

„Wesen der Wirklichkeit“ oder „Mathematikwahn“?

CLAUS PETER ORTLIEB

SPIEGEL: Herr Professor, wenn ihnen eine gut Fee verspräche, eine beliebige Frage über die Natur unserer Welt zu beantworten, was würden sie fragen?

Tegmark: Lassen Sie mich nachdenken. Hm, wahrscheinlich würde ich sie fragen: Welcher Satz von Formeln liefert eine exakte Beschreibung unserer Welt?

SPIEGEL: Und Sie sind überzeugt, dass es solche Weltformeln gibt?

Tegmark: Ich vermute es. Aber wenn die Fee mit dem Kopf schütteln und sagen würde: „Sorry, solche Formeln gibt es nicht“, dann wäre auch das sehr spannend zu wissen.

SPIEGEL vom 4.4.2015, S. 113

In diesem Aufsatz möchte ich die Position der bösen Fee einnehmen und begründen, warum Tegmarks Frage unsinnig ist, um nicht zu sagen: verrückt. Max Tegmark, Physiker am MIT, ist Autor eines gerade ins Deutsche übersetzten Buches (Tegmark 2015), in dem er die These vertritt, das „Wesen der Wirklichkeit“ sei mathematischer Art und das Universum reine Mathematik, eine mathematische Struktur, in der wir Menschen zwar leben, deren physikalische Realität aber völlig unabhängig von uns ist. Immerhin ist ihm zugute zu halten, dass er die Möglichkeit einräumt, die Frage nach der Weltformel lasse sich nicht beantworten. Es gibt noch härtere Dogmatiker, Leute, die sich für besonders aufgeklärt halten, religiöse Vorstellungen als „Gotteswahn“ (Richard Dawkins) abqualifizieren und ihrerseits dem Glauben anhängen, die Wirklichkeit folge mathematischen Gesetzen. Aber gerade wenn man weiß, dass die religiösen Formen dem menschlichen Kopf entsprungen sind – dieser Auffassung bin ich ebenfalls –, sollte es einem doch zu denken geben, dass das für die Mathematik genauso gilt. Sie so ohne Weiteres in der Welt zu verorten, als deren von uns unabhängige Eigenschaft, ließe sich daher analog als „Mathematikwahn“ bezeichnen.

Anders als die Mathematik ist die mathematische – und damit „exakte“ – Naturwissenschaft und der mit ihr verbundene Zugang zur Welt eine Erfindung der Neuzeit. Wenn man über die Ursachen und Folgen der Mathematisierung der modernen Gesellschaft nachdenkt, für die es in der Vormoderne nichts Vergleichbares gegeben hat, so sollte man daher diese Scharnierstelle zwischen Mathematik und Gesellschaft beachten. Über ihren ursprünglichen Gegenstandsbereich hinaus hat die mathematisch-naturwissenschaftliche Methode inzwischen als Methode der „mathematischen Modellierung“ in fast allen anderen Wissenschaftszweigen und in vielen nichtwissenschaftlichen Sektoren Fuß gefasst. Offenbar führt der Erfolg dieser Methode in Physik, Chemie und neuerdings Biologie sowie den mit diesen Naturwissenschaften verbundenen technischen Fächern zu ihrer unreflektierten Adaption auch in solchen Bereichen, in denen die Verwendung mathematischer Methoden doch zumindest auf Zweifel stoßen sollte, weil sie bestimmte Voraussetzungen der „exakten“ Wissenschaften nun einmal nicht erfüllen.

So heißt es etwa in den Vorbemerkungen zu einem Standardlehrbuch der Volkswirtschaftslehre:

„Die Volkswirtschaftslehre verbindet die Stärken von Politik- und Naturwissenschaft. ... Durch die Anwendung naturwissenschaftlicher Methoden auf politische Fragen sucht die Volkswirtschaftslehre bei den grundlegenden Herausforderungen voranzukommen, denen alle Gesellschaften gegenüberstehen.“

(Mankiw und Taylor (2012), S. VIII)

Hier wird umstandslos vorausgesetzt, dass sich naturwissenschaftliche Methoden auf politische Fragen anwenden lassen, auch wenn wahrlich nicht behauptet werden kann, derartige Versuche seien von Erfolg gekrönt (vgl. Ortlieb 2004), worin sie sich von ihren „exakten“ Vorbildern nun einmal unterscheiden. Aber auch dort, wo die Idee nicht besonders erfolgreich ist, die Verwendung mathematischer Verfahren zu einem Ausweis von „Wissenschaftlichkeit“ zu machen, trägt sie doch dazu bei, die Bedeutung der Mathematik für die moderne Gesellschaft noch weiter zu erhöhen, gewissermaßen über das gebotene Maß hinaus.

Die hier vertretene These lautet also, dass die Mathematik ihre Bedeutung in unserer Gesellschaft zum einen dem unbestreitbaren Erfolg der mathematischen Naturwissenschaften verdankt, zum anderen aber auch einem falschen Verständnis dieses Erfolges, wie es etwa in der Frage nach der Weltformel zum Ausdruck kommt, dem Glauben, die Wirklichkeit folge mathematischen Gesetzen. Ich möchte zunächst deutlich machen, warum dieser Glauben unbegründet ist, mich dann an Erklärungsversuche wagen, woher er kommt, und schließlich andeuten, welche schädlichen Folgen er hat.

Mathematik als positivistische Magie

Die Blindheit mathematisch-naturwissenschaftlichen Denkens für die eigene Form springt geradezu regelhaft immer dann ins Auge, wenn Naturwissenschaftler anfangen, über das Verhältnis der eigenen Wissenschaft und ihres mathematischen Instrumentariums zur wirklichen Welt öffentlich nachzudenken:

„Echte Wissenschaft hingegen bleibt wirkliche Magie. Es ist faszinierend zu sehen, wie viele physikalische Phänomene sich mit unheimlicher Genauigkeit an Theorien und Formeln halten, was nichts mit unseren Wünschen oder kreativen Impulsen, sondern mit der reinen Wirklichkeit zu tun hat. Es macht einen völlig sprachlos, wenn es sich herausstellt, daß Phänomene, die zunächst nur theoretisch begründet und mit Formeln errechnet worden sind, sich in der Folge als Realität erweisen. Warum sollte die Wirklichkeit so sein? Es ist reine Magie!“

Dewdney 1998, S. 30

Warum passt die Mathematik, die doch unseren eigenen Köpfen entspringt, so gut auf die Natur, die damit doch eigentlich gar nichts zu tun hat? Bei den im Rahmen positiver Wissenschaft praktisch Tätigen löst diese Frage, wie hier bei dem Mathematiker Dewdney¹, regelmäßig ehrfürchtiges Staunen aus, je nach Standort entweder über die Mathematik, die so Großes zu leisten vermöge, oder über die Natur, die so rational eingerichtet sei. Der einzige Ausweg aus dieser Aporie scheint in der Zuflucht zu magischen Vorstellungen zu bestehen. Wenn allerdings auch professionelle Wissenschaftstheoretiker über diesen Stand nicht hinauskommen, ziehen sie zu Recht den Spott auf sich:

„Carnap, einer der radikalsten Positivisten, hat es einmal als Glücksfall bezeichnet, daß die Gesetze der Logik und reinen Mathematik auf die Realität zutreffen. Ein Denken, das sein ganzes Pathos an seiner Aufgeklärtheit hat, zitiert an zentraler Stelle einen irrationalen – mythischen – Begriff wie den des Glücksfalls, nur um die freilich an der positivistischen Position rüttelnde Einsicht zu vermeiden, daß der vermeintliche Glücksumstand keiner ist, sondern Produkt des naturbeherrschenden ... Ideals von Objektivität. Die von Carnap aufatmend registrierte Rationalität der Wirklichkeit ist nichts als die Rückspiegelung subjektiver ratio.“

Adorno 1969, S. 30

Von Adornos Kritik sind alle dem Positivismus zugehörigen Vorstellungen erfasst, bei der mathematischen Gesetzmäßigkeit handele es sich um eine Eigenschaft der äußeren Wirklichkeit, und Wissenschaft bestehe schlicht und einfach darin, die Tatsachen und diese Gesetzmäßigkeit der Dinge selbst zu erfassen, so das positivistische Programm laut Comte 1844/1994, S.17.

Demgegenüber besteht Adorno auf der Feststellung – der ich hier folgen und die ich genauer ausführen werde –, dass die Mathematik und ihre Gesetze keine Eigenschaft der äußeren Natur, sondern Bestandteil unseres Erkenntnisinstrumentariums sind. Um es an einem Bild deutlich zu machen: Wenn ich die Welt durch eine rosa Brille betrachte, so erscheint mir die Welt als rosa. Aber

¹ Alexander K. Dewdney ist ein kanadischer Mathematiker und war von 1984 bis 1991 verantwortlich für die Kolumne „Mathematical Recreations“ im „Scientific American“.

das ist offenbar keine Eigenschaft der Welt, sondern eine der Brille. Man könnte hinzufügen, dass die Welt rosa Komponenten haben muss, damit man durch die rosa Brille überhaupt etwas sehen kann. Aber niemand würde behaupten, dass die Welt lediglich aus diesen Komponenten besteht, nur weil alle anderen von der Brille ausgeblendet werden. Für die mathematische Brille, durch die die neuzeitliche Wissenschaft die Welt betrachtet, gilt das entsprechend.

Ein Beispiel: Galileis Fallgesetze

Die Gesetze des freien Falls schwerer Körper stehen am Beginn der neuzeitlichen Physik. Sie besagen:

G1 Alle Körper fallen gleich schnell.

G2 Bei einem Fall aus der Ruhelage verhalten sich die zurückgelegten Wege wie die Quadrate der Zeiten.

Mit diesen Gesetzen geriet Galileo Galilei (1564 - 1642) in Widerspruch zu der in seiner Zeit vorherrschenden aristotelischen Wissenschaft, deren Lehre besagte:

Ar Jeder Körper hat das Bestreben, den ihm zukommenden Platz einzunehmen. Leichte Körper bewegen sich nach oben, schwere fallen nach unten. Je schwerer der Körper, desto schneller fällt er.

Tatsächlich handelt es sich hier um einen der seltenen Fälle, in denen sich die neuzeitliche Physik direkt mit mittelalterlichen Vorstellungen konfrontieren lässt, denn in der Regel behandelt sie Fragen, die sich Menschen in anderen oder früheren Gesellschaften gar nicht stellten. Umso interessanter ist, wie sich Galileis Fallgesetze durchsetzten.

Ein fester Bestandteil des Bildes, das die Moderne im Allgemeinen und die westliche Wissenschaft im Besonderen von sich selber hat, ist die Vorstellung, sie orientiere sich an Tatsachen, während vergangene Kulturen doch eher ihren Mythen und anderen Hirngespinnsten gefolgt und daher folgerichtig und völlig zu Recht inzwischen vergangen seien. Als ein Paradigma dafür dient bis heute Galileis Auseinandersetzung mit der Autorität der aristotelischen Wissenschaft und der katholischen Kirche, obwohl doch die auf Galilei und Newton zurückgehende Mechanik ihren allgemeinen Geltungsanspruch schon längst hat aufgeben müssen. Noch Bertolt Brechts um 1945 entstandenes Theaterstück „Leben des Galilei“ lebt von dem aufklärerischen Pathos dieses Kampfes des die Tatsachen aufdeckenden „kalten Auges der Wissenschaft“ gegen den „tausendjährigen Perlmutterdunst von Aberglauben und alten Wörtern“, durch den allein die Herrschaft „selbstüchtiger Machthaber“ weiterhin aufrecht erhalten werden kann. Die vor dem Hintergrund des Abwurfs der ersten Atombombe unumgängliche Kritik Brechts wird denn auch ausschließlich auf der moralischen Ebene vorgetragen, dass nämlich Galilei sich habe einschüchtern lassen und sein Wissen den Machthabern überliefert habe, „es zu gebrauchen, es nicht zu gebrauchen, es zu mißbrauchen, ganz, wie es ihren Zwecken diene“. Jeder brave Naturwissenschaftler kann dem zu Recht entgegenhalten, dass Galileis Lehre trotz seines Widerrufs schließlich zum Allgemeingut geworden, die Wahrheit eben nicht aufzuhalten sei, auch wenn das der Menschheit wenig genützt zu haben scheint.

Die mit den Namen Galileis und Newtons verbundene und heute als „klassisch“ bezeichnete Mechanik spielte von Beginn der Neuzeit bis ins 19. Jahrhundert hinein die Rolle einer Leitwissenschaft. In gewisser Hinsicht ist sie es noch heute, auch wenn ihre Ergebnisse durch die „moderne“ Physik des 20. Jahrhunderts ihren universellen Anspruch verloren haben. Denn die an ihr entwickelte und mit durchschlagendem Erfolg angewandte mathematisch-naturwissenschaftliche Methode hat im letzten Jahrhundert an Bedeutung weiter gewonnen und eine Vorbildfunktion für die westliche Wissenschaft aller Fakultäten eingenommen, zumindest ihrer jeweiligen Mainstreams, so dass selbst noch die Kritiker ihrer Übertragung etwa in die Sozialwissenschaften sich mit ihr auseinandersetzen müssen. So richtig deren Argument ist, dass eine Methode sich an ihren Gegenstand anzupassen habe und „Gesellschaft“ eben nicht dasselbe sei wie „Natur“, so sehr leiden derartige Diskussionen oft darunter, dass der positivistische Empirismus, also die „Tatsachen-Fraktion“, die Interpretations-Hegemonie darüber gewonnen hat, was diese Methode eigentlich leiste und welcher Art die mit ihr zu erzielenden Ergebnisse sei-

en. Die Behauptung, es handle sich dabei um objektive, für jedermann überprüfbare Tatsachen, wird gar nicht mehr in Frage gestellt.

Der Mythos von Pisa

Ein Beispiel für dieses Phänomen ist die folgende Geschichte, die die Wissenschaftsgeschichtsschreibung über fast drei Jahrhunderte hinweg als gesichertes Wissen anzubieten hatte. Sie betrifft den freien Fall schwerer Körper, den ersten Teil des galileischen Fallgesetzes, und figurierte als der „Schlag, von dem sich die aristotelische Wissenschaft nie wieder erholte“:

„An dieser Stelle müssen wir auf die berühmten Experimente zum Fall der Körper zu sprechen kommen, sind diese doch aufs engste verknüpft mit dem schiefen Turm von Pisa, einem der kuriosesten Baudenkmäler Italiens. Beinahe zweitausend Jahre zuvor hatte Aristoteles behauptet, daß im Falle zweier verschiedener Gewichte gleichen Materials, die aus gleicher Höhe fielen, das schwerere den Erdboden vor dem leichteren erreiche, und dies gemäß dem Verhältnis ihrer jeweiligen Schwere. Das Experiment ist gewiß nicht schwierig; nichtsdestoweniger war niemand auf die Idee gekommen, einen derartigen Beweis zu führen, weshalb diese Behauptung kraft des Machtwortes des Aristoteles unter die Axiome der Wissenschaft von der Bewegung aufgenommen worden war. Galilei forderte nun unter Berufung auf die Sinneswahrnehmung die Autorität des Aristoteles heraus und behauptete, daß die Kugeln in gleicher Zeit fielen, abgesehen von einer unbedeutenden, auf dem unterschiedlichen Luftwiderstand beruhenden Differenz. Die Aristoteliker verspotteten diese Idee und verweigerten ihr das Gehör. Galilei aber ließ sich nicht einschüchtern und beschloß, seine Gegner dazu zu zwingen, gleich ihm der Tatsache ins Auge zu sehen. Daher bestieg er eines Morgens vor der versammelten Universität - Professoren und Studenten - den schiefen Turm, zwei Kugeln mit sich führend, eine zehn- und eine einpfündige. Er legte sie auf den Rand des Turms und ließ sie zugleich fallen. Und sie fielen gemeinsam und schlugen gemeinsam am Boden auf.“

J.J. Fahie. Galilei, His Life and Work, London 1903, S. 24 f., zitiert nach Koyré 1998, S. 124

Es ist wohl das Verdienst Alexandre Koyrés², fast 300 Jahre nach dem Tod Galileis der Geschichte von seinen Versuchen zum freien Fall am schiefen Turm von Pisa endgültig den Garaus gemacht zu haben, sodass heute kein Wissenschaftshistoriker, der ernst genommen werden will, sie noch erzählen kann. An der Geschichte ist eigentlich nur wahr, dass Galilei um das Jahr 1590 herum eine schlecht bezahlte und auf drei Jahre befristete Stelle als Professor für Mathematik an der Universität Pisa innehatte. Die Legende kam 60 Jahre nach dem beschriebenen Vorfall erstmals auf und wurde von späteren Wissenschaftshistorikern immer weiter ausgeschmückt. Was einem ohne weitere historische Kenntnis auffällt, ist ihre Inkonsistenz: Was hätte die aristotelischen Professoren, denen hier ihr Dogmatismus vorgehalten wird, wohl dazu veranlassen sollen, zusammen zu laufen, wenn einer ihrer unbedeutendsten Kollegen ein irrsinniges Experiment veranstaltet? Die Geschichte widerspricht allen Gebräuchen an Universitäten dieser Zeit und wohl auch noch heutiger Universitäten. Sie wurde von Galilei selbst nie erwähnt,³ und schließlich: Die Experimente wären schief gegangen, bzw. sie wurden gemacht (1640, 1645, 1650), mit großen und kleinen Eisenkugeln, mit gleich großen Tonkugeln, eine massiv, die andere hohl, mit Kugeln aus verschiedenen Materialien, und sie sind (im Sinne der Legende) allesamt schief gegangen.⁴

Das eigentlich spannende an diesem modernen Märchen ist, dass es 300 Jahre lang zum allgemeinen Bildungsgut gehörte, gewissermaßen zum gesicherten Bestand unseres naturwissenschaftlichen Wissens. Wie alle Märchen transportiert auch dieses eine Botschaft, nämlich die von der neuzeitlichen Rationalität, die unvoreingenommen die Tatsachen sprechen lasse, während das finstere Mittelalter sich nur auf Autoritäten berufe und Lehrbuchwissen tradiere. Der spät geführte Nachweis, dass es sich hier-

² Galiléé et l'expérience de Pise: À propos d'une légende, Annales de l'Université de Paris 1937, Koyré 1998, S. 123 – 134.

³ In einem Traktat Galileis aus demselben Jahr 1590 findet sich sogar der gegenteilige Hinweis: Wenn man Kugeln aus Holz und Blei von einem hohen Turm fallen lässt, bewegt sich das Blei weit voraus, s. Fölsing 1996, S. 85.

⁴ s. Koyré 1998, 129 – 132.

bei um einen Mythos handelt, den Mythos des Empirismus, ändert nichts an dessen Wirksamkeit. 350 Jahre nach Galilei ist dieses Weltbild so selbstverständlich geworden, dass es keiner Begründung mehr bedarf. Und wie ein Blick in ein Standardlehrbuch der Experimentalphysik zeigt, ist auch das mit ihm verbundene Märchen zu schön, um einfach weggelassen zu werden, nur weil es ein Märchen ist:

„Zunächst sei untersucht, ob die Fallbewegung von der Art des fallenden Körpers, z. B. von seiner Größe oder seinem Gewicht abhängig ist. Wir machen folgende Versuche: Zwei gleichgroße Kugeln aus Aluminium und Blei, die also sehr verschiedenes Gewicht haben, lassen wir gleichzeitig aus derselben Höhe zu Boden fallen. Wir stellen fest, daß sie zu gleicher Zeit zu Boden aufschlagen, wie bereits Galilei (1590) durch Fallversuche am schiefen Turm von Pisa festgestellt hat. Nehmen wir drei gleiche Kugeln aus demselben Stoff, so kommen diese natürlich zur gleichen Zeit am Boden an. Verbinden wir nun zwei dieser Kugeln fest miteinander (etwa durch einen hindurchgehenden Stift), und lassen wir diese Doppelkugel mit der dritten Einzelkugel gleichzeitig fallen, so schlagen auch diese Körper von verschiedener Größe und verschiedenem Gewicht gleichzeitig am Boden auf. Der hieraus zu ziehenden Folgerung, daß alle Körper, unabhängig von Gestalt, Art und Gewicht, gleich schnell fallen, scheint aber folgender Versuch zu widersprechen: Lassen wir eine Münze und ein gleich großes Stück Papier fallen, so beobachten wir, daß die Münze wesentlich früher unten ankommt, als das zur gleichen Zeit aus derselben Höhe fallende Papierstückchen; letzteres flattert in unregelmäßiger Bewegung zu Boden und benötigt zum Durchfallen eine größere Zeit. Der Gegensatz ist indessen nur scheinbar. Bei diesem letzten Versuch macht sich nämlich der Widerstand der Luft störend bemerkbar. Die beim Fall an dem Körper vorbeiströmende Luft hemmt die Fallbewegung, und zwar umso stärker, je größer die Angriffsfläche der Luft an dem betreffenden Körper ist. Ballen wir das Papierstück zu einer kleinen Kugel zusammen, so fällt es ebenso rasch wie die Münze. Der störende Einfluß des Luftwiderstandes auf den freien Fall läßt sich noch durch einen von Newton angegebenen Versuch anschaulich zeigen. Ein etwa 2 m langes, mehrere Zentimeter weites Glasrohr, das an beiden Enden zugeschmolzen ist, enthält eine Bleikugel, ein Stück Kork und eine Flaumfeder. Befinden sich die drei Körper am Boden der Röhre und dreht man diese rasch um 180°, so beobachtet man, wie zuerst die Bleikugel, dann das Korkstück und schließlich die Flaumfeder unten ankommen. Pumpt man aber die Luft aus der Röhre und wiederholt man den Versuch, so erkennt man, daß nunmehr die drei Körper im gleichen Augenblick auf dem Boden des Rohres aufschlagen. Wir dürfen also das Erfahrungsgesetz aussprechen: **Im luftleeren Raum fallen alle Körper gleich schnell.**“

Bergmann-Schaefer 1974, S. 40

Wieso eigentlich nur im luftleeren Raum, in Pisa hat es doch schließlich auch funktioniert? Die Schlussfolgerung bleibt ebenso undurchsichtig wie die Begründung. Der Grund liegt darin, dass hier Aussagen mit völlig verschiedenem methodischen Status wild durcheinandergeworfen werden:

- Der Text enthält falsche und richtige Behauptungen über alltägliche Beobachtungen, wobei die richtigen gerade diejenigen sind, die zum galileischen Fallgesetz in Widerspruch stehen. Sie werden unter Hinweis auf den „störenden“ Luftwiderstand einfach weginterpretiert.
- Es wird ein Gedankenexperiment durchgeführt (Kugel und Doppelkugel), aus welchem das Fallgesetz logisch zwingend, aber ohne Rückgriff auf irgendeine Beobachtung sich ergibt.
- Es wird schließlich ein Experiment beschrieben, das durchzuführen einen hohen technischen Aufwand erfordert (Leerpumpen der Röhre). Erst in der so hergestellten künstlichen Situation lässt sich das behauptete Gesetz auch beobachten.

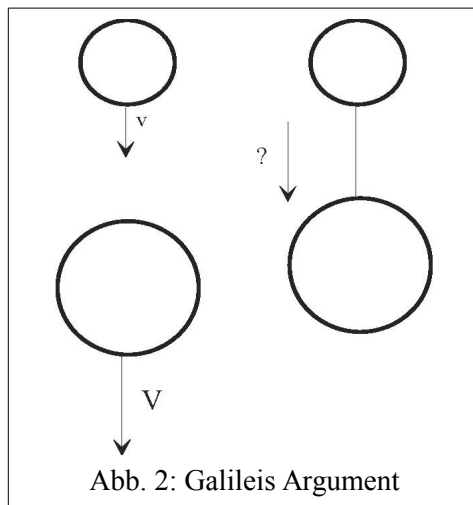
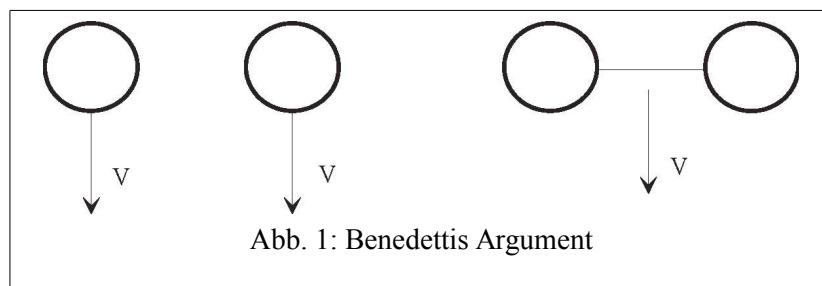
Das Ganze dann als „Erfahrungsgesetz“ zu bezeichnen, ist schon stark und setzt in der Tat die Verwirrung voraus, die zuvor erst gestiftet werden musste. Von dieser Verwirrung lebt der Empirismus.

Der Text ist ein Beispiel dafür, wie wenig die meisten Naturwissenschaftler von der Geschichte und Methode der Wissenschaft wissen, die sie selbst betreiben. Das war keineswegs immer so, sondern was sich hier konstatieren lässt, hat vielmehr den Charakter einer Verfallserscheinung. Galilei selbst jedenfalls war sich seines Vorgehens, anders als die meisten seiner Epigonen, durchaus bewusst. Es lohnt daher, zu den Quellen zurückzugehen.

Was brachte das galileische Fallgesetz in die Welt, wenn es denn die Erfahrung nicht sein konnte, weder die unmittelbare Beobachtung, denn die lehrt etwas anderes, noch ein Experiment im luftleeren Raum, das Galilei schon deswegen nicht durchführen konnte, weil ihm dazu die technischen Mittel fehlten? Die schlichte Antwort ist: Das Fallgesetz ergibt sich aus einem logischen Argument, einem mathematischen Beweis oder, wie man heute sagen würde, einem Gedankenexperiment. Das Argument war schon 1585 von dem Mathematiker Benedetti in Venedig veröffentlicht worden und ist auch in dem oben zitierten Text aus dem Physiklehrbuch enthalten, wenn auch dort seines methodischen Stellenwerts völlig beraubt.

Beweis des Ersten Fallgesetzes

Benedetti argumentierte: Zwei gleiche Körper fallen gleich schnell, das jedenfalls scheint unbestritten. Verbindet man sie nun durch einen leichten (im Idealfall masselosen) Stab, so ändert sich an ihrer Geschwindigkeit nichts, die dann aber einem Körper doppelter Masse zukommt (vgl. Abb. 1). Genauso lässt sich mit drei, sieben oder auch hunderttausend Körpern argumentieren, in jedem Fall ergibt sich dieselbe Geschwindigkeit für Körper beliebig verschiedener Masse.



Galilei (1638/1995, S. 57/58) machte daraus einen Widerspruchsbeweis: Wäre das aristotelische Fallgesetz **Ar** richtig, so müsste ein schwererer Körper einem leichteren vorausziehen. Verbindet man nun beide mit einer Schnur, so müsste der schwerere Körper den leichteren hinter sich herziehen, der leichtere den schwereren aber abbremsen (vgl. Abb. 2). Es ergäbe sich eine kleinere Geschwindigkeit als die des ursprünglichen schwereren Körpers, allerdings für einen insgesamt noch schwereren, ein Widerspruch also.

Beide Beweise des Ersten Fallgesetzes **G1** abstrahieren von der Gestalt der Körper, beziehen sich also nur auf ihre Masse.⁵ Gezeigt wurde also: Hängt die Fallgeschwindigkeit von der Gestalt der Körper, ihrer Massenverteilung, nicht ab, so müssen alle Körper gleich schnell fallen. Dieses Ergebnis steht nun aber in offensichtlichem Widerspruch zur Empirie,

die Körper fallen schließlich nicht gleich schnell. Würden nun Logik und Empirie gleichermaßen berücksichtigt, so wäre daraus der Schluss zu ziehen, dass von der Gestalt der Körper eben nicht abstrahiert werden darf. Diesen Schluss zieht Galilei nun aber gerade nicht, und genau hier liegt das revolutionär Neuartige seiner Naturbetrachtung: Er entscheidet sich für die Logik und Mathematik und gegen die unmittelbare Empirie und damit für eine Naturauffassung, die Antike oder Mittelalter nur als verrückt hätten ansehen können.

⁵ Eine weitere implizite Voraussetzung ist die Annahme, dass die masselose Verbindung der jeweiligen beiden Körper an den Geschwindigkeiten nichts ändert. Das ist das Prinzip „Die Natur macht keine Sprünge“ oder, äquivalent: „träge Masse = schwere Masse“.

Die mathematisch-naturwissenschaftliche Methode

Die Verbindung der so gewonnenen Naturgesetze zur Empirie liegt im *Experiment*, der zweiten großen Neuerung der neuzeitlichen Naturwissenschaft, deren Differenz zur einfachen Beobachtung gar nicht genug herausgehoben werden kann. Ein Experiment ist die *Herstellung* einer Situation, in der die Bedingung des abgeleiteten Gesetzes erfüllt ist, hier also: von der Gestalt der Körper abstrahiert werden kann, also z. B. von Vakuum, wozu Galilei noch gar nicht in der Lage war.

Insofern lässt sich sagen, dass mathematische Naturgesetze nicht auf Beobachtung beruhen, sondern *produziert* werden. Genauer gesagt: Es handelt sich bei ihnen um Handlungsanleitungen zur Herstellung von Situationen (im Experiment), in denen sie gelten. Hier liegt denn auch der Bezug zur naturbeherrschenden Technik der Neuzeit.

Die so konstituierte mathematisch-naturwissenschaftliche Methode beruht auf der *Grundannahme*, es gebe *universell gültige*, von Ort und Zeit unabhängige *Naturgesetze*, die sich mathematisch beschreiben lassen (der Begriff der Messung wäre sonst sinnlos). Vorausgesetzt wird dazu eine linear fließende, kontinuierliche Zeit und ein homogener, also nicht in verschiedene Sphären unterteilter Raum.

Der Einwand, die universelle Gesetzesförmigkeit der Natur sei doch durch die moderne Naturwissenschaft längst nachgewiesen, geht an der Sache vorbei: Denn fehlende Gesetzesförmigkeit in irgendwelchen Bereichen würden ja nie der Natur zur Last gelegt, sondern damit begründet werden, dass die Wissenschaft halt noch nicht so weit sei, sie zu erkennen.

Das Vorgehen besteht dann zunächst in der Formulierung von *Idealbedingungen*, aus denen im Gedankenexperiment auf letztlich *mathematischem* Wege Schlussfolgerungen gezogen werden. Das anschließende Experiment besteht dann in der *Herstellung* dieser Idealbedingungen und der Überprüfung der Schlussfolgerungen durch *Messungen*. Dabei ist darauf zu achten, dass der Messvorgang, also der körperliche Einsatz des Experimentators, den idealen Ablauf nicht stört. Experimente müssen *wiederholbar* sein, auch darin unterscheiden sie sich von bloßen Beobachtungen.⁶

Es kann also keine Rede davon sein, dass die neuzeitliche Wissenschaft sich im Gegensatz zum Mittelalter an „den Tatsachen“ orientiert, eher ist das Gegenteil der Fall. Koyré macht das am Beispiel des Trägheitsprinzips, das als (mathematisches) Prinzip keine unmittelbare Entsprechung in der Empirie hat und gleichwohl die neuzeitliche Physik begründete, sehr deutlich:

„Dieses Prinzip erscheint uns völlig klar, plausibel, ja es liegt auf der Hand. Es scheint uns offensichtlich, dass ein in Ruhe befindlicher Körper auch darin verharren wird ... Und gerät er umgekehrt einmal in Bewegung, so wird er fortfahren, sich zu bewegen, in ursprünglicher Richtung. Und mit immer gleicher Geschwindigkeit. Wir sehen auch wirklich nicht ein, aus welchem Grunde oder welcher Ursache es sich anders zutragen sollte. Das erscheint uns nicht bloß als plausibel, es erscheint uns ganz natürlich. Doch es ist nichts weniger als das. Die natürliche, handgreifliche Evidenz, die diese Auffassungen genießen, ist nämlich vergleichsweise jungen Datums. Wir verdanken sie Galilei und Descartes. In der griechischen Antike ebenso wie im Mittelalter wären die gleichen Auffassungen als ‚offenkundig‘ falsch, ja absurd eingestuft worden.“

Koyré 1998, S. 72

Es bleibt die Frage zu klären, warum diese Verkennung des tatsächlichen mathematisch-naturwissenschaftlichen Vorgehens so verbreitet ist. Koyré erklärt das durch Gewöhnung:

„Wir kennen die grundlegenden Auffassungen und Prinzipien zu gut, oder richtiger, wir sind zu sehr an sie gewöhnt, um die Hürden, die es zu ihrer Formulierung zu überwinden galt, richtig

⁶ Auch das hier nicht genauer dargestellte Fallgesetz G2 wird in den Discorsi nach diesem Schema eingeführt: Es wird als ein mathematischer Satz bewiesen (Galilei 1638/1995, S. 159), der besagt, dass ein gleichförmig beschleunigter Körper dem Gesetz G2 genügt. Auf die gleichförmige Beschleunigung kommt Galilei ihrer Einfachheit wegen, ein anderes Argument gibt es nicht. Erst danach folgen die Experimente (Galilei 1638/1995, S. 162). Ob Galilei sie tatsächlich durchgeführt oder nur beschrieben hat, ist strittig (vgl. Koyré 1998, S. 129).

abschätzen zu können. Galileis Begriff der Bewegung (und auch der des Raumes) erscheint uns so ‚natürlich‘, daß wir vermeinen, ihn selbst aus Erfahrung und Beobachtung abgeleitet zu haben. Wenngleich wohl noch keinem von uns ein gleichförmig verharrender oder sich bewegender Körper je untergekommen ist – und dies schlicht deshalb, weil so etwas ganz und gar unmöglich ist. Ebenso geläufig ist uns die Anwendung der Mathematik auf das Studium der Natur, so daß wir kaum die Kühnheit dessen erfassen, der da behauptet: ‚Das Buch der Natur ist in geometrischen Zeichen geschrieben.‘ Uns entgeht die Waghalsigkeit Galileis, mit der er beschließt, die Mechanik als Zweig der Mathematik zu behandeln, also die wirkliche Welt der täglichen Erfahrung durch eine bloß vorgestellte Wirklichkeit der Geometrie zu ersetzen und das Wirkliche aus dem Unmöglichen zu erklären.“

Koyré 1998, S. 73

Die Erklärung bleibt unbefriedigend: Dass wir ein „offenkundig absurdes“ Vorgehen für völlig „natürlich“ halten, springt zwar ins Auge. Warum wir es tun, bleibt hier aber letztlich ungeklärt.

Revolution der Denkart

Immanuel Kant, selbst zehn Jahre lang naturwissenschaftlich tätig, fasst die mathematisch-naturwissenschaftliche Methode in der Vorrede zur 2. Auflage seiner *Kritik der reinen Vernunft* 1787 in der ihm eigentümlichen Sprache zusammen:

„Als Galilei seine Kugeln die schiefe Fläche mit einer von ihm selbst gewählten Schwere herabrollen, oder Torricelli die Luft ein Gewicht, was er sich zum voraus dem einer ihm bekannten Wassersäule gleich gedacht hatte, tragen ließ, oder in noch späterer Zeit Stahl Metalle in Kalk und diesen wiederum in Metall verwandelte, indem er ihnen etwas entzog und wiedergab; so ging allen Naturforschern ein Licht auf. Sie begriffen, daß die Vernunft nur das einsieht, was sie selbst nach ihrem Entwurfe hervorbringt, daß sie mit Prinzipien ihrer Urteile nach beständigen Gesetzen vorangehen und die Natur nötigen müsse auf ihre Fragen zu antworten, nicht aber sich von ihr allein gleichsam am Leitbände gängeln lassen müsse; denn sonst hängen zufällige, nach keinem vorher entworfenen Plane gemachte Beobachtungen gar nicht in einem notwendigen Gesetze zusammen, welches doch die Vernunft sucht und bedarf. Die Vernunft muß mit ihren Prinzipien, nach denen allein übereinkommende Erscheinungen für Gesetze gelten können, in einer Hand, und mit dem Experiment, das sie nach jenen ausdachte, in der anderen, an die Natur gehen, zwar um von ihr belehrt zu werden, aber nicht in der Qualität eines Schülers, der sich alles vorsagen läßt, was der Lehrer will, sondern eines bestellten Richters, der die Zeugen nötigt, auf die Fragen zu antworten, die er ihnen vorlegt. Und so hat sogar Physik die so vorteilhafte Revolution ihrer Denkart lediglich dem Einfalle zu verdanken, demjenigen, was die Vernunft selbst in die Natur hineinlegt, gemäß, dasjenige in ihr zu suchen (nicht ihr anzudichten), was sie von dieser lernen muß, und wovon sie für sich selbst nichts wissen würde. 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 1787/1990, S. B XIII

Zum einen wird hier deutlich, welche wichtige Rolle Kant den „Prinzipien der Vernunft“ zuschreibt, die sich nicht aus der Empirie ableiten lassen (das Kantsche Apriori). Er löst damit das Problem, das den modernen Positivismus immer noch umtreibt, wie nämlich objektive Erkenntnis möglich ist.

Zum anderen schlägt bei Kant ein typischer Widerspruch des Aufklärungsdenkens durch, das „die Vernunft“ für eine allgemein-menschliche Eigenschaft oder Fähigkeit hält, diese aber gleichwohl ausschließlich für sich selbst reklamiert und sie anderen oder früheren Kulturen abspricht. Streift man dieses Vorurteil ab, so lässt sich festhalten, dass in der Tat die mathematisch-naturwissenschaftliche Methode sich gegen das mittelalterliche Denken erst durchsetzen musste und die Rede von der „Revolution der Denkart“ somit die Sache trifft, dass diese Revolution aber einer Vernunft zum Durchbruch verhalf, die der bürgerlichen Epoche spezifisch ist, gegen die Vernunft des Mittelalters, die ganz anders, aber deswegen nicht schlechthin unvernünftig war.

Auch der Begriff der „objektiven Erkenntnis“ erhält damit eine andere Bedeutung als die in unserem Sprachgebrauch übliche einer ahistorischen, von der Gesellschaftsform unabhängigen und für alle Menschen gleichermaßen gültigen, weshalb denn auch Greiff 1976 von der „objektiven Erkenntnisform“ spricht. Ein Vertreter einer anderen oder früheren Kultur, der die Grundannahmen der

mathematisch-naturwissenschaftlichen Methode, die Prinzipien der bürgerlichen Vernunft nicht anerkennt, würde auch von der Wahrheit naturwissenschaftlicher Erkenntnis nicht zu überzeugen sein. Der einzige Bestandteil der Naturwissenschaft, den man ihm glaubhaft vorführen könnte, ist das Experiment: Wenn ich diese bis ins kleinste Detail festgelegte (dem anderen vermutlich rituell bis skurril anmutende) Handlung A ausführe, so stellt sich regelmäßig der Effekt B ein. Aber daraus folgt nichts weiter, solange mein Gegenüber meine Grundannahme der universellen Naturgesetze, die im Experiment angeblich zum Ausdruck kommen, nicht teilt, sondern das Naturgeschehen für willkürlich und regellos hält.

Fetischismus

Ein Fetisch ist ein Ding, in das übersinnliche Eigenschaften projiziert werden und das damit über die ihm Verfallenen Macht auszuüben vermag. Über solcherart Fetischismus, wie er zu Beginn des Kolonialismus vor allem an westafrikanischen Religionen festgemacht wurde, weiß die Aufklärung sich erhaben. Marx sah das bekanntlich anders:

„Das Geheimnisvolle der Warenform besteht also einfach darin, daß sie den Menschen die gesellschaftlichen Charaktere ihrer eignen Arbeit als gegenständliche Charaktere der Arbeitsprodukte selbst, als gesellschaftliche Natureigenschaften dieser Dinge zurückspiegelt, daher auch das gesellschaftliche Verhältnis der Produzenten zur Gesamtarbeit als ein außer ihnen existierendes gesellschaftliches Verhältnis von Gegenständen. ... Es ist nur das bestimmte gesellschaftliche Verhältnis der Menschen selbst, welches hier für sie die phantasmagorische Form eines Verhältnisses von Dingen annimmt. Um daher eine Analogie zu finden, müssen wir in die Nebelregion der religiösen Welt flüchten. Hier scheinen die Produkte des menschlichen Kopfes mit eigenem Leben begabte, untereinander und mit den Menschen in Verhältnis stehende selbständige Gestalten. So in der Warenwelt die Produkte der menschlichen Hand. Dies nenne ich den Fetischismus, der den Arbeitsprodukten anklebt, sobald sie als Waren produziert werden, und der daher von der Warenproduktion unzertrennlich ist.“

Marx 1867/1984, S. 86/87

Die Analogie zur positivistischen Vorstellung von mathematisch-naturwissenschaftlicher Erkenntnis springt ins Auge. Sie ist der Versuch, Produkte des menschlichen Kopfes, hier also Zahlen und andere mathematische Formen, an die Wirklichkeit anzulegen und diese nach ihrem Bilde zu gestalten oder jedenfalls durch sie hindurch wahrzunehmen. Und das Ende dieser Geschichte besteht in dem Glauben, die Wirklichkeit bzw. die „Natur“ selber sei gesetzesförmig und der Erfolg der Naturwissenschaft der schlagende Beweis dafür.

Doch es handelt sich nicht um eine bloße Analogie, nicht um die zufällige Parallelität zweier voneinander unabhängiger Fetischismen. Seit der späten Veröffentlichung des Ansatzes von Sohn-Rethel 1970 hat es immer wieder Versuche gegeben, die von der Aufklärung ausgeblendete und vom Positivismus schließlich tabuisierte Frage anzugehen, also den Zusammenhang von „Warenform und Denkform“, „Gesellschaftsform und Erkenntnisform“, „Geld und Geist“ auszuleuchten, so etwa von Greiff 1976, Müller 1977, Bolay/Trieb (1988, Ortlieb 1998). Die Angelegenheit ist komplex und lässt sich nicht auf wenigen Seiten klären. Den direktesten Weg nimmt Bockelmann 2004, den ich hier kurz skizziere. Eine der Schwierigkeiten, an der der erste Versuch Sohn-Rethels letztlich gescheitert ist, besteht darin, die moderne Form der Erkenntnis ebenso wie der Warengesellschaft in ihrer Besonderheit von ihren Vorläufern in der Antike klar abzugrenzen. Es ist nicht das bloße Vorhandensein von Geld oder der Tausch der überschüssigen Produktion, die die moderne Denkform auf den Weg bringen, sondern dazu ist notwendig, dass das Geld zur bestimmenden Allgemeinheit und dem eigentlich Zweck der Produktion wird,

„wenn es ein historisch erstes Mal also heißen kann, »all things came to be valued with money, and money the value of all things«. Dann beginnt Geld – in diesem für uns prägnanten Sinn – Geld zu sein, indem es *als Geld* allein noch *fungiert*. Der feste Bestand, den es bis dahin nur im wertvoll gedachten *Material* hatte, geht dann nämlich über in die bestandsfeste *Allgemeinheit des Bezugs* aller Dinge auf den Geldwert – und also in dessen für sich genommen festes Bestehen. Wenn die Handlungen des Kaufens und Verkaufens für die Versorgung bestimmende *Allgemeinheit* erlangen, entsteht damit die allgemeine *Notwendigkeit*, den Markt, zu dem es dafür

gekommen sein muss, als *das Geflecht dieser Kaufhandlungen* fortzusetzen, ganz einfach deshalb, damit die Versorgung, die daran hängt, nicht ihrerseits abreißt. Die Notwendigkeit, allgemein über Geld zu verfügen, übersetzt sich so in die Allgemeinheit, mit der die *Geldfunktion* auch *weiterhin* notwendig ist; und übersetzt sich damit in die Festigkeit dieser Funktion *als einer für sich bestehenden Einheit*.“

Bockelmann 2004, S. 225

Die historisch neue Situation besteht in einer *Realabstraktion*. Sie verlangt von den Marktteilnehmern eine Abstraktionsleistung, die sie erbringen müssen, ohne sie als bewusste Denkleistung zu vollziehen; in der Marxschen Formulierung:

„Die Menschen beziehen also ihre Arbeitsprodukte nicht aufeinander als Werte, weil diese Sachen ihnen bloß sachliche Hüllen gleichartiger menschlicher Arbeit gelten. Umgekehrt. Indem sie ihre verschiedenartigen Produkte einander im Austausch als Werte gleichsetzen, setzen sie ihre verschiedenen Arbeiten einander als menschliche Arbeit gleich. Sie wissen das nicht, aber sie tun es.“

Marx 1867/1984, S.88

Es sollte darauf hingewiesen werden, dass Bockelmann sich an keiner Stelle auf Marx bezieht, der Begriff der (abstrakten) Arbeit tritt bei ihm nirgendwo auf. Hinsichtlich der Frage, was die Warenproduktion, die Produktion also zum alleinigen Zweck des durchs Geld vermittelten Erwerbs anderer Waren, in den ihr unterworfenen Menschen bewirkt, sind beide Erklärungen aber kompatibel. Die Warensubjekte müssen um ihrer Überlebensfähigkeit willen einen Reflex ausbilden, der fortan als ein ihnen nicht bewusster Zwang nicht nur die Geldhandlungen, sondern ihren Zugang zur Welt überhaupt bestimmt:

„Dies die Form, in der kein Mensch bis dahin hatte denken müssen und keiner daher hatte denken können, die neuzeitlich *bedingte* synthetische Leistung, welche die Menschen damit aufzubringen haben: zwei auf Inhalte bezogene, selbst aber nicht-inhaltliche Einheiten im reinen Verhältnis von bestimmt gegen nicht-bestimmt. Diese Synthesis wird dem Denken, so bedingt, zur Notwendigkeit und zum Zwang. ... Ihren genuinen Bereich hat diese Synthesis im Umgang mit Geld, und ebendort haben die Menschen sie anzuwenden auf alle, *unbestimmt welche* Inhalte, haben sie die reine Einheit ‚Wert‘ auf *gleichgültig welchen* Inhalt zu beziehen. ... Über die ältere und ebenfalls synthetische Leistung *materialer* Denkform, nämlich Wert in den Dingen zu denken und sie nach diesem *inhärent* gedachten Wert aufeinander zu beziehen, legt sich die neue, *funktionale* Leistung, ihn zu formen in die nicht-inhaltlichen Einheiten.“

Bockelmann 2004, S. 229/230

Es ist unschwer zu erkennen, wie weitgehend der hier abstrakt beschriebene, von der Warenform erzwungene Weltzugang dem der mathematischen Naturwissenschaft entspricht und sich noch in den Details ihrer Methode wiederfindet:

„Das Experiment ist das Medium zur *Verwandlung* von Natur in Funktion. Der neuzeitlich veränderte Blick auf das empirisch Gegebene ist keiner der Betrachtung mehr, sondern dringt ein, um das darin zu finden, was er voraussetzen muss, das gesetzmäßige Verhalten.“

Bockelmann 2004, S.354

Und auch das fehlende bzw. fetischistische Bewusstsein positivistischer Wissenschaft von ihrer Methode und ihrem Gegenstand lässt sich auf diese Weise zwanglos erklären:

„Welt und Natur werden funktional gedacht: das heißt – *solange die Genese der funktionalen Denkform unerkannt bleibt* –, sie werden gedacht, als wäre die funktional *gedachte* ihre *wirkliche* Form. Danach muss es die Naturgesetze wirklich so geben, wie wir sie denken und voraussetzen, wirklich in dieser Form funktionaler Nicht-Inhaltlichkeit.“

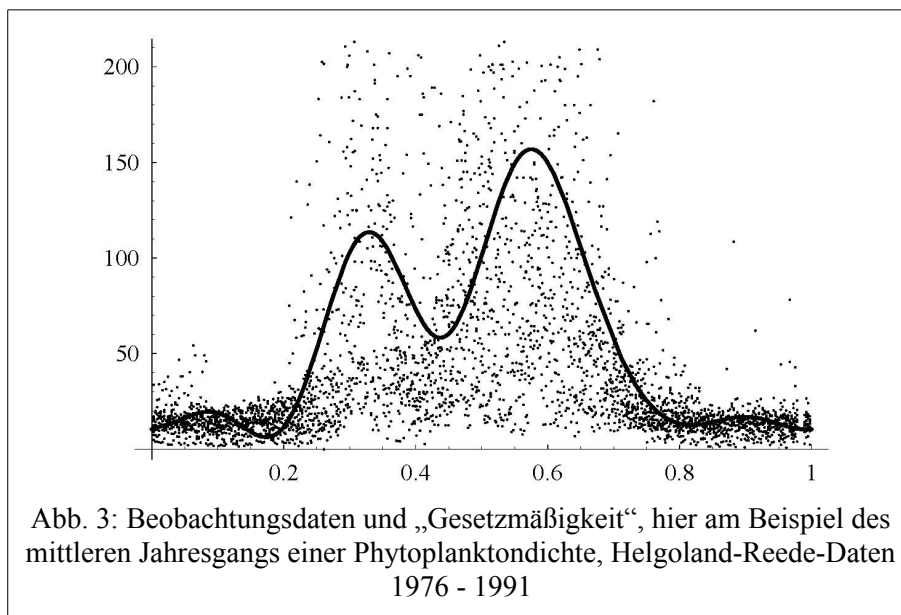
Bockelmann 2004, S. 358

Dass für die Überwindung dieses Bewusstseins die Kenntnis der Genese seiner Form notwendig ist, heißt nicht – und wird von Bockelmann auch nicht behauptet –, dass sie allein ausreichen wird, wenn damit nicht zugleich die Überwindung des ihm zu Grunde liegenden Warenfetischs einhergeht.

Modelle

Wäre die fetischistische Denkweise von der mathematischen Gesetzmäßigkeit als einer Eigenschaft der Dinge selbst nicht so tief im gesellschaftlichen Unbewussten der Moderne verankert, hätte sie spätestens mit dem Aufkommen des Modellbegriffs Ende des 19. Jahrhunderts (vgl. Ortlieb 2008) obsolet werden müssen. Denn dieser Begriff beinhaltet – anders als noch Galileis Vorstellung vom in geometrischen Zeichen geschriebenen Buch der Natur – eine Mehrdeutigkeit: Mathematische Modelle gehen nicht eindeutig aus der Sache hervor, sondern ihre Entwicklung unterliegt immer auch willkürlichen Gesichtspunkten der Zweckmäßigkeit (vgl. Hertz 1894/1996). Derselbe Untersuchungsgegenstand erlaubt verschiedene mathematische Modelle, die nebeneinander Bestand haben können, auch wenn sie sich widersprechen, weil sie unterschiedliche Aspekte erfassen. Das sollte es eigentlich verbieten, Modell und Wirklichkeit in eins zu setzen.

Dass „gewisse Übereinstimmungen vorhanden sein (müssen) zwischen der Natur und unserem Geiste“, wovon auch Hertz (1894/1996, S. 67) spricht, wird in der Physik dadurch gewährleistet, dass die Natur im Experiment an unseren Geist, also an die mathematischen Idealbedingungen angepasst und die besagte Übereinstimmung damit erst hergestellt wird. Lassen sich dagegen die im Modell unterstellten Idealbedingungen nicht oder nur unzureichend herstellen, so bleiben die zu beobachtenden Naturgesetze letztlich mathematische Fiktionen, wie jeder wissen könnte, der einmal Modelle und Daten „gefittet“ hat. Die Gesetzmäßigkeit steckt allein in der mathematischen Funktion des Modells, während die Abweichungen der Beobachtungsdaten davon durch „externe Störungen“ erklärt werden, die sich der Modellierung entziehen. Abb. 3 gibt dafür ein beliebig herausgegriffenes Beispiel.



Unter der *Annahme*, die Wirklichkeit folge mathematischen Gesetzen, versuchen wir diejenige mathematische Struktur und Gesetzmäßigkeit herauszufinden, die mit kontrollierten Beobachtungen am besten zusammenpasst. Offenbar funktioniert das in vielen Bereichen, nur folgt daraus eben nicht die Richtigkeit der zu Grunde liegenden Annahme. Umgekehrt wird es schlüssig:

Durch die Wahl eines bestimmten Instrumentariums – das der exakten Wissenschaften – fokussieren wir und beschränken wir uns auf die Erkenntnis derjenigen Aspekte der Wirklichkeit, die sich mit diesem Instrumentarium erfassen lassen. Und es spricht nichts dafür, dass das schon die ganze Wirklichkeit wäre oder einmal werden könnte.

Damit sind die Grenzen mathematischer Naturerkenntnis zwar nicht bestimmt, aber immerhin benannt. Die Identität von Natur und Mathematik, wie sie Galilei oder Newton noch postulieren

konnten, ist endgültig dahin, und dafür hat nicht zuletzt die historische Entwicklung der Naturwissenschaften und der Mathematik selbst gesorgt.

Als ein ideologisches Selbstverständnis steckt sie freilich weiterhin in vielen Köpfen. Anders ist jedenfalls nicht zu verstehen, dass Begriffe wie „Künstliche Intelligenz“ oder „Weltformel“ nicht nur zum Zwecke der Selbstreklame und Einwerbung von Forschungsgeldern, sondern durchaus in einem emphatischen Sinne gebraucht werden, als wären sie wörtlich zu verstehen, als könnten also mathematische Maschinen wirklich intelligent sein und mithin Bewusstsein besitzen, oder als hätten wir die Welt „im Griff“, wenn wir denn nur eine Formel für sie hätten. Die mathematisch-naturwissenschaftliche Methode wird hier als grenzenlos gedacht: keine Frage, die wir mit ihr nicht irgendwann würden beantworten können, kein Problem, das ihr unzugänglich wäre.

Die Grenzen des eigenen Instrumentariums – hier das der exakten Wissenschaften, der mathematischen Modellierung also – nicht sehen zu können, ist ein sicheres Zeichen für die Bewusstlosigkeit, mit der es eingesetzt wird. Angesichts der offenbaren Unmöglichkeit, die großen Menschheitsprobleme mit naturwissenschaftlichen Mitteln allein lösen zu können, wäre eine gewisse Bescheidenheit durchaus angebracht, wie sie – im Sinne des sokratischen Worts, „dass ich, was ich nicht weiß, auch nicht glaube zu wissen“ (Platon 1994, S. 18) – nur aus einer selbstreflexiven Bewusstheit für das eigene Denken und Tun erwachsen kann.

Literaturverzeichnis

- Adorno, Theodor W.: *Der Positivismusstreit in der deutschen Soziologie. Einleitung*, Neuwied 1969
- Bergmann-Schaefer: *Lehrbuch der Experimentalphysik, Band I, Mechanik, Akustik, Wärme*, 9. verbesserte Auflage, Berlin 1974
- Bockelmann, Eske: *Im Takte des Geldes. Zur Genese des modernen Denkens*, Springe 2004
- Bolay, Eberhard / Trieb, Bernhard: *Verkehrte Subjektivität. Kritik der individuellen Ich-Identität*, Frankfurt 1988
- Comte, Auguste: *Rede über den Geist des Positivismus*, 1844, Neuausgabe der deutschsprachigen Ausgabe, Hamburg 1994
- Dawkins, Richard: *Der Gotteswahn*, 9. Aufl., Berlin 2007
- Dewdney, Alexander K.: *Alles fauler Zauber?*, Basel 1998
- Fölsing, A.: *Galileo Galilei. Prozeß ohne Ende. Eine Biographie*, Reinbek 1996
- Galilei, Galileo: *Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno a due nove scienze*, 1638, Übersetzung von A. v. Oettingen 1890, Nachdruck, Frankfurt/Main 1995
- Greiff, Bodo von: *Gesellschaftsform und Erkenntnisform. Zum Zusammenhang von wissenschaftlicher Erfahrung und gesellschaftlicher Entwicklung*, Frankfurt/Main 1976
- Hertz, Heinrich: *Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt. Einleitung*, Leipzig 1894, Nachdruck, Frankfurt/Main 1996
- Kant, Immanuel: *Kritik der reinen Vernunft*, 1781, 2. Auflage 1787, Nachdruck, Hamburg 1990
- Koyré, Alexandre: *Leonardo, Galilei, Pascal. Die Anfänge der neuzeitlichen Naturwissenschaft*, Frankfurt 1998
- Mankiw, N. Gregory / Taylor, Mark P.: *Grundzüge der Volkswirtschaftslehre*, 5. Aufl., Stuttgart 2012
- Marx, Karl: *Das Kapital. Erster Band*, 1867, MEW 23, Berlin 1984
- Müller, Rudolf-Wolfgang: *Geld und Geist. Zur Entstehungsgeschichte von Identitätsbewußtsein und Rationalität seit der Antike*, Frankfurt 1977
- Ortlieb, Claus Peter: *Bewusstlose Objektivität*, *Krisis* 21/22, 15 – 51, 1998,
- Ortlieb, Claus Peter: *Methodische Probleme und methodische Fehler der mathematischen Modellierung in der Volkswirtschaftslehre*, *Mitteilungen der Mathematischen Gesellschaft in Hamburg* 23, 1 - 24, 2004
- Ortlieb, Claus Peter: *Die Zahlen als Medium und Fetisch*, in: J. Schröter / G. Schwering / U. Stäheli (Hg.): *media marx. Ein Handbuch*, 151 - 165, Bielefeld 2006,

Ortlieb, Claus Peter: *Heinrich Hertz und das Konzept des Mathematischen Modells*, in G. Wolfschmidt (ed.): *Heinrich Hertz (1857 - 1894) and the Development of Communication*, 53 - 71, Norderstedt bei Hamburg 2008

Platon: *Sämtliche Werke*, Übersetzt von Friedrich Schleiermacher, Band 1, Hamburg 1994

Sohn-Rethel, Alfred : *Geistige und körperliche Arbeit. Zur Theorie der gesellschaftlichen Synthesis*, Frankfurt 1970

Tegmark, Max: *Unser mathematisches Universum – Auf der Suche nach dem Wesen der Wirklichkeit*, Berlin 2015