in absehbarer Zeit abgeschlossen wird, dann sollte man diese Möglichkeit ausschließen können. Tatsächlich wäre das der Fall, wenn sich die vorhandenen Theorien nicht nur wie Perlen auf einer Kette aufreihen ließen, sondern wenn sie einen echten inneren Zusammenhang hätten, der es ermöglicht, sie zu einer Theorie zusammenzufassen, bzw. aus einer einzigen Theorie herzuleiten. Es sind in der

heutigen Physik zwei Versuche bekannt geworden, alle bekannten und denkbaren Theorien aus einer einheitlichen Theorie herzuleiten, nämlich die sogenannten „Weltformeln“ von Einstein und von Heisenberg.

Das Prinzip, nach dem diese beiden einheitlichen Feldtheorien aufgebaut sind, besteht nun nicht in einem formalen Zusammenfassen vorhandener Theorien, sondern es kommt etwas wesentlich neues hinzu: Sowohl Einstein als auch Heisenberg glaubten das Prinzip erkannt zu haben, nach dem physikalische Theorien aufgebaut werden können: Für Einstein bestand dieses Prinzip in der Möglichkeit der Geometrisierung, d.h. eine physikalische Theorie auf Geometrie zu reduzieren. — Für Heisenberg war das leitende Prinzip die Formulierung der Symmetrien, die eine Theorie besitzt. — Wäre das Konstruktions-Prinzip physikalischer Theorien tatsächlich in dieser oder anderer Art bekannt, so wäre ein prinzipieller Abschluß der Physik in absehbarer Zeit möglich. Vorläufig jedoch gewinnt man den Eindruck, daß sowohl das Einsteinsche wie auch das Heisenbergsche Prinzip nur einen Teilaspekt erfassen. Eine Vereinigung dieser beiden Gesichtspunkte ist in befriedigender Weise bislang nicht gelungen.

Sieht man aber einmal von diesem mehr technischen Problem ab und unterstellt, daß das eine oder das andere Konstruktionsprinzip das richtige ist, so treten neue, ganz andersartige Probleme auf. Die beiden genannten Theorien sind — verglichen mit allem, was wir sonst kennen — ungeheuer kompliziert. Das bedeutet, daß der Forschungsaufwand, sie zu testen, d.h. mit experimentellen Resultaten zu konfrontieren, so groß ist, daß er vermutlich mehrere Generationen in Anspruch nehmen dürfte. Diese Schätzung ist nicht aus der Luft gegriffen. Die vergleichsweise sehr viel einfachere Einsteinsche Gravitationstheorie ist heute, 60 Jahre nach ihrer Entstehung, zwar einigermaßen, aber noch keineswegs endgültig verifiziert worden. Das gleiche gilt von der Quantenfeldtheorie, die Heisenberg und Pauli vor fast 50 Jahren entwickelt haben.

Es kommt zu dieser rein theoretischen Schwierigkeit hinzu, daß die Experimente, die zum Test dieser Theorie notwendig sind, sehr aufwendig sind und aus Bereichen stammen, wo ein technischer Nutzen auf lange Zeit überhaupt nicht in Sicht ist. Ich erwähne für die Gravitationstheorie Radioteleskope und Satelliten, und für die Quantenfeldtheorie die großen Beschleuniger. Zwar hat wissenschaftliche Forschung und Erkenntnis einen ideellen Wert, für den vermutlich finanzielle Mittel zur Verfügung stehen werden, aber die Bereitschaft Forschung zu finanzieren, hat sicher dort ihre Grenzen, wo ein Nutzen in absehbarer Zeit nicht mehr zu erkennen ist. Man kann daher die Möglichkeit nicht ausschließen, daß wenigstens die Grundlagenforschung wegen Nutzlosigkeit eines Tages eingestellt wird.

Es könnte daher sein, daß Naturerkenntnis zwar endlich und abschließbar ist, daß aber dieser Abschluß — die Aufstellung und Prüfung einer endgültigen Weltformel — wegen der damit verbundenen Kosten für die theoretische und für die experimentelle Ausarbeitung, nicht erreicht wird. — Das wäre schade. — Ich möchte hoffen, daß das Interesse der Gesellschaft an der Naturwissenschaft wenigstens so lange anhält, bis diese grundsätzlichen Probleme gelöst sind.