

Wie wissenschaftliche Erkenntnis entsteht –

# Auf der Suche nach Wahr und Unwahr

Gerd Friedrich

**Ziel der Wissenschaft ist es, neue Erkenntnisse zu gewinnen, um die Wirklichkeit möglichst exakt zu beschreiben und Wahr von Unwahr abzugrenzen. Doch jede neue, durch wissenschaftliche Arbeit erzielte Erkenntnis muss bestimmte Kriterien erfüllen, um allgemeine Anerkennung zu finden – allein Behauptungen zu formulieren und als wahr zu propagieren ist unseriös. Ergebnisse müssen beweisbar sein und kritischen Überprüfungen und Reproduktionen standhalten. Für den interessierten Laien ist häufig nicht erkennbar, wie die Experten aus den Wissenschaften zu ihren Einsichten gelangen, warum die einen Studien angezweifelt werden, anderen hingegen vertraut wird. Der Weg der wissenschaftlichen Erkenntnis ist vor allem mit harten Daten gepflastert – er hatte über viele Jahrhunderte aber auch etwas Philosophisches.**

Die Frage nach Wahr und Unwahr ist so alt wie die Wissenschaft selbst, und in den vergangenen Jahrhunderten diskutierten besonders die Philosophen darüber, welcher Pfad letztlich zur Quelle des Wissens führt. Aristoteles sagte, die Sinneswahrnehmung sei der Ausgangspunkt für die Suche nach neuer Erkenntnis, das Wissen selbst resultiere aber aus der Erfahrung. Anhand der Erfahrung würden Vermutungen, Einfälle und Hypothesen auf ihren Wahrheitsgehalt geprüft. Er teilte die Wissenschaft in zwei Zweige ein. Zum einen die theoretische Wissenschaft, die allein auf Erkenntnis ausgerichtet ist, zum anderen die praktische Wissenschaft, deren Ziel es ist, Wissen sinnvoll anzuwenden, um Probleme zu lösen. Aristoteles vertrat die Auffassung, aus einer Beobachtung folge ein Schluss und wenn dieser bewiesen werden könne, so führe er zu einer Definition, also einer allgemeingültigen Aussage.

Doch genau in diesem Schritt vom Schluss zum Beweis liegt ein Problem, das die Erkenntnistheoretiker seit Jahrhunderten umtreibt. Wie soll eine solche Beweisführung ablaufen? Betrachten wir unseren eigenen, alltäglichen Erkenntnisweg, so stellen wir fest, dass wir intuitiv ein altes wissenschaftliches Prinzip anwenden. Wir machen Einzelbeobachtungen, verallgemeinern diese und formulieren daraus eine allgemeingültige Erkenntnis. Wenn wir drei Mal beobachtet haben, dass ein Jugendlicher bei Rot über die Straße geht, schließen wir daraus, dass heutzutage alle Jugendlichen das Rotzeichen der Fußgänger

gerampel ignorieren. Wenn es in fünf Jahren drei Mal keine weiße Weihnachten gegeben hat, folgern wir, dass der Treibhauseffekt dem Schneetreiben im Dezember nun endgültig den Garaus gemacht hat und wir weiße Weihnacht höchstens noch in unserer Erinnerung feiern dürfen.

Dieser Weg, vom Einzelnen auf das Allgemeine zu schließen, wird Induktion genannt und ist noch heute gängige Praxis in vielen Wissenschaftsdisziplinen. Doch an ihr scheiden sich die Geister. „Wissenschaft ist aus Erfahrung abgeleitete Erkenntnis“, sagen die Anhänger des so genannten Induktivismus, und betonen, wissenschaftliche Erkenntnis beruhe in erster Linie auf Induktion.

Kritiker stellen die Induktion in Frage, weil sie allgemeine Aussagen trifft, ohne alle Einzelfälle geprüft zu haben. Es wird also mehr gesagt, als vorab beobachtet wurde. Zwar ist es gestattet, Aussagen über Beobachtungen zu treffen, aber Naturgesetze dürfen nicht daraus erhoben werden. Wer also beobachtet, dass Amsel, Spatz, Taube und Elster fliegen können, darf seine Beobachtung zwar wiedergeben, aber nicht induktiv daraus folgern, dass alle Vögel fliegen können. Das Problem der induktiven Beweisführung ist, dass die daraus gewonnen Erkenntnisse nicht verifizierbar sind. Die Aussage „alle Schwäne sind weiß“ kann durch Induktion aus Einzelbeobachtungen gewonnen werden. Aber sie ist nicht verifizierbar, denn dazu müssten alle Schwäne der Welt beobachtet werden. Per Induktion aufgestellte Definitio-

nen kranken also daran, dass sie nur einen Teil der Realität in die Formulierung einer Hypothese einbeziehen und daraus Sätze allgemeiner Gültigkeit stricken.

Induktionskritiker schlugen einen anderen Weg vor. Der Philosoph Karl Raimund Popper (1902-1994) stellte nicht die Beobachtung an den Beginn einer wissenschaftlichen Erkenntnis, sondern ein Problem. Für die Lösung eines Problems erarbeitet der Wissenschaftler eine Hypothese, die dann ihre Tauglichkeit im Zuge von Überprüfungen beweisen muss. In der Methode der Überprüfung liegt aber der wichtige Unterschied zu den Induktionsverfechtern. Popper war der Ansicht, dass man Hypothesen dadurch prüft, indem man ihren Wahrheitsgehalt der Falsifikation unterzieht, nicht nach Bestätigungen sucht: „Allgemeine Wirklichkeitsaussagen sind empirisch nicht verifizierbar, sondern nur falsifizierbar.“ Angewandt auf die Aussage „alle Vögel können fliegen“ würde Popper diese Hypothese also nicht mit weiteren unzähligen Beispielen von flugfähigen Vogelarten zu bestätigen versuchen, sondern prüfen, ob sie widerlegt werden kann - was mit Strauß, Emu und Kiwi gelingt. „Wissenschaftliche Hypothesen sind nur Arbeitshypothesen“, folgerte Popper aus seinem Falsifikationsprinzip, denn: „sie gelten nur so lange, wie sie Falsifikationsversuchen Stand halten.“ Aussagen, die gar nicht falsifizierbar sind, sind für Popper nicht wissenschaftlich. Die Hypothese „Pflanzen haben ein Bewusstsein“ kann nicht als falsch bewiesen werden, somit ist sie nach Poppers Verständnis unwissenschaftlich. „Insofern sich die Sätze einer Wissenschaft auf die Wirklichkeit beziehen, müssen sie falsifizierbar sein. Sofern sie nicht falsifizierbar sind, beziehen sie sich nicht auf die Wirklichkeit“, so sein Standpunkt.

Popper geht also den umgekehrten Weg als die Anhänger der Induktion vorgeschlagen haben. Er nimmt eine allgemeine Aussage (alle Vögel können fliegen) und wendet diese auf Einzelbeobachtungen, zur

Prüfung von Hypothesen oder zur Lösung eines Problems an. Dieses Vorgehen wird Deduktion genannt. Die Beweisführung erfolgt bei Popper, wie bei den Induktivisten, empirisch: „Allein die Erfahrung kann über die Wahrheit und Falschheit einer Aussage entscheiden“, betonte er. Die Deduktion ist ein wichtiges Instrument, um aus Gesetzen oder Lehrsätzen Prognosen ableiten zu können. Popper: „Eine Hypothese gilt als bewährt, wenn die Prognosen, die aus ihr deduziert werden, verifizierbar sind.“ Wenn sich der Schluss vom Allgemeinen auf den Einzelfall als richtig erweist, dann stimmt auch die Hypothese.

Bereits vor Popper akzeptierten manche Wissenschaftler die Deduktion als einziges Mittel zur Erkenntnisgewinnung. Die Rationalisten René Descartes und Gottfried Leibniz sahen in der Vernunft und in der deduktiven Beweisführung sowohl den Ursprung des Wissens als auch die Methode, um Hypothesen zu überprüfen.

In den modernen Naturwissenschaften greift man beide Prinzipien auf, sowohl der Induktionsschritt als auch die Deduktion werden angewandt. Ausgangspunkt der wissenschaftlichen Arbeit ist eine Hypothese. Diese kann auf Beobachtung beruhen oder aus bereits vorhandenen Theorien abgeleitet sein. Anhand der Hypothese wird eine Vorhersage getroffen, diese wird wiederum durch ein Experiment überprüft. „Pflanzen brauchen für die Photosynthese  $\text{CO}_2$ .“ Aus dieser Aussage könnte gefolgert werden, dass Pflanzen schneller wachsen, wenn der  $\text{CO}_2$ -Gehalt in ihrer unmittelbaren Umgebung erhöht wird. Dieser Schluss muss aber durch geeignete Versuche überprüft werden um gültig zu sein. Das Experiment ist für die Beurteilung der Hypothese entscheidend. Daher muss das Experiment so aufgebaut sein, dass sich aus dem Ergebnis des Experiments grundsätzlich Aussagen über die Hypothese ableiten lassen. Lautet die Hypothese, dass hochfrequente elektromagnetische Felder den Blutdruck des Menschen beeinflussen, so muss der Wissen-

schaftler das experimentelle Design so wählen, dass der hinterfragte Parameter „Blutdruck“ erfasst und die Rahmenbedingung „hochfrequentes elektromagnetisches Feld“ erfüllt ist. Ferner müssen weitere Faktoren, die das Ergebnis verfälschen könnten, ausgeschlossen werden. Ein gestresster Proband könnte die Messung verfälschen. Ursache für seine erhöhten Blutdruckwerte wäre nämlich nicht das elektromagnetische Feld, sondern der von ihm bereits vorab empfundene Stress.

Das Ergebnis des Experiments kann die Hypothese entweder bestätigen oder widerlegen. Wird die Aussage der Hypothese durch das Experiment falsifiziert, muss die Hypothese verworfen werden. Ein seriöser Wissenschaftler würde es akzeptieren, wenn sich seine Hypothese als falsch erwiesen hat. Unter der Voraussetzung, dass die Bedingungen im Experiment sorgfältig gewählt waren, würde er eine widerlegte Hypothese überdenken und neu formulieren. Die Falsifikation kann zu neuen Hypothesen führen, die erneut geprüft werden.

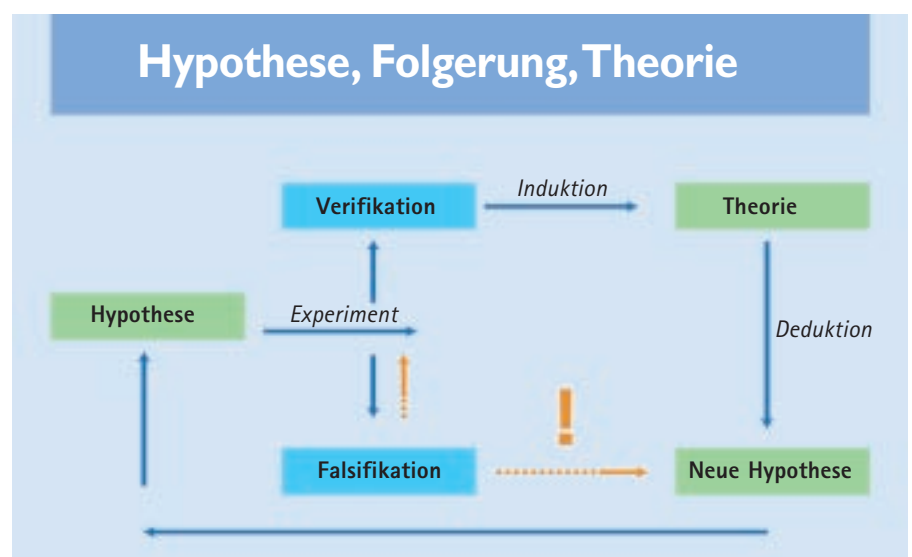
Verifiziert das Experiment die Hypothese, dann ist der nächste Schritt, die neue Erkenntnis im Zuge der Induktion zu erweitern, also zu verallgemeinern. Das Ziel ist, eine allgemeingültige Aussage zu treffen, also bestätigte Hypothesen zu einer Theorie zusammenzufassen. Der Physiologe Ivan Pawlow hat in seinen Experimenten zur klassischen Konditionierung festgestellt, dass ein zunächst wertneutrales akustisches Signal, zum Beispiel ein Glockenschlag, bei Hunden Speichelfluss auslösen kann. Allerdings muss dieses Signal zuvor mit einem unmittelbar Speichelfluss auslösenden Reiz wie Futter gekoppelt werden. Diese klassische Konditionierung ist heute als ein spezieller Lernvorgang, der nicht nur bei Hunden abläuft, allgemein akzeptiert. Doch zunächst durfte Pawlow seine Schlüsse nur auf den Hund anwenden, eine Verallgemeinerung auf alle Tiere wäre falsch gewesen. Auch die Verallgemeinerung, dass alle Lernvor-

gänge auf klassischer Konditionierung beruhen würden, ist unzulässig. Die weiteren Experimente verschiedener Wissenschaftler zeigten, dass klassische Konditionierung zwar ein gängiges Lernprinzip bei Tieren und Menschen ist, aber sie ergründeten noch weitere Lernmechanismen im Komplex „Lernverhalten“. Nach mehrfacher Wiederholung der Experimente und Reproduktion der Ergebnisse an anderen Tierarten konnte die klassische Konditionierung in den Rang der Theorie erhoben werden. Aus dieser Theorie lassen sich dann auf deduktivem Weg neue Hypothesen erarbeiten. Eine neue Hypothese könnte lauten: „Klassische Konditionierung lässt sich in der Mitarbeiterführung positiv einsetzen.“ Diese deduktive Hypothese müsste aber durch geeignete Experimente erst bestätigt werden.

Das Induktionsproblem ist noch heute zu beachten, zum Beispiel bei der Übertragung von Ergebnissen über Artgrenzen hinweg, mit dem Ziel, eine am Tier bestätigte Hypothese auch am Menschen anzuwenden. Wissenschaftliche Ergebnisse vom Tier auf den Menschen zu übertragen ist eine Form der Induktion, da der Geltungsbereich einer Aussage erweitert wird. Jedoch geschieht dies in der Praxis nie ungeprüft, denn die Zulässigkeit der Induktion muss kritisch hinterfragt werden und

bedarf zusätzlicher Experimente. Wenn ethisch vertretbar, werden Versuche am Menschen durchgeführt oder, falls möglich, weitere Befunde zum Vergleich herangezogen. Jedoch hat auch die Forschung Grenzen und somit wird immer ein Risiko bleiben, wenn vom Tier auf den Menschen geschlossen wird. Doch dies liegt in der Natur der Sache, in den experimentellen Wissenschaften gibt es, wie im Leben selbst, kein Nullrisiko.

Die Induktion spielt, obwohl oft kritisiert, eine zentrale Bedeutung in der wissenschaftlichen Forschung und inzwischen gibt es Methoden, mit denen einzelnen Schwächen des Induktionsprinzips begegnet werden kann. Der Schluss vom Einzelfall auf die Gesamtheit gilt als wesentlicher Schwachpunkt der Induktion. Induktive Schlüsse haben zwar immer einen Grad an Wahrscheinlichkeit, aber niemals strenge Gültigkeit. Der Grad der Wahrscheinlichkeit kann aber durch gezielte Planung des Experiments und durch Einsatz geeigneter statistischer Methoden abgeschätzt und auch erhöht werden. Wird die Anzahl der Einflussfaktoren verringert, gewinnt die anschließende Aussage an Exaktheit. Statistische Verfahren sind sowohl für die Versuchsplanung als auch für die Auswertung unverzichtbar. Mit ihnen kann vorab ermittelt werden, wie viele Experimente



durchgeführt oder wie viele Probanden in einer Versuchsreihe eingesetzt werden müssen. Des Weiteren können statistische Verfahren Aufschluss geben, ob ein Ergebnis ein Zufallsprodukt ist oder ob es die Wirklichkeit wiedergibt.

Relevanz gewinnen Forschungsergebnisse auch durch Überprüfung und Vergleich. Die Versuchsbedingungen müssen so gewählt und protokolliert sein, dass die Versuche stets von anderen Personen wiederholt werden können und auch dann die gleichen Ergebnisse erzielt werden. Der Anspruch nach Reproduzierbarkeit sichert die Qualität der wissenschaftlichen Forschung, denn eine Hypothese gilt erst dann als bewiesen, wenn sich die zugehörigen Versuchsergebnisse mehrfach als reproduzierbar und nicht-zufällig erwiesen haben. Vergleichbar sind Ergebnisse dann, wenn sie unter denselben Rahmenbedingungen zustande gekommen sind. Dazu müssen in der Biologie zum Beispiel auch die verwendeten Zelllinien, Medien und alle weiteren relevanten Parameter identisch sein.

Sinnvoll ist, Wissen auf eine breite Basis zu stellen, eine Strategie, die die Forschungsgemeinschaft Funk e.V. seit vielen Jahren erfolgreich umsetzt. Durch Studien in fünf Bereichen, nämlich an Molekülen, Einzelzellen, Zellverbänden, Individuen und in der Epidemiologie wird eine Vielzahl an wissenschaftlichen Daten erzeugt. Alle Versuchsaufbauten, experimentellen Strategien, Messwerte und Schlussfolgerungen werden von Fachleuten kritisch hinterfragt und die Resultate durch Reproduktionsstudien überprüft. Dieser kritische Umgang vor, während und nach einem Forschungsprojekt untermauert die erarbeiteten Ergebnisse und gewährt Relevanz. Ein derart hoher Forschungsstandard ist zwingende Voraussetzung, wenn Wissenschaft als Grundlage für Grenzwerte oder Sicherheitsbestimmungen herangezogen wird. Nur wenn die Methodik ein sicheres Fundament bildet, steht das darauf errichtete Wissensgebäude sicher.

*Gerd Friedrich,  
Forschungsgemeinschaft Funk* ■