

Wolfgang Balzer  
Karl R. Brendel

# Theorie der Wissenschaften



Springer VS

---

# Theorie der Wissenschaften

---

Wolfgang Balzer · Karl R. Brendel

# Theorie der Wissenschaften

 Springer VS

Wolfgang Balzer  
München, Deutschland

Karl R. Brendel  
München, Deutschland

ISBN 978-3-658-21221-6      ISBN 978-3-658-21222-3 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-21222-3>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer VS

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, 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.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Verantwortlich im Verlag: Frank Schindler

Springer VS ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

---

## Vorwort

Dieses Buch handelt von Wissenschaften und Wissenschaftstheorie. Ein Buchprojekt aus diesem Bereich verfolgen wir schon seit 30 Jahren. Allerdings steht die Frage im Raum, ob es sich denn lohnt, ein weiteres Buch zu diesem Thema zu schreiben. Es gibt ja bereits nicht wenige Bücher über Wissenschaftstheorie. Diese konnten in den letzten 30 Jahren allerdings wenig neue Einsichten in das Thema vermitteln. Wir sind überzeugt, dass ein Projekt der hier verfolgten Art von großem Nutzen ist und dass unsere Theorie einen wichtigen Impuls für die Forschung über Wissenschaften geben wird.

Dass sich tatsächlich eine neue Theorie über die Wissenschaften entwickeln könnte, halten wir aber für eher unwahrscheinlich. Auch unsere Theorie stützt sich auf originäre Vorgänger. Der in diesem Buch verfolgte Ansatz entwickelte sich hauptsächlich aus den beiden Werken von Sneed (Sneed, 1971) und Ludwig (Ludwig, 1978), deren zentrale Botschaften aus unserer Sicht langfristig Bestand haben werden. Bei diesen Autoren haben wir erstmals zwei neue, wichtige Einsichten gefunden, die man auf verschiedene Weise formulieren kann. Zuerst kann eine wissenschaftliche Theorie – eine wissenschaftliche Ansicht – nicht nur aus Satzsystemen bestehen, die allgemeine Sachverhalte vermitteln. Des Weiteren sollten bei der Darstellung von Theorien flexible Werkzeuge benutzt werden – und nicht nur die Prädikatenlogik erster Stufe. In einer anderen Formulierung trennen Ludwig und Sneed die allgemeinen von den „konkreten“ Sachverhalten in aller Deutlichkeit. Zur Darstellung von Theorien reichen Modelle alleine nicht aus, „elementare“ Daten oder Fakten spielen eine ebenso wichtige Rolle. Und neben Prädikatenlogik sind Mengenlehre, Wahrscheinlichkeitstheorie und Computersprachen genauso wichtig.

Zwei weitere Einsichten möchten wir in der Darstellung unserer Theorie als grundlegende Komponenten gleichwertig behandeln. Erstens können die Wissenschaften – jedenfalls im Prinzip – nicht mehr nur deterministisch formuliert werden. Sie müssen wahrscheinlichkeitstheoretisch neu durchdacht werden. Zweitens beruht jede wissenschaftliche Theorie auf einer lebendigen Gruppe von Forschern, welche die Inhalte der Theorie durch ihre Überzeugungen und Wissenschaftshandlungen individuell entwickeln

und stützen. Diese Einsichten wurden in der Literatur schon lange diskutiert, aber sie konnten noch nicht mit den bis jetzt verwendeten Komponenten zu einer wirklichen Einheit verschmolzen werden. Wir müssen hier sehen, was die Zukunft bringt.

Uns ist bewusst, dass die in diesem Buch diskutierten Themen „zwischen“ den verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen liegen. Sie betreffen die Natur-, die Sozial- und die Geisteswissenschaften ebenso wie die formalen Disziplinen. Die hier entwickelten Grundmodelle gelten für alle Theorien und alle wissenschaftlichen Fachbereiche. Wenn wir in diesem Buch vor allem naturwissenschaftliche Beispiele einsetzen, ist dies geschichtlich begründet. Bei jedem neuen Wirklichkeitsbereich stehen zu Beginn immer auch einige paradigmatische Beispiele.

Wir möchten aber betonen, dass wir eine ausführliche Darstellung aller Beispiele innerhalb des Buches absichtlich in den Hintergrund gestellt haben. Jedes Beispiel muss nicht nur rekonstruiert sein. Um Interesse für ein Beispiel zu wecken, muss das Umfeld des jeweiligen Fachs kurz beleuchtet werden, aus dem das Beispiel stammt. Dies können wir in diesem Buch nicht leisten. Stattdessen haben wir viele Beispiele auf die eingerichtete Website gestellt,

*www.theory-of-science.com*

die wir auch weiterhin pflegen und erweitern werden. Diese Internet-Ressource enthält neben Übungen zum Text auch weitere Informationen und Vertiefungen, welche den Inhalt dieses Buches ergänzen. Im Buchtext haben wir auf die Beispiele und Ergänzungen an den jeweiligen Stellen mit

(ÜX-Y)

hingewiesen. X bezeichnet dabei den Buchabschnitt und Y die Nummer für die vorgestellte Übung oder Ergänzung. Zusätzlich haben wir auf der Website eine offene Liste von formal rekonstruierten Theorien angelegt, die wir mit der Zeit vervollständigen werden. Eine Liste von weiteren Artikeln oder Texten, die für das Thema des Buches interessant sind, lässt sich dort ebenfalls finden.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird bei Personenbezeichnungen im Folgenden nur die männliche Form verwendet. Im Text sind aber stets Personen männlichen und weiblichen Geschlechts gleichermaßen gemeint.

Viele Anregungen für das Buch haben wir von Solveig Hofmann, Daniel Kurzawe, Klaus Manhart und Joseph Urban erhalten. Informationen zu unseren weiteren Projekten sind auf den folgenden Websites zu finden

*www.munich-simulation-group.org*

*www.balzerprof-unimunich.de.*

Schließlich danken wir Phillio Markou für die vielfältige Unterstützung, Hilfe und Diskussionen.

München, im August 2017

---

# Inhalt

Vorwort .....	V
Einleitung .....	1
1 Grundbestandteile der Wissenschaft .....	7
2 Wissenschaftstheorie .....	17
3 Wechsel zwischen Beschreibungsebenen .....	35
4 Sprachen und Ausdrücke .....	43
5 Begriffe .....	53
6 Modelle .....	65
7 Intendierte Systeme und Faktensammlungen .....	81
8 Wissenschaftlicher Anspruch .....	93
9 Messung .....	109
10 Modellgeleitete Bestimmung .....	123
11 Statistische Bestimmung .....	137
12 Struktur und Invarianz .....	155
13 Entstehung von Theorien .....	173
14 Änderung einer Theorie .....	189
15 Theorienvergleich .....	199
16 Theoriennetze .....	215
17 Eine Theorie der Wissenschaften .....	227
18 Wissenschaftstheorie und Wahrscheinlichkeit .....	251
19 Ausblick .....	269
Literatur .....	277
Glossar .....	283
Sachindex .....	287



# Einleitung

Größere Untersuchungen über die Wissenschaft und über die verschiedenen Wissenschaften begannen erst im letzten Jahrhundert. Warum geschah dies nicht schon früher? Das lag daran, dass die Anzahl von wissenschaftlichen Projekten und damit auch die der Wissenschaftler für systematische Untersuchungen vorher noch nicht ausreichend war. Natürlich haben sich die Menschen schon immer Gedanken zur Bildung von Begriffen, über Äußerungen und deren Anwendungen gemacht. Ob Äußerungen zutreffend oder wahr sind, wurde schon immer diskutiert. Aber erst in der Neuzeit entstanden Verfahren, Techniken und Methoden, um neue Dinge und Prozesse in größerer Zahl zu untersuchen und zu erfinden. Dies hing auch mit der explosionsartig größer werdenden Anzahl von Menschen zusammen. Erst in dieser Zeit wurde es möglich, viele verschiedenartige, wissenschaftliche Projekte systematisch zu vergleichen. Im letzten Jahrhundert entwickelten sich erste „Bewegungen“, die zu Untersuchungen über verschiedene Wissenschaften und auch zu einem neuen wissenschaftlichen Fach, einer neuen *Disziplin* führten.

Wenn eine neue Disziplin entsteht, gibt es am Anfang das Problem der Namensgebung. Dieses Problem, das auch andere Fächer kennen, entsteht aus zwei Gründen. Erstens geht es um Reputation, ökonomische und politische Macht, die sich – unter anderem – durch die Festlegung und Verbreitung eines Namens für etwas Neues ausdrückt. Dies kann zu großem Streit führen. Im Moment werden solche Streitigkeiten oft mit Hilfe des juristischen Begriffs des Markenname (Köhler, 2010) geschlichtet. Ein Markenname will nicht nur etwas bezeichnen; er will auch Wünsche und Gefühle hervorrufen. Zweitens verändern Ausdrücke, die etwas Neues benennen, auch die soziale Realität (Searle, 1995). Diese beiden Probleme treffen auch auf neue, wissenschaftliche Untersuchungen und auf neues Wissen zu. Der Namen für eine neue Disziplin sollte daher mit Bedacht gewählt werden.

Für die in diesem Buch erörterte Disziplin wird im deutschen Sprachraum unter anderem das Wort *Wissenschaftsforschung* verwendet, welches aus unserer Sicht genau das zum Ausdruck bringt, was mit obigen Formulierungen beschrieben wurde.

Das Wort *Wissenschaft* will sagen, dass in normaler Bedeutung vorliegendes oder neues Wissen in eine vereinheitlichende und spezielle Form gebracht wird. Und *Forschung* bedeutet hier, metaphorisch gesprochen, dass der „Boden“, in dem das Wissen liegt, umgefurcht<sup>1</sup> wird, um neues Wissen zu finden und „groß zu ziehen“. In der englischen Sprache wird – unter anderem – der Ausdruck *science research* benutzt, welcher sich ziemlich genau durch *Wissenschaftsforschung* übersetzen lässt.

Wissenschaftsforschung untersucht die Wissenschaft im Allgemeinen und die verschiedenen Wissenschaften im Speziellen. Sie untersucht, beschreibt, verbessert und erklärt den „Gegenstand“ Wissenschaft. In diesem Sinn wird Wissenschaft hauptsächlich als ein historischer Prozess betrachtet. Dieser Prozess benötigt Zeit; er verändert sich ständig – so lange es forschende Menschen gibt. Zu einem bestimmten Zeitpunkt lässt sich der Wissenschaftsprozess auch als ein Zustand dieses Prozesses ansehen. Wenn der Zustand durch dauerhafte Zeichen dargestellt wird, kann die Beschreibung in späteren Zeitpunkten weiter untersucht werden. Der wirkliche Zustand ist vergangen, aber seine Beschreibung existiert weiter. In einem Zustand der Wissenschaft sind bestimmte Fakten oder Hypothesen vorhanden, welche in einem späteren Zustand nicht mehr zu finden sind. Zum Beispiel wird ein Faktum, wie „dieser Wal ist ein Fisch“, heute nicht mehr so benutzt, oder ein Labor wurde geschlossen oder eine Hypothese wurde widerlegt. In einem Zustand der Wissenschaft, der beschrieben wurde, lassen sich Fakten, Hypothesen, Modelle nachlesen, auch wenn einige dieser Fakten, Hypothesen und Modelle nur noch in der Geschichte existieren.

Die Wissenschaftsforschung befasst sich mit dem Prozess der Wissenschaft und damit, wie Menschen und Gesellschaften die Wissenschaft betreiben und voranbringen. Wissenschaftler sind damit beschäftigt, Fakten zu erheben, zu sammeln, zu produzieren und aufzubereiten. Sie konstruieren, verbessern, verwerfen Modelle und prüfen, in welcher Form die Fakten mit den Modellen zusammenpassen. Auf sozialer, technischer, politischer und ökonomischer Ebene untersuchen sie, wie Unterstützung für wissenschaftliche Projekte geleistet oder auch wieder entzogen wird. All dies wird im Rahmen einzelner wissenschaftlicher Disziplinen, aber auch für *die Wissenschaft* im Allgemeinen untersucht.

Aktuell wird Wissenschaftsforschung in heterogener Weise betrieben. Forscher, die Wissenschaften im Allgemeinen untersuchen, sind derzeit über verschiedene Disziplinen verstreut. Wir finden sie zum Beispiel in Philosophie, Soziologie, Politologie, Rechtswissenschaft oder Medizin. Es lassen sich aber zwei Teilbereiche der Wissenschaftsforschung unterscheiden, die sich auch in den gerade genannten

---

1 „Forschen“ kommt etymologisch von „furchen“, was auch mit „umgraben“, oder „pflügen“ ausgedrückt wird.

Fächern nachzeichnen lassen. Im ersten Teilbereich werden menschliche Handlungen beschrieben, die tatsächlich stattfinden. Dazu werden Fakten über Handlungen erhoben. Es wird beschrieben und systematisiert, wie Wissenschaftler, Zulieferer und Finanziers Projekte zusammen durchführen und so schließlich neues Wissen erzeugen. Im zweiten Teilbereich werden Fakten, Alltagswissen und formale, zum Beispiel mathematische Methoden benutzt, um neue Hypothesen und Modelle zu konstruieren. Im ersten Bereich werden erfahrungsbasierte und praktische Methoden verwendet, um Fakten zu erheben, zu sammeln und zu erzeugen; im zweiten Bereich werden theoretische Überlegungen angestellt und Modelle konstruiert.

Theoretische Überlegungen zur Konstruktion von Modellen sind aktuell hauptsächlich der Philosophie und der Informatik, den praktischen Methoden der Soziologie, und dem historischen Material der Wissenschaftsgeschichte zugeordnet. In der Soziologie wird fast immer von Wissenschaftsforschung gesprochen, in der Philosophie immer öfter von Wissenschaftsphilosophie und in der Geschichtswissenschaft von Wissenschaftstheorie.

Eine Unterteilung in praktische und theoretische Bereiche ist auch in anderen Fächern bekannt. In einem Fach bildet sich eine Teildisziplin aus, die sich mehr mit theoretischen, modellbildenden Fragen beschäftigt und eine weitere, die sich auf wirkliche Systeme und ihre Anwendungen spezialisiert. Im ersten Teilgebiet geht es um Begriffs-, Hypothesen- und Modellbildung; im Zweiten um Analyse, Konstruktion und Produktion von wirklichen Dingen und Sachverhalten. Zum Beispiel wird in der Physik der Bereich der experimentellen Physik von der theoretischen Physik unterschieden. In ähnlicher Weise gibt es in der Volkswirtschaft Spezialisten, die Mikro- und Makrodaten über eine Volkswirtschaft erheben und andere, die Modelle entwerfen und an die vorhandenen Fakten anpassen.

Diese Art von Unterscheidung innerhalb einer Disziplin entsteht, wenn die untersuchten Systeme so komplex werden, dass es mit normaler Sprache mühsam wird, verschiedene Modelle in allen Details darzustellen und zu vergleichen. Im theoretischen Bereich einer Disziplin – falls diese den Unterschied kennt – werden Modelle zunehmend mathematisch oder rechnergesteuert formuliert.

In der Wissenschaftsforschung wird der theoretische Bereich als *Wissenschaftstheorie* bezeichnet. Diesen Bereich beschreiben und erklären wir im vorliegenden Buch. Den zweiten Teilbereich der Wissenschaftsforschung, in dem soziale Handlungen, Personengruppen, Organisationen, Institutionen und wissenschaftliche Anwendungen die zentrale Rolle spielen, können wir hier nicht thematisieren.

Das Wort „Wissenschaftstheorie“ verwenden verschiedene Autoren und Forschungsgruppen in unterschiedlichen Bedeutungsvarianten. Philosophen sehen Wissenschaftstheorie als ein Spezialgebiet der Philosophie an; wie bereits erwähnt, wird oft auch von Wissenschaftsphilosophie gesprochen. Naturwissenschaftler be-

trachten Wissenschaftstheorie meist als eine Art von Metatheorie – eine Theorie über Theorien des bestimmten Faches. In den Sozialwissenschaften wird Wissenschaftstheorie meist mit Wissenschaftsforschung gleichgesetzt. In den Lebenswissenschaften wird von Systemtheorie gesprochen, während in der Rechtswissenschaft das Wort Wissenschaftstheorie fast immer philosophisch benutzt wird. In den formalen Fächern wird Wissenschaftstheorie manchmal als ein Teil der Logik angesehen.

Schon in der Philosophie allein finden wir eine Vielzahl von unterschiedlichen Ansätzen zur Wissenschaftstheorie. Bei (Carnap, 1966) geht es allgemein um eine Klärung und Erklärung von Wissensbeständen, bei (Popper, 1966) um logische und sprachliche Strukturen von wissenschaftlichen Sätzen und Satzmengen, bei (Lorenzen, 1987) geht es um eine völlig eindeutige und zirkelfreie Konstruktion von Wissen, bei (Kuhn, 1970) und (Lakatos, 1982) um dynamische Prozesse in der Wissenschaft. In dem heute oft als *Strukturalismus* bezeichneten Ansatz, der von (Sneed, 1971)<sup>2</sup> initiiert wurde, geht es um Klärung von Wissenschaftsbereichen, bei (Kitcher, 1981) um sprachliche Figuren, bei (Cartwright, 1999) um eine Ansammlung von heterogenen Wirklichkeitsausschnitten und ihren Beschreibungen.

Diese Vielfalt vergrößert sich noch durch verschiedene, fachbezogene Wissenschaftstheorien. In der Soziologie gibt es den Sozialkonstruktivismus (Barnes, Henry & Bloor, 1996). Dort wird auch die Systemtheorie als eine Art von Wissenschaftstheorie verwendet, wie dies zum Beispiel in (Luhmann, 1997) wortreich erklärt wird. In der Anthropologie (Lévi-Strauss, 1963) werden Verwandtschaftsbeziehungen strukturell untersucht. In der Biologie gibt es selbsterzeugende und selbstanpassende Systeme (Maturana & Varela, 1980), in der Physik finden wird in (Ludwig, 1978) eine kurze und klar formulierte Wissenschaftstheorie der Physik.

Diese Bedeutungsvarianten finden sich auch in anderen Sprachen wieder. In der englischen Sprache wird von „philosophy of science“, von „science of science“ oder auch von „science research“ gesprochen. Je nach Übersetzung dieser Terme befindet man sich im deutschen Sprachraum in einer anderen wissenschaftlichen Disziplin. „Philosophy of science“ ist ein Spezialgebiet der Philosophie, „science research“ bezeichnet meistens einen Bereich der Soziologie. „Science of science“ wird in verschiedenen Fächern benutzt.

Im vorliegenden Buch wird *Wissenschaftstheorie* als eine Theorie der Wissenschaften beschrieben. Wissensbestände, Wissenschaftsbereiche und Wirklichkeitsausschnitte werden genauer gefasst und erklärt. Als Einstieg können wir

---

2 Autoren, wie (Stegmüller, 1986), (Moulines, 1979), (Gähde, 1983) und viele andere, sind in drei veröffentlichten Literaturlisten (Diederich, Ibarra & Mormann, 1989, 1994) und (Abreu, Lorenzano & Moulines, 2013) zu finden. Auch die Autoren dieses Buches gehören zu dieser Gruppe.

Wissenschaftstheorie kurz so charakterisieren: Es wird hier eine bestimmte Ansicht über realitätsbezogene Wissensbereiche untersucht, standardisiert, beschrieben, bestätigt, erklärt; einige wenige, gut eingeführte Begriffe werden benutzt und die verschiedenen Wissensbereiche werden rekonstruiert. Ein Wissensbereich wird als eine Gesamtheit von einigermaßen klar abgegrenzten Elementen gesehen, welche nicht nur kohärent zusammenpassen, sondern deren Beziehungen auch gut erkannt sind.

Elemente eines Wissensbereichs sind reale Systeme, die als zeitliche Prozesse oder als rein statische Gebilde beschrieben werden. Ein System der hier untersuchten Art baut einen bestimmten Wissensbestand auf, verändert, vergrößert und bewahrt diesen. In einem solchen System finden wir viele verschiedene „Objekte“ und Bestandteile, die beschrieben werden müssen. Da verschiedene Wissensbereiche oft mit unterschiedlichen, sprachlichen Mitteln dargestellt werden, müssen die Beschreibungen je zweier Bereiche homogenisiert, „übersetzt“, *rekonstruiert* werden, so dass die Wissensbereiche *einheitlich* dargestellt werden können. Die Rekonstruktion einer wissenschaftlichen Beschreibung ist oft mühsam. Jedes Wissenselement muss von der Person, die das Element beschreibt, auch *verstanden* werden. Nur so kann eine „Neubeschreibung“ – eine Rekonstruktion – gelingen.

All die vielen Systeme, die in der Wissenschaftstheorie untersucht werden, haben aber eine ähnliche Struktur.

Es scheint zunächst, dass der erörterte Unterschied zwischen Bedeutungsvarianten von Wissenschaftsforschung und Wissenschaftstheorie nicht wirklich wichtig ist. Es zeigt sich aber, dass diese Nebensache direkt ins Zentrum der Wissenschaftstheorie führt. Diese Thematik lässt sich nämlich auch mit den Begriffen der Wissenschaftstheorie selbst in spezieller Weise formulieren. Erstens gibt es viele verschiedene wissenschaftliche Theorien, in denen *Ähnliches* durch ähnliche Begriffe und Formulierungen in verschiedenen Theorien ausgedrückt wird. Zweitens nimmt die Anzahl der Theorien zu. Dies kann zum Beispiel der Fall sein, wenn in einer Theorie ein Teilbereich so komplex wird, dass der Teil selbst auch die Form einer Theorie bekommt. Eine neue Theorie spaltet sich von der bereits vorhandenen ab. Drittens können sich die beiden Theorien überlappen. Auf der einen Seite enthalten beide Theorien Teile voneinander, auf der anderen Seite treten sie in einen gewissen Wettbewerb ein.

Dieser allgemeine Prozess kann direkt auch auf die Wissenschaftstheorie angewendet werden. Die Wissenschaftstheorie war lange Zeit – etwa 2000 Jahre – ein reines Teilgebiet der Philosophie; sie wurde unter die Erkenntnistheorie subsumiert. Inzwischen hat sie sich in verschiedene Felder aufgeteilt, so dass sie einerseits komplexer geworden ist, und andererseits bestimmte philosophische Inhalte nicht mehr diskutiert und untersucht. Aus dem Wissensbereich der Philosophie hat sich

ein Teilgebiet – die Wissenschaftstheorie – entwickelt. In der Wissenschaftstheorie wurden auch schon mehrere Fälle untersucht, in denen sich eine Theorie von einer anderen Theorie abspaltet. Zum Beispiel hat sich vor etwa 200 Jahren die Ökonomie aus der Philosophie entwickelt (Ingrao & Israel, 1990) oder etwa zur selben Zeit die Chemie aus der Physik (Lockemann, 1953). Im Moment befindet sich eine neue Teildisziplin, die wir und andere Autoren *Wissenschaftstheorie* nennen *in statu nascendi*. Wie dieser Bereich in Zukunft heißen wird, wissen wir nicht – und dasselbe gilt auch für den Bereich der Wissenschaftsforschung.



# Grundbestandteile der Wissenschaft

# 1

Alles was in der Welt vorhanden ist und durch Menschen wissenschaftlich untersucht werden kann, lässt sich in einer natürlichen – in diesem Buch: in der deutschen – Sprache durch *Ereignisse* und durch ihre *Beziehungen* ausdrücken (Davidson, 1985), (Suppes, 1984). Ereignisse und Beziehungen werden oft weiter unterteilt, so dass es verschiedene Blickwinkel – Dimensionen – gibt, welche unterschieden werden können. So lassen sich in der Gesamtheit der Ereignisse und der Beziehungen verschiedene lokale, „relative“ Mengen von Ereignissen und Beziehungen als Ebenen oder Dimensionen in die Menge aller Ereignisse einziehen. Neben der Sprache werden auch andere Darstellungsmittel, wie formale Sprachen, Bilder, Filme und Töne verwendet.

Wirkliche Ereignisse können aus anderen Ereignissen zusammengesetzt sein und jede Person kann mehrere Ereignisse gleicher Art als ein neues, zusammengefasstes Ereignis aus einer komplexeren Ebene betrachten. Eine Person kann aus einem Ereignis einen Teil des Ereignisses herausgreifen und diesen als ein anderes Ereignis betrachten. Durch die Sprache lassen sich auch alle Arten von Ereignissen und die dazugehörigen Unterschiede ausdrücken. Oft werden solche Unterschiede aber nicht benutzt, weil sie in einem schnellen und zielführenden Gespräch meist hinderlich sind.

Einige Ereignisse werden durch die Person verinnerlicht und wenn sie öfter wahrgenommen werden, bekommen sie für die Person und auch für eine Gruppe, zu der diese Person gehört, eine neue Form. Wird ein neues Wort in der Gruppe benutzt, wird dadurch eine neue, soziale Realität geschaffen (Searle, 1995), (Tuomela, 2013). Eine Person kann in Gesprächen sofort von einem Ereignis, das sie selbst wahrnimmt oder ihr von anderen mitgeteilt wurde, zu einer *Ereignisart* wechseln, die sprachlich vermittelt ist. Wir nennen Ereignisse ersterer Art *konkrete* Ereignisse und solche letzterer Art *abstrakte* Ereignisse. Arten von Ereignissen werden normalerweise sprachlich ausgedrückt (Ü1-1).

Von einem bestimmten Blickwinkel aus gesehen, kann ein Ereignis selbst wieder als eine Menge von Teilereignissen betrachtet werden. Das Ereignis als Ganzes lässt sich weiter in kleinere Teile zerlegen. Dies kann so weit getrieben werden, bis diese letzten Teile nur noch mit großer Mühe weiter geteilt und beschrieben werden können. Diese zunächst nicht weiter unterteilbaren Komponenten werden *Elemente*, Grundbestandteile, „Urstoff“ genannt. Auf diese Weise kann ein aus Teilereignissen zusammengesetztes Ereignis als eine Menge von Elementen angesehen werden. In der Mengenlehre (Fraenkel, 1961) besteht eine Menge aus Elementen. Ob die Elemente weiter unterteilbar sind oder nicht, spielt dabei theoretisch keine Rolle (Ü1-2).

Eine Beziehung kann innerhalb einer Menge von Ereignissen existieren, so dass sie nur mit Elementen aus dieser Menge zu tun hat, oder sie kann von der Ereignismenge zu einer anderen Ereignismenge führen. Eine Beziehung kann aber auch einfach mit Ereignisarten ausgedrückt werden (Ü1-3).

Elemente und Mengen stehen in der Wissenschaft immer in einer *relativen* Beziehung zueinander. Ein Element aus einer ersten Menge kann wieder eine – allerdings andere – Menge sein. Und eine Menge kann ein Element eines anderen Elementes sein. Dies klingt zunächst etwas verwirrend, aber diese Formulierung beschreibt – wissenschaftlich gesehen – die rationale Strategie des menschlichen Denkens (Ü1-4).

Diese mengentheoretische Herangehensweise entwickelte sich theoretisch erst in den letzten 150 Jahren,<sup>3</sup> nachdem sich in der Wissenschaft zwei neue Theorien etabliert hatten, nämlich die Wahrscheinlichkeitstheorie und die physikalische Relativitätstheorie. Zuvor wurde die Welt in philosophischer Sicht durch Worte wie *Ding*, *Tatsache*, *Eigenschaft* oder *Sachverhalt* beschrieben,<sup>4</sup> während sie nach diesen wissenschaftlichen Neuerungen durch die Begriffe *Ereignis* und *Menge* ausgedrückt wird. Wie sich zeigen wird, lassen sich Dinge, Eigenschaften, Tatsachen, und Sachverhalte mit dem heutigen Begriff des Ereignisses mühelos beschreiben.

Das Wort „Ereignis“ soll sich von „eräugen“, „vor Augen stellen“ oder „sich zeigen“ ableiten. Ob das Wort „Ereignis“ auch etwas mit „eigen, eignen“ zu tun hat, ist zwar nicht bekannt, wir würden es aber nicht ausschließen. Das deutsche Wort „Ereignis“ wird in die englische Sprache bedeutungsgleich mit „event“ übersetzt. Dieser Term wird heute in der Philosophie als Grundbegriff benutzt. Es ist schwer, das Wort „Ereignis“ durch andere, deutsche Wörter oder Ausdrücke bedeutungsgleich zu ersetzen.

---

3 Bei Aristoteles gab es allerdings bereits den Term *Gattung*, den man heute als eine spezielle Art von Menge verstehen kann, zum Beispiel (Aristoteles & Wagner, 2004).

4 Zum Beispiel (Wittgenstein, 1963), (Carnap, 1928).

Einige wichtige Eigenschaften eines Ereignisses sind die folgenden. Ein Ereignis ist einmalig. Jedes Ereignis ist ein Original; es existiert genau einmal im Universum; es ist einzigartig. Viele Versuche, die Welt zu erklären, benutzen andere Worte wie zum Beispiel: Aktion, Ding, Entität, Existierendes, Handlung, Objekt, Prozess, Sachverhalt, Seiendes, System, Tat, Tatsache, Ursache. All diese Worte sind mit Ereignissen und deren Beziehungen und Bedeutungen dicht verwoben.

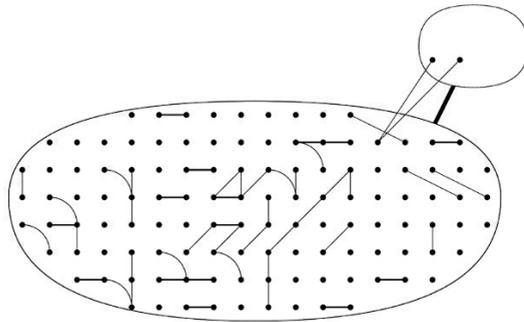
Ein Ereignis hat weiterhin die Eigenschaft, einen zeitlichen Bestandteil zu enthalten. Dies führt zu Prozessen und Systemen, zu Ursache und Wirkung und zu Aktion und Handlung. Auch Prozesse und Systeme, die sich mit der Zeit nicht ändern, werden heute in den Wissenschaften als Grenzfälle von Ereignissen angesehen. Dies gilt ebenso für Dinge. Auch Dinge können unter den vereinheitlichenden Begriff des Ereignisses gebracht werden. Zum Beispiel ist das Ding „dieses hier vor uns stehende Wasserglas“ ein Grenzfall eines Ereignisses, welches aus der Sicht der Beobachter in vielen Zeitpunkten unverändert bleibt. Wir können zum Beispiel in jeder Sekunde ein neues Foto machen und sehen, dass all diese Fotos das Gleiche zeigen. Es ist daher nicht nötig, Dinge, Objekte, Seiendes etc. grundsätzlich von Ereignissen zu unterscheiden, auch wenn sich diese wissenschaftliche Vereinheitlichung in den natürlichen Sprachen noch kaum niederschlägt.

Eine dritte Eigenschaft eines Ereignisses besteht darin, dass Menschen es „besitzen“ oder „sich aneignen“. Wenn zum Beispiel das Ereignis „hier und jetzt geht die Sonne unter“ von keinem einzigen Menschen wahrgenommen wird, ist es schwierig, über dieses Ereignis zu sprechen. Weiterhin muss ein Ereignis normalerweise von mehreren Leuten besessen werden. Wenn „Robinson Crusoe“ nicht sprechen könnte, wäre es schwierig für ihn, ein bestimmtes Ereignis zu internalisieren, „zu besitzen“. Ein zeitlich unveränderliches Ereignis kann eigentlich nur durch eine Personengruppe sprachlich ausgedrückt werden.

Beziehungen zwischen Ereignissen lassen sich in der deutschen Sprache durch Worte ausdrücken, wie: abgrenzen, ähnlich sein, beziehen auf, Element sein, gleichsetzen, in Relation stehen, Teil sein, unterscheiden, verbinden, verursachen. Auch diese Begriffe bilden einen Teil eines engmaschigen Sprachnetzes. Es werden zum Beispiel oft zwei Ursachen abgegrenzt, indem ein Teil der ersten Ursache kein Teil der zweiten Ursache ist – wobei die Ursachen als Ereignisse und genauer als Mengen von Elementen (Teilursachen) angesehen werden. Eine solche Abgrenzung hängt oft davon ab, wie ähnlich sich zwei Teilursachen sind. Zum Beispiel kann man eine Teilursache für eine demokratische Wahl auf verschiedene Weise formulieren. Man kann sagen, dass die Stimme jedes Wählers ohne Zwang und ohne Werbegeschenke abgegeben wird, oder mit anderen Worten, dass der Wähler frei wählen kann. Die beiden Formulierungen können unterschiedliche Teilursachen beschreiben und diese Teilursachen führen oft zu anderen Wahlresultaten.

Einige dieser Aspekte haben wir in Abbildung 1.1 graphisch dargestellt. Eine große, elliptisch geformte Menge enthält Elemente (schwarze Punkte) und einige Beziehungen (Linien) zwischen Elementen dieser Menge. Die Ellipse selbst stellt die Abgrenzung der Menge – ihren Umfang – dar. Genau diejenigen Elemente, die innerhalb der Ellipse liegen, gehören zur Menge dazu. Alle anderen Elemente, die außerhalb der Ellipse liegen, sind *keine* Elemente dieser Menge. Rechts oben sehen wir eine zweite, kleinere Menge, die nur zwei Elemente enthält. Zwischen beiden Mengen ist eine dicke Linie zu sehen, die nicht Elemente, sondern Mengen verbindet.

In Abbildung 1.1 sind fünf verschiedene Arten von Beziehungen zu sehen. Eine Linie von einem Punkt zu einem anderen Punkt kann horizontal, vertikal, diagonal oder gebogen sein. Je nach Form wird dadurch eine andere Beziehung dargestellt. Bei einer fünften Art von Beziehung sind die diagonalen Linien zwischen zwei Punkten länger. Drei weitere, wichtige Aspekte sind zu sehen. Ein Element (ein Punkt) kann in mehreren verschiedenen Beziehungen (Linien) stehen und ein Element kann auch mehrere Beziehungen (Linien) zur selben Art haben. Ellipsen grenzen hier die Mengen der sie enthaltenden Elemente eindeutig vom „Rest“ ab. Dieser Rest besteht aus vielen anderen Mengen und ihren Elementen, die in dieser Abbildung jedoch nur ansatzweise dargestellt sind.



**Abb. 1.1**  
Zwei Mengen mit  
Elementen und  
Beziehungen

Neben der so erörterten Bedeutung von Ereignissen, wird in der Wissenschaft auch eine zweite, komplementäre Bedeutung verwendet. Ereignisse werden zu Ähnlichkeitsklassen oder Äquivalenzklassen von Ereignissen zusammengefasst, die in der Wahrscheinlichkeitstheorie ebenfalls als Ereignisse bezeichnet werden. Wird eine Unterscheidung im Text wichtig, verwenden wir in der normalen, deutschen

Sprachbedeutung das Wort *Ereignis*. Bei wahrscheinlichkeitstheoretischen Überlegungen benutzen wir hingegen das Wort *Zufallereignis*.<sup>5</sup> Diese Unterscheidung drücken wir auch mit den Worten *konkret* und *abstrakt* aus. In einer Diskussion kann es um ein konkretes Ereignis oder um ein abstraktes Ereignis – eine Ereignisart – gehen. In der Wahrscheinlichkeitstheorie werden Zufallereignisse, das heißt Ereignisarten, durch Mengen von konkreten Ereignissen dargestellt. Da diese Unterscheidung nur relativ zu einer gegebenen Situation sinnvoll ist, sprechen wir auch von zwei *mengentheoretischen Ebenen*. In der ersten mengentheoretischen Ebene sind Ereignisse, in der zweiten, mengentheoretisch eine Stufe „höher“ liegenden Ebene, Ereignisarten zu finden. Diese Unterscheidung übertragen wir auch auf die sprachliche Beschreibung einer Situation.

Sowohl Ereignisse als auch Ereignisarten werden beim Menschen schon im Kindesalter erlernt und auseinandergehalten. Ein Ereignis, in dem ein bestimmter *Peter* seine Lebensgefährtin *Petra hier und jetzt sieht*, findet auf der konkreten Ebene statt. Das Wort „sehen“ wird in der deutschen Sprache aber auch für die Beziehung „des Sehens“ im Allgemeinen – als Ereignisart – benutzt. Was bedeutet diese Ereignisart genauer? Wie lässt sie sich mit einem Ereignis wie *Peter sieht Petra hier und jetzt* verbinden? Jedes Kind nimmt konkrete Ereignisse der gleichen Art sehr oft auf ähnliche Weise wahr. Wenn diese Ereignisse für das Kind wichtig sind, merkt es sich diese. Aber als intelligentes Wesen belastet es sich nicht mit vielen verschiedenen, konkreten Ereignissen, Ausprägungen des Sehens, sondern bildet für sich selbst einen neuen abstrakten Begriff, eine Art geistiges Bild, eben eine Ereignisart, welche mit einem eigenen Wort „sehen“ bezeichnet wird.

Zwei Ereignisebenen werden auch bei Beziehungen wichtig, so dass wir auch *Beziehungen* und *Beziehungsarten* unterscheiden. Ein Kind liebt ganz konkret seine Mutter. Es nimmt die Beziehung „des Liebens“ sehr oft selbst wahr. Aus diesen Erfahrungen und vielen anderen, jahrelang aufgebauten, ähnlichen Beziehungen entwickelt sich in der Person nach einiger Zeit die Beziehungsart des Liebens.

In vielen verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen hat sich gezeigt, dass eine Ereignisart auf eine nicht völlig klar umrissene Gesamtheit von Ereignissen, das heißt eine *Menge* von Ereignissen zurückgeführt werden kann. Diese Menge erhält eine bestimmte *Bezeichnung*. Zum Beispiel bezeichnet *Dämmerung* alle Arten von kurzen Perioden, in denen aus Nacht Tag wird. Die Beziehung zwischen *Tag* und *Nacht* und die Beziehungsart *Dämmerung* lassen sich ohne Mühe unterscheiden. All dies lässt sich mit Mengen und Elementen einfach beschreiben. Eine Ereignisart ist

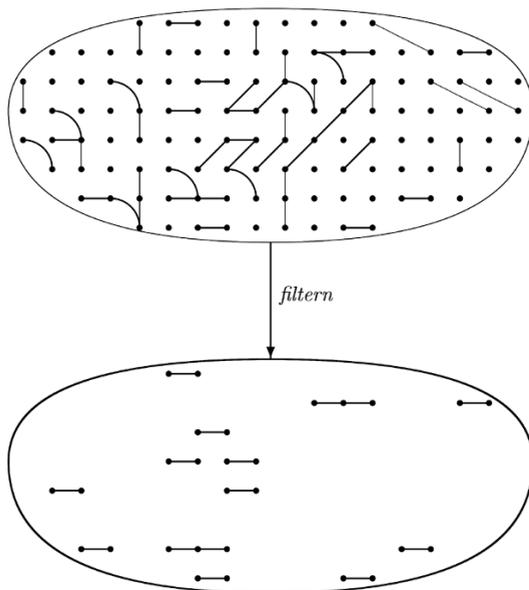
---

5 In der Wahrscheinlichkeitstheorie wird auch von einem *zufälligen Ereignis* (im Englischen von *random event*) gesprochen. Im Englischen wird der Unterschied von Ereignis und Zufallereignis (oder Ereignisart) durch *type* und *token* ausgedrückt (Goodman, 1955).

eine Menge, deren Elemente Ereignisse sind und ähnliches gilt für Beziehungsarten und Beziehungen (Ü1-5).

In Abbildung 1.2 haben wir aus einer gegebenen Menge oben mit ihren Beziehungen nur die als horizontale Linie dargestellte Beziehungsart unten herausgefiltert. Alle anderen Beziehungen *und* auch alle anderen Elemente aus der Menge oben wurden nicht übernommen. Das Resultat ist eine neue Menge, eine *Teilmenge* (Ü1-6), deren Elemente nur mit der horizontal gezeichneten Beziehung verknüpft sind. Die untere Menge stellt als Ganzes explizit die Menge derjenigen Beziehungen dar, welche durch die bestimmte Beziehungsart charakterisiert ist. Zum Beispiel könnten die Linien verschiedene Beziehungen zwischen Personen (Punkten) sein und die horizontal gezeichneten Linien wären zum Beispiel Beziehungen, bei denen sich zwei Personen begrüßen. Die Ereignisse des Begrüßens sind in der unten dargestellten Menge herausgefiltert. Die untere Menge stellt die Beziehungsart des Begrüßens dar.

Unter die Beziehungen lassen sich auch die *Eigenschaften* subsumieren, auch wenn dies der deutschen Alltagssprache etwas zuwiderläuft. Eine Eigenschaft eines bestimmten Objekts bezieht sich nur auf dieses Objekt. Ob andere Dinge, Ereignisse, Mengen etc. existieren oder mit dem Objekt in Beziehung stehen, ist für die Eigenschaft des Objektes meist irrelevant. Wenn eine solche Eigenschaft in einem



**Abb. 1.2**

Eine Beziehungsart wird herausgefiltert

Gespräch interessant wird, kann auch der Beobachter ins Spiel kommen – eventuell ist der Beobachter und Gesprächspartner selbst das hier diskutierte Objekt.

Auch eine Eigenschaft kann auf zwei Ebenen betrachtet werden. Sie kann einem konkreten Ereignis anhaften, sie kann aber auch nur zu einer Ereignisart gehören. Normalerweise findet der Beobachter viele ähnliche Ereignisse, die dieselbe Eigenschaft haben (Ü1-7). Zum Beispiel ist eine Person im Vergleich zu anderen Personen schön, auch wenn diese Eigenschaft in einem normalen Gespräch nur auf eine bestimmte Person zutrifft.

In den Wissenschaften wird eine Eigenschaft extensional durch eine Menge dargestellt. Diese Menge enthält genau diejenigen Elemente, die diese Eigenschaft haben. Alle anderen Elemente werden nicht zu dieser Menge gerechnet. In der Wissenschaft wird eine Eigenschaft oft als eine Menge von Ereignissen verstanden. Die Ereignisse aus einer solchen Menge haben in einer bestimmten Situation gerade diese Eigenschaft.

Eine Eigenschaft lässt sich durch spezielle Ereignisse weiter analysieren, zum Beispiel durch *Prozesse*, die in den Ereignissen stattfinden, oder durch *Bestandteile* oder *Komponenten*, die in den Ereignissen zu finden sind. Ein Prozess ist ein spezielles Ereignis, welches zumindest die Eigenschaft hat, sich mit der Zeit zu ändern. Ob weitere Eigenschaften für Prozesse wesentlich sind, führt häufig zu kontrovers geführten Diskussionen. Soll zum Beispiel ein Prozess immer einen Anfang haben? Ein Prozess lässt sich in Zeitabschnitte einteilen, die zusammengenommen den Prozess ausmachen. Eine Komponente ist ein Teil eines Ereignisses, der sich vom „Rest“ des Ereignisses klar trennen lässt. Ein Bestandteil eines Ereignisses lässt sich aus den elementaren Teilen, das heißt aus den Elementen des Ereignisses auf vielfältige Weise konstruieren (Ü1-8).

Ein zentraler Bestandteil eines Prozesses ist der *Zustand* des Prozesses. Ein Zustand kann ein Zeitabschnitt des Prozesses sein, er kann aber auch nur ein Teil eines Zeitabschnittes oder ein Teilprozess sein, der mehrere Zeitpunkte umfasst. Ein Zustand besteht oft aus mehreren Komponenten. Zum Beispiel beschreibt die Ökonomie den Produktionsprozess als eine Folge von *Ist-Zuständen* der Produktion. Solche Zustände werden zum Beispiel in der Buchhaltung durch Kontenbewegungen oder in der Lagerhaltung durch Warenbestände beschrieben. Je nach Beschreibung wird auch die Produktion anders betrachtet. Ein buchhalterischer Prozess ist etwas anderes als ein Produktionsprozess, obwohl beide Prozesse Bestandteile „desselben“ Ereignisses sind. Die Formung einer Dose aus Blech in einer Produktion kann als ein Ereignis begriffen werden, sie wird aber in der Buchhaltung auf andere Weise notiert.

Eine Grenzziehung zwischen Ereignissen, Mengen, Prozessen und Zuständen ist oft schwierig. In Abbildung 1.2 wurden oben die Grenzen klar und eindeutig

gezogen. In Wirklichkeit gestaltet sich die Grenzziehung aber nicht so einfach. In den nicht-formalen Disziplinen ist die Abgrenzung eines Ereignisses oder der Umfang einer Menge von Ereignissen oft nicht genau zu bestimmen. Es gibt bei Mengen sowohl Grenzfälle für Elemente als auch für Beziehungen, in denen auch mit großer Mühe unklar bleibt, ob ein Element oder eine Beziehung zu einer gerade erörterten Menge gehört oder nicht. Genauso kann es Entscheidungsprobleme geben, ob ein Bestandteil eines Ereignisses oder eines Zustandes zum Ereignis hinzugerechnet wird oder nicht.

In den formalen Wissenschaften lässt sich klar definieren, in welchem Sinn zwei Mengen gleich sind. Sie sind gleich, wenn sie dieselben Elemente beinhalten. In den nicht-formalen – empirischen, erfahrungsbasierten – Wissenschaften kann diese Methode des Vergleichs von Mengen aber zu Problemen führen. Wenn ein Element aus einer Menge die Form eines realen Objekts hat, muss untersucht werden, ob eine bestimmte Eigenschaft dieses Objekts zu dieser Menge dazu gehört oder nicht. Dies kann zu langen Diskussionen führen. Gehört zum Beispiel der Himmelskörper, welcher „Pluto“ genannt wird, zur Menge aller Planeten „unseres“ Sonnensystems? Solche Fragen lassen sich durch formale Kriterien („Definitionen“), wie sie in den formalen Wissenschaften verwendet werden, alleine nicht lösen.

Wie wir sehen werden, kann die Abgrenzung einer Menge – und eines Ereignisses – in den empirischen Wissenschaften Schwierigkeiten machen. Wissenschaftstheoretisch gesehen entwickelt jede Disziplin eigene Methoden zur Abgrenzung von Mengen, Ereignissen und Beziehungen. In allen Disziplinen lassen sich aber wahrscheinlichkeitstheoretische und statistische Verfahren anwenden, welche – unter anderem – auch die Bestimmung erlauben, ob ein Element zu einer Menge gehört oder eben nicht. Solche Methoden kommen zur Anwendung, wenn eine Ereignisart viele konkrete Ereignisse umfasst. Da alle Ereignisse einer Ereignisart in einem bestimmten Sinn ähnlich sind, lässt sich durch Beobachtung und Experiment eine Wahrscheinlichkeit ermitteln, die besagt, wie wahrscheinlich es ist, dass ein Ereignis zu dieser Ereignisart gehört oder nicht. Zum Beispiel lässt sich eine Wahrscheinlichkeit bestimmen, die angibt, ob eine gerade stattgefundenene, politische Wahl als eine freie Wahl bezeichnen werden kann.

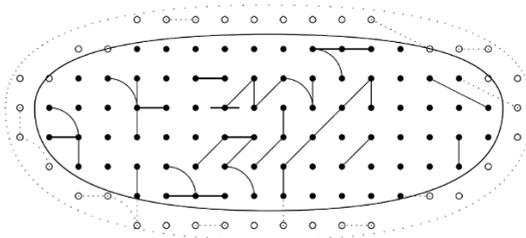
Ohne Wahrscheinlichkeit lässt sich die Abgrenzung einer Menge in den empirischen Disziplinen nur auf ungefähre Weise – *approximativ* – bestimmen. Sie wird „aufgeweicht“ und die Beziehungen zwischen den Elementen der Menge werden *verschmiert*.<sup>6</sup> Auf diese Weise lässt sich wissenschaftstheoretisch klar angeben, wie

---

6 Der Term *Verschmierung* wird in einem für die Wissenschaftstheorie einflussreichen Werk von (Ludwig, 1978) verwendet. In der englischsprachigen und auch in der deutschen Literatur wird von *Approximation* gesprochen.

wahrscheinlich es ist, dass ein Element zu einer gegebenen Menge gehört. Damit wird es möglich, einen *Kern* der Menge anzugeben, dessen Elemente mit Sicherheit zur Menge gehören und einen *Rand* zu bestimmen, in dem ein „Randelement“ nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zur Menge gehört (Ü1-9).

In Abbildung 1.3 sind für eine Menge zwei Abgrenzungen eingezeichnet. Die erste Abgrenzung (eine durchgezogene Ellipse) stellt den Kern der Menge dar. Alle Punkte (Elemente) und Linien (Beziehungen) innerhalb dieses Bereiches sind schwarz eingezeichnet. Die größere, gepunktete Ellipse stellt eine zweite Abgrenzung dar. Innerhalb der gepunkteten Ellipse existieren weitere Elemente und Beziehungen, die als weiße Kreise und als gepunktete Linien eingezeichnet sind. Um den Kern herum gibt es also einen „unsicheren“, möglichen Bereich. Ein Element gehört nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zur Menge dazu und ähnliches gilt auch für die gepunkteten „Randbeziehungen“. Eine Beziehung gehört nicht mehr zum Kern, wenn mindestens ein Element dieser Beziehung nicht zum Kern der Menge gehört (Ü1-10).<sup>7</sup>



**Abb. 1.3**

Kern und Rand  
einer Menge

Diese so skizzierte Sicht der Welt hat sich auch in der Wissenschaftstheorie bemerkbar gemacht. Noch vor 50 Jahren kamen Ereignisse in der Beschreibung einer Theorie nicht vor. Eine Theorie war lediglich eine Menge von Sätzen (Hempel, 1974), die in speziellen Beziehungen stehen. Diese Form werden wir im Folgenden aus zwei Gründen nicht verwenden. Erstens beschäftigen wir uns hier mit wissenschaftlichen Theorien im Allgemeinen. Das heißt unter anderem, dass eine wissenschaftliche Theorie nicht wesentlich von einer natürlichen Sprache abhängen kann. Chinesische und deutsche Wissenschaftler, die sich mit einer bestimmten

<sup>7</sup> Die Unterscheidung zwischen Kern und Rand wurde zuerst in (Lakatos, 1982) bei Untersuchungen von Wissenschaften verwendet. Bei der Entwicklung einer Theorie hat Lakatos einen Kern (*core*) und einen Rand (*belt*) eingeführt.

Theorie befassen, verständigen sich auch ohne ihre jeweiligen Landessprachen zu benutzen. Zweitens lassen sich Ereignisse in Sprachform sowohl durch Sätze als auch durch andere Ausdrücke (wie Terme, Worte oder Phrasen) ausdrücken. Die Beschreibung einer Theorie *nur* durch Sätze, ist heute nicht mehr zeitgemäß. Eine Theorie enthält *gleichwertig* zu Sätzen auch andere Terme. In dem hier verwendeten Ansatz<sup>8</sup> besteht eine Theorie in erster Linie nicht aus einer Menge von Sätzen, sondern aus anderen, nicht-satzartigen Ausdrücken. Diese beschreiben Modelle, mögliche Modelle, intendierte Systeme und andere Entitäten. Nicht nur satzartige Ausdrücke – also Sätze – sondern auch nicht-satzartiger Ausdrücke können Ereignisse beschreiben. Aus wissenschaftstheoretischer Sicht wird der Unterschied zwischen Satz und Wort, der in den letzten Jahrhunderten in Philosophie und Logik zu einer grundsätzlichen Trennung hochstilisiert wurde, weniger zentral.

---

8 (Sneed, 1971), (Stegmüller, 1986), (Balzer, Moulines & Sneed, 1987).



In der Wissenschaftstheorie werden verschiedene Arten von Theorien über „die“ Wissenschaft und über die Wissenschaften formuliert. Das altgriechische Wort *theoria* bedeutet auf Deutsch in erster Annäherung einfach eine Ansicht, eine wissenschaftliche *Betrachtung* (Drosdowski, 1997), eine Darstellung von etwas *anderem*. Eine Theorie besteht also aus zwei Komponenten (Ü2-1). Die erste Komponente ist eine Menge von Systemen, die in der Wirklichkeit zu finden sind, die zweite eine Menge von Modellen (Darstellungen), die solche Systeme abbilden. In der Wissenschaftstheorie ist es inzwischen üblich, zunächst die Modelle zu betrachten und erst in zweiter Linie die wirklichen Systeme. In der Wissenschaft finden sich viele verschiedene Theorien und Ansichten. All diese will die Wissenschaftstheorie untersuchen, beschreiben und erklären. Sie will aber noch mehr. Sie will zusätzlich untersuchen, beschreiben und erklären, was *alle* wissenschaftlichen Theorien zusammenhält, die aktuell von Forschern benutzt werden. Es sollen grundlegende Bestandteile und Eigenschaften untersucht werden, die in allen wissenschaftlichen Ansichten gleichbleiben. Gemeinsamkeiten werden erkannt, die für alle Theorien gelten. Die Wissenschaftstheorie möchte mit anderen Worten möglichst klar formulierte Theorien über alle wissenschaftlichen Ansichten finden: Theorien über wissenschaftliche Theorien. Eine solche Theorie stellen wir in diesem Buch vor.

Die Wissenschaft ist im Wissen der Menschheit begründet. Dieses Wissen wurde und wird durch Menschen gebildet, durch Sprache, Schrift, Bild und andere Medien weitergegeben und bewahrt, und auf verschiedene Weise zu einer Einheit zusammengefügt. Das Wissen der Menschen hat eine lange Geschichte; es existiert vielleicht nur mit der Menschheit zusammen.

Im Laufe der Zeit hat sich das Wissen – statistisch betrachtet – in den meisten Fällen vermehrt. Dies führt dazu, dass eine einzelne Person zu einem bestimmten Zeitpunkt den Gesamtbestand des Wissens nicht mehr überblicken kann. Heute lassen sich zwar bestimmte Teile des Wissens per Internet schnell auffinden, anschauen und anhören, trotzdem ist es für eine einzelne Person so gut wie unmöglich

das ganze Menschheitswissen in sich zu vereinen. Das Wissen wird immer mehr, es wird sowohl spezieller als auch allgemeiner.

Die Untersuchung der Wissenschaft führt zu zwei in die Tiefe führende Schichten, die bis jetzt nicht in einer einheitlichen Ansicht zusammengeführt werden konnten. In der ersten Schicht werden Handlungen, menschliche Überzeugungen, Einstellungen, Ziele, aber auch Gruppen, Organisationen und Institutionen untersucht, die die Wissenschaft am Leben erhalten. In der zweiten Schicht geht es um Beschreibungen und Darstellungen von Resultaten und Methoden der menschlichen, wissenschaftlichen Aktivitäten. All dies wird als Wissen oder auch als *Repräsentation* bezeichnet. In diesem Buch wird aus guten Gründen besonders die Mengenlehre zur Darstellung des Wissens benutzt (Ü2-2), (Ü2-3).

Bei der Untersuchung von Handlungen, Überzeugungen, Zielen etc. entstand das Fach *Psychologie*, welches sich speziell auch mit Forschungshandlung und Wissenschaftshandlung befasst. Institutionell wird die Wissenschaft durch *Soziologie* (Krohn & Küppers, 1987, 1990), *Politologie* und *Rechtswissenschaft* untersucht. In der Soziologie hat sich eine Teildisziplin *Wissenschaftsforschung*, in der Politologie die *Wissenschaftspolitik*, in der Rechtswissenschaft das *Patent-*, *Namens-* und *Markenrecht* etabliert. Die wissenschaftlichen Organisationen und die wirtschaftlichen Aspekte erforscht die *Ökonomie*.

In der zweiten Schicht des Wissens entstand mit der Zeit eine Vielfalt von Theorien (Ansichten), die ganz verschiedene Wirklichkeitsbereiche abbilden. Wissen wird heute hauptsächlich durch Sprache aufbewahrt; es wird mit Ausdrücken *beschrieben*. Spezielle Ausdrücke (nämlich Sätze), die Wissen repräsentieren, werden als *Hypothesen* (Grundsätze, Urteile, Gesetze, etwas *Gesetztes*) bezeichnet. Theorien über Sprachen, Argumentationsformen, Formen überhaupt, über Rhetorik, über materielle Systeme, chemische Systeme, Lebensformen, Medizin und vieles andere mehr, gehören heute zum Wissensbestand. Es gibt Transformationsgrammatiken, logische Systeme, mathematische Theorien, politische Theorien, physikalische, chemische, biologische Theorien, medizinische Theorien und andere mehr.

Diese beiden Schichten sind voneinander nicht unabhängig. Eine Verbindung zwischen Handlung und Wissen ist durch Gruppen von Wissenschaftlern gegeben. Eine Personengruppe unterhält Beziehungen zwischen der Handlungs- und der Repräsentationsebene. Jede Gruppe befasst sich mit einer bestimmten Art von Phänomenen. Zum Beispiel untersucht eine erste Gruppe die Himmelskörper, eine zweite Gruppe erforscht eine bestimmte Art von menschlicher Krankheit. Die erste Gruppe möchte mehr über das Universum wissen, weil dies für die Menschheit in Zukunft wichtig werden könnte; die zweite will die ausgebrochene Krankheit schnell bekämpfen. Die Personen einer Gruppe verfolgen ähnliche Handlungen, Handlungsmuster und Methoden, weil sie ähnliche Ziele – Gruppenziele – haben. Es

ist klar, dass es zwischen einer Handlung und einem Wissensselement (zum Beispiel einem Satz) Beziehungen gibt. Es fehlen aber bis jetzt wissenschaftstheoretische Hypothesen, welche beide Schichten zu einem Ganzen verbinden.

Die Wissenschaftstheorie wird im deutschen Sprachraum bis jetzt entweder als Teil der Philosophie oder als eine wenig bekannte Einzeldisziplin wahrgenommen. Eine Kommunikation zwischen Wissenschaftstheorie und anderen Disziplinen ist kaum zu erkennen. Aus diesen Gründen können wir die menschlichen Handlungsaspekte hier nicht angemessen darstellen, auch wenn wir dies gerne tun würden. Wir konzentrieren uns daher auf die zweite Ebene der Beschreibung von Resultaten und Methoden und erörtern Handlungs- und Gruppenaspekte nur beiläufig.

Die Wissenschaftstheorie untersucht wissenschaftliche Theorien. Abkürzend lassen wir das Adjektiv „wissenschaftlich“ im Weiteren weg und sprechen von nun an einfach von *Theorien*. Theorien bilden die zentralen Objekte, die in der Wissenschaftstheorie untersucht werden. Theorien werden einerseits weiter analysiert und in immer kleinere Bestandteile zerlegt; die Analyse dringt ins Innere einer Theorie weiter vor. Andererseits werden die Beziehungen von Theorien erforscht; das Umfeld einer Theorie wird genauer betrachtet.

Je nachdem zu welcher wissenschaftlichen Disziplin eine Theorie gehört, benutzen Forscher andere Notationen, Darstellungstechniken und Beschreibungsstile. Da die Wissenschaftstheorie viele unterschiedliche Theorien untersucht, müssen verschiedene Theorien zunächst in eine vereinheitlichende Form gebracht werden. Meist führt dies zu einer einfacheren, klareren und vollständigeren Beschreibung der Theorien. Das Resultat einer solchen „Neubeschreibung“ bezeichnet man als *Rekonstruktion* einer Theorie.

Eine Theorie enthält verschiedene Komponenten, die wir nicht alle zugleich einführen möchten. In einem ersten Schritt erörtern wir zunächst drei zentrale Bestandteile einer Theorie, die den „harten Kern“ der Theorie ausmachen: die Mengen der *Modelle*, der *intendierten Systeme* und der *Faktensammlungen* der Theorie. Neben diesen drei Komponenten gibt es vier weitere, zentrale Bestandteile der Theorie, nämlich die *Struktur*, die *Zeitkomponente*, die *Faktenentwicklung* und den *Approximationsapparat* der Theorie. Diese vier Komponenten diskutieren wir erst später genauer. Wir erörtern die Struktur, den abstraktesten Teil einer Theorie, erst in Abschnitt 12. Die Zeitkomponente wird in Abschnitt 17 beschrieben, da sich erst dort der Begriff der Struktur etwas konkreter machen lässt und an Theorien auch exemplifiziert werden kann.

Weitere wichtige Komponenten einer Theorie sind: die Menge der sogenannten *potentiellen Modelle*, die Menge der *möglichen Systeme* und die *Querverbindungen* (auf Englisch: *constraints*). Neben diesen Komponenten gibt es andere Bestandteile, die für eine Theorie zwar wichtig, aber nicht wirklich wesentlichen sind: Begriffe,

Hypothesen, Paradigmen („leitende Beispiele“), Messmethoden und Bestimmungsmethoden, theoretische Terme, Typen, Definitionen und Probleme (Ü2-4). All diese Komponenten werden wir entweder in diesem Abschnitt kurz erörtern oder später in darauf folgenden Abschnitten behandeln.

Eine Theorie wird hier als eine Liste von *Komponenten* beschrieben. Eine Liste ist nicht wahrheitsfähig. Wir können fragen, ob ein Satz wahr ist. Man kann aber nicht sagen, dass eine Liste wahr ist. Allerdings lässt sich untersuchen, ob der Satz „Diese Liste ist eine Theorie“ richtig oder falsch ist. Die Art der Formulierung wie über Theorien gesprochen wird, kann also nicht entscheidend sein.<sup>9</sup>

Wenn weitere Komponenten hinzukommen, bleiben die unverzichtbaren Bestandteile einer Theorie im Wesentlichen unangetastet. Diese Strategie der Darstellung ergibt sich auf natürliche Weise aus den Objekten, die untersucht werden. Im Gegensatz zur Mathematik, in der eine Theorie zuletzt formal nicht mehr verbessert werden kann, bleibt eine empirische Theorie – grundsätzlich immer offen.<sup>10</sup> Wie schon gesagt, betonen wir, dass die Wissenschaftstheorie empirische Ansichten vertritt, Ansichten, die von der Erfahrung geleitet und damit eben Theorien sind. Eine empirische Theorie ist immer kritisierbar; sie kann sich als falsch erweisen.

Oft werden einige Komponenten der Theorie hervorgehoben, so dass die Theorie in bestimmter Weise *idealisiert* dargestellt wird. Die nicht thematisierten Teile werden dann in einer Beschreibung der Theorie oft gar nicht erst weiter erwähnt. Wir schreiben zum Beispiel eine Theorie  $T$  in idealisierter Form

(2.1)  $T = \langle M, I, D \rangle$ , wobei  $M, I, D$  die Mengen der Modelle, der intendierten Systeme und der Faktensammlungen sind.

Wenn es um formale Fragen geht, lassen wir manchmal auch die Komponente  $I$  weg. Soll daran erinnert werden, dass die Theorie auch andere Komponenten enthält, fügen wir manchmal in die Liste, welche die Theorie beschreibt, einfach Auslassungszeichen, wie Punkte, ein, anstatt alle Komponenten explizit aufzuschreiben.

Die Bedeutungen der Komponenten einer Theorie lassen sich ohne weitere Erklärung kaum eindeutig in die Alltagssprache „übersetzen“.

Im Deutschen wird „Modell“ in zwei diametral entgegengesetzten Bedeutungen verwendet. Ein Modell kann ein Objekt sein, welches abgeleuchtet oder abgemalt

---

9 Im Gegensatz zum Beispiel zu (Stegmüller, 1979).

10 In der Physik wird auch von *abgeschlossenen* (physikalischen) Theorien (Heisenberg, 1971) gesprochen. Dieser Unterschied wird aber auf der praktischen, nicht auf der formalen Ebene gemacht.

wird. Zum Beispiel wird das Bild einer Person ins Internet gestellt; die Person ist das Modell. Ein Modell kann aber auch ein Abbild für ein Objekt sein. Zum Beispiel wird eine Weltkugel als Abbild für unseren Planeten benutzt. In diesem Sinn ist das Abbild, die Weltkugel, ein Modell. Im Folgenden bedeutet ein *Modell* immer ein Bild, ein Abbild, eine Repräsentation, eine Darstellung von Etwas, das in der Wirklichkeit zu finden ist. Modelle werden dabei normalerweise durch Sätze – Hypothesen – beschrieben.

Ein *intendiertes System einer Theorie*<sup>11</sup> ist ein System, das eine Gruppe von Wissenschaftlern genauer untersuchen möchte. Ein System ist dabei ein einheitliches, geordnetes Ganzes, das verschiedene „Teile“ zusammenstellt, zusammenfügt, vereinigt oder verknüpft (Drosdowski, 1997). Zum Beispiel gibt es Pendelsysteme, Produktions- und Reproduktionssysteme, politische Systeme, Internetsysteme etc. Das Wort „intendieren“ bedeutet „beabsichtigen“, eine „Einstellung haben“. *Einstein* zum Beispiel beabsichtigte – intendierte – Ideen aus dem Bereich der Wellentheorie auf Raum und Zeit zu übertragen. In der Wissenschaftstheorie hat eine Gruppe von Forschern die Einstellung, ein bestimmtes, reales System jetzt zu untersuchen oder dies in absehbarer Zeit zu tun.

Eine *Faktensammlung* besteht aus einer geordneten Menge von Fakten für ein bestimmtes, intendiertes System. Ein *Faktum* lässt sich auf zwei Arten verstehen. Es kann als ein Element eines intendierten Systems betrachtet werden. Es ist ein wirklich vorhandenes Ereignis (oder ein Objekt oder ein Sachverhalt), welches in der gegebenen Theorie nicht weiter analysiert wird und das auf dieser Betrachtungsebene elementar bleibt. Ein Faktum kann aber auch als ein Ausdruck angesehen werden, der eine in sich abgeschlossene Bedeutung trägt, so dass der Ausdruck ein Ereignis bezeichnet, welches in einem intendierten System auftritt. Wenn wir eine realistische Ausdrucksweise verwenden, betrachten wir ein Faktum als ein wirkliches Ereignis. Wenn wir aber über die Beschreibung eines Ereignisses sprechen, geht es in erster Linie um einen sprachlichen Ausdruck.

Wissenschaftstheoretisch sind Fakten stets Fakten für eine bestimmte Theorie. Ein Faktum einer Theorie stammt aus einem intendierten System dieser Theorie. Da es in einer Theorie normalerweise mehrere intendierte Systeme gibt, werden Fakten, die aus einem einzigen intendierten System stammen, zu einer *Faktensammlung* zusammengefasst. Eine Faktensammlung besteht aus einer meist schon irgendwie

---

11 In der deutschsprachigen Literatur wird meist von *intendierten Anwendungen* gesprochen. In diesem Ausdruck liegt die Hauptbedeutung auf Aspekten des Handelns, was in einem Text zu vielen Assoziationen führen kann, die wir hier nicht aufkommen lassen möchten. Wir verwenden daher im Folgenden den etwas flachen, allgemeinen Term *intendiertes System*.

vorgeordneten und zusammengefassten Menge von Fakten – und aus einem Namen oder einer Bezeichnung für diese Faktensammlung (Ü2-5).

Die Menge der Faktensammlungen ändert sich normalerweise mit der Zeit ziemlich schnell. Dies geschieht vor allem dadurch, dass der Faktensammlung ein weiteres, neues Faktum hinzugefügt wird. Aber auch ein schon vorhandenes Faktum kann geändert oder auch aus der Sammlung entfernt werden. Zum Beispiel wird ein Massewert minimal verändert, weil ein neues, präziseres Messverfahren eingesetzt wird.

Realistisch betrachtet muss bei der Beschreibung einer Theorie auch der Begriff der Zeit verwendet werden. Im Prinzip können wir, wie in Abschnitt 1 erörtert, eine Theorie auch als ein Ereignis betrachten. Eine Theorie als Ereignis hat einen Anfang und ein Ende. Es besteht aus verschiedenen Zuständen, die sich mit der Zeit ändern. Um solche Änderungen, die vor allem auf der Ebene der Fakten stattfinden, auszudrücken, muss ein Bestandteil der Theorie vorhanden sein, der die Entwicklung von Faktensammlungen beschreibt. Diesen Bestandteil bezeichnen wir zusammenfassend als die *Faktenentwicklung der Theorie*. Die Faktenentwicklung enthält neben der Menge  $D$  der Faktensammlungen eine Menge  $Z$  von Zeitpunkten, eine *später als* Relation („ $<$ “) und eine Funktion, die wir Faktengeschichte  $h$  nennen. Die Funktion  $h$  ordnet jedem Zeitpunkt  $z$  eine Menge  $D[z]$  von Faktensammlungen zu: Fakten, die zum Zeitpunkt  $z$  in der Forschergruppe bekannt und intendiert sind. Die Faktenentwicklung hat also folgende Form:  $\langle Z, D, <, h \rangle$ .

Oft werden kleine, zeitliche Veränderungen einer Theorie nicht genauer beschrieben. Die Identität der Theorie bleibt bei kleineren Änderungen gleich. In solchen Untersuchungen werden die Zeit und die Faktengeschichte überhaupt nicht erwähnt. In diesen Fällen wird die Theorie idealisiert dargestellt. Auch wir verfahren in diesem Buch auf diese Weise. Wir möchten aber erwähnen, dass sich ein Idealisierungsprozess mengentheoretisch präzise ausdrücken lässt. Zum Beispiel kann die Menge der Zeitpunkte  $Z$  so schrumpfen, dass die Theorie nur zu einem einzigen Zeitpunkt betrachtet wird.

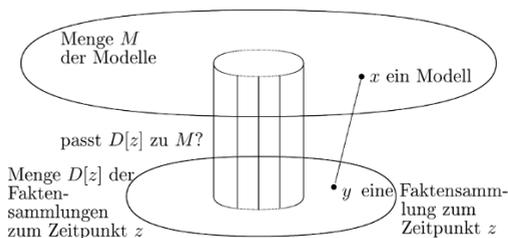
Wir könnten eine Faktensammlung mit einem zugrundeliegenden intendierten System identifizieren. Es gibt aber zwei Argumente, dies nicht zu tun. Erstens besteht eine Faktensammlung nur aus Fakten und damit aus Termen, die mit irgendeiner wissenschaftlichen Methode bestimmt werden und in dem zugehörigen intendierten System vorhanden sind. Bei einem intendierten System dagegen brauchen die Fakten nicht alle explizit in Erscheinung zu treten. Es bleibt offen, wie das intendierte System genau abgegrenzt wird. Anders gesagt kann es für ein intendiertes System auch Ereignisse geben, die nicht wirklich bekannt sind (Ü2-6). Zweitens werden intendierte Systeme oft oder sogar meistens ohne Zeitkomponente

beschrieben. Kleine Veränderungen auf der Faktenebene müssen daher nicht auch zu einer anderen Beschreibung der intendierten Systeme führen.

Zwischen einem Modell und einer Faktensammlung gibt es zu einem gegebenen Zeitpunkt eine zentrale Beziehung, die als *Passung* bezeichnet wird (Ludwig, 1978). Ein Modell *passt zu* einer Faktensammlung zum Zeitpunkt  $z$  – oder nicht. Der Term des Passens wird auch so verallgemeinert, dass er auf Mengen von Modellen und auf Mengen von Faktensammlungen angewendet werden kann.

In idealisierter Form lässt sich das Verhältnis von Modellen und Faktensammlungen einer Theorie wie folgt darstellen. Ein Modell *passt zu* einer Faktensammlung zum Zeitpunkt  $z$ , wenn das Modell der Faktensammlung zum Zeitpunkt  $z$  ähnlich ist. Dies lässt sich auf verschiedene Weise erklären. Grob formuliert, besteht ein Modell aus verschiedenen Objekten und einigen Beziehungen zwischen diesen Objekten, so dass all diese Objekte und Beziehungen durch Hypothesen zusammengehalten und vereinheitlicht werden können. Eine Faktensammlung entwickelt sich aus einem intendierten System, das zum ersten Mal wahrgenommen wird. Die meisten Objekte und Beziehungen, die in diesem System zu finden sind, klären sich im Weiteren erst während der Untersuchung, der „Anwendung“.

Wenn ein neues System wahrgenommen wird, sind nur wenige – oder gar keine – Bestandteile des Systems bekannt. Einige wenige Ereignisse, Objekte oder Sachverhalte aus dem System können identifiziert werden; sie lassen sich direkt begreifen und verstehen. Bei einigen Personen entsteht die Absicht oder Einstellung, das System genauer zu untersuchen. Wir sprechen dann von einem intendierten System. Wenn für dieses System auch ein Gesamtbild – ein Modell – entworfen wurde, lassen sich die einzelnen, am Anfang noch nicht zusammenhängenden Bestandteile theoretisch zu einem Gesamtsystem zusammenfügen. Auf diese Weise entsteht aus dem intendierten System in einem ersten Schritt eine Faktensammlung.



**Abb. 2.1**

Eine Theorie mit Modellen und Faktensammlungen zum Zeitpunkt  $z$