

Dimensionen eines Begriffs Eine kurze Betrachtung der Nutzung und Bedeutung von »Modellen«

Camera Obscura im Blätterdach Frisch aus der Modellwerkstatt: Drei Dioramen für die neue Ausstellung Optik

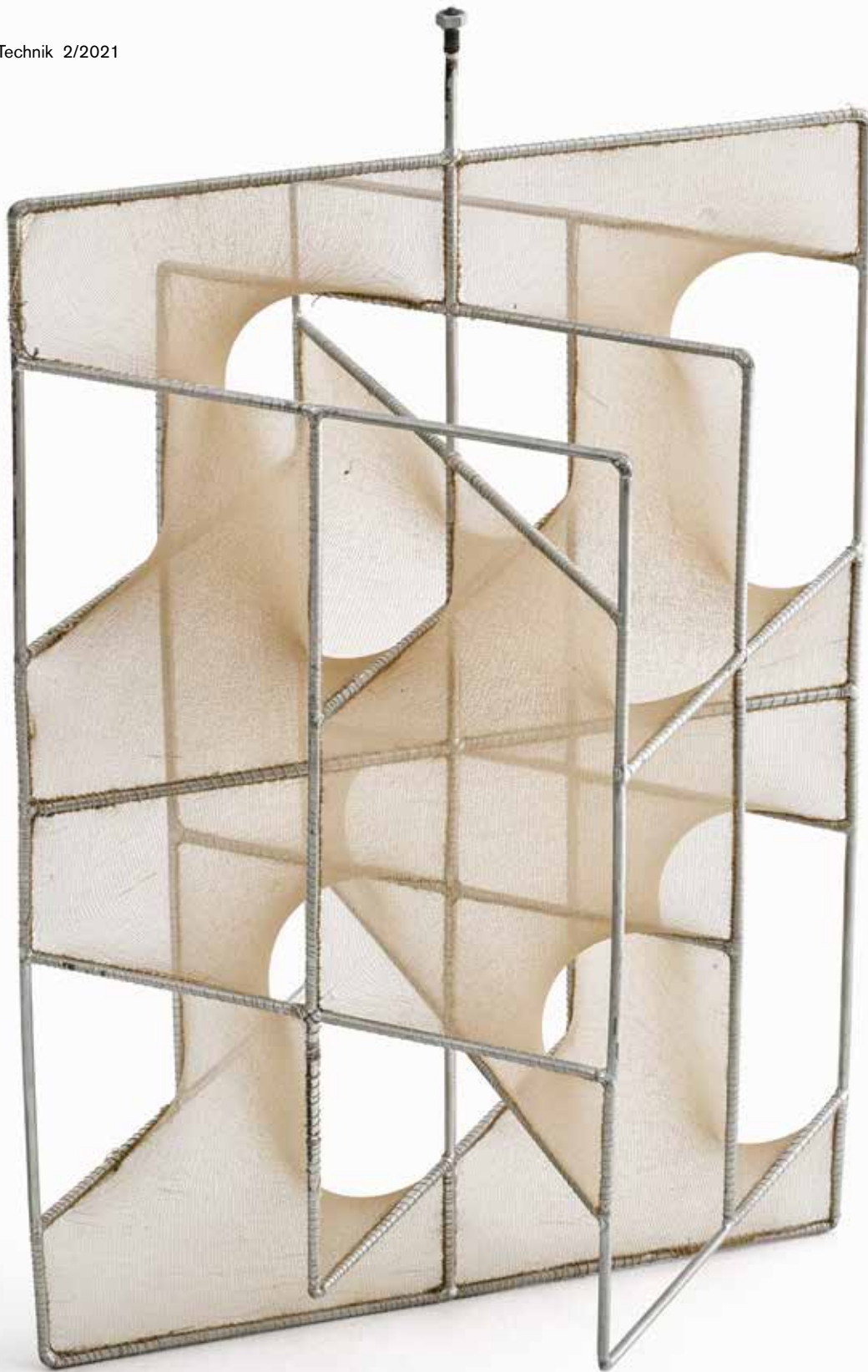
Im Spiegel Europas Im Jahr 1670 begeisterte der »Ausländische Kultur- und Sittenspiegel« seine Leser

KULTUR & TECHNIK



Die Welt verstehen

Modelle und ihre Bedeutung



Die Kristallografin Elke Koch hat dieses Modell einer »Minimalfläche« aus einer Damenstrumpfhose und Metall angefertigt. Es zeigt eine Fläche, die sich in alle drei Raumrichtungen periodisch weiter ausdehnt und sich dabei selbst nicht schneidet. Dieses Modell wird in der neuen Mathematik-Ausstellung zu sehen sein.

Dimensionen eines Begriffs

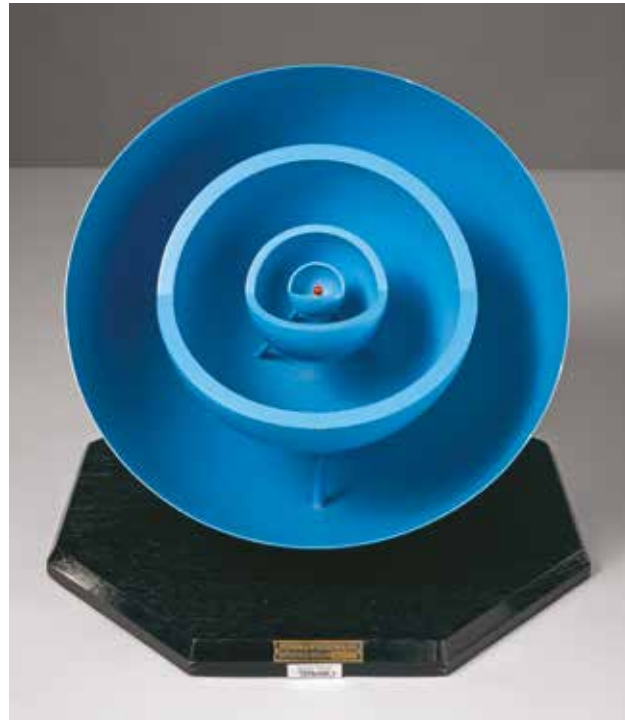
Eine kurze Betrachtung der Nutzung und Bedeutung von »Modellen« in unterschiedlichen Kontexten. Von Wiebke Henning

Stellen Sie sich vor, Sie wollen ein Kunstwerk erschaffen, das eine Szene aus einem Mythos zeigt. In der griechischen Mythologie bringt Prometheus den Menschen das Feuer. Dieses Feuer repräsentiert für viele Dichter und Denker die wissenschaftliche Erkenntnis. Es soll deswegen eine Skulptur werden, die eine große, brennende Fackel darstellt. Diese Fackel symbolisiert für Sie das Licht der Erkenntnis. Wie gehen Sie vor? Zunächst machen Sie sich vielleicht Skizzen auf Papier, dann erstellen Sie ein erstes Modell. Sie verwenden Gips, um eine erste Fackel nach Ihren Skizzen zu formen, schauen sich an wie sie im Raum wirkt, verändern hier und da etwas, ma-

chen die Flammen größer. Sie überlegen, wie die Skulptur Halt gewinnt. So lange, bis Ihr Licht der Erkenntnis Ihren Wünschen entspricht. Dann können Sie sich der eigentlichen Skulptur widmen, beispielsweise eine Form herstellen, um darin Metall zu gießen. Irgendwann ist Ihr Werk vollendet, stolz stehen Sie davor und betrachten es. Ihr Atelier sieht unterdessen aus wie ein Schlachtfeld, nach der Arbeit kommt ja immer noch mehr Arbeit und Sie müssen aufräumen. Was machen Sie mit den Gipsmodellen? Irgendwo in eine Ecke räumen oder gar entsorgen? Bitte nicht so schnell! Verharren Sie für eine Zeit bei den Modellen und stellen Sie sich einmal folgende Frage: Was ist ein Modell eigentlich? Was macht es aus, was leistet es?

Einerseits ist es bloß ein Zwischenschritt, ein Übergang auf dem Weg zum eigentlichen Kunstwerk. Es macht den Anfang, aber es ist nicht das eigentliche Ziel. Etwas, das für den Herstellungsprozess gebraucht wird, danach aber nicht mehr. Andererseits ist es notwendig und wichtig. Wenn Sie ohne Modell direkt mit dem Werk angefangen hätten, wären Sie jetzt vermutlich alles andere als zufrieden. Sie können das Modell behalten, falls Sie später noch einmal damit arbeiten wollen. Aber das Modell ist noch mehr. Es ist ein Hybridwesen zwischen den Ideen in ihrem Kopf und der Realität des späteren Kunstwerks. Es sieht schon so aus wie das Bild in Ihrem Kopf und das spätere Kunstwerk, aber doch auch nicht, weil es z. B. kleiner ist und aus einem anderen Material besteht. Ein Vermittler zwischen verschiedenen Welten und damit etwas ganz Besonderes und gar nicht so leicht zu fassen.

Wenn man bedenkt, wo uns überall Modelle begegnen, werden sie noch schwieriger zu erklären: Wir kennen Gipsmodelle aus der Bildhauerei, Eisenbahnmodelle oder Modelle bei Modenschauen. Auch ein Globus ist ein Modell der Erde. Es



Extra für das Deutsche Museum hat der Physiker Arnold Sommerfeld ein Atommodell aus Eisen entworfen.

gibt aber auch Klimamodelle, Atommodelle und Rechenmodelle. Die Psychologie arbeitet ebenso mit Modellen wie die Sozialwissenschaften. Überall Modelle! Ein guter Grund, sich diesem Thema auch einmal im Deutschen Museum zu widmen. Schließlich stehen hier auch in jeder Ecke Modelle herum, sowohl vor den Kulissen in den Ausstellungen als auch dahinter in unseren Werkstätten.

Momentan findet im Deutschen Museum einer der größten Neugestaltungsprozesse in der Geschichte des Hauses statt. Ein großer Teil der Ausstellungen auf der Museumsinsel wird aktualisiert, das Gebäude saniert. Das Projekt heißt Zukunftsinitiative, kurz:

»Zukuni«, und ist in zwei Bauabschnitte geteilt. Der erste soll bald fertiggestellt werden, so dass 2021 die ersten 19 Ausstellungen eröffnen können. Danach schließen die Ausstellungen des zweiten Abschnitts, um ebenfalls erneuert zu werden. Auch bereits bestehende Dauerausstellungen werden in den kommenden Jahren aktualisiert, wie die Chemie oder die Schifffahrt.

Wie arbeiten Naturwissenschaftler?

Es wird aber auch eine ganz neue Dauerausstellung geben: »Die Natur der Naturwissenschaft«, die 2028 direkt neben dem Ehrensaal eröffnen soll, wird den Hintergründen und der Vielfalt naturwissenschaftlichen Arbeitens nachspüren. Modelle sind ein wichtiges Element in der naturwissenschaftlichen Forschung. Sie werden deswegen einen besonderen Platz in der Ausstellung bekommen. Hier wollen wir eine Auswahl verschiedenster Modelle zeigen, um ihre jeweilige Funktion und Bedeutung zu erläutern. Ein Atommodell darf hier nicht fehlen: Der bekannte Physiker Arnold Sommerfeld (1868–1951) hat im Jahr 1928 extra für die damals neue Chemie-Ausstellung »Bau der Materie« des Deutschen Museums zwei Atommodelle aus Gold und Eisen angefertigt. Sie bildeten den zu dieser Zeit aktuellsten Erkenntnisstand ab und haben somit eine didaktische Funktion.

Ähnlich verhält es sich auch mit dem anatomischen Ohrmodell des Mediziners Friedrich Bezold (1842–1908). Bezold hatte zu seiner Zeit bedeutende Fortschritte bei der Erforschung des Ohrs gemacht. Das Modell wurde nach seinen persönlichen Anleitungen für das Deutsche Museum hergestellt. Auch eine Armillarsphäre (von lat. *armilla*: »Armreif« und *sphaera*: »Kugel«), ein Modell des Sonnensystems aus dem 18. Jahrhundert,

Die Anatomie des Ohres veranschaulicht dieses Modell. Angefertigt wurde es in den Werkstätten des Deutschen Museums nach Vorgaben des Arztes Friedrich Bezold.



wird zu sehen sein. (siehe Beitrag Mirwald, S. 16-19). Es zeigt die Bewegungen von Erde, Sonne und Mond, die an beweglichen metallenen Reifen befestigt sind.

Außerdem gezeigt werden sogenannte Minimalflächenmodelle, die von der Kristallografin Elke Koch aus Damenstrumpfhosen angefertigt wurden. Sie zeigen Flächen im euklidischen Raum, die sich in alle drei Richtungen weiter ausdehnen und sich dabei selbst nicht schneiden. Auch aus der Forschung wird ein Modell präsentiert: Das Kartonmodell der 7x7-Rekonstruktion einer Silizium(111)-Oberfläche wurde 1982 angefertigt, um den Datensatz, den ein Rastertunnelmikroskop ausspuckte in eine 3D-Ansicht überführen zu können. Da dies mit Computern damals noch nicht möglich war, behelfen sich die Forschenden damit, die Daten selbst auf ein Koordinatensystem auf Karton zu übertragen und auszuschneiden.

Alle genannten Modelle haben gemeinsam, dass sie haptische Gegenstände sind, räumliche Abbilder von etwas, die als Objekte irgendwo hingestellt werden können (eben hoffentlich bald in unsere neue Ausstellung). Daneben gibt es aber auch Gedankenmodelle, in denen etwas berechnet oder rein theoretisch beschrieben wird. Ein Gedanke im Kopf der Forscherin oder des Forschers oder ein Rechenauftrag für einen Computer. Das oben bereits erwähnte Sommerfeldsche Atommodell von Gold beruht auf solch einem Theoriemodell des Atoms. Das Objekt im Deutschen Museum bildet auf verständliche Weise eine Berechnung ab. Es ist ein Schalenmodell, dessen Schalen aufzeigen, an welchen Orten Elektronen um den Atomkern herum mit höherer Wahrscheinlichkeit auftauchen als an anderen Orten. Unser Atommodell im Museum ist also das bildliche Modell eines Theoriemodells – das Modell eines Modells! Das

kommt Ihnen jetzt vielleicht etwas sehr gehirnakrobatisch vor, aber Modelle sind eben sehr komplexe Charaktere. Gleichzeitig schillernd wie spannend.

Modelle als Anleitung und Erklärung

Prinzipiell können Modelle zwei Bedeutungen haben, eine technische und eine theoretische. Die technische Bedeutung liegt in der praktischen Herstellung, z.B. in der Bildhauerei, aber natürlich auch bei der Herstellung von Maschinen etc. Schon hier zeigt sich ein doppelter Zweck. Zum einen das Experimentieren im Raum (wie kann die Fackel so angefertigt werden, dass sie eindrucksvoll wirkt, die richtigen Proportionen hat oder nicht umfällt), zum anderen als Muster. Wenn das Gipsmodell fertig ist, dient es als Anleitung und Orientierungspunkt für das spätere Werk.

Die zweite Bedeutung ist theoretisch. Hier dient das Modell nicht als Anleitung für eine handwerkliche Umsetzung, sondern als Erklärung. Ein Modell in dieser Hinsicht bildet eine Vorstellung von etwas ab, so wie z.B. die oben genannte Armillarsphäre zeigt, wie die Wissenschaft sich das Sonnensystem vorstellt oder das Sommerfeldsche Atommodell eine Theorie zu Atommodellen abbildet. Der Sinn dieser Modelle ist ein philosophischer: Die Erkenntnis der Welt, in unseren Fällen des Sonnensystems oder des Atoms.

Zwei vollkommen verschiedene Seiten, könnte man meinen, aber es gibt Gemeinsamkeiten. In der Geschichte der Philosophie geht die Suche nach Erkenntnis mit der Frage nach »ewigen Wahrheiten« einher. Bei Platon sind dies die Ideen oder Urbilder. Die Welt wurde lange als etwas von einem Gott Geschaffenes betrachtet. Die »ewigen Wahrheiten« sind dabei die Urbilder, nach denen die Welt erschaffen wird, so wie ein Künstler eine Skulptur nach seiner Vorstellung, seinem Modell herstellt. Diese Urbilder oder Ideen sind geistig, sie können mathematisch sein, sie können aber auch philosophische Grundsätze sein, wie Ursache und Wirkung oder das Gute.

Bei Platon (ca. 427 v.u.Z.–ca. 347 v.u.Z.) heißt der Gott »Demiurg«, was so viel bedeutet wie »Handwerker«, »Baumeister« oder auch »Schöpfer«. Er hat den Kosmos nach geometrischen Urbildern erschaffen. Nach Platon finden sich diese geometrischen Formen z.B. in den Atomen, aus denen die Welt besteht, wieder. Das muss man sich ganz konkret vorstellen: Feuer besteht in dieser Lehre z.B. aus sehr kleinen Tetraedern. Seine Eigenschaften leiten sich aus den Eigenschaften des Tetraeders ab. Ganz deutlich sieht man diese Vorstellung einer Welt, die auf mathematischen Prinzipien beruht, auch bei Johannes Keplers (1571–1603) Modell des Sonnensystems, das auf platonischen Körpern beruht.

Auch bei Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716), der als Philosoph den Rationalismus vertritt, findet sich dieser Gedanke: Es gibt allen Dingen zugrundeliegende Ideen, nach denen Gott die Welt geschaffen hat. Alles auf der Welt richtet sich nach diesen Ideen, die Natur schafft ihre Produkte notwendigerweise gemäß diesen Grundsätzen. Die natürlichen Dinge sind die

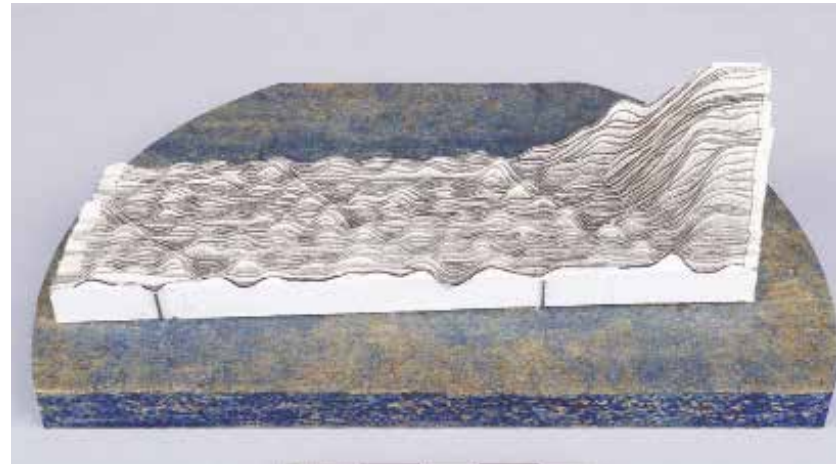
Abbilder der Urbilder. Wir Menschen können mit unserer Vernunft diese Grundsätze erkennen und verstehen. Daher sind sie für uns eine Art Anleitung bei der Suche nach der Wahrheit. In unseren Modellen versuchen wir, uns diesen Urbildern anzunähern. So sieht in vielen Philosophien die Suche nach Erkenntnis aus. Bei Platon ist das der Prozess der Wiedererinnerung (griech. *anamnesis*), denn das Wissen der Urbilder ist in uns schon vorhanden, wir müssen es nur finden. Die beiden Modellbegriffe, technisch und theoretisch, fließen bei diesen Philosophen ineinander. Erkenntnis ist die Einsicht in die Grundzusammenhänge der Welt. Aus diesen Fundamenten lassen sich dann Erkenntnisse z.B. über Atome oder das Sonnensystem ableiten.

Hypothesen auf dem Prüfstand

In der modernen Naturwissenschaft wird mit Modellen allerdings oft ganz anders umgegangen. Ein naturwissenschaftliches Modell hat zwar immer noch eine theoretische Bedeutung, sie ist aber losgelöst von der Vorstellung einer inneren Wahrheit, die es zu ergründen gilt. Untersucht wird stattdessen die empirische Realität. Die Empirie ist die Welt der Erfahrung, die wir mit unseren Sinnen erfassen und mit unserem Denken verknüpfen. Die Frage, ob es hinter dieser Wirklichkeit, wie wir sie mit unseren Sinnen wahrnehmen, eine grundlegende Wahrheit gibt, wird in der Naturwissenschaft nicht gestellt. Man muss aber bedenken, dass sich die verschiedenen Wissenschaften hier berühren, denn die notwendigen Grundsätze der Mathematik und Philosophie liegen den Naturwissenschaften zugrunde. Naturwissenschaftliche Erklärungen dürfen den Prinzipien der Mathematik und Logik nicht widersprechen.

Aber die Naturwissenschaft will konkrete, empirische Phänomene erklären. Diese sind komplex, vielschichtig und oftmals diffus. Die Dinge in der Welt interagieren miteinander und vermischen sich. Jeder Ort in diesem Universum sieht anders aus, überall wimmelt es von verschiedenen Zusammensetzungen der Elemente, Atome, Moleküle – es ist nicht leicht aus diesem Durcheinander allgemeingültige Erkenntnisse herauszufiltern. Wenn man z. B. wissen möchte, was Feuer eigentlich ist, können wir nicht einfach ein Feuer machen und es untersuchen. Es gibt ja ganz unterschiedliche Arten von Feuer, je nachdem, ob Holz, Gummi oder Plastik brennt, wie die Luft um das Feuer herum zusammengesetzt ist, ob es überhaupt von Luft umgeben ist und nicht von Wasser, usw. Wie soll ich da wissen, welche meiner Beobachtungen oder Schlüsse wirklich etwas über das Feuer aussagen und nicht bloß zufällig gerade in diesem einen Feuer auftauchen?

Modelle helfen, hier Klarheit zu schaffen. Im naturwissenschaftlichen Modell versucht man, von den Unterschieden zu abstrahieren und nur das zu beschreiben, was für die Fragestellung wichtig ist. Eine Naturwissenschaftlerin würde also ein gedankliches Modellfeuer entfachen, in dem nur die Bedingungen herrschen, die sie gerade untersuchen möchte. Hier ist



Die Daten eines Rasterelektronenmikroskops wurden auf Karton übertragen. Auf dem Kartonmodell erkennt man die abgetastete Oberfläche von Silizium.

der Modellbegriff ganz nah an der Hypothese: Man beschreibt einen Grundsatz, der aus den bisherigen Erkenntnissen abgeleitet ist und diesen kann man dann überprüfen. Die Naturwissenschaftlerin klopft z. B. ab, ob ihr Modellfeuer den bereits bekannten Gesetzen der Physik standhält. Wenn nicht, muss das Modell entsprechend verändert werden. Wenn sie eine Hypothese zum Feuer allgemein hat, kann sie auch echte Modellfeuer entfachen, um zu überprüfen ob sich das jeweilige Feuer genauso verhält, wie sie es in ihrer Hypothese beschrieben hat. Ein naturwissenschaftliches Modell ist dauernd im Fluss. Es wird immer wieder empirisch und theoretisch überprüft und kann so auch als eine Verbindung zwischen beiden betrachtet werden (ähnlich wie das künstlerische Modell eine Verbindung zwischen der geistigen Idee und dem realen Objekt ist). Störfaktoren, die in der Realität immer vorkommen, blendet es aus.

Hier zeigt sich der Unterschied zu der oben besprochenen Philosophie von Platon oder Leibniz. In der Geschichte der Naturwissenschaft werden zunächst empirische Phänomene betrachtet, anschließend wird davon abstrahiert und ein Modell geschaffen. Man nennt diesen Vorgang Induktion. Von vielen Einzeldingen werden allgemeine Merkmale zu einem allgemeinen Begriff abstrahiert. Demgegenüber steht die Deduktion, die Ableitung von besonderen aus allgemeinen Begriffen. Platon und Leibniz sehen die Welt so, dass es allgemeine Grundsätze gibt, die ewig existieren und denen die empirische Welt unterworfen ist (das ist eine Sichtweise, die auch ohne die Vorstellung eines göttlichen Schöpfers funktioniert). Um die Dinge zu verstehen, muss man zuerst Einsicht in die allgemeinen Prinzipien haben und kann daraus auf empirische Phänomene schließen. Die empirische Welt ist ein Abbild des Urbilds.

Dieser Sicht gegenüber steht der Empirismus. John Locke (1632–1704) war einer seiner berühmtesten Vertreter und ein Kontrahent von Leibniz. Nach seiner Theorie gibt es so etwas wie ewige Wahrheiten, die wir rein mit unserem Verstand erkennen können, nicht. Unser Verstand ist eine *tabula rasa*, eine unbeschriebene Tafel, die wir erst füllen müssen. Das tun wir

durch die oben beschriebene induktive Methode. Die Zeit des Empirismus ist die Zeit, in der sich die Naturphilosophie langsam von der Philosophie löst und später zur Naturwissenschaft wird. Hier möchte ich etwas umformulieren: »Auch Isaac Newton (1643-1727) vertrat den Empirismus, der Teile der Naturwissenschaft bis heute prägt. Dies ist allerdings nur eine grobe Unterscheidung, denn es gab und gibt auch Naturwissenschaftlern, die die deduktive Methode vertreten und stärker von der rationalistischen Philosophie beeinflusst sind. Letztendlich wird in der Naturwissenschaft heutzutage immer sowohl induktiv als auch deduktiv vorgegangen, ein stetiges Wechselspiel in dessen Mitte das Modell steht. Der Untersuchungsgegenstand ist aber immer die Natur und ihre empirischen Phänomene.

Vereinfachung der Wirklichkeit

Diese Funktion, die Realität einfacher darzustellen als sie ist und einen bestimmten Aspekt daraus hervorzuheben, haben fast alle Modelle gemein. Die Modelleisenbahn in Ihrem Keller ist eine kleinere, einfachere Version einer echten Eisenbahn. Der Globus ist eine kleinere, vereinfachte Version der Erde, genauso wie unsere Armillarsphäre eine einfachere Version des Sonnensystems ist. Das hat einen immensen Vorteil: Mit Modellen können Dinge untersucht werden, die in der Realität nicht untersucht werden können, weil sie z. B. zu groß sind, die Untersuchung zu teuer wäre o. ä. So kann man mit Computersimulationen die Entstehung des Weltalls als Modell nachspielen, ohne persönlich zum Urknall reisen zu müssen.

Das bedeutet auch, dass Modelle klar definierte Grenzen haben. Sie können und sollen die Wirklichkeit nicht nachahmen. Dadurch können auch Fehler passieren, wenn z. B. eine Bedingung, die in der Realität vorherrscht, fälschlicherweise als unwesentlich betrachtet und aus dem Modell herausgestrichen wurde. Die Vereinfachung führt noch zu einem weiteren Problem: Sie kann leicht missverstanden werden. Die Schalen im Sommerfeldschen Atommodell, die eigentlich ein Bild für hohe Wahrscheinlichkeiten sind, können leicht fehlinterpretiert werden als die Bahnen auf denen die Elektronen um das Atom sausen.

Modelle können viel leisten: Sie können uns einfach unterhalten und Spaß bereiten, sie können uns Wissen veranschaulichen und lehren, sie helfen uns bei handwerklichen und künstlerischen Tätigkeiten. Sie können aber auch ganz essentiell dabei helfen, Erkenntnis zu gewinnen und Licht ins Dunkel zu bringen. ■■



Dr. Wiebke Henning

ist Philosophin und seit September 2020 wissenschaftliche Mitarbeiterin in den Ausstellungsprojekten »Natur der Naturwissenschaften« und »Schiffahrt« am Deutschen Museum.

RADSPIELER

Seit 1841



*Radspieler –
damit
Einrichten
Freude
macht!*



*F. Radspieler & Comp. Nachf.
Hackenstraße 7
80331 München
Telefon 089/23 50 98-0
Fax 089/26 42 17
www.radspieler.com*