Die ‚wirkliche' Welt

Physikalische Weltkonstitution in Antike und Neuzeit

Günter SEUBOLD (Bonn) / Matthias KOLL (Bonn)

Nicht allein mehr bei den Dichtern wird sich heute ein interessierter Beobachter die Frage nach „Dichtung und Wahrheit" stellen. Auch bei den Naturwissenschaftlern wird er dies tun müssen. Er wird sich beispielsweise bei den jüngeren physikalischen Theoriekonzeptionen fragen, ob es sich hier noch um *Realität* oder nicht vielmehr um *Erdichtung* handelt – um poetische Konstrukte, die sich der Einbildungskraft eines phantasiebegabten Dichters, eines Naturdichters, verdanken. Er wird sich dies etwa fragen bei der sogenannten Stringtheorie, welche die Grundbausteine der Natur durch winzige schwingende Saiten zu beschreiben sucht und dabei die Massen der elementaren Teilchen als Energien verschiedener Schwingungen dieser *strings* interpretiert. Hier findet weder eine tonale noch atonale konzertante Veranstaltung, sondern eine Entwirklichung der Wirklichkeit statt: eine Auflösung in und durch Theorie, die mit der Welt des interessierten Beobachters kaum noch etwas gemein zu haben scheint. Und doch versichert der Physiker – und er tut es mit guten Gründen –, dass es ihm um die fundamentale Erklärung eben dieser Welt zu tun ist.

Diese Entwirklichung zeigt sich nicht erst bei der Stringtheorie. Die moderne Physik als solche lässt sich beschreiben als ein Entwirklichungsprozess. Zu erinnern ist hier nur an die Relativitätstheorien Einsteins, die mit der herkömmlichen Raum-Zeit-Vorstellung brechen, oder an die Quantenmechanik auf der Grundlage der Arbeiten von Bohr, Heisenberg, Pauli, Dirac und anderen, die im Gegensatz zur deterministischen Theorie Newtons teilweise nur mehr statistische Aussagen über atomare Größen zulässt.

Auf diesen Verlust der Anschaulichkeit moderner Physik kann man in der (philosophischen) Theoriediskussion unterschiedlich reagieren. Idealtypisch gesehen (Überschneidungen sind die Regel) lässt sich antworten:

- *idealistisch:* Das Reale der Physik sei Struktur und Gesetz, platonische Idee und nicht etwas Materielles (bedeutende Physiker stehen dieser Annahme nahe: Planck, Heisenberg und von Weizsäcker);
- *konstruktivistisch:* Die Welt – zumal die der Physik – sei (nur) unser Konstrukt, nicht ‚die Welt an sich' ;
- *pragmatistisch-instrumentalistisch:* Die ‚theoretische' Physik sei eine Funktion unseres Handelns, letztlich ein Instrument der Weltbeherrschung;
- *pragmatisch:* Mit der Maxime „... but that's the way how nature works" wehrt man allzu tiefsinnige erkenntnistheoretische Bemühungen ab – ohne selbst wieder einen „Realismus" im metaphysischen Sinne zu behaupten;
- *agnostizistisch:* Die Wirklichkeit als solche könnten wir nicht erkennen; alle diesbezüglichen Versuche seien „Energieverschwendung".

Im Gegensatz nun zum Entwirklichungsprozess gegenwärtiger physikalischer Theorie steht die massive Aufdringlichkeit – ‚Wirklichkeit' – der Apparaturen, mit denen man diese ‚poetischen' Theoriekonstrukte zu legitimieren sucht. Ringförmige Elementarteilchenbeschleuniger beispielsweise, etwa am schweizerischen Forschungszentrum CERN (*Centre Européenne de la Rechèrche Nucléaire*), sind riesige Maschinen, deren Umfang bis zu 27 km betragen kann. Ein anderes Beispiel sind jene gigantischen Apparate, mit denen nachgewie-

sen werden soll, dass sogenannte Neutrinos – Elementarteilchen ohne Ausdehnung und Ladung – eine (wenn auch winzige) Masse besitzen. So besteht der Detektor *SuperKamiokande* in einer stillgelegten japanischen Kohlenmine aus einem 50.000 Tonnen schweren Wassertank, umgeben von 13.000 hochempfindlichen Lichtsensoren. Es dokumentiert sich hier ein bemerkenswertes Verhältnis: Je ‚unwirklicher' die Theorie, desto massiver – ‚wirklicher' im sinnlichen Sinne – die experimentelle Apparatur.

Und diese merkwürdige Relation von Theorie und experimenteller Apparatur zeigt sich nicht erst in der Physik des 20. Jahrhunderts, sondern ist bereits am Beginn der neuzeitlichen Physik grundgelegt. Das soll im Folgenden dargelegt werden an einem fundamentalen Begriff neuzeitlicher Physik, nämlich dem Trägheitsbegriff in den Theorien Galileis und Newtons – in Absetzung von der naturwissenschaftlichen Weltkonstitution der Antike, namentlich der Aristotelischen Konzeption. Es wird sich zeigen, dass sich durch die neuzeitliche Naturwissenschaft von Anfang an eine ‚Entwirklichung' der lebensweltlichen Wirklichkeit des Menschen vollzieht, während die antike Naturwissenschaft sich durchaus als eine theoretische Verallgemeinerung dieser lebensweltlichen Welterfahrung verstehen lässt. Gezeigt werden soll, dass das *Verhältnis* von theoretischem Entwurf und experimenteller Bestätigung in Antike und Neuzeit ein gänzlich anderes ist.

In einem ersten Punkt werden wir die geläufige Behauptung, die neuzeitliche Naturwissenschaft sei – in Absetzung von der antiken Naturphilosophie – experimentelle Wissenschaft und messende Forschung, problematisieren und zurückweisen. In einem zweiten Punkt suchen wir die eigentliche Wesensdifferenz zu eruieren. Abschließend soll in einem dritten Punkt die neuzeitlich-physikalische Naturkonzeption von der antiken abgesetzt werden.

„Naturwissenschaft" wird dabei im Folgenden nicht verstanden in Absetzung von „Naturphilosophie" oder gar im Gegensatz zu ihr. Denn *„philosophia physike"* und *„episteme physike"* bzw. *„naturalis philosophia"* und *„scientia naturalis"* werden nicht allein bei Aristoteles[1] und Thomas von Aquin[2] synonym verwendet. Noch lange in der Neuzeit wird es keine Differenzierung dieser Begriffe geben. So sind etwa für Francis Bacon *„speculative natural philosophy"* und *„natural science"* austauschbar[3], und Mitte des 18. Jahrhunderts sind in Zedlers „Großem vollständigen Universallexikon aller Wissenschaften und Künste" die Begriffe „Natur-Wissenschafft" und „Philosophia naturalis" inhalts- und umfangsgleich.

I. Geläufige Differenzierung von antiker und neuzeitlicher Naturwissenschaft

Häufig bezeichnet man die *differentia specifica* von antiker und neuzeitlicher Naturwissenschaft mit dem Wort „experimentell". Dies ist jedoch problematisch, denn das Experimentelle gab es schon in der Antike. Man denke hier nur an die pythagoreischen Experimente über das Verhältnis von Saitenlänge zu Tonhöhe oder an die Archimedische Prüfung der Reinheit der königlichen Goldkrone durch Beobachtung ihrer Wasserverdrängung. Deshalb kann das Wesentliche der neuzeitlichen Physik nicht im Experiment als solchem bestehen, sondern es kommt hier alles darauf an, in welcher Absicht der Versuch unternommen wird, in welchem (Theorie-)Horizont der Versuch stattfindet.

Auch die nähere Kennzeichnung des „Experimentellen" neuzeitlicher Physik, sie sei messende, also quantitative und nicht qualitative Forschung, ist problematisch, denn zweifellos fanden Messungen und konkrete Berechnungen schon in Antike und Mittelalter statt.

---

[1] Vgl. Aristoteles (1831a), Buch E 1, 1026a 18 ff.
[2] Vgl. Th. von Aquin (1954), 3.
[3] Vgl. F. Bacon (1857a), 351.

Aber auch die Differenzierung „Tatsachenwissenschaft – naturphilosophische Spekulation“: die neuzeitliche Naturwissenschaft sei im Gegensatz zur mittelalterlich-antiken Naturwissenschaft kein Spekulieren mit allgemeinen Sätzen und Begriffen, sondern gehe von Tatsachen und konkreten Dingen aus, hilft hier nicht weiter, da auch die mittelalterliche und antike Wissenschaft die Tatsachen beobachtet, die neuzeitliche Wissenschaft aber ebenfalls mit allgemeinen Sätzen und Begriffen operiert. So eilte etwa Einsteins Relativitätstheorie in einigen Aspekten den Experimenten nicht nur um Jahre, sondern um Jahrzehnte voraus, und beispielsweise der direkte experimentelle Nachweis sogenannter Gravitationswellen als Konsequenz der Allgemeinen Relativitätstheorie steht bis heute noch aus. Sowohl in den antiken wie in den neuzeitlichen Konzeptionen werden Tatsachen und Begriffe verwendet und Experimente durchgeführt; hier wie dort wird gemessen und werden Fakten beobachtet. Freilich werden diese Experimente in Antike und Mittelalter vergleichsweise unmethodisch veranstaltet, währenddessen in der Neuzeit gerade die methodisch geleiteten Experimente – das innovatorische Konzept der Versuchs*reihen* – neue Aufschlüsse und Aspekte gewähren. Treffend hat daher Kant vom neuzeitlichen Wissenschaftler gesprochen als einem

„bestallten Richter, der die Zeugen nötigt, auf die Fragen zu antworten, die er ihnen vorlegt“ (Kant [1904], 10 = B XIII).

Die Vernunft müsse mit ihren „Prinzipien“ in der einen Hand und mit dem Experiment, „das sie nach jenen ausdachte“, in der anderen Hand an die Natur herantreten, um zu Naturerkenntnis zu gelangen:

„Hierdurch ist die Naturwissenschaft allererst in den sicheren Gang einer Wissenschaft gebracht worden, da sie so viel Jahrhunderte durch nichts weiter als ein bloßes Herumtappen gewesen war“ (Kant [1904], 10 = B XIV).

Zureichend erfasst wird die Bedeutung einer „Experimentalwissenschaft“ in diesem Sinne freilich erst, wenn man bedenkt, was dem Experiment vorweggeht, nach welchen konzeptionellen Vorgaben also das Experiment veranstaltet wird. Und diese Vorgaben differieren in Antike und Neuzeit, wie nun gezeigt werden soll.

II. Wesensdifferenz von antiker und neuzeitlicher Naturwissenschaft

II. 1 Der Entwurf der Natur

II. 1.a Der die Erfahrung übersteigende neuzeitliche Entwurf einer idealen Natur

Dem neuzeitlichen Experiment geht ein begrifflicher Entwurf der Natur voraus. Dieser mutet nicht erst in der modernen Physik poetisch-imaginativ an – bereits in der Frühzeit der neuzeitlichen Physik ist dieser Gedankenentwurf entsinnlicht, ja wider-natürlich hinsichtlich der lebensweltlichen Erfahrungswelt. Das lässt sich deutlich zeigen an der Entwicklung der *lex inertiae*, des sogenannten „Trägheits-“ oder „Beharrungsgesetzes“ bei Galilei (1638), Descartes (1644) und Newton (1686).

Obgleich das Trägheitsprinzip bei Galilei noch nicht *expressis verbis* formuliert ist – durch die Entdeckung der Fallgesetze und die mathematische Form, die er ihnen gegeben hat, hat er dieser Formulierung doch stark vorgearbeitet. Albert Einstein kann daher im Hinblick auf die Fallgesetze und das Trägheitsprinzip schreiben:

„In diesen Erkenntnissen ist wenigstens qualitativ die Basis der später von Newton formulierten Theorien im Wesentlichen bereits enthalten. Es fehlt aber [...] die allgemeine Formulierung des Trägheitsprinzips, obwohl dieses durch Grenzübergang aus den von ihm gefundenen Gesetzen des

freien Falls ganz leicht zu gewinnen war (Übergang zu verschwindender Vertikalbeschleunigung)" (Einstein [1967], XIV).

Einige Jahre später erscheint in Descartes' „Principia Philosophiae" die erste belegte explizite Formulierung des Trägheitsgesetzes, in der das allem Materiellen innewohnende Beharrungsvermögen mit wünschenswerter Klarheit zur Sprache kommt[4]. Nach Descartes ist es „Gesetz", dass

„[...] unamquamque rem [...] manere [...] in eodem semper statu, nec unquam mutare nisi a causis externis" (Descartes [1982], 62).

„[...] jede Sache [...] stets in demselben Zustand verharrt und diesen nur infolge äußerer Ursachen verändert" (Descartes [1992], 49).

Noch präziser und nachdrücklicher formuliert findet sich dieser Grundsatz schließlich bei Newton als erstes Axiom seiner *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* wieder:

„Corpus omne perservare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis non cogitur statum illum mutare" (Newton [1686], 12).

„Jeder Körper verharrt im Zustand der Ruhe oder der gleichförmig-geradlinigen Bewegung, sofern er nicht durch eingedrückte Kräfte zur Änderung seines Zustandes gezwungen wird" (Newton [1988], 53).[5]

Inwieweit nun kommt schon beim Beharrungsgesetz der konstruktiv-poetisch-widernatürliche Charakter der neuzeitlichen Physik zum Ausdruck? – Das Gesetz spricht von einem Körper, den es nirgendwo gibt. Denn ein *corpus quod a viribus impressis non cogitur* gibt es weder in der alltäglichen Anschauung, noch könnte jemals ein Experiment einen solchen Körper anschaulich machen. Insbesondere die durch unterschiedlichste Wechselwirkungen verursachte Bewegungsdämpfung durch Reibung macht eine konkret-experimentelle Bestätigung des ersten Newtonschen Axioms äußerst schwierig. Dieser Grundsatz Newtons ist zwar nicht willkürlich erfunden, er ist aber auch kein erfahrungsmäßig gewonnener Entwurf über die Dingheit der Dinge. Aller Empirie vorweg gilt nun als unumstößlicher Grundsatz ein niemals durch Empirie Ausmachbares. Denn nirgendwo in der Natur trifft man auf einen sich selbst überlassenen Körper, da jeder Körper immer zu anderen Körpern in Beziehung steht und immer von anderen Körpern beeinflusst wird.[6]

Dieser sich über die Erfahrung und das alltägliche Verständnis der Dinge und ihrer Beziehung zueinander hinwegsetzende Wirklichkeitsentwurf kommt auch in den „Discorsi" Galileis zum Vorschein. Das dort entworfene Gedankenexperiment zum Beharrungsvermögen der Körper wird folgendermaßen eingeleitet:

„Mobile quoaddam super planum horizontale projectum mente concipio omni secluso impedimento: jam constat ex his, quae fusius alibi dicta sunt, illius motum aequabilem et perpetuum super ipso plano futurum esse, si planum in infinitum extendatur [...]" (Galilei [1855], 221 f.).

„Wenn ein Körper ohne allen Widerstand sich horizontal bewegt, so ist aus allem Vorhergehenden, ausführlich Erörterten bekannt, dass diese Bewegung eine gleichförmige sei und unaufhörlich fortbestehe auf einer unendlichen Ebene [...]" (Galilei [1913], 80 f.).[7]

---

[4] Vgl. A. Koyrés Bemerkung: „Le plus beau titre de gloire de Descartes-physicien est, sans doute, d'avoir donné du principe d'intertie une formule ‚claire et distincte' ; et de l'avoir mis à sa place" (Koyré [1966], 161).

[5] Insofern sich die Aussage des Trägheitsgesetzes auf ausnahmslos *alle* Körper bezieht, also keinen Unterschied macht zwischen irdischen und himmlischen Körpern, wird bereits an dieser Stelle die Abkehr von der scholastischen Lehre deutlich.

[6] Vgl. hierzu wie zur Problematik überhaupt M. Heidegger (1984), 70 ff. et passim.

[7] Der Übersetzer übersieht freilich das Entscheidende, das „*mente concipio*" (vgl. Haupttext).

In diesem *mente concipio* („Ich entwerfe im Geiste ...") offenbart sich der apriorische, nicht erfahrungsmäßige, ja gegen die Erfahrung gemachte Entwurf mit aller nur wünschenswerten Klarheit. Das *mente concipere* gilt nun aber nicht nur für das erste Bewegungsgesetz; es erstreckt sich vielmehr auf das Sein der Dinge der neuzeitlichen Naturwissenschaft überhaupt. Apriorisch steht fest: Alle Körper sind gleich; keinem Zeitpunkt, keinem Ort kommt eine Präferenz gegenüber einem anderen Zeitpunkt, einem anderen Ort zu; der gesamte Naturvorgang ist festgelegt auf die räumlich-zeitliche Bewegung von Massenpunkten.

II. 1.b Der erfahrungsgemäße antike Entwurf einer phänomenalen Natur

Nun gibt es zwar auch bei Aristoteles allgemein-physikalische, die Dingheit der Dinge bestimmende Sätze, und es kann die Aristotelische Bestimmung der Körper, nämlich dass ein jeder Körper an seinen ihm gemäßen Ort strebt und dort zur Ruhe kommt, zwar auch als allgemeiner, das Sein der Dinge konstituierender Grundsatz aufgefasst werden. Diese Aristotelische Auffassung ist aber im Gegensatz zur neuzeitlichen Bestimmung kein über die gewöhnlich-alltägliche Erfahrung hinwegspringendes apriorisches *mente concipere*, sondern sie verdankt sich der hinschauenden denkend-verallgemeinernden Beobachtung: Der erdige Körper strebt nach unten, nämlich zur Erde, und kommt dort zur Ruhe – jeder hochgeworfene Stein zeigt dies; der feurige Körper aber – jedes brennende Feuer legt Zeugnis wiederum dafür ab – strebt nach oben. Die allgemeinen Sätze der Aristotelischen Physik sind also kein apriorischer oder sogar gegen die Erfahrung gemachter Entwurf im Sinne des *mente concipere* der neuzeitlichen Physik. Vielmehr sind die Allgemeinsätze der Aristotelischen Physik durch *epagoge* gewonnen: durch wieder und wieder gemachte Erfahrung und die aus diesen Erfahrungen gewonnene, mithin erfahrungsgemäße Verallgemeinerung eines konkret-empirischen Sachverhalts.

II. 2 Das Experiment

II. 2.a Das neuzeitliche Experiment als notwendig gewordene ‚Veranstaltung' zur Beglaubigung des gedanklichen Entwurfs

Der entsinnlichte Weltentwurf der neuzeitlichen Physik erfordert nun, um seine Wahrheit unter Beweis zu stellen, das Experiment. Er braucht das Experiment, um nicht fantastisch zu erscheinen. Das Experiment wird – im Gegensatz zur Antike – zum *experimentum quaesitum:* zu einer eigens gestellten ausformulierten Frage im konkreten Kontext einer theoretischen Vorgabe. Die Beziehung von Entwurf und Experiment ist entscheidend, und erst durch den apriorischen Entwurf wird die *spezifische* Fragestellung ermöglicht.[8] Die speziellen Annahmen, die im Experiment nach Bestätigung suchen, sind somit nicht willkürlich erfunden; sie verdanken sich vielmehr der Ansetzung apriorischer Bedingungen in den Axiomen der zugrunde liegenden Theorie und den daraus abgeleiteten Theoremen.

Das nachdrücklich „Experimentelle" der neuzeitlichen Naturwissenschaft ist somit die notwendige Folge der Hinwegsetzung des apriorischen Entwurfs über die Tatsachen. Der gegen

[8] Darauf weist auch Karl R. Popper in *Logik der Forschung* hin: der Theoretiker weise dem Experimentator durch präzise formulierte Fragen den Weg. In der zweiten Ausgabe dieses Werkes wird Poppers Auffassung vom Primat der Theorie über die experimentelle Praxis sogar noch akzentuiert, wenn er betont, „[...] that observations, and even more so observation statements and statements of experimental results, are always *interpretations* of the facts observed; that they are *interpretations in the light of theories*" (Popper [1959], 107).

die alltägliche Erfahrung gemachte Entwurf Galileis, dass alle Körper „ohne allen Widerstand“ gleich schnell fallen, fordert die rechnende und messende Bestätigung durch eine eigens hierfür errichtete Versuchsanordnung. Die ‚Veranstaltung‘ des Experimentierens zeigt sich also nicht erst bei Neutrinodetektor und Zyklotron, also den Apparaturen der heutigen Elementarteilchenphysik, sondern bereits am Beginn der neuzeitlichen Entwicklung: Auch die ideale Versuchsanordnung im Falle des Galileischen Gesetzes für den freien Fall (im perfekten Vakuum und ohne störende Massen der Apparatur) müsste in diesem Sinne als ‚widernatürlich‘ bezeichnet werden: als gegen die erlebte, alltägliche Erfahrungswelt durchgeführt.

II. 2.b Das antike Experiment als Beobachtung unmittelbar zugänglicher Phänomene

Aufgrund des fehlenden apriorischen Entwurfs ist das antike „Experiment“ etwas gänzlich anderes als das neuzeitliche. Das antike Vorgehen bei der Ermittlung empirischer Sachverhalte verdankt sich gerade nicht der Zugrundelegung eines apriorischen Gesetzes, sondern dem bloßen Beobachten der Eigenschaften und Veränderungen der Dinge. Die Aristotelische Feststellung, dass jeder Körper an den ihm gemäßen Ort strebt, verlangt nicht mehr nach Bestätigung eines eigens hierfür eingerichteten Experiments. Es ist ja schon tausendfach bestätigt worden: in der alltäglichen Erfahrungswelt. Wie also einerseits die Allgemeinsätze der Aristotelischen Physik durch *epagoge* am konkret-empirischen Sachverhalt gewonnen sind, so sind auch die „Experimente“ nur am direkt zugänglichen Phänomen erarbeitete Beobachtungen über Eigenschaften und Verhaltensweisen der Dinge unter sich unsystematisch ändernden Verhältnissen. Ein Experiment im neuzeitlichen Sinne ist damit überflüssig.

Ein begriffsgeschichtlicher Hinweis mag diese Differenz noch einmal beleuchten: *„Experimentum“* wird in der Scholastik und Renaissance weitestgehend gleichgesetzt mit *„experientia“*, welches die Bedeutung der Aristotelischen *„empeiria“* hat – „durch viele Erinnerungen entstanden“. So definiert etwa Thomas von Aquin *„experimentum“* im Rückgriff auf Aristoteles: „‚*ex multis‘ enim ‚memoriis fit unum experimentum*‘“[9]. Das ‚Experiment‘ in diesem Sinne ist also gerade nicht wie in der Neuzeit dazu bestimmt, das *Neue* zu erfahren, sondern es dokumentiert die Summe des bereits Erfahrenen. Dagegen ist die *„experientia quaesita“* seit Francis Bacon auf das Neue, auf die bewusst herbeigeführte neue Erfahrung aus[10]. Und erst methodisch veranstaltete Versuchs*reihen* können diesem neuen Verständnis von Erfahrung letztlich genügen.[11] Vor der Folie der neuzeitlichen Physik wird allzu verständlich, dass Kant von der anders verfahrenden, also von der antik-mittelalterlichen naturwissenschaftlichen Vorgehensweise sagen muss, die Vernunft habe sich hier noch von der Natur „am Leitbande gängeln lassen“[12].

III. Uniformität und Pluralität: ‚Natur‘ in Antike und Neuzeit

Durch das *mente concipere*, das Entwerfen der Natur in der klassischen wie der relativistischen Mechanik, bekommt der neuzeitliche Mensch eine ausgezeichnete Stellung: Er wird zum Subjekt, zum Zugrundeliegenden. Denn er ist es nun, der die Natur in ihrem Sein entwirft, und diese ist somit nur das Gegenständige, das Objektive seines Entwurfs. Der apriorische Entwurf der Natur, die Bewährung dieses Entwurfs durch das in aller methodischen

[9] Vgl. Th. von Aquin (1934), 249 f.
[10] Vgl. F. Bacon (1857b), 189.
[11] Ibid., 203.
[12] Vgl. I. Kant (1904), 10.

Strenge und Exaktheit durchgeführte experimentelle Verfahren, die Sammlung und Ordnung der Forschungsergebnisse im mittlerweile weltweiten Institutsbetrieb – durch diese drei aufeinander verweisenden Verfahrensweisen konstituiert sich die Welt neuzeitlicher Physik.

Der apriorische Entwurf der neuzeitlichen Physik lässt, wie oben zu sehen war, keinerlei ausgezeichnete oder hervorgehobene Orte, Räume und Zeiten zu – zweifellos eine Uniformierung der lebensweltlich gegebenen Natur. Nur aufgrund dieser Uniformierung konnte die neuzeitliche Physik ihre großen Erfolge feiern. Das Gleich-Maß, die zahlenmäßige Messung, ist die Konsequenz. Die Mathematik erfährt eine ungeheure Aufwertung. Die Infinitesimalrechnung wird nicht nur möglich, sondern geradezu gefordert. Sie ist an der Zeit, weshalb sie ja auch von Leibniz und Newton zugleich und unabhängig voneinander entdeckt bzw. erdacht werden konnte. In diesem Kalkül werden natürlich-sinnliche Anschauungsgrößen (z. B. Ortsveränderungen) in nicht-wahrnehmbare Zahlengrößen (sog. Differentiale) verwandelt. Damit trägt die Infinitesimalrechnung das Ihre zum Überspringen der mannigfaltig-natürlichen Erfahrungswelt bei.

Die Beraubung des Eigentümlichen und ursprünglich Angestammten der Dinge lässt diese im Medium der Gleichförmigkeit zurück. Jeder Naturkörper, egal welcher Art und Herkunft, schmilzt in der Mechanik zunächst einmal zusammen zu einem bloßen Massenpunkt.[13] Jede Kraft bestimmt sich in der Newtonschen Mechanik nur noch nach der Größe, die Geschwindigkeit eines Körpers zu verändern[14]; nur noch eine Ursache von vier möglichen – traditionell gesprochen die *causa efficiens* – wird anerkannt. Jeder Ort ist jedem anderen Ort, jeder Zeitpunkt ist jedem anderen Zeitpunkt gleich. Die klassische Mechanik fasst diese Konsequenz unter dem Terminus *Galilei-Invarianz* zusammen: Alle relevanten Gleichungen, z. B. die Newtonsche Kraftgleichung, sind so formuliert, dass sie bei bestimmten Transformationen der Orts- und Zeitkoordinaten ihre Form erhalten.[15] Eine Verschiebung aller Ortskoordinaten um einen festen Betrag (die sogenannte *Translation*) verändert beispielsweise die Geschwindigkeit nicht, da diese nur die zeitliche Veränderung einer Koordinate bezeichnet und die Addition einer Konstanten dabei nicht ins Gewicht fällt; auch das Gravitationsgesetz bleibt nach einer solchen Translation unverändert, da in die entsprechende Gleichung nur der relative Abstand der beiden zu betrachtenden Massenpunkte eingeht, nicht aber ihr absoluter Wert.

Von den natürlichen Dingen ist also nicht mehr das ihnen Eigene und Typische relevant; weder ihre spezifisch sinnliche Qualität noch ihr etwaiges Herausgehobensein und ihre Sonderstellung in Raum und Zeit werden untersucht. Gegenstand einer konkreten Fragestellung

---

[13] Auch eine ausgefeiltere Mechanik als die der Massenpunkte, die sogenannte Mechanik des starren Körpers, idealisiert zumeist, indem sie beispielsweise die Gestalt des Mondes bei genauerer Berechnung seiner Umlaufdauer um die Erde zwar nicht als ausdehnungslosen Massenpunkt, aber doch als exakt massiv kugelförmig ansetzt, was eine sehr gute Näherung ist, aber nicht der wahre Sachverhalt angesichts tatsächlicher lunarer Oberflächenerhebungen von über 7 km Höhe.

[14] Das zweite Newtonsche Axiom $F=M*a$ sagt in mathematischer Formulierung nichts anderes: Die Kraft F ist gleich dem Produkt aus der Masse M eines Körpers, der die Beschleunigung a erfährt. Die Infinitesimalrechnung wird nun angewendet, um durch Definition der Geschwindigkeit als zeitlicher Änderung des Orts $(v=dx/dt)$ und durch Definition der Beschleunigung als zeitlicher Änderung der Geschwindigkeit $(a=dv/dt=d^2x/dt^2)$ aus Newtons Axiom eine sogenannte Differentialgleichung herzuleiten, für die in vielen Fällen (etwa für ein idealisiertes Pendel o. ä.) eine genaue Lösung angegeben werden kann, nämlich die Änderung des Ortes x mit der Zeit t als mathematische Funktion $x(t)$.

[15] Auch die relativistische Mechanik kennt diese Symmetrie. Hier allerdings ist sie komplexer, da die Transformationen der Zeit- und Raumkoordinaten sich gegenseitig beeinflussen. Diese sogenannte *Lorentz-Invarianz* geht im Grenzfall geringer Geschwindigkeiten, wie sie im täglichen Leben auftreten, wieder in die *Galilei-Invarianz* über.

der neuzeitlichen Physik sind nur quantifizierbare Größen[16], da alleine sie einer experimentellen Untersuchung zugänglich sind. In diesem Sinne zielt die neuzeitliche Physik allein auf das, was in wiederholbaren experimentellen Anordnungen reproduziert werden kann. Die neuzeitliche Naturwissenschaft beraubt ihre Gegenstände ihres Individuellen und Eigentypischen im nicht-quantifizierbaren Sektor ihrer Eigenschaftspalette und macht sie damit zu einem uniformen Stoff.

Die neuzeitliche Naturwissenschaft ist mit dieser Vorgehensweise eine *Bearbeitung* der Natur in einem elementaren Sinne: nicht verstanden als „praktisches" Hantieren mit Dingen, sondern – wesentlicher – als gedankliches Zurechtstellen und Herrichten von Wirklichkeit. Und dies schlägt bis auf die experimentelle Ebene durch. In der Quantenphysik spricht man sogar von der „Präparation" von Mikrozuständen. Das Vorgehen der neuzeitlichen Naturwissenschaft ist damit kein bloß passives, neutral-betrachtendes Abspiegeln von Wirklichkeit, sondern ein Vergegenständlichen (im Sinne einer Reduktion auf quantifizierbare Größen) von Natur auf einen raum-zeitlichen Wirkungszusammenhang unter Vernachlässigung anderer Eigenschaften und Charaktere. Farbe beispielsweise muss, wie jede andere Qualität, so lange bearbeitet, d. h. also quantifiziert werden, bis sie sich in diesen Gesamtentwurf von physikalischer Wirklichkeit einordnen lässt.[17]

Im Gegensatz zu dieser Vorgehensweise steht die antik-mittelalterliche Physik der Aristotelischen Tradition. Sie setzt diese Gleichförmigkeit noch nicht an. Die Kreisbewegung etwa ist ihr eine vollkommenere Bewegung als die geradlinige; und Himmelskörper haben einen grundsätzlich anderen ontologischen Status als irdische Körper. Das Seiende hat in dieser Konzeption noch ein eigenständiges Wesen und ist kein bloßes Konglomerat wechselwirkender Massenpunkte. Mit „Natur" wird das jedem einzelnen Körper zukommende *innere Vermögen* bezeichnet, das seine ihm spezifische Bewegungsform und seinen Ort bestimmt.

Das Zurechtmachen der Dinge ins Gleichmäßig-Einheitliche und Schematisch-Schablonenhafte findet sich in der Aristotelischen Physik nicht. Der Raum der neuzeitlichen Physik im Sinne einer endlosen, überall gleichartigen und nirgendwo ausgezeichneten Extensität ist ihr gänzlich unbekannt. *Topos*, der Ort, ist ihr nichts Einförmig-Monotones, sondern differenziert sich nach oben – unten oder himmlisch – irdisch; *topos* ist das Wo *(pou)* eines durch sein Eigenvermögen bestimmten Körpers. Bewegung wiederum ist ihr – weit davon entfernt, bloße Fortbewegung von einem Raumpunkt zum anderen zu sein – ein mannigfach sich differenzierender Begriff, ist *metabole ek tinos eis ti*[18] (Umschlag von etwas zu etwas anderem), welcher Umschlag sich wiederum aufteilt in *kinesis kata topon*[19] (Bewegtheit hinsichtlich des Ortes), in *auxesis – phthisis*[20] (Zunahme bzw. Abnahme, z. B. beim Wachstumsvorgang) und in *alloiosis*[21] (Anderswerden, z. B. beim Erröten) bzw. in *genesis – phthora*[22] (Entstehen bzw. Vergehen).

Diese Formen der Bewegung können nun eine mannigfache Beziehung miteinander ein-

---

[16] Quantifizierbarkeit ist hierbei in der Regel eine notwendige Bedingung für Meßbarkeit, im praktischen Experiment jedoch nicht unbedingt eine hinreichende. In der Quantenphysik ist zudem eine subtilere Unterscheidung zwischen sogenannten Observablen einerseits und mathematischen Größen andererseits (z. B. sogenannten Wellenfunktionen) vonnöten.

[17] In diesem Beispiel heißt Umdeutung zu einer quantifizierbaren Eigenschaft, daß Farben mit bestimmten Wellenlängen in atomaren Energiespektren identifiziert werden, die mit Hilfe der Quantenmechanik berechnet werden können.

[18] Vgl. Aristoteles (1831a), Buch K 12, 1068a 23 ff.

[19] Vgl. ibid., 1068a 10.

[20] Vgl. Aristoteles (1831b), Buch E 2, 226a 31 f.

[21] Vgl. ibid., 224a 30.

[22] Vgl. Aristoteles (1831b), Buch K 12, 1068a 24.

gehen: Etwas kann sich z. B. hinsichtlich seines Ortes verändern und in seinem Anderswerden gleichbleiben, kann sich aber auch mit der Veränderung des Ortes zugleich im Aussehen verändern und darüber hinaus in anderer Hinsicht entweder Zunehmen, Abnehmen oder Gleichbleiben.

Ist *Natur* in der antiken Konzeption das einem jeden Körper zukommende innere *Vermögen*, das seine ihm spezifische Bewegungsform und seinen Ort bestimmt, so ist *Natur* in der neuzeitlichen Mechanik ein *relationales Geflecht raumzeitlich bestimmter Massenpunkte*. In der antiken Physik ist Natur ein qualitativ einzelnes, in der neuzeitlichen Physik ist sie ein quantifizierbarer Gesamtzusammenhang.

Die neuzeitliche Quantifizierung der Natur ist das Werk einer methodischen Veranstaltung, die Antike und Mittelalter fremd ist. Allein durch diese Methode ist die neuzeitliche Physik, was sie ist.

„Nicht der Sieg der Wissenschaft ist das, was unser 19tes Jahrhundert auszeichnet, sondern der Sieg der wissenschaftlichen Methode über die Wissenschaft" (Nietzsche [1972], 236).

Was Nietzsche für das 19. Jahrhundert konstatierte, gilt mit noch größerem Nachdruck für das 20. Jahrhundert. Heute sind wir an einem Punkt dieses Prozesses angelangt, wo sich die Frage nach den Grenzen dieses bisweilen phantastisch anmutenden methodischen Vorgehens stellt. Legitimierte sich die neuzeitliche Physik jahrhundertelang durch ihre wissenschaftlich-technischen Erfolge, so geraten am Ende unseres Jahrhunderts immer mehr auch die Schattenseiten dieser Wissenschaft in den Blick. So bizarr, entwirklicht und weltfremd die Theorie der modernen Physik auch sein mag – sie wirkt spätestens über ihre industriell-technische Anwendung[23] auf unsere Lebenswelt zurück.

Aristoteles (1831a), Metaphysik, in: I. Bekker (Hg.), Aristoteles Opera, Akademie-Ausgabe, Berlin.
Aristoteles (1831b), Physik, in: ibid.
Thomas von Aquin (1954), In octo libros physicorum aristotelis expositio, Taurini/Rom.
Thomas von Aquin (1943), Summa Theologica Band IV, Salzburg/Leipzig.
Francis Bacon (1857a), Advancement of Learning (2nd Book), in: Spedding/Ellis/Heath (Hgg.), Works, London; Neudruck, Stuttgart-Bad Cannstatt 1963, Band III.
Francis Bacon (1857b), Magna Instauratio II: Novum Organum, in: Spedding/Ellis/Heath (Hgg.), Works, London; Neudruck, Stuttgart-Bad Cannstatt 1963, Band I.
René Descartes (1982), Principia Philosophiae, in: Charles Adam und Paul Tannery (Hgg.), Œuvres, Band VIII–1.
René Descartes (1992), Die Prinzipien der Philosophie, übersetzt von Artur Buchenau, Hamburg.
Albert Einstein (1967), Vorwort, in: Galileo Galilei, Dialogue Concerning the Two Chief World Systems – Ptolemaic and Copernican, translated by Stillman Drake, Berkeley / Los Angeles.
Galileo Galilei (1855), Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica ed ai movimenti locali, in: Eugenio Albèri (Hg.), Opere complete, Band XIII.
Galileo Galilei (1913), Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend – Dritter und vierter Tag, aus dem Lateinischen und Italienischen übersetzt von Arthur von Oettingen, Leipzig (= Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Band 24, Leipzig 1891).
Ian Hacking (1996), Einführung in die Philosophie der Naturwissenschaften, Stuttgart.

[23] Man denke hierbei nur an den physikalischen Effekt der sogenannten Kernspaltung bei schweren Kernen wie z. B. Uran oder Plutonium; hierbei wird der schwere Kern z. B. mit Neutronen beschossen und zerfällt unter Aussendung radioaktiver Strahlung in kleinere Bruchstücke, sogenannte Tochterkerne. Das theoretische Verständnis dieses Prozesses ist begründet auf den Ergebnisse der Quantenphysik der zwanziger und dreißiger Jahre; die industrielle Nutzung der Kernspaltung zur Energiegewinnung in Atomkraftwerken ist zum langjährigen Streitpunkt in unserer Gesellschaft geworden.

Martin Heidegger (1984), Die Frage nach dem Ding. Zu Kants Lehre von den transzendentalen Grundsätzen, in: Petra Jaeger (Hg.), Gesamtausgabe, II. Abteilung:Vorlesungen 1923–1944, Band 41, Frankfurt a. M.

Immanuel Kant (1904), Kritik der reinen Vernunft, Berlin.

Matthias Koll et al. (2000a), A Relativistic Quark Model for Mesons with an Instanton Indiuced Interaction, in: European Physical Journal A 9 (2001) 73.

Matthias Koll et al., (2000b), The Meson Spectrum in a Covariant Quark Model, in: European Physical Journal A 9 (2001) 221.

Alexandre Koyré (1966), Études galileénnes, Paris.

Isaac Newton (1686), Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, London (Faksimile-Reproduktion: Dawson & Sons Ltd., London).

Isaac Newton (1988), Mathematische Grundlagen der Naturphilosophie, übersetzt von Ed Dellian, Hamburg.

Friedrich Nietzsche (1972), Nachgelassene Fragmente. Anfang 1888 bis Anfang Januar 1889, in: Giorgio Colli und Mazzino Montinari (Hgg.), Werke. Kritische Gesamtausgabe, Berlin / New York, Band VIII,3.

Karl R. Popper (1959), The Logic of Scientific Discovery, London.

Günter Seubold (1999), Galileo Galileo, in: Franco Volpi (Hg.), Großes Werklexikon der Philosophie, Stuttgart, Band I, 538–541.