

Peter Sequard-Base

## Entwicklung und Konzepte der Naturwissenschaften – ausgewählte Aspekte am Beispiel der Physik

Ich möchte Ihnen zuerst die Entwicklung der Naturwissenschaften am Beispiel der Physik im Rahmen eines historischen Streifzuges vorstellen. Den Abschluss bilden dann einige exemplarische Ausführungen zum Thema Wissenschaftstheorie.

### „Naturwissenschaft“ in der Antike

Es ist naheliegend, dass man zuerst mit den Grundlagen unseres Denkens in der europäischen Antike beginnt. Diese Grundlagen sind die drei klassischen Axiome der Logik, das vierte Axiom (Satz vom zureichenden Grund) ist dann erst viel später durch LEIBNIZ (1646–1716) hinzugekommen. Die genannten drei klassischen Axiome stammen in ihrer Grundformulierung von PARMENIDES (~520–460 v. Chr.), während ARISTOTELES (384–322 v. Chr.) sie dann in die Form gebracht hat, wie wir sie heute kennen. Diese drei Axiome sind der:

- *Satz von der Identität:*

Dieses Axiom ist das Wichtigste, weil es für die korrekte, eindeutige und klare Begriffsbildung verantwortlich ist. Logisch richtig definiert wird ein Begriff durch einen nächstliegenden Oberbegriff und ein spezifisches Artmerkmal. Ohne eindeutige Begriffsbildung gibt es keine Wissenschaft ganz allgemein und daher auch keine Naturwissenschaften beziehungsweise auch keine Theologie. In der Mathematik baut der „direkte Beweis“ auf dem Satz von der Identität und dem damit verbundenem klaren Begriffsumfang und Begriffsinhalt auf.

- *Satz vom (konträren) Widerspruch:*

Dieser Satz besagt, dass, wenn zwei Aussagen einander widersprechen, *mindestens eine Aussage falsch* sein muss.

- *Satz vom (kontradiktorischen/vollständigen) Widerspruch:*

Wenn zwei Aussagen einander *vollständig* widersprechen, ist *eine Aussage richtig*. Für die Mathematik ist dieser Satz wichtig, da sich auf ihn der so genannte „indirekte Beweis“ stützt. Dabei geht man vom vollständigen Gegenteil dessen aus, was man beweisen will und führt diese gegenteilige Aussage auf einen Widerspruch, also auf eine Verletzung der Identität zurück. Damit gilt die ursprüngliche Aussage als richtig und die fundamentale Bedeutung der Identität (Widerspruch als Identitätsverletzung) wird ebenfalls ersichtlich.

ARISTOTELES hat neben der eben skizzierten Logik auch die Grundzüge des richtigen Schließens gelehrt. Wir sprechen hier von den drei wichtigsten Schlussformen. Das sind die:

- *Deduktion*: Dabei wird vom *Allgemeinen zum Besonderen* geschlossen und das ist *immer richtig*. Diese Schlussform hat die Naturwissenschaft seit ARISTOTELES bis zu den Zeiten GALILEIS geprägt.

- *Induktion*: Das ist der Schluss, bei dem vom *Besonderen zum Allgemeinen* gefolgert wird also der zur Deduktion umgekehrte Fall. Es ist offensichtlich, dass eine Schlussfolgerung auf diese Weise *nicht notwendigerweise richtig* sein muss. Trotzdem, es handelt sich im Prinzip um das Verfahren, nach dem die Naturwissenschaft heute betrieben wird. Das heißt konsequenterweise, dass Naturgesetze so nicht beweisbar sind!

- *Analogie*: Dabei wird über die *Ähnlichkeit von Aussagen* argumentiert, was auch *nicht richtig sein muss*, sich in der Praxis aber als sehr hilfreich erweist.

Wie bereits am Anfang erwähnt, wollen wir uns hier in erster Linie mit der Physik beschäftigen, stellvertretend für alle anderen Naturwissenschaften. Da ist es natürlich interessant zu fragen, was hat denn ARISTOTELES unter „Physik“ verstanden? Oder präziser formuliert, welche Methodik liegt der „Physik“ von ARISTOTELES zu Grunde?

Er hat aus seiner Sicht das einzig richtige Schlussverfahren angewendet, nämlich die Deduktion. Die prinzipielle Richtigkeit des deduktiven Schlussverfahrens steht ja auch heute außer Zweifel. Das heißt aber auch: Man braucht allgemeine Sätze, die für jedermann einleuchtend

sind, die grundsätzlich vorbehaltlos von allen Menschen erkannt und für wahr gehalten werden können. Daraus schließt ARISTOTELES dann deduktiv, unter Beachtung der Logik, auf Aussagen zu interessierenden Detailphänomenen. Würde man nun diese allgemeinen Aussagen jedoch in Zweifel ziehen, bricht in der Folge das gesamte auf der Deduktion beruhende Gebäude an Detailaussagen in sich zusammen. Das heißt, diese allgemeinen Sätze dürfen unter gar keinen Umständen zur Diskussion stehen. Damit erklärt sich dann, warum etwa ein Experiment zu einem Detailproblem hinderlich gewesen wäre, ja sogar hochgradig gefährlich ist, da das Ergebnis, sei es direkt oder indirekt, eine oder mehrere der allgemeinen Aussagen in Zweifel ziehen könnte. Diese allgemeinen Sätze müssen daher im Sinne einer tiefen, großen Wahrheit in der Praxis wie eine Glaubenswahrheit gehütet und verteidigt werden. Zumindest hat man es so getan, damit das Gebäude der damaligen „Physik“ bestehen bleibt. Diese allgemeinen Sätze sind dann aber wieder so allgemein, dass man sie auch nicht mathematisch formulieren kann. Damit liegt in der Antike oft nur eine sehr, sehr einfache, fast ausschließlich beschreibende „Physik“ vor.

## Religion und Welt

Wenn wir jetzt schon von „Glaubenswahrheiten“ sprechen, lenken wir unsere nächsten Schritte auf eine Untersuchung, wie Religion und Welt zueinander gestanden sind bzw. wie sich ihr Verhältnis zueinander entwickelt hat.

Bei den Naturvölkern, aber auch in der griechischen Antike, ist die Welt mythisch. Die Vorstellungen der Menschen werden vom Wirken vieler Götter geleitet und sie, die Götter, sind dabei *in* der Welt. In der Welt, das heißt es gibt zum Beispiel einen Gott des Blitzes, einen Gott des Donners und so weiter, also schlichtweg für jedes Unbill existiert irgendwo eine Gottheit. Das macht den Menschen Angst und hemmt sie, sich forschend mit der Natur zu beschäftigen. Die Religion hat dabei die Aufgabe einer Art Feuerwehr. Sie muss danach trachten, böse gewordene Götter zu beruhigen beziehungsweise sie vorbeugend in Schach zu halten.

Im Gegensatz dazu erwächst dann die geradezu geniale Sichtweise aus dem jüdisch-christlichen Religionsverständnis heraus. Es existiert ein *Gott, der Schöpfer* ist, und *die Schöpfung*. Gott und die Schöpfung werden so zwar begrifflich getrennt, ohne aber damit die kausale Ursache der Schöpfung, als bei Gott liegend, in Frage zu stellen. Auf diese Weise verlieren die Menschen die Angst, sich mehr und intensiver mit der Natur zu beschäftigen. Man beleidigt fortan keine Gottheit mehr, es wird nicht gleich blitzen, donnern oder sonstiges Ungemach auf die Menschen niederbrechen, wenn man sich mit der Natur beschäftigt. Einer unbekümmerten, angstfreien Naturforschung steht von religiöser Seite her nichts mehr im Wege. Noch dazu gibt es die bekannte „Aufforderung“: „Macht Euch die Erde untertan!“ Es war der Begründer der modernen Soziologie, Max WEBER (1864–1920), der diese Tatsache (Trennung von Gott und Schöpfung) als einen wesentlichen Grund dafür herausgestellt hat, dass Europa, obwohl seine Kultur ja nicht zu den ältesten zählt, im Laufe der Zeit doch die Führung in den Naturwissenschaften übernehmen konnte.

Die Folge dieses positiven Verhältnisses zwischen Religion und Wissenschaft war ein liberales, sehr wissenschaftsfreundliches Mittelalter. Beispielhaft seien erwähnt: ALBERTUS MAGNUS (~1200–1280) oder sein Schüler THOMAS VON AQUIN (1225–1274), der den Versuch unternommen hat, Glaube und Wissen auf aristotelischer Grundlage zu vereinen.

In der frühen Neuzeit entwickelt dann Nikolaus KOPERNIKUS (1473–1543) das heliozentrische Weltbild, mit dessen Hilfe die größten Probleme des ptolemäisch, geozentrischen Weltbildes, nämlich die Erklärung der phasenweise scheinbar rückläufigen Planetenbahnen, *einfacher* gelöst werden können. KOPERNIKUS war sich aber aus seiner Beziehung zur Kirche als Domherr zu Frauenburg bewusst, wie brisant sein neuer Berechnungsansatz sein könnte und zögert daher lange, bis zu seinem Todesjahr, seine Ideen zu veröffentlichen. Er wusste um die Sprengkraft seiner Vorstellungen und hat daher, vielleicht vorsichtshalber, sein Hauptwerk „*De revolutionibus orbium coelestium*“ dem damaligen Papst gewidmet. Und wie hat der Papst reagiert? Er war begeistert und bereits einige Jahre später hat man in SALAMANCA,

im damaligen erzchristlichen Spanien, an der dortigen Universität, das heliozentrische Weltbild gelehrt, so als wäre das etwas ganz Selbstverständliches. Allerdings gab es da noch einen kleinen Kunstgriff. Man weiß heute nicht so genau, ob dieser „Trick“ von KOPERNIKUS selbst stammt oder von seinem Assistenten. Im Vorwort seines Werkes findet sich nämlich der Hinweis, dass man das heliozentrische Weltbild nur als eine *Hypothese* zur Vereinfachung der Berechnung der Planetenbahnen verwenden und *nicht als Wahrheit* verstehen soll. KOPERNIKUS hat natürlich um die Bedeutung des „Wahrheitsbegriffes“ im Lichte des aristotelischen Naturverständnisses gewusst.

Als ein weiteres gelungenes Beispiel eines fruchtbaren Zusammenspiels von Religion und Naturwissenschaft in der jüngeren Neuzeit sei auch die Kalenderreform von Papst GREGOR XIII. (1502–1585) genannt, die entscheidend auf dem Weltbild des KOPERNIKUS aufbaut.

An dieser Stelle sei ein kleiner Vorgriff auf die später zu diskutierenden wissenschaftstheoretischen Ausführungen gestattet. Man sieht einerseits das traditionelle, ptolemäische, geozentrische Bild und andererseits das damals neue heliozentrische Weltbild. Es liegen also zwei Modelle vor, die sich auf denselben Sachverhalt beziehen: die Berechnung der Planetenbewegung. In der Regel ist es in der Naturwissenschaft dann immer so, dass sich das *Einfachste* von mindestens zwei prinzipiell funktionierenden Modellen durchsetzt. Niemand ist sich jedoch sicher, schon das absolut einfachste Modell zu kennen, es gibt vielleicht ein noch einfacheres Modell. Daher kann niemand sagen, wie ein „endgültiges“ Modell eventuell aussehen könnte. Es wäre daher unangemessen, die Strukturen der Natur gleich zu setzen mit den Strukturen der naturwissenschaftlichen Modelle!

## **Galileo GALILEI (1564 - 1642) – Begründer der modernen Physik**

Nach KOPERNIKUS betrat nun mit Galileo GALILEI zweifellos der Mann die Bühne der Wissenschaften, der wohl zu Recht als Begründer der modernen Physik beziehungsweise als Begründer des naturwissenschaftlichen Zeitalters, wie es Professor PIETSCHMANN auch

ausdrückt, anerkannt wird. Trotz seiner überragenden Stellung innerhalb der Entwicklung hin zu einer modernen Naturwissenschaft war GALILEI selbst eine sehr schwierige Persönlichkeit. Man kann den „Fall GALILEI“ nicht verstehen, ohne seine Persönlichkeitsstruktur zu diskutieren und ohne dabei damalige Zeitumstände zu berücksichtigen. Wir wollen versuchen, uns dem Phänomen GALILEI auf drei Ebenen anzunähern.

Die *erste Ebene* beschreibt die *Persönlichkeitsebene*. Deren markantestes Element ist dabei zweifellos sein Charakter. Er war ein absolut hochintelligenter Mann, ein sehr versierter Diskutant, aber auch reichlich mit südländischem Temperament gesegnet. Man könnte auch sagen, er war hin und wieder ein Hitzkopf. Konfrontationen aus dem Weg zu gehen war nicht die Sache GALILEIS. Er hatte auch keinerlei Probleme mit seinem Selbstbewusstsein, was sich etwa im Umgang mit seinen wissenschaftlich arbeitenden Zeitgenossen gezeigt hat. So ist es für ihn selbstverständlich, eine Anfrage Johannes KEPLERS (1571-1630) bezüglich einer erbetenen Leihe von GALILEIS Fernrohr glatt abzulehnen. GALILEI hat befürchtet, dass KEPLER, mit einem Fernrohr ausgestattet, in astronomischen Belangen ihm, GALILEI, eine gewaltige Konkurrenz hätte sein können.

Gehen wir nun zur *zweiten Ebene*, der *phänomenologischen Ebene*, und betrachten einmal, wie sich die relevanten historischen Ereignisse entwickelt haben. GALILEI waren selbstverständlich beide Weltbilder bekannt. Er hat als junger Universitätslehrer das geozentrische Weltbild gelehrt, aber mit wachsendem Bedenken. Einer seiner Assistenten machte ihn dann darauf aufmerksam, dass man die Venusphasen, die mit dem Fernrohr zu beobachten sind, eigentlich nur mit dem kopernikanischen System schlüssig erklären kann. In weiterer Folge hat GALILEI selbst mit dem Fernrohr den Planeten JUPITER beobachtet und dabei dessen Mond JO entdeckt. Das war für GALILEI selbst jetzt ein Schlüsselerlebnis. Denn: Er sieht einen Himmelskörper um einen anderen Himmelskörper kreisen und dieser *umkreiste Himmelskörper ist nicht die Erde!* Für GALILEI war damit vollkommen

klar, KOPERNIKUS hat absolut Recht! GALILEI, wie bereits erwähnt ein temperamentvoller Italiener, behauptete von nun an mit aller Vehemenz: Der *Heliozentrismus ist die Wahrheit*. Damit war unausweichlich die Kontroverse mit den Vertretern des Geozentrismus eröffnet. Man muss ferner bedenken, dieser Disput hat sich zu einer denkbar ungünstigen Zeit entwickelt, nämlich am Vorabend des Dreißigjährigen Krieges.

Wie hat nun die Kirche zu GALILEIS Zeit die Frage des Weltbildes gesehen? Eine Erklärung für das harmonische „Verhältnis“ zwischen Kirche und Weltbild in den damals zurückliegenden Jahrhunderten ist die Tatsache, dass das ptolemäische Weltbild nie Teil der christlichen Lehre war. Man hat dieses Weltbild übernommen, weil es eben „da“ und am besten ausformuliert war.

Ein anderes Beispiel für die Liberalität der Kirche bezüglich der Frage des Weltbildes liefern die Ideen des Kardinals NIKOLAUS CUSANUS (1401–1464). Schon einige Zeit vor KOPERNIKUS entfaltet er ein zu ARISTOTELES und PTOLEMÄUS vollkommen alternatives Weltbild, nämlich ein azentrisches Weltbild, in dem das Universum unendlich und homogen ist. Seine Ausführungen haben ihm aber keine Probleme mit der kirchlichen Obrigkeit gebracht. Natürlich kann auch argumentiert werden, er war als Kardinal selbst Mitglied des klerikalen Establishments und damit wäre er nicht so leicht angreifbar gewesen. Welch weitreichenden Einfluss CUSANUS hingegen mit seinen Vorstellungen gehabt hat, kann man unter anderem daran ermessen, dass seine Idee vom azentrischen Weltbild auch von NEWTON weiter verfolgt und als richtig anerkannt wurde. Ja, sogar Albert EINSTEIN (1879–1955) ging zu Beginn des 20. Jahrhunderts von einem azentrischen Weltbild aus, bis sich auf Grundlage der experimentellen Entdeckungen Edwin HUBBLES (1889–1953) (das Universum expandiert) und der kosmologisch formulierten Interpretation von EINSTEINS „Allgemeiner Relativitätstheorie“ durch den belgischen Geistlichen und Astrophysiker Abbe George LEMAITRE (1894–1966) das heutige Urknallmodell als kosmologisches „Standardmodell“ etabliert hat.

Es bleibt jetzt also die entscheidende Frage: Wie steht es mit dem geozentrischen Modell im Zusammenhang mit den Ausführungen GALILEIS? Um es in der Terminologie der heutigen Physik zu sagen; das geozentrische Modell ist damals das „Standardmodell“ der Kosmologie schlechthin gewesen, aber auch die Manifestation des allgemeinen Verständnisses von der Stellung der Menschheit im Universum. Nichts anderes zeigt den Menschen so sehr im Mittelpunkt der Welt, ja des gesamten Weltgeschehens wie eben der Geozentrismus. Er war seinerzeit nicht nur für einige ausgewählte Wissenschaftler das gültige „Standardmodell“, sondern nahezu für den gesamten Gesellschaftsanteil, der Zugang zu Bildung gehabt hat. Was heißt das jetzt, wenn GALILEI behauptet, das heliozentrische Weltbild ist die *Wahrheit*? Waren daher all die Lehrer seit ARISTOTELES, das umspannt immerhin einen Zeitraum von über tausend Jahren, alles Lügner und Betrüger? Sind die Menschen durch die Bank irgendwelchen Schwindeleien aufgefressen? Die Persönlichkeit GALILEIS macht eine Diskussion nicht einfach und was kann er denn überhaupt im Gegenzug inhaltlich, weltanschaulich, bieten? GALILEI behauptet, dass die Menschheit nicht mehr in der Mitte der Welt lebt, was einem herben Schlag für das damalige gesellschaftliche Selbstverständnis gleichkommt und dass das, was er lehrt, gar nicht mehr mit der unmittelbaren Anschauung übereinstimmt. Jedermann sieht doch, dass die Sonne am Morgen im Osten aufgeht, über den Himmel wandert und abends im Westen untergeht, also kreist die Sonne um die Erde und nicht umgekehrt die Erde um die Sonne. Es ist psychologisch verständlich, dass die Gegner GALILEIS versucht haben, aus dieser eigentlich naturwissenschaftlichen Diskussion über die Methodik zur Berechnung der Planetenbahnen herauszutreten, um Hilfe bei einer Macht zu suchen, die, unter den damaligen Gegebenheiten gesehen, vielleicht noch helfen könnte zu retten, was noch zu retten ist, nämlich nicht weniger als das aristotelisch-ptolemäische Weltbild. Diese Macht war die Kirche So ist sie in einen Konflikt hineingeschlittert, den sie eigentlich von sich aus wahrscheinlich nie angestrebt hätte. Argumentativ hat man versucht, GALILEI, respektive dem KOPERNIKANISMUS im Ganzen, vorzuwerfen, sich nicht mehr mit der Bibel in

Übereinstimmung zu befinden. Das war fortan die stärkste Munition von GALILEIS Gegnern. So ist es dann 1616 zum ersten Prozess gegen GALILEI gekommen, als dessen wesentlichstes Ergebnis eine Art „Publikationsverbot“ bezüglich des kopernikanischen Weltbildes festgelegt wird. GALILEI darf nichts mehr zum Thema neues Weltbild veröffentlichen. Im Umfeld der großen innerkirchlichen Spannungen, man denke an die laufenden reformatorischen Bestrebungen vor allem nördlich der Alpen, sollten Diskussionen um „Wahrheiten“ hinten gehalten werden. Ferner hat Kardinal BELLARMIN GALILEI an den guten „Trick“ erinnert, die Ideen von KOPERNIKUS als Hypothese und nicht als Wahrheit zu sehen. Am Ende des Prozesses wurde GALILEI vom Papst empfangen, hat seinen Segen bekommen und Rom wieder verlassen. Das Publikationsverbot bezogen auf das kopernikanische System wurde von GALILEI akzeptiert und es ist wieder etwas Ruhe eingetreten. Aber dieser Friede währte nicht lange. 1623 wird Kardinal BARBERINI Papst. BARBERINI selbst war nicht nur Theologe, er war auch Mathematiker und teils Weggefährte, teils Freund und Diskussionspartner von GALILEI. Man kann es nun wohlwollend interpretieren: GALILEI sah die Chance, jetzt der „Wahrheit“ in seinem Sinne zum Durchbruch zu verhelfen. Oder man kann polemisieren, es hat ihn ‚der Hafer gestochen‘. Er hat sich über das Publikationsverbot hinweg gesetzt und auf *Italienisch*, nicht auf Latein wie sonst damals üblich, seinen „Dialog über die beiden großen Weltsysteme“ geschrieben. Dabei lässt er den Dialogpartner, der für das kopernikanische System argumentiert, das heliozentrische Weltbild als die Wahrheit darstellen. Im Gegensatz dazu nennt er den Gesprächspartner, der das ptolemäische Weltbild vertritt, SIMPLICIO, also Dummkopf oder Einfaltspinsel. Damit nicht genug lässt er Letzteren im Dialog genau die Argumente vorbringen, die Kardinal BARBERINI in den Diskussionen mit ihm, GALILEI, vorgetragen hat. Das war zweifellos sehr riskant. Was die formal juristische Seite betrifft, muss man aber auch festhalten: GALILEI hat seinen „Dialog“ nicht quasi „illegal“ auf den Markt gebracht, sondern zwei Jahre um die Druckerlaubnis gekämpft. Zuerst in ROM, wo man sich zuerst sehr geziert und versucht hat, die Entscheidung hinauszuzögern, bis dann die Zuständig-

keit nach FLORENZ abgetreten wurde. Dort hat sich dann jemand gefunden, der die Druckerlaubnis erteilt hat. Aber glücklich war man von kirchlicher Seite damit nicht. Jetzt, noch während der Dialog im Druck war, wurden die Probleme bereits überdeutlich. Da der Dialog auf Italienisch geschrieben ist, konnte praktisch jeder, der des Lesens mächtig war, das Werk studieren und in den immer polemischeren Diskurs eingreifen. So war es letztlich nur eine Frage der Zeit, bis ein neuerlicher Prozess gegen GALILEI angestrengt wurde. 1633 ist es dann tatsächlich zum zweiten Prozess gekommen. Es wurde zuerst formal argumentiert, GALILEI hätte ja eigentlich nichts zu dieser Thematik publizieren dürfen, aber natürlich ist es der wahre Grund, dass sich der Papst auch aus Rücksicht auf seine Autorität gerade in dieser Zeit, der Dreißigjährige Krieg ist in vollem Gange, nicht so vorführen lassen konnte wie in der Figur des SIMPLICIO. Es ist verständlich, von päpstlicher Seite war mit einem harten Durchgreifen zu rechnen, denn man wollte kein zweites „Problem LUTHER“, also keine zweite Front, an der man möglicherweise große Probleme bei der Diskussion um „Wahrheiten“, ob naturwissenschaftlicher oder religiöser Art, bekommen könnte. Zu leicht hätte das Feuer des eigentlich naturwissenschaftlichen Disputs auf theologische Grundsatzfragen übergreifen können. Schlussendlich wurde GALILEI zu Hausarrest verurteilt. Er hat diesen dann bis zu seinem Tod in seiner Villa bei FLORENZ verbüßt. Erst 1992 wurde GALILEI durch Papst JOHANNES PAUL II. (1920–2005) voll rehabilitiert. Initiiert wurde seine Rehabilitation, das dürfen wir in Österreich mit gewissem Stolz sagen, vom Wiener Erzbischof Franz Kardinal KÖNIG (1905–2004). Leider scheint es damals, zu Beginn des 17. Jahrhunderts, unvermeidbar gewesen zu sein, dass mit GALILEI das noch bis heute spürbare Misstrauen zwischen Religion und Naturwissenschaft begonnen hat.

Aber GALILEI hatte auch seine guten Seiten. Er „erfindet“ de facto das Experiment und macht es sozusagen „salonfähig“. *Man muss die Natur beobachten, um Erkenntnisse über sie zu gewinnen.* Genau das führt uns jetzt auf die *dritte Ebene*, die *philosophische*. Um einen leichteren Zugang zu dieser Ebene zu gewinnen, ist es zuerst ratsam, einen Zeit-

genossen GALILEIS zu studieren, nämlich Rene DESCARTES (1596–1650). Sein Anliegen war es unter anderem, die Naturwissenschaft auf eine erkenntnistheoretisch sichere Basis zu stellen. Er stellt zu Beginn den Zweifel in den Vordergrund, und zwar als Prüfung gegenüber voreiligen Schlussfolgerungen, aber auch als ein Vehikel, um zu seinem berühmten „Cogito“-Argument zu kommen. Letzteres mit dem Ergebnis, dass die eigene geistige Existenz wohl gewiss ist, aber das Körperliche im Allgemeinen, der eigene Körper und das Materielle um uns herum letzten Endes ungewiss. Er hat also den in der Philosophie bereits vor ihm bestehenden Dualismus zwischen „Geist und Materie“ jetzt scharf herausformuliert. Das bedeutet nun, dass man aus dem eigenen Geist heraus, der ja die Basis dessen verkörpert, was im DESCARTSCHEN Sinn das mit Gewissheit Existierende ist, jetzt in die materielle Welt hinausgehen soll und versuchen muss, diese äußere Welt zu erfassen, zu vermessen, zu ordnen beziehungsweise zu gliedern. Man erinnere sich nun an die Schulzeit und das dort vermittelte Kartesische Koordinatensystem. Diese Koordinaten sind jetzt die „geistigen Arme“, mit denen man hinausgeht in die materielle Welt, um sie gleichsam „geistig in die Hand“ zu nehmen. Eben dieses Vermessen der Welt führt uns nun wieder zu einem GALILEI zugeschriebenen Spruch, den man als sein wesentlichstes Programm für die Entwicklung der Naturwissenschaften verstehen kann, nämlich den Spruch: *„Alles, was messbar ist, messen, alles, was nicht messbar ist, messbar machen“*. Wenn man diese Aussage umsetzen will, dann hat man es mit zwei Folgerungen zu tun:

Erstens ist es von jetzt ab notwendig, „Modelle“ zu bilden. Wenn man messen möchte, braucht man exakt definierte physikalische Messgrößen. Das ist natürlich auch verallgemeinerbar, die Messgrößen müssen nicht bloß Längen sein, wie beim vorhin genannten Kartesischen Koordinatensystem, das können auch Größen wie Temperatur, Druck, Stromdichte, Ladung oder anderes sein. In weiterer Folge müssen dann diese Größen zueinander in Beziehung gesetzt werden. Und weil bekanntlich sehr vieles mit vielem zusammenhängt, sind Vereinfachungen notwendig, es müssen Abstraktionen festgelegt werden. Das alles zusammen, die Definition von Messgrößen, diese

Größen zueinander in Beziehung setzen und dabei notwendige Vereinfachungen festlegen, repräsentiert dann ein physikalisches „Modell“. Diese „Modelle“ müssen weiters in sich widerspruchsfrei sein, das heißt sie müssen in der Sprache der Mathematik formuliert werden. Einen Ansatz dieser Form hat es vor GALILEI nicht gegeben.

Die zweite Folgerung ist die jetzt zu Tage tretende Schlussweise. Wenn man eine Messung oder ein Experiment durchführt, dann entspricht das im weitesten Sinn immer einer „Einzelbeobachtung“. Es ist damit offenkundig, man muss nun letztlich *von einer Einzelbeobachtung zu einer allgemeinen Aussage* gelangen. Das ist aber von den logischen Schlussformen her gesehen eine Induktion! GALILEI wechselt, gerade bei der Methode der Diskussion von wissenschaftlichen Fragen, von der bis dahin relevanten deduktiv argumentierenden Scholastik hin zur Induktion. Man kann sich lebhaft vorstellen, dass auch auf dieser Ebene GALILEI entsprechendem argumentativem Widerstand ausgesetzt war. Die Induktion ist eben keine sichere Methode und hier darf man ebenso auf Albert EINSTEIN verweisen, der gesagt hat: *Zu den allgemeinen Prinzipien*, so nannte er die allgemeinen Aussagen, *„führt kein logischer Weg“, das heißt kein zwingender logischer Weg.*

### **Isaac NEWTON (1643-1727): Den Himmel auf die Erde „holen“**

Nur etwa ein Jahr nach GALILEIS Tod wurde ein weiterer, wirklicher „Gigant“ der Physik geboren, Isaac NEWTON. GALILEIS „facheinschlägige“ physikalische Arbeiten sind wohl bemerkens- und beachtenswert, sie reichen aber nicht an das mathematisch, physikalische Werk NEWTONS heran. In der Zeit NEWTONS kannte man bereits verschiedene Bereiche der Physik wie die Mechanik, die Akustik, die Optik etc. Aber kein Teilgebiet war dabei so bestimmend für das damalige physikalische Denken wie die Mechanik. Großzügig betrachtet hat die Mechanik die Physik repräsentiert. Genau diese Mechanik hat NEWTON jetzt ganz im Sinne GALILEIS als ein mathematisiertes Modell formuliert. Es sei hier an die NEWTONSCHE Axiome, die Grundlage der so genannten Klassischen Mechanik, erinnert. Mit dieser axiomatisch, mathematischen Formulierung der Mechanik beschreibt

NEWTON damit die Physik beziehungsweise die physikalischen Effekte wie man sie auf der Erde, so etwa auch in einem Labor, vorfindet, um dann die durch Experimente erhaltenen Messergebnisse einer theoretischen Bewertung unterziehen zu können. Nun hat NEWTON aber neben vielen anderen Leistungen auch das Gravitationsgesetz mathematisch formuliert. Neben den unmittelbaren Zusammenhängen, die die Kraft zwischen zwei sich in einem definierten Abstand zueinander befindlichen Massen beschreiben, hatte das Gravitationsgesetz für die damalige Weltanschauung beziehungsweise für das Verständnis des Universums eine noch weit darüber hinausgehende Bedeutung. Einerseits gibt es die Klassische Mechanik, die die Physik hier auf der Erde beschreibt. Andererseits gab es aber noch zu NEWTONS Zeit die Himmelsmechanik als separates Teilgebiet der Physik, dargestellt durch die KEPLER-Gesetze. Das waren eigentlich zwei getrennte Ebenen. Mit Hilfe des Gravitationsgesetzes ist es aber nun gelungen, die drei KEPLER-Gesetze aus den NEWTONSCHIEN Axiomen abzuleiten. Das heißt nicht weniger, als dass NEWTON faktisch den „Himmel auf die Erde“ gebracht hat und damit das *Universalitätsprinzip* dahingehend begründet, dass die Gesetze, die wir hier im Labor auf der Erde entdecken, im gesamten Universum gültig sind. Zumindest gilt das bezüglich ihrer mathematischen Form nach und dadurch kann überhaupt erst vernünftig Kosmologie betrieben werden.

## Naturwissenschaft – Atheismus

Die Klassische Mechanik, das ist die Dominante im naturwissenschaftlichen Weltbild des 18./19. Jahrhunderts. Warum? Wenn man den mathematischen Formalismus zur vollständigen Beschreibung des Verhaltens eines Teilchens (in einem Potentialfeld) betrachtet, dann genügt es, zu einem beliebigen Zeitpunkt seinen Ort und seinen Impuls, respektive seine Geschwindigkeit, zu kennen. Liegen diese Daten für einen einzigen Zeitpunkt vor, kann man den Zustand des Teilchens, das heißt seinen Ort und seine Geschwindigkeit, egal zu welchem Zeitpunkt, in der Zukunft oder der Vergangenheit, berechnen. Damit zeigt sich eine Kausalität, eine mechanische Kausalität, ein

strenger Determinismus. Diese rigide deterministische Sicht der Natur hat damals eine Nähe zwischen der Naturwissenschaft und dem Atheismus begründet wie sie niemals vorher, aber in dieser Schärfe auch niemals mehr später zu beobachten war. Denn die offensichtliche Konsequenz lautet: Gott kann ja, wenn die Natur sich so verhält, nicht eingreifen, denn dann würde er die deterministischen Naturgesetze verletzen. Und das kann wohl nicht sein.

Ein herausragender Vertreter der durch den Determinismus der klassischen Mechanik geprägten atheistischen Strömung ist Pierre Simon de LAPLACE (1749–1827), einer der führenden Naturwissenschaftler seiner Zeit. Er hat folgende Überlegung angestellt: Wenn die ganze Welt aus Teilchen besteht und für jedes Teilchen hinsichtlich seines individuellen Verhaltens der strenge Determinismus der klassischen Mechanik gilt, dann ist die ganze Welt in ihrer Entwicklung vollkommen determiniert. Man nennt diesen Gedankengang den LAPLACE-SCHEN Dämon. In diesem Zusammenhang ist hier folgende Anekdote sehr illustrativ. NAPOLEON BONAPARTE (1769–1821) war, wie hinlänglich bekannt, sehr interessiert an den Naturwissenschaften und ließ sich deren damaligen ‚State of the Art‘ von LAPLACE schildern. Berühmtheit hat dann NAPOLEONS aus nur zwei Worten bestehende Abschlussfrage erlangt: „Und Gott?“ LAPLACE antwortete: „Ich brauche diese Hypothese nicht mehr“.

Aber der LAPLACESCHE Dämon wird schon ziemlich bald ein wenig kränklich. Denn bereits innerhalb der Physik war bald erkennbar, dass eine analytische Lösung, das heißt im weitesten Sinn gesehen eine „hinschreibbare“ einzelne Gleichung, die das Verhalten eines Teilchens beschreibt, nur für ein Einteilchensystem möglich ist. Bei zwei miteinander (z.B. gravitativ) wechselwirkenden Teilchen kann man dann noch den Schwerpunkt beziehungsweise die Schwerpunktsbewegung abkoppeln, um so auch noch für ein Zweiteilchensystem eine analytische Lösung für jedes der Teilchen angeben zu können. Mit drei Teilchen kann dann keine analytische Lösung mehr für jedes Teilchen berechnet werden. Man kann selbstverständlich numerisch unter Zuhilfenahme von leistungsfähigen Computeranlagen die Zustände (Ort und Geschwindigkeit) von hunderttausenden von Teil-

chen Zeitschritt für Zeitschritt berechnen, aber das hat dann nichts mehr mit der Ästhetik, mit der Schönheit und Klarheit einer analytischen Lösung gemein!

Nicht nur die Physik selbst setzt dem LAPLACESCHEN Dämon zu. Charles DARWIN (1809–1892) hat im 19. Jahrhundert mit der Evolutionstheorie gezeigt, dass die Entwicklung der Arten aller Lebewesen von zwei Voraussetzungen getragen wird. Zum einen ist es die „Durchsetzung des Zweckmäßigeren“. Das stellt natürlich kein größeres Problem im Zusammenhang mit dem Dämon dar. Um hingegen die für die divergente Artentwicklung der Lebewesen notwendigen kleinen qualitativen Veränderungen in deren Erbgut verstehen zu können, benötigt man dann aber ebenso kleine „zufällige Mutationen“. Das heißt, die biologische Evolution scheint rein deterministisch gar nicht möglich zu sein. Und damit ist der LAPLACESCHE Dämon tot.

Anfang des 20. Jahrhunderts werden die Grundlagen der Quantenmechanik zur Beschreibung der Physik mikroskopischer Systeme entwickelt. Damit hält auch der „echte Zufall“ Einzug in die Beschreibung der unbelebten Natur, und zwar im Bereich der Elementarteilchen. Die Bezeichnung „echter Zufall“ soll auf den Unterschied zwischen dem in der Quantenmechanik jetzt relevanten Zufall und dem so genannten „Pseudozufall“ hinweisen. Ein „Pseudozufall“ liegt dann vor, wenn etwa eine Zufallszahl über einen Algorithmus eines Computerprogramms ermittelt wird oder die Beschreibung eines an sich deterministischen physikalischen Vorgangs einfach zu kompliziert wird. Ein Beispiel für Letzteres wäre etwa die statistische Mechanik von Vielteilchensystemen, zum Beispiel ein Gas. Die Beschreibung der Flugbahn eines einzelnen Gasteilchens erfolgt nach den streng deterministischen Gesetzen der Klassischen Mechanik, aber zur Charakterisierung des Kollektivs aller Gasteilchen werden statistische Methoden angewendet.

Wenn man jetzt auf der Ebene der Elementarteilchen Messungen durchführt, dann muss man in der Regel die HEISENBERGSCH

Unschärfebeziehung berücksichtigen, und die besagt in ihrer „Basisversion“, dass *Ort und Impuls prinzipiell nicht gleichzeitig beliebig genau gemessen* werden können. Allgemein gilt, dass es im mikroskopischen Bereich bestimmte *Paarungen* von Messgrößen gibt die grundsätzlich nicht gleichzeitig beliebig genau gemessen werden können. Werner HEISENBERGS (1901–1976) Unschärfebeziehung liefert jetzt einen interessanten Aspekt. In der *Klassischen Mechanik* ist es ja gerade der Ort und der Impuls, die gleichzeitig gemessen die *Kausalität bestimmen*. Das bedeutet also, im mikroskopischen Bereich gibt es keine klassische Kausalität mehr, es gibt nur mehr eine statistische Kausalität. Damit ist der LAPLACESCHE Dämon nun endgültig gestorben.

## **GALILEIS Erbe**

Nachdem die Entwicklung der Physik auf ihrem Weg durch die Geschichte bis zu den großen Theorien des 20. Jahrhunderts an Hand einiger ausgewählter, aber markanter Ereignisse aufgezeigt worden ist, werden nun im Sinne eines GALILEISCHEN Erbes einige Aspekte der heutigen Wissenschaftstheorie diskutiert.

Der Aufbau des wissenschaftstheoretischen Gebäudes soll mit der Erstellung einer Theorie beginnen, aber zuerst müssen dazu einmal Hypothesen aufgestellt werden.

Als Leitlinien können dafür folgende „Zutaten“ identifiziert werden:

- Das Schließen, ausgehend von etwa vorhandenen Messwerten oder scheinbar beobachteten Effekten auf Grundlage von Induktion, Analogie und gegebenenfalls einer Portion Intuition, auf eine vorläufige allgemeine Aussage zur gestellten Aufgabe. Oft ist also *kein logisch zwingender Weg* verfügbar.

- Die Aussagen müssen mathematisch formuliert werden, um die innere Widerspruchsfreiheit sicherzustellen.

- Das „Modell“ soll möglichst einfach sein und es kann dabei durchaus der Alltagserfahrung widersprechen! Hier kann zur Illustration auf GALILEIS Gesetz „alle Körper fallen gleich schnell“ verwiesen werden, wo der Alltag anschaulich vor Augen führt, dass eine Feder langsamer fällt als ein Stein. Aber GALILEIS Gesetz gilt eben nur, wenn

der Luftwiderstand nicht berücksichtigt wird, dessen Vernachlässigung aber aus dem Gebot der Vereinfachung und der damit einhergehenden Gewinnung von Übersicht resultiert.

Die Hypothesen müssen nun geprüft werden und das erfolgt über ein Experiment.

Das Experiment kann eine Hypothese oder eine bereits vorhandene Theorie bestätigen. Im ersten Fall wird dann aus der Hypothese eine Theorie, beziehungsweise wird im zweiten Fall die bestehende Theorie erneut bestätigt und gilt somit weiter als verlässlich. Damit erhält man jene „Sicherheit“ respektive Zuverlässigkeit eines Naturgesetzes, von der man in der alltäglichen deduktiven Handhabung desselben, zum Beispiel im technischen Bereich, ausgeht.

Es kann natürlich auch sein, dass die Theorie und das Experiment einander widersprechen. Ist man zuvor von einer Hypothese ausgegangen, dann kann man sie gleich verwerfen. Im Falle dass dem Experiment ein schon mindestens einmal erfolgreich bestätigtes Naturgesetz zu Grunde gelegen ist, also eine Theorie, gilt sie im Prinzip als falsifiziert. Aber die Physiker geben nicht so schnell auf, das heißt bevor man etwas in den Papierkorb wirft, wird noch versucht zu retten, was möglich ist. So wird man modifizieren, den Geltungsbereich einschränken, vielleicht eine Zusatzhypothese machen bzw. eine neue Theorie entwickeln, in der die alte Theorie als Grenzfall enthalten ist, etc.

Das Experiment ist also sehr wichtig. Was fordert man daher von einem Experiment?

- Reproduzierbarkeit,
- Quantifizierung und
- Analyse.

Die Reproduzierbarkeit ist dabei etwas ganz, ganz Wesentliches, doch dazu etwas später. Messergebnisse müssen quantifiziert werden, denn nur so ist ihre Vergleichbarkeit möglich und ferner wird dem GALILEI zugeschriebenen Leitspruch, „messen was messbar ist, messbar machen, was nicht messbar ist“ voll entsprochen, was wiederum zur Folge hat: Nur quantifizierbare Größen können in Modellen dargestellt und mit anderen Größen in Beziehung gesetzt werden. Quantifizierung bedeutet auch, Aussagen über die Genauigkeit der Messung

selbst vorzulegen, etwa durch die Angabe von Standardabweichungen bei Zahlenwertergebnissen oder Fehlerbalken in Diagrammen. Die Analyse wieder dient unter anderem der Darlegung der Bedingungen, unter denen das Experiment stattgefunden hat.

Nun soll das Zusammenspiel von der Reproduzierbarkeit und der Entdeckung eines fiktiven Effektes an einem hier einfach konstruierten Beispiel aufgezeigt werden. Angenommen eine Forschergruppe A untersucht den interessierenden Effekt und erhält, weil man ja Quantifizierung fordert, ein Ergebnis mit einem bestimmten Messfehler. Die Forschergruppe B erarbeitet ebenfalls ein Ergebnis mit Messfehler, das in der Regel aber nicht exakt gleich dem Ergebnis der Gruppe A ist. Da man ferner annehmen kann, dass die Durchführung eines solchen Experimentes sehr kostspielig ist, gibt es keine Gruppe C. Die Frage ist nun: Haben die beiden Gruppen jetzt tatsächlich unter Beachtung der Reproduzierbarkeit einen neuen Effekt entdeckt oder eben nicht? Aus der Analyse weiß man, dass die Rahmenbedingungen der beiden Gruppen nicht gleich gewesen sind. Man hat zum Beispiel unterschiedliche Messgeräte oder Messverfahren verwendet. Wer legt nun fest, ob eine Reproduzierbarkeit vorliegt? Eine Konferenz von Fachleuten wird einberufen. Damit ergibt sich ein Problem: Physiker sind auch nur Menschen. Das sollte eigentlich kein Problem sein, hat aber unter diesen Umständen gewisse Konsequenzen. Eine Erfahrung lehrt, wenn nämlich ein genügend renommierter Theoretiker etwas vorhersagt, dann wird es vorerst auch entdeckt, unabhängig davon, ob es dieses „Etwas“ tatsächlich gibt. Erst im weiteren Verlauf wird sich zeigen, ob das Phänomen dann als reproduzierbar eingeschätzt wird. Die oben erwähnte Physikerkonferenz tagt und dabei nehmen renommierte, ältere Universitätsprofessoren genauso teil wie jüngere Kollegen, die vielleicht zum ersten Mal einer solchen Veranstaltung beiwohnen. Wie könnte es zu einer Entscheidung, ob der angenommene fiktive Effekt als entdeckt gilt, kommen? Es ist schon denkbar, dass der ältere Universitätsprofessor sagt: „Ich glaube, dass die Reproduzierbarkeit vorliegt.“ Dann könnten vielleicht weniger kritische jüngere Kollegen sagen: „Wenn er es meint, wird es schon so sein.“ Damit wird die Reproduzierbarkeit im vorliegenden hypothetischen

Beispiel als gegeben angenommen und der fiktive Effekt ist offiziell entdeckt. Man darf hier nicht vergessen, dass die Teilnehmer an dieser Konferenz nicht nur die Physiker der beiden Gruppen A und B sind, sondern auch solche, die nicht die komplette Komplexität der Experimente in all ihren Problemen durchschauen können. Diese Physiker argumentieren mit ihrem Basiswissen und ihrer individuellen subjektiven Erfahrung. Was soll mit dem, zugegebenermaßen überspitzt gezeichnetem Beispiel, gesagt werden? Die Physik ist nicht objektiv. Das ist leider ein weit verbreiteter Irrtum in der Gesellschaft. Die Physik ist, man kann es nur so sagen, intersubjektiv.

Wenn die Reproduzierbarkeit und die Entdeckbarkeit durch die mit-schwingenden Einflüsse der menschlichen Protagonisten schon eine so kritische Angelegenheit sein können, wie ist es dann um die Zuverlässigkeit der Naturgesetze bestellt? In diesem Zusammenhang kann es im Umgang mit allgemeinen Aussagen hilfreich sein, im Anschluss an Herbert PIETSCHMANN (geb. 1936) mit dem „Dreifeld“ *richtig, wahr* und *zuverlässig* zu argumentieren. Aussagen sind

- *richtig, wenn sie grundsätzlich beweisbar sind.* Das wären etwa die Sätze der Mathematik. Man schließt von den mathematischen Axiomen streng deduktiv unter strikter Beachtung der Logik auf diese Sätze.
- *wahr, wenn sie grundsätzlich bezweifelbar sind.* Das wären zum Beispiel die Glaubenssätze. Dabei ist schon ein persönliches „Mitgehen“, ein Bekennen, ein Erleben, gefordert.
- *zuverlässig, wenn sie grundsätzlich falsifizierbar sind.* Das wären dann die Naturgesetze, von denen wir eigentlich nur ihre Zuverlässigkeit fordern können. Sie dürfen niemals so außer Streit stehen, wie es zu ARISTOTELES Zeiten die allgemeinen Sätze waren, sondern, wenn ein Experiment einen Widerspruch zur Theorie aufzeigt, dann muss im Extremfall das Naturgesetz als ungültig bezeichnet werden.

Zum Schluss soll noch auf ein gesellschaftliches Problem, das von der naturwissenschaftlichen Methodik ausgeht, hingewiesen werden,

nämlich das so genannte Reduktionismusproblem. Die Naturwissenschaft erfasst letztlich nur den reproduzierbaren Teil unserer Wirklichkeit, eben das, was auch quantifizierbar ist. Das geschieht ganz im Sinne GALILEIS: „Was messbar ist, messen“. Das verleitet aber jetzt die Gesellschaft zur Ansicht, dass die messbaren Dinge einfach mehr „wert“ sind als das nicht Messbare, das Einmalige. Letzteres wird als subjektiv oder Privatsache eingestuft. In weiterer Folge kann das in der Gesellschaft zu einer Sinnkrise beziehungsweise einem Sinnverlust führen. Die Naturwissenschaft kann aus sich heraus nie „Sinn“ geben, der Sinn muss aus dem „Nichtmessbaren“ der menschlichen Natur erwachsen.

Die vorliegenden Ausführungen sollen nun mit dem letzten, aber so wichtigen Satz aus dem „Tractatus logico-philosophicus“ Ludwig WITTGENSTEINS (1889–1951) ihren Abschluss finden. *„Wovon man nicht sprechen kann, darüber muss man schweigen.“* Der Philosophenzirkel „Wiener Kreis“ hat diesen Satz logisch positivistisch interpretiert, was soviel heißt wie: Man kann die Naturwissenschaft/Physik eben nur so weit treiben, als man Modelle entwickeln kann, als man mit Formeln gehen kann. Damit soll die Wirklichkeit bestimmt sein. Aber es gibt eben auch noch Dinge, worüber man nicht sprechen kann, worüber man schweigt, ja schweigen muss, weil es nichts gibt, um sie zu beschreiben. Sie sind aber auch Teil der Wirklichkeit und so sah es auch WITTGENSTEIN selbst.

## **Verwendete und empfohlene Literatur**

- H. PIETSCHMANN, „Phänomenologie der Naturwissenschaft“, Verlag Ibera/European University Press 2007
- L. WITTGENSTEIN, „Tractatus logico-philosophicus“, edition suhrkamp 2003
- M. LÜTZ, „Gott eine kleine Geschichte des Größten“, Pattloch Verlag 2007
- K. POPPER, „Objektive Erkenntnis, ein evolutionärer Entwurf“, Hoffmann & Campe Verlag, Hamburg 1973
- P. YOURGRAU, „Gödel, Einstein und die Folgen“, Verlag C.H. Beck 2005
- W. THIRRING, „Kosmische Impressionen“, Verlag Seifert Wien, 2008