Joachim Behnke
Nathalie Behnke

Grundlagen der statistischen Datenanalyse

Eine Einführung für Politikwissenschaftler

LEHRBUCH

GRUNDWISSEN POLITIK

VS VERLAG FÜR SOZIALWISSENSCHAFTEN

CD

Joachim Behnke · Nathalie Behnke

Grundlagen der statistischen Datenanalyse

Grundwissen Politik
Band 41

Begründet von Ulrich von Alemann

Herausgegeben von

Arthur Benz
Susanne Lütz
Georg Simonis

Joachim Behnke
Nathalie Behnke

Grundlagen der statistischen Datenanalyse

Eine Einführung für Politikwissenschaftler

VS VERLAG FÜR SOZIALWISSENSCHAFTEN

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

1. Auflage Mai 2006

Alle Rechte vorbehalten
© VS Verlag für Sozialwissenschaften | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2006

Lektorat: Frank Schindler

Der VS Verlag für Sozialwissenschaften ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media.
www.vs-verlag.de

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg
Druck und buchbinderische Verarbeitung: MercedesDruck, Berlin
Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier
Printed in Germany

ISBN-10 3-531-14576-2
ISBN-13 978-3-531-14576-1

Inhaltsverzeichnis

Vorwort der Reihenherausgeber **9**

Über die Autoren **10**

Einleitung **11**

Teil A: Wissenschaftstheorie

1 Wissen **15**

2 Wahrheit und Wirklichkeit **20**

3 Welt und Sprache **25**

4 Messen **31**

4.1 Nominalskala 35

4.2 Ordinalskala 36

4.3 Intervallskala 37

4.4 Verhältnis- oder Ratioskala 38

4.5 Absolutskala 39

5 Deduktive Logik **43**

5.1 Kurze Einführung in die Aussagenlogik 43

5.2 Venn-Diagramme 49

5.3 Argumente und Argumentformen 53

6 Beweis, Erklärung und Prognose **68**

6.1 Beweis 69

6.2 Erklärung 70

6.3 Prognose 73

7 Induktive Logik und das Induktionsproblem **76**

7.1 Die induktive Logik Bacons und Mills 76

7.2 Humes Formulierung des Induktionsproblems 83

7.3 Beschreiben und Erklären oder das Wesen der Kausalität 85

8 Poppers Theorie der Bewährung von wissenschaftlichen Theorien **88**

9 Probabilistische Hypothesen und die Logik eines statistischen Tests **94**

10 Erklären und Verstehen **101**

Teil B: Statistik

11 Die Urliste, absolute und relative Häufigkeiten **105**

12 Die grafische Darstellung von Häufigkeitsverteilungen **110**

13 Maße zur Beschreibung von Verteilungen ... 123
13.1 Maße der zentralen Tendenz ... 123
13.2 Streuungsmaße ... 130
13.3 Weitere Verteilungsparameter ... 134
13.4 Lorenzkurve und Gini-Koeffizient ... 138

14 Bivariate Zusammenhänge ... 144
14.1 Grafische Darstellung bivariater Zusammenhänge ... 146
14.2 Zusammenhangsmaße für nominalskalierte Variablen ... 150
14.3 Zusammenhangsmaße für ordinalskalierte Variablen ... 169
14.4 Zusammenhangsmaße für intervallskalierte Variablen ... 184

15 Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie ... 195
15.1 Der Wahrscheinlichkeitsbegriff der klassischen Wahrscheinlichkeitstheorie ... 196
15.2 Der Frequentistische Wahrscheinlichkeitsbegriff ... 198
15.3 Die Propensity-Theorie der Wahrscheinlichkeit nach Popper ... 200
15.4 Der Subjektive Wahrscheinlichkeitsbegriff nach Ramsey und de Finetti ... 201
15.5 Pluralistischer Wahrscheinlichkeitsbegriff ... 202

16 Axiome und grundlegende Theoreme der Wahrscheinlichkeitstheorie ... 205
16.1 Die Axiome der Wahrscheinlichkeitstheorie ... 205
16.2 Allgemeines Additionstheorem ... 207
16.3 Bedingte Wahrscheinlichkeit ... 209
16.4 Multiplikationstheorem für die Wahrscheinlichkeit des gemeinsamen Auftretens zweier Ereignisse ... 210
16.5 Satz der totalen Wahrscheinlichkeit ... 211
16.6 Statistische Unabhängigkeit ... 212
16.7 Multiplikationstheorem für die Wahrscheinlichkeit des gemeinsamen Auftretens zweier statistisch unabhängiger Ereignisse ... 214
16.8 Das Theorem von Bayes ... 214

17 Kombinatorik ... 219
17.1 Permutationen ... 220
17.2 Variationen ... 221
17.3 Kombinationen ... 225

18 Die Binomialverteilung ... 229
18.1 Erwartungswert und Varianz der Binomialverteilung ... 235
18.2 Varianz und Standardabweichung von Anteilswerten ... 244

19 Die Normalverteilung ... 248

19.1 Approximation der Binomialverteilung durch die Normalverteilung 252
19.2 Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion und Verteilungsfunktion der Normalverteilung 257

20 Das zentrale Grenzwerttheorem 266

21 Stichprobe und Grundgesamtheit 279

21.1 Schätzung des Mittelwerts einer Grundgesamtheit mit Hilfe von Stichproben 284
21.2 Schätzung der Varianz einer Grundgesamtheit mit Hilfe von Stichproben 289
21.3 Standardnormalverteilung und T-Verteilung.....294
21.4 Das Konfidenzintervall 297

22 Wie "normal" ist die Normalverteilung? 302

23 Die Logik eines statistischen Tests 316

24 Tests auf Unterschiede von Mittelwerten zweier Stichproben 326

24.1 Der T-Test für zwei unabhängige Stichproben.....326
24.2 Der T-Test für zwei abhängige Stichproben.....338

25 Verteilungen, die von der Standardnormalverteilung abgeleitet werden können 344

25.1 Die χ^2-Verteilung.....344
25.2 Die F-Verteilung.....349
25.3 Die T-Verteilung.....354

26 Die einfaktorielle Varianzanalyse 356

27 Der Chi^2-Test.....363

28 Die bivariate lineare Regressionsanalyse.....367

Anhang A: Ausgewählte Quantile theoretischer Verteilungen 381

A1 Z-Verteilung 381
A2 χ^2-Verteilung 383
A3 F-Verteilung.....384
A4 T-Verteilung 388

Anhang B: SPSS-Syntax zu den Beispielrechnungen 389

B1 SPSS- Programm zur Berechnung des Flächenanteils eines Bereichs einer Binomialverteilung.....389
B2 SPSS-Programm zur Simulation von Stichproben 392
B3 Berechnung von 'pid' 394

Literaturverzeichnis.....395

Index 399

Vorwort der Reihenherausgeber

Der vorliegende Band ergänzt die Reihe "Grundwissen" um einen Themenbereich, der dort bislang noch nicht berücksichtigt wurde. Mit einer methodischen Grundlegung statistischer Datenanalyse in der Politikwissenschaft wird hier ein Querschnittsthema aufgegriffen, das auf die allermeisten Teilbereiche der Politikwissenschaft zusehends Anwendung findet. Auch in vielen Bänden dieser Reihe werden Ergebnisse empirischer Forschung in Form von Tabellen, Grafiken oder Kennwerten dargestellt. Mit dieser Art von Information kritisch und kompetent umgehen zu können, ist heute für Politologinnen und Politologen in Forschung und Lehre eine unverzichtbare Voraussetzung. Diese kritische Lesekompetenz wird auch als "Statistical Literacy" bezeichnet.

Dieses Buch vermittelt die "Statistical Literacy", indem es das Konzept der "Grundlagen" sehr wörtlich nimmt. Die Leserinnen und Leser werden an ein echtes Verständnis der Annahmen und Vorgehensweisen in der Statistik herangeführt. Zu diesem Zwecke sind große Teile des Buches der Erläuterung und Einübung theoretischer Grundlagen des statistischen empirischen Arbeitens gewidmet, wie der Messtheorie, der Argumentenlogik oder der Wahrscheinlichkeitstheorie. Die Idee hinter diesem didaktischen Konzept ist, dass ein Verständnis dafür, wie und warum bestimmte Ergebnisse zustande kommen, auch die Kritikfähigkeit an diesen Ergebnissen erhöht. Zugleich ermöglicht ein solches Verständnis auch, über die reine Lesefähigkeit hinaus, eigene statistische Auswertungen problemadäquat durchzuführen. Zwar beschränkt sich der Lehrtext auf wenige für die politikwissenschaftliche Forschung zentrale Verfahren; diese werden aber sehr gründlich eingeführt und geübt. Darauf aufbauend sollten die Leser in der Lage sein, sich mit Hilfe weiterführender Literatur eigenständig weitergehende Kenntnisse anzueignen.

Die beiden Autoren haben dieses Buch aus ihrer eigenen Lehrerfahrung heraus in mehrjähriger Arbeit geschrieben und das didaktische Konzept gezielt für die Bedürfnisse der Politikwissenschaft entwickelt. Die zum Buch gehörige CD erweitert die Möglichkeiten zur autodidaktischen Aneignung der statistischen Verfahren durch eine praxisorientierte Einführung in die Statistik-Software SPSS. Beispiele und vertiefende Exkurse runden das Buch zu einem fundierten und zugleich praxisnahen Lehr- und Nachschlagewerk ab, das für Studierende und Forschende gleichermaßen geeignet ist.

Arthur Benz
Susanne Lütz
Georg Simonis

Über die Autoren

Joachim Behnke, Prof. Dr., geb. 1962; Studium der Kommunikationswissenschaft, Politikwissenschaft und Volkswirtschaftslehre an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Zur Zeit Vertretung der Professur 'Empirische Politikforschung und Politikfeldanalyse' an der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Forschungsschwerpunkte: Rational Choice, Social Choice, Spieltheorie, Wahlsysteme, Wissenschaftstheorie, Empirische und Statistische Methoden

Veröffentlichungen u.a.: mit Nina Baur und Nathalie Behnke (2006): Empirische Methoden der Politikwissenschaft. Paderborn: Schöningh (UTB); (2003) *Überhangmandate: Ein (behebbarer) Makel im institutionellen Design des Wahlsystems.* In: Zeitschrift für Politikwissenschaft, 13; (2002) *Colemans Theorie der Moderne*. In: Carsten Stark / Christian Lahusen (Hg.): *Theorien der Gesellschaft. Einführung in zentrale Paradigmen der soziologischen Gegenwartsanalyse*. München, 37-65; (2001) *Parteineigung als Fakt oder Parteineigung durch Fakten. Der Einfluss von Issues auf das Wahlverhalten.* In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, 53, 521-546;

Nathalie Behnke, Dr. phil., geb. 1973; Studium der Politikwissenschaft an den Universitäten Bamberg und Bologna. Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrgebiet Politikwissenschaft I der FernUniversität Hagen.

Forschungsschwerpunkte: vergleichende Institutionenanalyse, formale Demokratietheorie, Föderalismus, empirische Methoden, Ethik und Korruption

Veröffentlichungen u.a.: (2006) Ethik-Maßnahmen für die öffentliche Verwaltung – Modeerscheinung oder Mauerblümchen? In: Jörg Bogumil / Werner Jann / Frank Nullmeier (Hg.): *Politik und Verwaltung*. PVS-Sonderheft; (2004) *Ethik in Politik und Verwaltung. Entstehung und Funktionen ethischer Normen in Deutschland und den USA*. Baden-Baden. (2002) *A Nolan Committee for the German ethics infrastructure?* In: European Journal of Political Research 51 (5), 675-708

Einleitung

Grundkenntnisse der statistischen Datenanalyse gehören heute in den Curricula der Politikwissenschaft und anderer Sozialwissenschaften zum Standardprogramm. Dies ist eine logische Konsequenz der Entwicklung dieser Disziplinen in den vergangenen Jahrzehnten, in denen das Instrumentarium der quantitativen Forschung immer weiter ausgefeilt wurde, und in denen daher mit Hilfe der quantitativen empirischen Forschung wichtige Erkenntnisse gewonnen werden konnten. Die Wahl- und Einstellungsforschung, der internationale Vergleich makroökonomischer Größen wie Arbeitslosigkeit, Bruttosozialprodoukt oder Lebensstandard, die Demographie oder Politikfeldanalyse sind nur einige Beispiele für die fruchtbare Anwendung quantitativer Daten und deren statistischer Analyse. Die quantitative empirische Forschung mit Hilfe der Statistik ist somit ein wichtiger und verbreiteter Bestandteil des sozialwissenschaftlichen Instrumentariums geworden, die man zumindest passiv, möglichst aber auch aktiv, beherrschen sollte.

Mit dem vorliegenden Buch wollen dieses Grundwissen, aber vor allem ein Grundverständnis vermitteln. Es sollte kein "Kochbuch" werden, nach dem Motto: "Wenn man die Fragestellung XY beantworten will, nehme man 2000 Befragte, 5 Variablen und drei multivariate Analyseverfahren, diese werden gründlich durchgeschüttelt und zwei Stunden lang ausgekocht, dann werden die Ergebnisse mit Salz und Pfeffer gewürzt und dekorativ mit ein paar Basilikumblättchen angeboten." Vielmehr sind wir überzeugt, dass ein echtes *Verständnis* für die Logik sowohl der generellen Vorgehensweise empirischer Forschung als auch einzelner statistischer Verfahren eine notwendige Voraussetzung ist, um vernünftige Ergebnisse empirischer Forschung zu produzieren und diese aufgeklärt zu diskutieren oder zu kritisieren. Deswegen haben wir hier den wissenschaftstheoretischen Grundlagen, der Herleitung von Verfahren, der Erläuterung gedanklicher und historischer Hintergründe und der praktischen Umsetzung sehr viel Platz eingeräumt. Darüber hinaus hoffen wir, mit dem Buch auch den Einen oder die Andere für die Materie zu *interessieren*. Auch wer etwas tiefer bohren will, mehr über das 'was', 'wie' und 'warum' wissen möchte, soll hier auf seine Kosten kommen

Wir verfolgen mit dem Buch also eine dreifache Zielsetzung – die Vermittlung von Grundwissen, von Verständnis und von Interesse. Zu diesem Zwecke haben wir auch bei den Inhalten andere Schwerpunkte gesetzt, als man sie in den meisten anderen Statistikbüchern findet. Den wissenschaftstheoretischen Grundlagen der empirischen Forschung ist der gesamte erste Teil gewidmet. Auch die umfangreiche Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie, die ausführliche Herleitung von Korrelationskoeffizienten und Verteilungsformen ist eher ungewöhnlich. Dafür stellen wir nur wenige Auswertungs- und Testverfahren dar, da wir auch hier wieder der Meinung sind, wenn man erst einmal die Logik eines statistischen Tests verstanden hat, kann man sich in die unterschiedlichen Verfahren leicht selbst einarbeiten.

Die Frage, warum und in welcher Form wir der Statistik eine Einführung in die wissenschaftstheoretischen Grundlagen des empirischen Arbeitens vorangestellt haben, bedarf vielleicht noch einiger Erläuterungen: In der Wissenschaftstheorie wird Forschung, Meta-Reflexion und Theoriebildung über das wissenschaftliche Arbeiten an sich betrieben. Es geht darum, die Prinzipien guten wissenschaftlichen Arbeitens zu beschreiben und zu systematisieren. Dabei verstehen wir wissenschaftliches Arbeiten als die Vorgehensweise, um Erkenntnisse über die Welt zu gewinnen, die in unserer physikalischen, biologischen und sozialen Umwelt besteht. Wie gewinnt man solche Erkenntnisse und wie kann man feststellen, ob sie wahr oder falsch sind? Was bedeutet es überhaupt, wenn man sagt, eine Erkenntnis sei wahr oder falsch? Was sind die Bausteine dieser Erkenntnis und welchen Stellenwert haben sie in der wissenschaftlichen Gemeinschaft? Was versteht man unter Erkenntnis*fortschritt*? Dies sind Fragen, die im Rahmen der Wissenschaftstheorie beantwortet werden.

Auf diese Fragen gibt es natürlich auch eine Menge denkbarer unterschiedlicher Antworten. Dementsprechend gibt es nicht nur die *eine* Wissenschaftstheorie. Vielmehr reklamieren viele wissenschaftliche Disziplinen, und in diesen Disziplinen auch verschiedene Schulen oder Vertreter verschiedener Theorieansätze, eine eigene Wissenschaftstheorie entwickelt zu haben und zu vertreten. So wird beispielsweise häufig die Meinung geäußert, allein der unterschiedliche Forschungsgegenstand mache es erforderlich, ja geradezu logisch zwingend, dass etwa die Naturwissenschaften, die Geisteswissenschaften und die Sozialwissenschaften unterschiedliche Wissenschaftstheorien verwenden. Diese Sichtweise ist durchaus plausibel und wird durch die Forschungspraxis bestätigt. In der Tat entwickelt etwa ein Historiker andere Vorgehensweisen als ein Atomphysiker. Aber auch innerhalb der empirischen Wissenschaften, und selbst innerhalb der empirisch arbeitenden Politikwissenschaft, gibt es Meinungsverschiedenheiten darüber, was als gutes wissenschaftliches Arbeiten anzusehen sei. *Diese Streitigkeiten, so meinen wir, verwechseln aber einen Disput über die Ziele wissenschaftlichen Arbeitens, die Techniken der Erkenntnisgewinnung und die Logik des wissenschaftlichen Argumentierens mit einem Disput über normative Vorentscheidungen und theoretische Standpunkte*. In diesem Sinne sind die Ausführungen zur Wissenschaftstheorie in diesem Buch in der Tat als allgemeine Grundlagen einer empirischen Wissenschaftstheorie zu verstehen. Die Auswahl und der Aufbau der hier vorgestellten Themen folgen aber der Zielsetzung, die wissenschaftstheoretischen Grundlagen speziell für die statistische Datenanalyse zu legen.

Ziel dieses Buches ist es, die grundlegenden Konzepte und Begriffe empirischen wissenschaftlichen Arbeitens mit Hilfe der Statistik zu vermitteln. Zu diesem Zwecke greifen wir vor allem in der Wissenschaftstheorie häufig auf Beispiele aus der Naturwissenschaft zurück. Dies hat einen einfachen Grund: Der Erkenntnisgegenstand der (klassischen) Naturwissenschaft, typischerweise der Mechanik und der Astronomie, ist wesentlich weniger komplex und veränderlich als der der Politikwissenschaft. Es ist einfacher, monokausale Beziehungen zu finden, ein-

zelne Einflussfaktoren experimentell zu isolieren und letztlich zu allgemeingültigen Gesetzen zu kommen, als dies eben möglich ist, wenn man als Forschungsgegenstand politische Akteure, prinzipiell veränderliche Institutionen und Institutionengefüge, Abstimmungsprozesse und individuelle oder komplexe Entscheidungen hat. Im Fall der Politikwissenschaft sind fast alle Gegenstände, die wir untersuchen, multikausal, interdependent und außerdem über die Zeit veränderlich. Zur Illustration und auch zum Verständnis etwa des Konzepts der Messung oder eines logischen Schluss-Schemas ist es daher einfacher, zunächst weniger komplexe Beispiele heranzuziehen, in denen sich wirklich die einzelnen Komponenten isolieren lassen. Wenn Sie also im Text von Spektrometern und Planetenbahnen lesen und sich wundern, was das mit Politikwissenschaft zu tun hat, dann sagen Sie sich, dass Sie sich, wenn Sie das Spektrometer und die Planetenbahn verstanden haben, leichter tun werden, so einen abstrakten Begriff wie Problemlösungskompetenz zu messen oder ein sozialwissenschaftliches Gesetz aufzustellen. Wie die eingeführten Konzepte und Begriffe auf die Politikwissenschaft übertragen werden können, darauf finden Sie im Text immer wieder Hinweise.

Zuletzt noch einige "technische" Hinweise: Neben dem Haupttext enthält das Buch einige Ergänzungen, so etwa den "Experten" und die "Beispiele". Die Experten sind in der Randspalte durch das Symbol des kleinen Professors gekennzeichnet, die Beispiele durch die Glühbirne. Hierbei handelt es sich um Ausführungen, die für die interessierten Leser Ausflüge, Illustrationen, Vertiefungen oder Formalisierungen des Stoffes im Haupttext darstellen. Sie können daher nach Belieben gelesen, durchgearbeitet oder auch übersprungen werden. Eine Liste ausgewählter Literatur am Ende des Buches gibt Hinweise für Vertiefungen und Ergänzungen. Das Buch wird durch eine CD ergänzt. Sie enthält eine Einführung in die Statistik-Software SPSS mit einer Illustration des Programmablaufs. Die Einführung in SPSS ist auf die Beispiele im Lehrtext abgestimmt, so dass Sie auf der CD auch ansehen können, wie Ergebnisse von Analysen, die im Text beschrieben werden, tatsächlich zustande kommen.

(Experte)

(Beispiel)

Dieses Buch ist das Ergebnis einer mehrjährigen Arbeit und vieler Verbesserungsrunden. Für inhaltliche Kommentare danken die Autoren Thorsten Faas sowie denjenigen Studierenden an der FernUniversität in Hagen, die zur ersten Version des Lehrtextes kritische Hinweise gegeben haben, für das Korrekturlesen Sarah Kleyer und Malo Kröning. Christa Bast gilt besonderer Dank für die technische Umsetzung der CD. Malo Kröning sei außerdem herzlich gedankt für die vielen Stunden Mühe, die sich hinter den SPSS-Simulationen verstecken.

Teil A Wissenschaftstheorie

1 Wissen

Individueller und gesellschaftlicher Wissensdrang

Der Mensch, das "nicht festgestellte Tier", wie Nietzsche sagt, unterscheidet sich von allen anderen Lebewesen in erster Linie durch seine Lernfähigkeit. Der Erwerb von Wissen ist und war schon immer für den einzelnen Menschen überlebensnotwendig, der wegen seiner mangelnden Instinkte ansonsten der Natur schutzlos ausgeliefert wäre. Nicht das Wissen ist dem Menschen angeboren, wohl aber die Fähigkeit und, mehr noch, der Drang, Wissen zu erwerben. So entsteht aus dem Wirken des Einzelnen schließlich ein überindividuelles Kulturwissen, das durch Tradition und Sozialisation den nachfolgenden Generationen übermittelt wird.

Wissen ist immer Wissen über die Welt, in der wir leben, und Wissenschaft ist ein System, mit dem versucht wird, diesen Wissenserwerb frei und unabhängig zu machen von den Irrtümern und Trugschlüssen, denen der Einzelne unterliegt.

Definition: Wissenschaft

> Wissenschaft ist ein System von Regeln und Konventionen, über die innerhalb der so genannten 'Scientific community' Konsens besteht. Dieses System vermag zu bestimmen, welche Sätze als adäquate Beschreibungen der Wirklichkeit akzeptiert werden können, sowie welche Sätze zweiter Ordnung man aus diesen Sätzen ableiten darf.

Was im ersten Augenblick vielleicht kompliziert klingen mag, soll kurz näher erläutert werden.

Vorwissenschaftliche Grundlagen der Wissenschaft

Erstens: "Wissenschaft ist ein System von Regeln und Konventionen", d.h., es gibt nicht die Wissenschaft schlechthin, die wissenschaftliche Vorgehensweise ist lediglich eine scheinbar sinnvolle und plausible, die sich im günstigsten Fall durch ihren Erfolg in der Anwendung der gewonnenen Ergebnisse legitimieren kann. Es ist aber grundsätzlich unmöglich, den Charakter der Wissenschaft per se zu begründen. Das ist unmittelbar einleuchtend, da die Maßstäbe, an denen sich die 'richtige' Wissenschaft messen lassen müsste, ihrerseits wieder wissenschaftlich begründungspflichtig wären. Die Grundlagen der Wissenschaft sind also vorwissenschaftlich, sie beruhen auf Übereinstimmung zwischen Fachleuten in Bezug auf Regeln, die als einleuchtend oder selbstevident empfunden werden.

Experte: Wissenschaftliche Erkenntnis

Tatsächlich ist der Prozess, wie er in der Wirklichkeit abläuft, noch etwas komplizierter. Der Begriff der Wissenschaft entwickelt sich auch und gerade erst durch die Praxis, d.h. ein bestimmtes Vorgehen und eine bestimme Methode können in der Regel erst begrün-

det werden, nachdem diese Methode schon lange angewendet wurde. Galilei und Newton z.B. gelten zwar als die Begründer der modernen experimentellen Naturwissenschaft, hatten aber von sich selbst keineswegs das Selbstverständnis eines Naturwissenschaftlers. Newton, der mit den 'Principia Mathematica' 1687 das vermutlich einflussreichste naturwissenschaftliche Buch in der Geschichte der Menschheit veröffentlicht hat, war nicht nur der geniale Mathematiker und Physiker, sondern auch der (weniger geniale) Theologe, der Jurist und der Alchemist. Newtons theologische und alchemistische Schriften übertreffen vom Umfang sein mathematisches Werk bei weitem. Man geht davon aus, dass Newton sich tatsächlich nur ungefähr zehn Jahre seines Lebens schwerpunktmäßig mit Mathematik und Physik beschäftigt hat. John Maynard Keynes (1988: 273) sah Newton daher so: "Newton was not the first of the age of reason. He was the last of the magicians, the last of Babylonians and Sumerians, the last great mind which looked out on the visible and intellectual world with the same eyes as those who began to build our intellectual inheritance rather less than 10 000 years ago."

Ende Experte

Korrespondenzproblem

Zweitens: Welche Sätze dürfen als eine 'adäquate Beschreibung der Wirklichkeit' akzeptiert werden? Damit wird das Grundproblem der empirischen Wissenschaft überhaupt berührt, das so genannte Korrespondenzproblem. Wenn sich zwei Sätze auf denselben Aspekt der Wirklichkeit beziehen und diesbezüglich verschiedene Aussagen machen, muss einer falsch sein. Etwas kann nicht der Fall sein und gleichzeitig nicht der Fall sein (Satz vom Widerspruch). Ziel der empirischen Wissenschaft ist es nun, den falschen bzw. den richtigen Satz herauszufinden. Das Credo des Empirikers lautet daher, dass es möglich ist, eine Tatsache, die sich in der Wirklichkeit ereignet, mit einem sprachlichen Satzgebilde treffend zu beschreiben (auch Mathematik ist eine Sprache). Wie könnte nun die elementarste Form eines Satzes lauten, der einen Aspekt der Welt beschreibt? Dabei handelt es sich wohl um die Zuschreibung einer Eigenschaft zu einem Gegenstand.

Beispiel: "Dieser Gegenstand ist rot."

Aussagen

Sätze, die Tatsachenbehauptungen aufstellen, die also wahr oder falsch sind, bezeichnet man allgemein als Aussagen. Dies ist sinnvoll, um solche Sätze von anderen Sätzen wie Fragen oder Aufforderungen zu unterscheiden. Wenn wir im Folgenden allgemein von Sätzen sprechen, so meinen wir damit Aussagen. Eine Aussage besteht immer aus einem oder mehreren Subjekten, über die etwas ausgesagt wird, und einem oder mehreren Prädikaten, die eine bestimmte Aussage über die Subjekte machen. Subjekte können durch Eigennamen, aber auch durch Zeigerbegriffe wie 'das da' oder – wie in unserem Beispiel – 'dieser Gegenstand' identifiziert werden. Das Prädikat unseres Beispiels ist 'rot sein'.

Sinneserfahrung als rudimentäres Messverfahren

Um über den Wahrheitsgehalt des Beispielsatzes "Dieser Gegenstand ist rot." entscheiden zu können, müssen wir über Verfahren verfügen, die uns erlauben zu sagen, ob dieser Gegenstand rot ist oder nicht. Diese Verfahren nennen wir Messoperationen. Die einfachsten Messverfahren bestehen darin, dass wir die uns unmittelbar zur Verfügung stehenden Sinneserfahrungen heranziehen. Da wir mit einer gewissen Plausibilität davon ausgehen können, dass die Welt so ist, wie wir