

Abbild und Wirklichkeit

Die Naturwissenschaften und die Frage, was „wahr“ ist

| THOMAS NAUMANN | **Ziel der Naturwissenschaften ist es, die uns umgebende Umwelt zu erkennen. Wie gelingt ihnen das und wo liegen die Grenzen der Erkenntnis? Und an welcher Stelle kommt auch der Naturwissenschaftler nicht ohne Glaube aus? Einige Schlaglichter auf Möglichkeiten und Grenzen der Naturwissenschaften, einer „vorausgesetzten absoluten Wahrheit“ näher zu kommen.**

Was ist Wahrheit? Mit dieser Frage beendet Pontius Pilatus im Johannes-Evangelium das Verhör Jesu. Und mit eben dieser Frage beginnt Francis Bacon 1625 sein Essay ‚Of Truth‘: „What is Truth? said jesting Pilate; and would not stay for an answer.“ Auch Gottlob Frege, einer der Väter der modernen Logik, schrieb 1918, es sei „wahrscheinlich, dass der Inhalt des Wortes ‚wahr‘ ... undefinierbar ist.“ Wie verhält sich die Naturwissenschaft heute zu Pilatus‘ abgründiger Frage?

Ziel der Naturwissenschaften ist es, die uns umgebende Welt zu erkennen. Das heißt, Aussagen über die Wirklichkeit zu gewinnen und sie in Form von Beobachtungen und Gesetzen abzubilden. Diese *Aussagen* und *Abbildungen* bezeichnen wir als wahr, wenn sie mit der widerspiegelten Realität übereinstimmen. Sie sind subjektiv und nicht identisch mit der objektiven materiellen Realität. Deshalb handelt es sich beim

Verhältnis zwischen Abbild und Wirklichkeit nicht um einen einfachen Isomorphismus.

Woran messen wir Wahrheit?

Wie prüfen wir, ob unsere Erkenntnisse mit der Realität übereinstimmen? Für

»Für einen Naturwissenschaftler ist das wichtigste Wahrheitskriterium der Test seiner Ideen an der Realität, insbesondere durch das Experiment.«

einen Naturwissenschaftler ist das wichtigste *Wahrheitskriterium* der Test seiner Ideen an der Realität, insbesondere durch das *Experiment*. Ein wesentlicher Begründer der naturwissenschaftlichen Methode ist Galilei. In seinen ‚Discorsi‘ bezweifelt er 1638, dass Aristoteles je getestet hat, ob ein schwerer Stein schneller fällt als ein leichter, und beschreibt die Experimente, aufgrund derer er sein Fallgesetz formulierte.

In diesem Sinne fordert Karl Marx in seiner zweiten Feuerbach-These: „Die Frage, ob dem menschlichen Denken gegenständliche Wahrheit zukomme – ist keine Frage der Theorie, sondern eine praktische Frage. In der Praxis muss der Mensch die Wahrheit ... seines Denkens beweisen.“ Auch Max Born, einer der Begründer der Quantentheorie, riet zu Realismus: „My advice is not to rely on abstract reason, but to decipher the

secret language of Nature from Nature’s documents, the facts of experience“.

Wahrheitskriterien

Du sollst Dir kein Bild machen, fordert eines der Zehn Gebote. Die Bilder, die wir uns von der Wirklichkeit machen, bergen immer die Gefahr in sich, nicht alle Aspekte der Realität korrekt wiederzugeben. So kursieren viele falsche Bilder vom Higgs-Feld als Verursacher der Masse im Universum. Dazu gehört das Bild einer sirupartigen Substanz. Es ist falsch, weil Masse Widerstand gegen Beschleunigung und nicht gegen Bewegung ist. Astrophysiker kombinieren häufig in einem Bild Messungen kosmischer Objekte mit Computersimulationen und vermischen so Realität und Simulation.

Ein zweites Wahrheitskriterium betrifft nicht das Verhältnis der Aussagen zur Wirklichkeit, sondern ihre *innere Konsistenz*. Sie sollen in sich logisch und *widerspruchsfrei* sein. Gödels Arbeiten zur Unentscheidbarkeit von Aussagen in hinreichend komplexen Systemen garantieren die Offenheit von Aussagensystemen und schließen endgültige und absolute Wahrheiten und Theorien aus.

Neben externer *Überprüfbarkeit* und innerer *Konsistenz* sind weitere Wahrheitskriterien *Einfachheit*, *Vorhersagekraft* sowie *Konsistenz* mit anderem Wissen. Nicht immer erfüllt eine Theorie alle Kriterien gleichermaßen. So kann man mit dem Universum nicht experimentieren, Darwins Theorie von der Entstehung der Arten macht kaum Vorhersagen, und chaotische Systeme wie Wetter und Klima oder biologische Strukturen können sehr komplex sein. Trotzdem versuchen wir, sie durch einfache Prinzipien zu modellieren.

AUTOR



Professor **Thomas Naumann** leitet die Gruppe Teilchenphysik am Deutschen Elektronen-Synchrotron DESY in Zeuthen.

Wahrheit ist relativ

Unser Wissen ist immer historisch und auf einen beschränkten *Geltungsbe- reich* begrenzt. Betrachtete man über Jahrhunderte Raum und Zeit als absolute Maßstäbe, so wissen wir seit Einstein, dass sie bei hohen Ge- schwindigkeiten und starker Gravitation veränderlich sind. Waren Raum, Zeit und Energie lange kontinuierlich, erwiesen sie sich zum Beginn des 20. Jahrhunderts als quantisiert. Die klassi- sche Mechanik gilt nur für Geschwin- digkeiten klein gegen die Lichtge- schwindigkeit und für Energien groß ge- gen Plancks Wirkungsquantum. Sie ist als Grenzfall in der Relativitäts- und Quantentheorie enthalten und aufgehoben. Die Grenzen unserer Theorien zu erkennen ist häufig bereits der Schlüssel dafür, sie zu überwinden. Die Physik ist Grundlage der Chemie und diese der

Biologie. Auch diese Gebiete sind von- einander abgegrenzt, aber ineinander aufgehoben.

Gesetze sind nicht ehern und in Stein gemeißelt, und Wahrheit ist nie endgültig und ewig. Träumte Laplace im

»Eine wichtige Rolle für den Fortschritt der Wissenschaft spielen der Zweifel und das Bestimmen der Grenzen einer Theorie.«

Rahmen seines Determinismus noch da- von, bei genauem Vorwissen das Verhal- ten klassischer mechanischer Systeme exakt vorhersagen zu können, so ken- nen wir heute die fundamentale Instabi- lität und Nichtvorhersagbarkeit selbst einfacher Vielteilchensysteme.

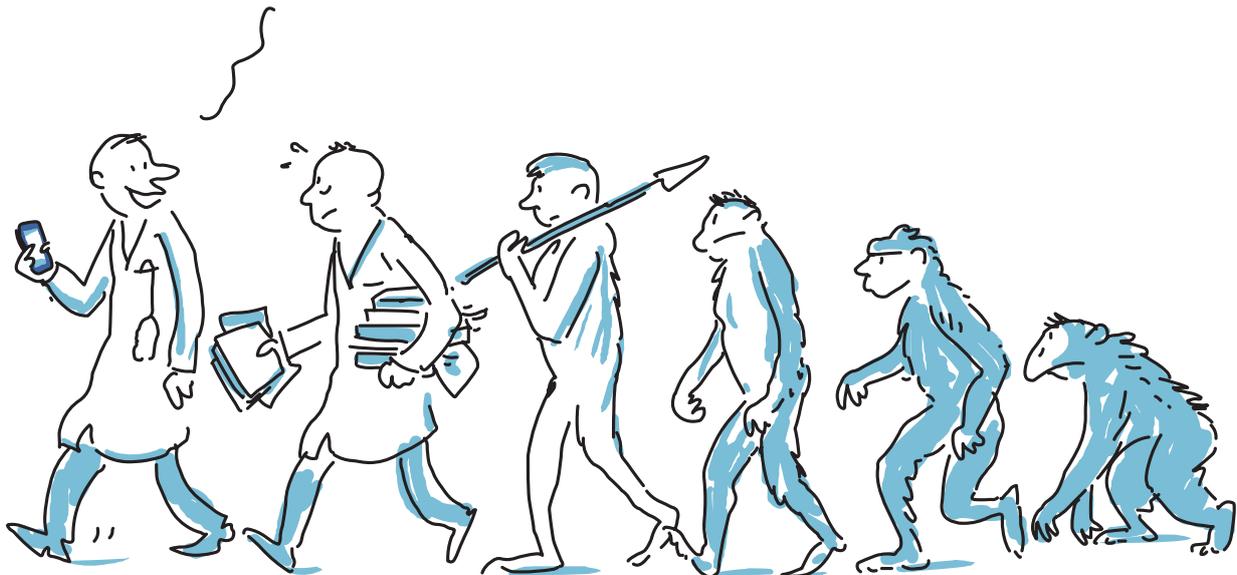
Der Fortschritt der Wissenschaft lebt also wie von Thomas Kuhn beschrieben entscheidend von *Paradigmenwechseln*.

Ausgehend von einer aktuellen relativen Wahrheit gelangen wir zur nächsten tieferen Wahrheit. Nach einem Paradig- menwechsel ist häufig eine Theorie als Grenzfall in der bisherigen Theorie ent- halten und in ihr aufgehoben. So schrei- tet die wissenschaftliche Erkenntnis von einer re- lativen Wahrheit zur nächsten voran – in der Hoffnung, einer voraus- gesetzten absoluten Wahrheit immer näher zu kommen. Gleichzeitig verbreitert und vertieft sich unsere Er- kenntnis.

Eine wichtige Rolle für den Fort- schritt der Wissenschaft spielen der *Zweifel* und das Bestimmen der *Gren- zen* einer Theorie. Nehmen Schwerkraft und elektrische Kraft auch auf größten und kleinsten Distanzen mit dem Qua- drat des Abstandes ab? Haben beide Kräfte unendliche Reichweite, und sind

Anzeige

NA, HERR KOLLEGE?
AUCH SCHON BEI
PUBLISSO?



Das Open-Access-Portal der Lebenswissenschaften

Forschung. Erfolgreich. Publizieren.

ZB MED-Publikationsportal Lebenswissenschaften – www.publisso.de



damit die Quanten von Licht und Gravitation tatsächlich masselos? Breitet sich Licht auch auf kosmologischen Skalen nach den Gesetzen der Relativitätstheorie aus (d.h. gilt die Lorentz-Invarianz)?

Wo immer es möglich ist, *testen* Physiker diese grundlegenden Gesetze, so anhand der erst vor kurzem nachgewiesenen Gravitationswellen oder höchstenergetischer Gammastrahlung. Auch die Konstanz der Naturkonstanten steht auf dem Prüfstand: die Stärke des Elektromagnetismus (die Feinstrukturkonstante) variiert um weniger als 10^{-17} und die der Gravitation um weniger als 10^{-10} pro Jahr. Allerdings haben Teilchenphysiker nachgewiesen, dass sowohl die Stärken der Kräfte als auch die Massen der Elementarteilchen von der Energie abhängen. Konstanten sind also nicht immer konstant!

Des Weiteren verhindern *Unsicherheiten*, dass wir die Wahrheit vollständig erkennen. Deshalb versuchen wir, uns dem wahren Wert einer Messgröße durch bessere Systematik sowie Statistik der Messungen immer weiter anzunähern.

Ein Beispiel ist die Entdeckung des Higgs-Bosons am LHC (Large Hadron Collider) des CERN. Angesichts der vorhandenen Unsicherheiten verkünde-

»Heute gehört die Idee eines Multiversums zu den umstrittensten Hypothesen der modernen Wissenschaft.«

te der Generaldirektor des CERN, Rolf Heuer, am 4. Juli 2012 in einem historischen Kolloquium: „As a layman I would say: I think we have it... We have a discovery. We have observed a new particle consistent with a Higgs boson.“ Die Presse triumphierte: „Sensation! Gottesteilchen entdeckt! Haben Forscher die Entstehung des Universums entschlüsselt?“

Es mussten jedoch noch mehrere Monate Daten genommen werden, bis CERN in einer Pressemitteilung am 14. März 2013 melden konnte: „The new particle is looking more and more like a Higgs boson“. Sogleich kritisierte der „Spiegel“: „Allerdings war in Fachkreisen nicht unumstritten, schon im Juli mit den Ergebnissen an die Öffentlichkeit zu gehen“. Wissenschaftliche Wahrheit lässt sich oft nicht auf eine Schlag-

zeile reduzieren. Unser Wissen ist immer beschränkt, in seiner Genauigkeit wie in seiner Tiefe. Die *Wahrheit ist relativ!*

Expect the Unexpected

Neue Erkenntnisse entstehen auf recht unterschiedliche Art. Die Physik arbeitet häufig aufgrund ihrer präzise gearbeiteten Theorien jahrzehntelang auf

»Wissenschaftliche Wahrheit lässt sich oft nicht auf eine Schlagzeile reduzieren.«

vorhergesagte und *geplante Entdeckungen* hin, die dann tatsächlich gelingen. Dazu gehören das von Pauli 1930 vorhergesagte und nach über 25 Jahren 1956 entdeckte Neutrino, das von Higgs und anderen 1964 vorhergesagte und nach fast 50 Jahren am LHC des CERN entdeckte Higgsteilchen sowie die von Einstein 1916 vorhergesagten und nach 100 Jahren 2015 vom Laser Interferometer LIGO entdeckten Gravitationswellen.

In der Hoffnung, Neues zu entdecken, versuchen Forscher oft, durch verbesserte Messungen (z.B. mit immer empfindlicheren Teleskopen in der Astronomie und Astrophysik) *Fenster in Neuland* aufzustoßen. Es gibt aber auch *unerwartete Entdeckungen*, die häufig völlig neue Wissensgebiete eröffnen. Dazu gehören die Entdeckung der Röntgenstrahlen sowie die Entdeckung der Radioaktivität und des Myons, die die Ära der Kern- und Teilchenphysik einleiteten.

Das Gesetz – die Wahrheit hinter den Dingen

Der Erfolg unserer wissenschaftlichen Methode zur Erkenntnis der Wahrheit beruht auf zwei Voraussetzungen: dass es Gesetze gibt hinter den Erscheinungen und dass wir diese Gesetze erkennen können.

Beide sind Bestandteil des Glaubens eines Wissenschaftlers und Apriori unseres Denkens. Der Glaube an das Gesetz und die Suche nach ihm wurden durch die Geschichte von Gottes Verkündigung der Zehn Gebote eine wichtige Triebkraft des abendländischen Denkens. Existierten nun die in unserer Welt herrschenden Gesetze schon vor ihrer Entstehung im Urknall?

Das Alte Testament beginnt mit der Schöpfungsgeschichte, hebräisch das Buch Bereshit oder ‚im Anfang‘, und sagt, am Anfang herrsche Tohuwabohu oder Chaos. Das Neue Testament hingegen beginnt mit der Offenbarung des Johannes und meint, am Anfang stehe der Logos, das Wort - oder das Gesetz. Hier muss die Erkenntnistheorie die Rolle von Gesetz und Wahrheit sauber definieren.

Heute ist die *Mathematik* die Sprache des Gesetzes. Eine spannende Frage ist, ob wir die Gesetze der Mathematik durch unser

Denken generieren oder sie wie in den Naturwissenschaften entdecken.

Hypothesen

Die erste auf wissenschaftlicher Beobachtung beruhende Atomhypothese formulierte der englische Chemiker John Dalton 1808. Er stellte genau die richtige Frage: Wieso reagieren kontinuierliche Substanzen im Verhältnis ganzer Zahlen? Ein Experiment zur direkten Bestätigung seiner *Hypothese* konnte Dalton allerdings nicht angeben, und es dauerte noch fast ein Jahrhundert, bis der letzte Physiker seinen Widerstand gegen sie aufgegeben hatte.

Heute gehört die Idee eines Multiversums zu den umstrittensten Hypothesen der modernen Wissenschaft. Ihre Befürworter behaupteten nie, eine empirisch gesicherte Theorie entwickelt zu haben. Trotzdem wird ihnen sowohl von Physikern als auch von Philosophen häufig vorgehalten, das Konzept genüge nicht Poppers *Falsifikationsprinzip*.

Wenn wir im Erkenntnisprozess wie bei der Entwicklung des Atombegriffs an die Grenzen unserer Erkenntnis vordringen, ist es legitim und häufig unumgänglich, Hypothesen aufzustellen, ohne sogleich Prozeduren für deren Verifikation oder Falsifikation angeben zu können. Dogmatische Denkverbote wären an dieser Stelle das Ende der Wissenschaft und waren so von Popper nie beabsichtigt.

Atomhypothese, Gravitationswellen, Higgs-Teilchen und Neutrino harrten 2 000, 100, 50 und 25 Jahre ihrer Bestätigung, je nachdem, wie früh die Idee entstand und wie schnell sich die Experimentiertechnik entwickelte. *Ein Wissenschaftler sage nicht niemals!*

Eine Fassung des Beitrags mit Literaturangaben kann bei der Redaktion angefordert werden.