

Heuristik der Theorienbildung

Dietrich Dörner

1. Theorienbilden und Theorienprüfen als wissenschaftliche Tätigkeiten

Die Tätigkeiten in den Wissenschaften lassen sich grob in zwei große Gruppen aufteilen, nämlich in die Tätigkeiten der Theorienprüfung und der Theorienbildung (s. auch Herrmann, Kapitel 6 dieses Bandes, der diese groben Kategorien erheblich ausdifferenziert). Die Verfahren der Theorieprüfung basieren auf logischen Prinzipien, sind daher formalisier- und algorithmisierbar und einer rationalen Diskussion leicht zugänglich. Aus diesem Grunde werden die Verfahren der Theorieprüfung in den Einzelwissenschaften und der Wissenschaftstheorie breit diskutiert, und oftmals wird die Methodik einer Wissenschaft sogar mit dem Instrumentarium zur Theorienprüfung identifiziert.

Mit der Theoriebildung verhält es sich anders. Theorien kommen, so meint Popper (1966, S. 7), aus dem Sumpf des irrationalen, amorphen Bereichs des menschlichen Geistes. Diesen Bereich nennt man oft „Intuition“ und verschleiert mit dieser Taufe eher, daß man über die damit gemeinten geistigen Prozesse nicht viel weiß. Kékulé (Chemieprofessor in Bonn in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, einer der Mitbegründer der theoretischen organischen Chemie) soll die Struktur des Benzolmoleküls geträumt haben. Wie tief der Sumpf ist, aus dem Theorien stammen, kann man schon daraus ersehen, daß mir über die Entdeckung der Struktur des Benzolmoleküls durch Kékulé drei verschiedene Anekdoten bekannt sind, nämlich eine, in der sich die aus dem offenen Kamin in Bogen springenden Funken dem in die Flammen starrenden Kékulé zu Kreisen fügten, eine andere, in der dem Junggesellen Kékulé im Traum eine feurige Schlange erschien, und eine dritte, in der Kékulé auf der Fahrt durch Brüssel ein Kürschneremblem ins Auge fiel, auf dem sechs Äfflein einen Kreis bildeten, indem sie sich an den Händen faßten und dabei die Schwänze nach außen streckten! (Für keine dieser Anekdoten kenne ich die Quellen noch.) Mendelejeff fand die Struktur des Perioden-

Systems der Elemente beim Patiencelegen (s. Sergejew, 1970). Poincaré kam auf die Lösung eines mathematischen Problems, als er während einer Exkursion aus dem Omnibus stieg. Theorien stammen also aus den dunklen und chaotischen Bereichen des menschlichen Geistes, aus der Phantasie, aus dem Traum, dem plötzlichen Einfall, und daher scheint ihre Erzeugung weniger gut rational durchdringbar, formalisierbar und lehrbar zu sein als die Methoden der Theorienprüfung.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, den Sumpf zu drainieren und das Theorienbilden aus den Wissenschaften ganz zu eliminieren oder wenigstens in eine feste Form zu bringen. Ansätze zur Kanonisierung der Theorienbildung findet man schon bei Sir Francis Bacon, der vorschlug, statt zu spekulieren „im Buche der Natur zu lesen“, sich also auf die Beobachtung und - das wäre dann die Theorienbildung - die Generalisierung über die Einzelbeobachtungen zu beschränken. Ganz explizit wird dieses Verfahren im Positivismus von Comte und Mach vorgeschlagen.

Bei Popper (z.B. 1966, S.22) findet man die Tendenz, die Erkenntnistheorie, außer auf die „dogmatische“ Festsetzung der Basissätze (s. Popper 1966, S. 70) auf die „Erkenntnislogik“ der Überprüfung von Theorien zu beschränken und damit den Bereich der Theorienbildung ganz auszuklammern.

Auch wenn man Popper wohl zustimmen muß, wenn er sagt, daß die Tätigkeit des Aufstellens von Theorien „einer logischen Analyse weder fähig noch bedürftig“ sei (Popper, 1966, S. 6), sollte man ihm hinsichtlich der Einschränkung der Erkenntnistheorie auf die logische Überprüfung von Theorien nicht beipflichten. Die Theorienbildung ist in der Psychologie allgegenwärtig, daher sollte man sie nicht einfach im „Sumpf“ stecken lassen. Nicht nur der Forscher in der Psychologie, sondern auch der Praktiker ist ständig mit der Notwendigkeit konfrontiert, Theorien erfinden zu müssen. Welche Aspekte der Familienstruktur mögen wohl dafür verantwortlich sein, daß Frau X so depressiv ist? Oder liegt es gar nicht an der Familie)? Die eine Theorie, die alles erklärt, gibt es in der Psychologie nicht, und so muß man sich, ständig, Theorien neu erfindend, prüfend, revidierend, irgendwie durchwursteln. Wenn das aber so ist, darf man sich in der psychologischen Methodenlehre auf die Prüfmethode nicht beschränken.

Wie gewinnt man Theorien? In der Psychologie ist wohl der naiv-empiristische Gedanke, daß man mit Hilfe der Faktoren- oder Varianz- oder multiplen Regressionsanalyse theoretische Sätze „automatisch“ durch eine Art induktiver Logik aus den Daten gewinnen könne, noch weit verbreitet. Immer noch gibt es „faktorenanalytische Intelligenztheorien“. „Es ist also nicht so, daß wir unsere Erlebnisse sammeln, ordnen und so zur Wissenschaft aufsteigen; oder, wenn wir das mehr ‚formal‘ ausdrücken: daß wir, wenn wir Wissenschaft treiben wollen, zunächst Protokolle sammeln müssen“, meint Popper (1966, S.71) dazu.

Es gibt aber auch jenseits dieser Verfahren eine Reihe von Methoden, die man als Heuristiken für die Theoriengewinnung verwenden kann und üben und lehren sollte. Keineswegs als sichere Methoden auf dem Wege zu Erkenntnis, wohl aber als Hilfsmittel, um mit größerer Wahrscheinlichkeit zum Ziel zu kommen. „Logisch“ sind diese Verfahren bestimmt nicht; eine induktive Erkenntnislogik, die, nach festen Regeln angewendet, Theorien „automatisch“ aus den empirischen Daten gewinnt, kann es nicht geben. Dennoch lassen sich aber Verfahren zum Theorienbildern aufzählen, und man kann über ihre größere oder geringere Geeignetheit in einem bestimmten Fall auch „mit Gründen“, also rational, diskutieren.

Wir wollen uns im nachfolgenden Abschnitt zunächst einmal das Problem des Theorienkonstruktors vor Augen führen. Sodann wollen wir verschiedene Formen der Lösung dieses Problems untersuchen.

2. Die Welt der „schwarzen Kästen“

Stellen Sie sich einen schwarzen Kasten vor. An der Frontseite sehen Sie - sagen wir - acht Lampen. Diese Lampen können in verschiedenen Farben leuchten und zeigen zu einem bestimmten Zeitpunkt eine bestimmte Farbkombination, sagen wir z.B. rot-blau-blau-rot-gelb-grün-blau-gelb. Eine kurze Inspektion des Kastens zeigt, daß diese Farben wechseln können. Manchmal tun sie dies anscheinend „spontan“. Aber man kann die Farbwechsel auch beeinflussen. Es befinden sich nämlich an dem Kasten einige Tasten, sagen wir 10. Betätigt man diese Tasten, so wirkt sich das auf die Lampen aus. Sie wechseln die Farben. Manche Tasten allerdings scheinen ohne Wirkung zu sein.

An sich könnte uns ja dieser schwarze Kasten reichlich gleichgültig sein, wir wollen aber einmal annehmen, daß wir in einer Welt leben, die nur aus schwarzen Kästen besteht. Dann müssen wir herausfinden, wie sie sich verhalten, damit wir mit ihnen kooperieren können. Wir müssen wissen, in welcher Weise der „Output“ (oder die „Reaktionen“) von dem „Tasten-Input“ (oder von den „Reizen“) abhängig sind.

Nun gibt es in unserer Kastenwelt verschiedenartige Kästen. Manche sind sehr groß und weit weg. Ihre Farbkombinationen sind ziemlich stabil. Tasten haben sie nicht, oder diese sind nicht erreichbar. Bei dem einen leuchten die ersten vier Lämpchen rot, die anderen blau. Ein anderer Kasten zeigt die Farbfolge rot-blau-rot-blau-rot-blau-grün-grün, ein dritter gelb-gelb-gelb-rot-gelb-blau-gelb-grün, usw. Manchmal verfällt einer der Kästen in eine Phase hektischer Aktivität und sendet eine chaotisch erscheinende Folge von farbigen Signalen. Dann beruhigt er sich wieder. Nennen wir diese Kästen „Astronomenkästen“.

Da man wissen will, wieso es in der Kastenwelt so geworden ist, wie es ist, müssen sich manche Leute auch mit Kästen befassen, die längst vermodert sind, und von denen nur noch Verhaltensprotokolle existieren. Man weiß aber nicht genau, ob diese Protokolle richtig sind. Meist sind sie auch lückenhaft. Man kennt auch die Tastenbetätigungen nicht genau, die mit dem jeweils protokollierten Farbwechsel verknüpft waren. Die Leute, die sich mit solchen längst vermoderten Kästen befassen, wollen wir „Historiker“ nennen.

Wieder andere Personen befassen sich mit Kästen, die prompt auf Tastenbetätigungen reagieren. Die Tasten sind gut zugänglich und sie haben eindeutige Wirkungen. Auch kann man die Kästen zersägen und die so entstandenen Teilkästen isoliert untersuchen, was die Erforschung der Gesetze, die Input und Output verknüpfen, erheblich erleichtert. Fügt man die Teilkästchen wieder zu einem Gesamtkasten zusammen, so zeigt es sich, daß man die Teilergebnisse verwenden kann, um das Verhalten des Gesamtkastens zu erklären und zu prognostizieren. Die einzelnen Teilkästchen scheinen auch recht homogen zu sein; kennt man einen wirklich genau, so auch alle anderen. Diese Forschungsobjekte wollen wir „Physikerkästen“ nennen.

Andere Forscher sehen sich mit Kästen konfrontiert, die ein verwirrenderes Verhalten zeigen. Manche Tasten-Lämpchen-Kombinationen dieser Kästen verhalten sich so ähnlich wie bei den Kästen der Physiker. Bestimmte Tastenbetätigungen haben bestimmte Veränderungen der Farbkombinationen zur Folge. Aber leider sind auch noch andere Tasten da, deren Betätigung entweder überhaupt nichts ändert, oder die manchmal so und manchmal ganz anders wirken. Taste 3 z.B. schaltet manchmal die Lampe 5 in den Zustand gelb. Manchmal bewirkt aber Taste 3 überhaupt nichts und manchmal tauscht sie anscheinend die Zustände der Lampen 4 und 8 aus. Taste 4 schaltet Lampe 6 nur, wenn Lampe 8 rot leuchtet.

Man hat auch den Eindruck, daß manche Tasten nicht direkt, sondern erst nach einer bestimmten Zeit, also mit Verzögerung wirken. Manche Lämpchen unseres schwarzen Kastens verändern sich anscheinend auch „von selbst“. Verwirrenderweise scheinen bestimmte Tasten auch gar nicht auf den Lampenzustand zu wirken, sondern die Wirkung anderer Tasten zu verändern. Nennen wir diese Kästen „Psychologenkästen“.

Was soll diese Kastenwelt? Sie soll demonstrieren, daß Theorienkonstrukteure vor ziemlich verschiedenen Aufgaben stehen, je nachdem, mit welcher Art von Kästen sie konfrontiert sind. Ehe man also über Theorienbildung redet, sollte man sich darüber klar werden, mit welcher Art von „schwarzem Kasten“ man sich auseinanderzusetzen hat. Davon ist die Art des Vorgehens abhängig. Wenn man Kästen zersägen kann, kann man anders mit ihnen umgehen, als wenn das nicht geht, weil zwischen den Teilkästen Interaktionen vorhanden sind.

Die Tatsache, daß man die „Art des Kastens“ beachten muß, ehe man die Forschungsstrategie festlegt, war bereits Aristoteles klar, wenn er sich fragt, ob man vernünftigerweise beim Studium psychologischer Sachverhalte „von oben“, also vom Ganzen ausgehend, oder „von unten“, also von den Teilen ausgehend, vorgehen sollte. („... Ferner aber, wenn nicht viele Seelen, sondern viele Seelenteile vorhanden sind, ob man zuerst die ganze Seele zu untersuchen hat oder ihre Teile. Schwer ist auch, bei diesen zu bestimmen, welche voneinander unterscheidbar sind, und ob man zuerst die Teile untersuchen muß oder ihre Leistungen; z.B. das Denken oder den denkenden Geist und das Wahrnehmen oder das Wahrnehmungsvermögen ...“. Aristoteles 1986, S. 6).

Bei unseren „Physikerkästen“ stellen sich diese Probleme nicht. Der Physiker (genauer gesagt: der Physiker des vergangenen Jahrhunderts) hat es relativ einfach. Die Tasten seines Kastens haben direkte Wirkungen, man braucht nicht anzunehmen, daß in dem Kasten irgendein verborgenes, eigenaktives Innenleben existiert. Offensichtlich gibt es im Inneren des Kastens nur einen Draht von der Taste direkt zur Lampe. Das Vorgehen des Physikers bei der Erforschung seiner Kästen kann ziemlich einfach sein. Er experimentiert mit seinem Kasten und merkt sich, welche Wirkungen jeweils die Inputs haben, und wenn er es sich nicht merken kann, da der Lämpchen und der Tasten zu viele sind, schreibt er es sich auf. Er kann dann aus seinen Protokollen ablesen, was es mit seinem Kasten auf sich hat. Input a produziert Output 1 - Input b produziert Output 2 - Input c produziert Output 3, usw.

Die Leute mit den Astronomenkästen haben es da schon schwerer. Sie sehen kaum Veränderungen, und sie können auch nicht auf Tasten drücken, trotzdem wollen sie gerne wissen, warum sich Kasten I im Zustand rot-gelb-blau-rot-gelb-blau-grün-grün befindet und Kasten II im Zustand gelb-gelb-gelb-rot-rot-rot-blau-blau. Wie kann man das herauskriegen? Nun, vielleicht sieht man, daß Kasten II doch einen glänzenderen Lack hat und keine abgestoßenen Ecken, also irgendwie „neuer“ aussieht als Kasten I. Also könnte man die Hypothese aufstellen, daß der jeweilige Output altersabhängig ist, und daß auch Kasten II sich einmal, wenn er entsprechend gealtert ist, in dem Zustand befinden wird, den Kasten I jetzt schon hat.

Ziemlich schwierig ist natürlich die Situation der Historiker. Sie müssen zunächst einmal versuchen, herauszubekommen, wie die Protokolle eigentlich „wirklich“ aussehen. Wie soll man da vorgehen? Vielleicht findet man zu dem einen Protokoll, welches man vervollständigen will, ein anderes, welches an der Stelle, wo Protokoll Nr. 1 Lücken hat, keine aufweist. Und wenn man nun annimmt, daß die beiden Protokolle von ähnlichen Kästen stammen, so kann man die Lücken des Protokolls Nr. 1 durch das, was man im Protokoll Nr. 2 vorfindet, auffüllen.

Der Theorienkonstrukteur ist mit einem „schwarzen Kasten“ konfrontiert, und es ist seine Aufgabe, herauszufinden, wie dessen innere Struktur aussieht. Eine allgemeine „Theorie der Theorienbildung“ müßte sich mit allen Arten von Kästen befassen und jeweils angeben, welche Methode der Forschung der jeweiligen „Natur“ des zu erforschenden Kastens am meisten gerecht wird. Eine solche allgemeine Theorie wäre selbstverständlich sehr wünschenswert und sehr reizvoll; wir wollen uns aber zunächst einmal auf die schwarzen Kästen der Psychologen beschränken. Was sollen Psychologen mit ihren verwirrenden Kästen machen?

3. Wie kommt man in das Innere von schwarzen Kästen?

Nach hundert Jahren Existenz einer eigenständigen akademischen Psychologie will es einem zwar nicht mehr so recht von den Lippen, daß die Psychologie eine „junge“ Wissenschaft ist. Dennoch kam sie später als viele andere, und die Versuchung lag nahe, sich der Denkmodelle älterer Wissenschaften zu bedienen. In unserem Kastengleichnis hieße das, daß die Psychologen in der Wissenschaft die Tendenz hatten (oder haben), ihre „Kästen“ so zu betrachten, als wären sie genau so beschaffen, wie die Kästen anderer Wissenschaften. Besonders die Physikerkästen haben auf die Psychologen immer einen so starken Reiz ausgeübt, daß Leahey (1987, S. 25) von einem „Physikneid“ der wissenschaftlich tätigen Psychologen als Berufssyndrom spricht. Die Analogisierung der eigenen „Kästen“ mit denen anderer Wissenschaften ist eine Methode, um in das Innere der Kästen zu gelangen. Es gibt aber noch andere.

Nachfolgend wollen wir über die Methoden sprechen, die man verwenden kann, um das Innenleben von schwarzen Kästen zu studieren. Zunächst soll uns die Form von Theorien interessieren (Abschnitt 3.1), dann wollen wir untersuchen, wie man das Hohlgefäß einer bestimmten Form mit Inhalten füllen kann.

3.1 Die Form der Theorie

Wenn man einen undurchsichtigen schwarzen Kasten hypothetisch mit einem Inhalt füllen soll, so ist es vernünftig, sich zunächst einmal zu überlegen, wie denn die Form oder Struktur dieses Inhalts beschaffen sein soll. Soll man nur einfache Verbindungen von den Tasten zu den Lampen annehmen oder kompliziertere Strukturen?

In der Psychologie gibt es hinsichtlich der Formen von Theorien eine reichhaltige Tradition. Die älteste Auffassung ist wohl die, daß sich im Inneren des schwarzen Kastens etwas „ganz anderes“ befindet. Die Tasten sind der Input-

Rand des Kastens; sie wirken im Inneren auf eine eigenständige, nichtmaterielle Entität, „Seele“ genannt; diese bedient sich einer Reihe von „Vermögen“, um die Inputs in die Outputs umzuwandeln. So etwa Thomas von Aquin, der diese Auffassung von Avicenna (alias Ibn Sina) übernahm (s. Leahey, 1987, S. 71ff.), der sie wiederum aus Aristoteles' Schrift über die Seele herausdestilliert hatte. Die Instanzentheorie des Aristoteles und das, was Thomas von Aquin daraus gemacht hat, ist im Zeitalter des Kognitivismus mit seiner Wiederbelebung von Instanzenlehren betrachtenswert (man lese in diesem Zusammenhang die Kritik Herrmanns, 1982), aber über einen immateriellen „Steuermann“ für diese Instanzen redet wohl heute - zumindest in der wissenschaftlichen Psychologie - kaum jemand mehr.

Eine der ersten Formhypothesen der wissenschaftlichen Psychologie ist der „Drahthypothese“ über die Verbindung von Taste und Lampe, die wir oben skizzierten, sehr ähnlich. Es war die Reflexbogen-, Reiz-Reaktions- oder - wie man sie auch genannt hat - die „Telefonzentralenhypothese“ des Behaviorismus. Von außen kommen in den Organismus „Anrufe“ hinein, diese werden auf den Ausgang umgeschaltet; die entsprechenden „Verdrahtungen“ liegen entweder fest oder aber werden durch Lernprozesse „umgestöpselt“. Vorbildstiftend war hier wohl die S-R-Theorie (Stimulus-Response) Thorndikes (s. Neel, 1969, S.116ff.). Ihm gelang es (seiner Meinung nach), einen Großteil „höherer“ Geistestätigkeiten auf Reiz-Reaktions-verknüpfungen zurückzuführen, und er stiftete damit eine Tradition, alle psychologischen Phänomene auf die Form von S-R-Schemata zurückzuführen. Das „Umstöpseln“ im Telefonamt der Seele, also die Veränderung von S-R-Schemata, ist natürlich besonders interessant, und daher legte der Behaviorismus einen großen Wert auf das Studium der Lernprozesse. Bei Guthrie reduzierte sich die gesamte Psychologie auf den einen Satz: „Eine Kombination von Reizen, die mit einer Bewegung einhergeht, pflegt beim erneuten Auftreten diese Bewegung nach sich zu ziehen“ (nach Bischof, 1981, S.21).

Eine reine Reiz-Reaktions-Psychologie ließ sich nicht durchführen und wurde bald abgelöst von einer anderen Strukturhypothese, die bis heute die Anfängervorlesungen in der Allgemeinen Psychologie beherrscht, nämlich vom S-O-R-Schema. Gemäß diesem Schema ist die Reaktion (also der „Output“) abhängig einmal von der gegebenen Reizsituation S und zum zweiten von „innerorganismischen“ Größen O. (Interessant ist hier, daß von innerorganismischen Größen geredet wird, also eine materielle Grundlage „innerer“ Prozesse angenommen wird.)

Eine Präzisierung dieses S-O-R-Schemas ist das Konzept des „Automaten“ der Automatentheorie (s. Aiserman et al., 1967, S.62ff.). Wir charakterisieren dieses Konzept in Abbildung 1. Gemäß diesem Konzept ist die „Reaktion“ r eines Systems abhängig von der Reizsituation zur gleichen Zeit und vom

inneren Zustand. Dabei ist der innere Zustand wiederum abhängig von der vorausgehenden Reizsituation und dem vorhergehenden inneren Zustand; seine Veränderbarkeit ist - im Gegensatz zum S-O-R-Schema - expliziert.

Formal ist ein Automat ein Quintupel $[s, r, z, R, Z]$. Dabei ist $[s]$ die Menge der möglichen Reizeingänge, $[r]$ die Menge der möglichen Reaktionen, $[z]$ die Menge der möglichen inneren Zustände.

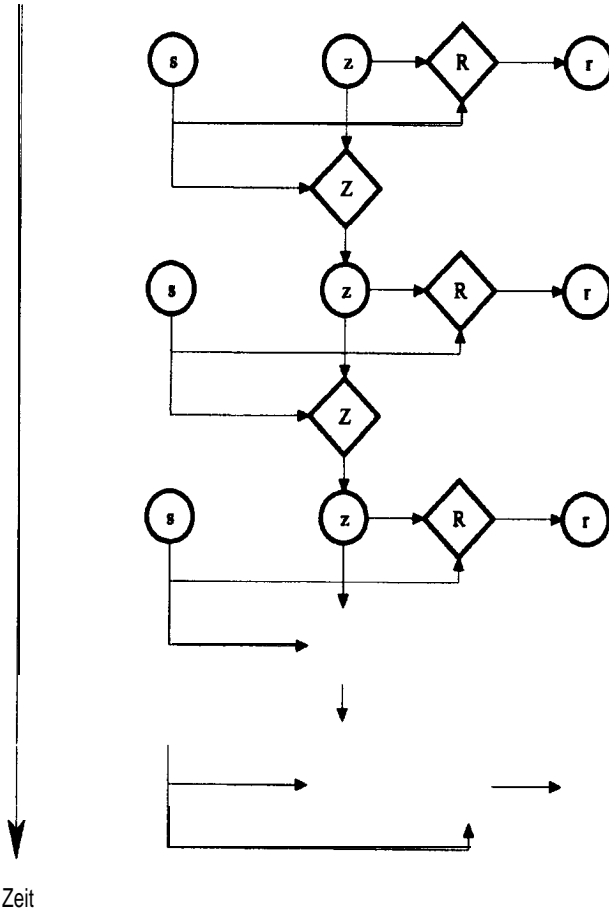


Abb. 1: Relationen und Zeitverhalten eines Automaten

R ist die „Reaktionsfunktion“. Sie ist allgemein festgelegt als

$$r = R(s_t, z_t).$$

Die Reaktion zu einem bestimmten Zeitpunkt ist also von dem inneren Zustand und dem „Reiz“ zum gleichen Zeitpunkt abhängig.

Die „Zustandsfunktion“ Z ist definiert als

$$z = Z (s_{t-1}, z_{t-1}).$$

Dies bedeutet also, daß der innere Zustand abhängig ist von der Reizsituation und dem inneren Zustand vorher. (Das was wir soeben festgelegt haben, ist ein sogenannter **Vergangenheits-Vergangenheits-Automat**. Es gibt auch andere Formen von Automaten, der Vergangenheits-Vergangenheits-Automat ist aber die allgemeinste Form, auf die sich die anderen zurückführen lassen.) Die automatentheoretische Form einer Theorie ist sehr allgemein verwendbar, aber natürlich auch außerordentlich grob. Zwischen verschiedenen Reizklassen, verschiedenen Arten von inneren Zuständen und verschiedenen Reaktionsformen wird nicht unterschieden.

Der all(zu-)gegenwärtige Gebrauch statistischer Methoden in der Psychologie hat ebenfalls zu bestimmten, allgemeinen Formen von Theorien geführt. Im Zusammenhang mit varianzanalytischen Verfahren und Verfahren der Faktorenanalyse und der multiplen Regression werden theoretische Sätze gern in die Form des „Allgemein Linearen Modells“ (ALM, s. z.B. Bortz, 1985, S. 578ff.) gebracht. Dieses lautet:

$$\begin{aligned} y = & x_1 b_1 + x_2 b_2 + x_3 b_3 + \dots + x_n b_n \\ & + x_1 x_2 b_{1,2} + x_1 x_3 b_{1,3} + \dots + x_1 x_n b_{1,n1} \\ & + \dots \\ & + x_1 x_2 \dots x_n b_{1,2,\dots,n}. \end{aligned}$$

Das bedeutet: eine Variable ist von n anderen Variablen so abhängig, daß ihre Ausprägung sich aus der Summe der Ausprägungen der „Input-Variablen“, jeweils gewichtet mit einem spezifischen Faktor b_i ergibt; hinzu kommen die Zweier-, Dreier-, . . . - Interaktionen.

Gebraucht man Verfahren der multiplen Regression oder der Faktorenanalyse, so reduziert man meist dieses allgemeine Prinzip zu einer speziellen Form, nämlich zu:

$$y = x_1 b_1 + x_2 b_2 + x_3 b_3 + \dots + x_n b_n.$$

Die Interaktionen fallen weg (s. Bortz, 1985, S.584).

Der Gebrauch der genannten statistischen Verfahren zwingt die Daten „automatisch“ in dieses theoretische Gerüst. Daß dieses Schema keineswegs das einzig denkbare ist, ist den Verwendern solcher Verfahren sehr oft gar nicht klar. Das Schema enthält z.B. die bedenkliche Annahme der **Kompensation**; die niedrige Ausprägung der einen Prädiktorvariablen kann durch die hohe Ausprägung einer anderen kompensiert werden. Wenn man z. B. in faktorenanalytischen Intelligenztheorien die Annahme findet, daß die Leistung in einem bestimmten Intelligenztest von den Faktoren „Merkfähigkeit“, „Fähigkeit

zum Umgang mit sprachlichem Material“, usw. abhängt, so geht in dem kompensatorischen Modell des ALM die Unterscheidung „notwendiger“ und nur „hilfreicher“ Faktoren verloren. Faktisch wird sich ja eine bestimmte Intelligenzleistung meist nicht nur aus der Addition einzelner Fähigkeiten ergeben; fällt die Fähigkeit zum Behalten (von Zwischenergebnissen) aus, so ergibt sich keine Minderleistung, sondern überhaupt keine Leistung mehr. Zwischen Merkfähigkeit und den anderen Fähigkeiten, die zur Erbringung einer bestimmten Intelligenzleistung notwendig ist, existiert eine logische „und“-Beziehung: beides muß vorhanden sein. Arithmetisch wäre dieses „und“ ein „*“ und kein „+“ (welches ein logisches „oder“ ist), wie in dem Allgemeinen Linearen Modell! Wir gehen im Abschnitt 3.3 („Positivismus“) noch einmal auf dieses Problem ein.

Jenseits umgreifender Formvorstellungen für Theorien in der Psychologie gibt es Schemata auch für Theoriedetails. Ein solches ist das TOTE-Schema. Dabei handelt es sich um eine psychologische Fassung des Regelkreisprinzips. TOTE ist ein Akronym für Test-Operate-Test-Exit und bedeutet: wenn festgestellt (Test) wird, daß ein Istzustand nicht dem Sollzustand entspricht, dann soll eine (auf die Erreichung des Sollzustandes gerichtete) Aktivität begonnen oder fortgesetzt (Operate) werden. Entspricht der Istzustand nun dem Sollzustand (Test), so wird die Aktivität beendet (Exit), sonst wird die Aktivität weiter fortgesetzt. Dieses Schema, welches von Miller, Galanter & Pribram (1961) in die Psychologie eingeführt wurde, brachte zaghaft in eine behavioristische Psychologie wieder so etwas wie Zweck und Ziel und Motivation zurück.

3.2 Die Introspektion und das „Verstehen“

Im vorangegangenen Abschnitt sind wir auf verschiedene Theorieformen eingegangen. Wir haben gewissermaßen die Form theoretischer „Gefäße“ betrachtet. In diesem und den folgenden Abschnitten wollen wir nun diskutieren, wie man die Formen mit Inhalten füllen kann.

Die in der Psychologie am meisten naheliegende Methode, einen schwarzen Kasten mit Inhalt zu füllen, ist die Introspektion. Man betrachtet sich selbst beim Denken, Fühlen und Wollen. Immerhin ist es ja ziemlich sinnfällig, daß man selbst dem schwarzen Kasten, den man studieren möchte, recht ähnlich ist. Also sollte man es doch schaffen, durch Selbstbetrachtung an allgemeine Sätze über das Innere des schwarzen Kastens zu kommen. Und wenn es nicht um einen selbst, sondern um einen anderen geht, so sollte eine analoge Nachkonstruktion des anderen Hypothesen über dessen Innenleben heranschaffen können. Wenn sich jemand in einer bestimmten Situation in einer bestimmten Weise verhält, so versuche ich mich in seine Situation zu versetzen und überlege mir, welche Motivationen und Gefühle und welche Art von Situations-

sicht ich in Abhängigkeit von diesen Motivationen und Gefühlen an der Stelle dieses Anderen hätte. Und wenn ich dann bei mir ein gleichartiges Verhalten ableiten kann, dann habe ich das Gefühl, ich hätte die andere Seele verstanden. Bei dieser Form des einführenden Verstehens mache ich mich zum Modell des anderen. Mein eigenes Seelenleben, meine Motive, Wünsche, Werthaltungen benutze ich, um die Werthaltungen, Denk- und Entscheidungsprozesse des anderen zu konfigurieren.

Gegen die Introspektion als Selbstanalyse oder auch in der Form der analogen Nachkonstruktion fremden Seelenlebens hat man vielerlei eingewendet, z. B. daß die Methode nicht „objektiv“ sei (s. z.B. Roth, 1984, S. 125 f.). Die noch so große subjektive Überzeugung von der Richtigkeit meiner introspektiven Erkenntnisse ersetzt keine objektive Prüfung.

Die Tatsache, daß die Ergebnisse der Introspektion nicht „objektiv“ sind, war wohl der Hauptgrund dafür, daß eine verächtlich als „Lehnstuhlwissenschaft“ bezeichnete introspektionistische Psychologie gegenüber der „empirischen“ Psychologie in die Hinterhand geriet. Dabei verkannte und verkennt man aber wohl, daß sich Introspektion und die Verwendung „objektiver“ (also bezüglich der Ergebnisse intersubjektiv überprüfbarer) empirischer Verfahren nicht zu widersprechen brauchen. Introspektion dient der Hypothesenfindung. Sie ist subjektive Empirie. Ich erfahre mich selbst, aber kein anderer kann meinen Selbsterfahrungen zustimmen oder sie ablehnen, da diese keinem außer mir zugänglich sind. Aber warum sollte ich meine Selbsterfahrungen nicht zur Hypothesengewinnung benutzen? Hat man die Hypothesen erst einmal, kann man sich ja um deren objektive Prüfung bemühen.

Ich kann z. B. das zukünftige Verhalten des anderen, den ich „verstehe“, voraussagen und damit prüfen, ob tatsächlich das sichtbare Verhalten folgt, was gemäß meinen Annahmen folgen müßte. Man sollte daher das introspektionistische Verfahren der Aufklärung der inneren Struktur des schwarzen Kastens nicht leichtfertig auf den Müllhaufen der „vorwissenschaftlichen“ Methoden werfen. Warum auch? Zumindest die innere Struktur meiner **eigenen** Seelenprozesse ist mir zum Teil zugänglich. Warum soll ich diese partielle Zugänglichkeit nicht verwenden, um die innere Struktur anderer „schwarzer Kästen“, die meinem „schwarzen Kasten“ doch ähnlich zu sein scheinen, hypothetisch zu erhellen? Bereite ich mir nicht durch den Verzicht auf diese Methode freiwillig Schwierigkeiten, die andere Wissenschaften (wie z. B. die Biologie) gern los wären (s. Traxel, 1968, S.49)? Als Methode der Hypothesengenerierung ist die Introspektion auf jeden Fall brauchbar. Kritisch wird es nur, wenn man in der Freude darüber, etwas „verstanden“ zu haben, vergißt, daß die Erfindung einer Hypothese kein Wahrheitsbeweis ist. Generierung und Prüfung von Theorien darf man nicht verwechseln. Die Tatsache, daß

dies oft doch geschah, hat wohl viel dazu beigetragen, daß die Methode der Introspektion in Mißkredit geriet.

Allerdings hat die Methode der Introspektion auch als Verfahren der Hypothesenerfindung ihre Grenzen, nämlich folgende:

1. Veränderung des Ablaufs. Das was ich bewußt betrachte, ist nicht das, was ohne Betrachtung ablaufen wurde.
2. Selbst meine eigenen Seelenprozesse sind mir nicht gänzlich zugänglich. Nicht erst seit Freud wissen wir von der Existenz unbewußter Prozesse.
3. Meine eigenen Seelenprozesse sind mir nur auf einem relativ niedrigen Grad der Auflösung zugänglich. Ich weiß, daß ich soeben den Kollegen L. auf dem Hof des Institutes gesehen habe. Ich weiß aber nicht, wie die Mustererkennungsprozesse im einzelnen abgelaufen sind, die mir diese Erkenntnis beschert haben.
4. Das Verhalten und die Seelenprozesse von Personen in Extremsituationen, z. B. in Situationen starken und andauernden Hungers, der Lebensbedrohung sind meiner „analogen Nachkonstruktion“ allenfalls zugänglich, wenn ich solche Situationen selbst schon einmal erlebt habe.
5. Die Seelenprozesse abnormer Personen sind mir nur in engen Grenzen zugänglich. Zwar meinte z. B. Goethe, es gäbe kein Verbrechen, als dessen Urheber er sich nicht vorstellen könnte, dennoch kann sich wohl kaum jemand in das Seelenleben eines Menschen, der in einem Zeitraum von 3 Monaten 12 kleine Mädchen in kleine Stücke zerschneidet, hineindenken. Auch die Erlebniswelt eines Schizophrenen bleibt uns wohl zum großen Teil verschlossen.

3.3 Der „Positivismus“

3.3.1 Die „analytische Prozedur“ und Wechselwirkungen

„Die Physik! Das ist eine vernünftige Wissenschaft!“, sagten und sagen sich viele Psychologen. „Genau wie sie müssen wir es auch machen!“ An vernünftige Theorien über schwarze Kästen kommt man, indem man sie zunächst einmal zersägt, um dann die einzelnen Segmente zu studieren. Da die Teilkästen homogen sind, muß man beim Zersägen keine große Sorgfalt walten lassen. Es ist also im Grunde gleichgültig, welchen der Kästen man untersucht. In der Physik sind Pendel, schiefe Ebene, die Bewegung des Mondes um die Erde im Grund alle verschiedene Realisationen eines Prinzips, und dieses Prinzip müssen wir in der Psychologie eben auch finden. (Zu dieser „Homogenitätsannahme“ in der Psychologie s. Bischof, 1981, S.21ff.). Nachdem man die Kästen zersägt hat, wählt man also einen von ihnen aus und erforscht sein Verhalten, indem man systematisch die verschiedenen Tasten und Tastenkom-

binationen durchprobiert. Man schreibt auf, welcher Effekt sich einstellt, und verallgemeinert dann. Wenn man bei Neumond und bei Vollmond, morgens und abends, im Frühling, Sommer, Herbst und Winter immer beobachten konnte, daß die Betätigung der Taste 1 die einzige Lampe unseres Kastensegmentes in den Zustand „rot“ versetzt, so soll man doch mit Fug und Recht in Zukunft behaupten können: „Immer wenn man Taste 1 betätigt wird, leuchtet die Lampe rot!“

Wissenschaften, die ihre schwarzen Kästen zersägen, nennt man „analytische Wissenschaften“ und das Verfahren der isolierten Variation der Inputs, um auf diese Weise die Gesetze der Input-Output-Beziehungen zu erfassen, nennt Bertalanffy (1968, S. 18f.) die „analytische Prozedur“.

Die Theorienbildung ist bei der „analytische Prozedur“ denkbar einfach. Theorienbildung bedeutet hier lediglich die Verallgemeinerung der Einzeleffekte über Raum und Zeit. Diese Art der Theorienbildung ist zuerst explizit im Rahmen des Positivismus (Comte, Mach, nach Leahey, 1987, S. 144ff.) aufgekomen. Besonders von Psychologen wird sie oft mit **der** naturwissenschaftlichen Methode gleichgesetzt. Und so setzt der empirisch arbeitende Psychologe die eine Hälfte seiner Versuchspersonen unter Stress, die andere Hälfte nicht, läßt die Versuchspersonen Dreisatzaufgaben lösen und verkündet hinterher: „Streß vermindert die Leistung beim Lösen von Mathematikaufgaben um 30 %!“

Das Hantieren mit den Kästen mag im einzelnen mühselig sein, da die Tasten schwer erreichbar sind oder die Lampen schlecht beobachtbar. Und man muß vielleicht viel Scharfsinn entfalten, um mit den Kästen in der angestrebten Weise experimentieren zu können. Für die Theorienbildung selbst aber braucht man nur wenig Scharfsinn. Dafür mag richtig sein, was Heidegger (nach Wandschneider, 1991, S.XVII) über den Unterschied von Philosophie und Naturwissenschaft meinte: „Die Naturwissenschaft denkt nicht!“ Das Verhalten kann von einer voreingestellten Meßapparatur registriert werden; es werden keine Hypothesen über Zusammenhänge erfunden. Die einzige theoretische Arbeit besteht in der Festlegung der Beobachtungskategorien (man entschließt sich zur Betrachtung der Tasten und Lampen und nicht zur Betrachtung der Lichtreflexe auf der Holzmaserung des Gehäuses) und in der Generalisierung über Raum und Zeit. Das ist nun zwar nicht nichts, aber auch nicht viel.

Es wird von Röntgen berichtet, daß er auf die Frage eines Reporters, was er denn so gedacht hätte, als er seine Knochenhand auf dem Projektionsschirm sah, indigniert geantwortet hätte: „ich dachte nicht, ich beobachtete!“ Einer solchen Aussage liegt die Doktrin von Sir Francis Bacon zugrunde, daß man die Naturgesetze im „Buche der Natur“ ablesen könne. Denken stört.

Nirgends sonst muß man auf die Möglichkeiten der Existenz sehr verschiedener „schwarzer Kästen“ so hinweisen, wie bei den Verfechtern dieser Art empirischer Forschung und Theorienbildung. Der Erfolg dieser Art von Forschung stellt sich nämlich nur dann ein, wenn die „Kästen“ eine bestimmte Struktur haben; sie müssen - kurz gesagt - interaktionsfrei sein (s. Bertalanffy, S. 19). Das Segment A eines Kastens muß sich isoliert genauso verhalten, wie als Teil eines größeren Kastens. Wenn dies nicht der Fall ist, wenn z.B. das Segment A sein Verhalten auch in Abhängigkeit von dem Zustand, in dem sich gerade das Segment B befindet, ändert, dann wird eine isolierte Betrachtung des Segmentes A zwar Ergebnisse bringen; diese sind aber im Hinblick auf seine „wahre“ Natur falsch.

Betrachten wir dies einmal etwas genauer. Nehmen wir einmal an, wir wurden uns mit dem Kasten der Abbildung 2 beschäftigen. Dieser Kasten ist so gestaltet, daß der Druck auf die Taste A dazu führt, daß die Lampe rot leuchtet, aber nur, wenn zugleich die Taste des Segments B gedrückt wird, sonst leuchtet die Lampe von A blau. Abbildung 2 zeigt die Struktur des Kastens als Blockdiagramm. Es ist die denkbar einfachste Form einer „Wechselwirkung“, d.h. der Wirkung einer Variablen auf eine zweite (hier der Taste A auf die Lampe), die in ihrer Form von einer dritten Variablen (der Taste B) beeinflusst wird. Die Wirkung der Taste A auf die Lampe wechselt also, je nach Zustand der Taste B.

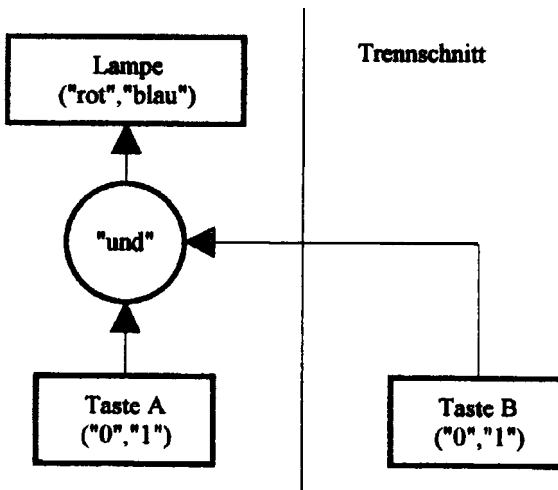


Abb. 2: Ein einfacher Fall einer Wechselwirkung

Zersägt man den Kasten und betrachtet A isoliert, dann kann verschiedenes der Fall sein. Wenn der mitzersägte Verbindungsdraht zwischen A und B z. B. nun dauernd so reagiert, als sei Taste B gedrückt, dann wird Taste A ein rotes Licht erzeugen, was sonst nur vorkäme, wenn die Taste B betätigt wird. Wenn

der zersägte Verbindungsdraht dauernd so reagieren würde, als sei Taste B nicht gedrückt, so wird die Taste A gar keinen Einfluß auf die Lampe haben; diese würde im Zustand „blau“ verharren. Es könnte auch sein, daß der Verbindungsdraht seine Durchtrennung übel nimmt und - „verrückt spielend“ - manchmal den einen, manchmal den anderen Zustand einnimmt. In diesem Fall hätte die Betätigung der Taste A manchmal den Effekt „rot“, manchmal keinen Effekt. (Die drei soeben geschilderten Annahmen über das Verhalten des durchtrennten Drahtes entsprechen den in der experimentellen Psychologie üblichen Methoden des Umgangs mit Variablen, die nicht systematisch variiert werden. Man hält sie konstant oder läßt sie zufällig variieren.)

Wichtig ist nun, daß jeder der isolierten Befunde, die man in diesen drei verschiedenen Fällen erhalten würde, nicht eine Teilerkenntnis über den Gesamtkasten zutage fördern würde, sondern drei falsche Erkenntnisse.

Der Satz:

A₁) Immer wenn Taste A, dann „rot“!

ist genau so falsch wie

A₂) Die Taste A hat keine Wirkung!

oder

A₃) Immer wenn Taste A, dann „rot“ mit $p = 0.5$,
„blau“ (bzw. „keine Wirkung“) mit $p = 0.5$!

Es würde auch nichts helfen, wenn man später die Erkenntnisse über die gleichfalls isoliert untersuchte Wirkung der Taste B den Erkenntnissen über Taste A hinzufügte. Für die isoliert untersuchte Wirkung der Taste B auf die Lampe ergeben sich unter den oben geschilderten Annahmen drei analoge „Erkenntnismöglichkeiten“ B₁, B₂ und B₃. Die jeweiligen Erkenntnisse A_i und B_j muß man - gemäß der Annahme, daß die Tasten A und B isoliert wirken - entsprechend dem Additionstheorem der Wahrscheinlichkeiten durch das logische „oder“ zusammenfügen. Für die Addition einer „Erkenntnis“ B_j zu einer „Erkenntnis“ A_i gibt es 9 verschiedene Möglichkeiten. Sie sind im Hinblick auf die wahre Struktur des Kastens ausnahmslos falsch!

Es hilft nichts: wenn Wechselwirkungen vorliegen, darf man die Input-Variablen nicht isoliert untersuchen, wenn man Wert darauf legt, die Wahrheit über schwarze Kästen zu erfahren. Die experimentellen Verfahren der Konstanthaltung oder Zufallsvariation der nicht im Experiment betrachteten Variablen versagen hier.

Man kann den durch isolierende Betrachtung gewonnenen Ergebnissen auch nicht nachträglich Ergebnisse hinzufügen, um auf diese Weise durch die Einführung von „Korrekturfaktoren“ die „Teilerkenntnisse“ weiter zu präzisieren (s. Gadenne in diesem Band, Kapitel 6). Oder: Man kann es schon; es kommt

aber nicht viel dabei heraus, was die tatsächliche Struktur des Kastens erhellt. Wenn der jeweils durchtrennte Draht beispielweise „verrückt spielen wurde“, also in zufälliger Weise signalisieren wurde, daß die Taste A oder B jeweils gedrückt oder nicht gedrückt sei (= Zufallsvariation der nicht berücksichtigten Variablen), so erhielt man bei der isolierenden Erforschung unseres Kastens die beiden „Erkenntnisse“:

A₃) „Wenn Taste A, dann „rot“ mit $p = 0.5!$ “

B₃) „Wenn Taste B, dann „rot“ mit $p = 0.5!$ “

Daraus läßt sich ableiten:

„Wenn Taste A UND Taste B, dann „rot“ mit $p = (0.5 + 0.5 - 0.5 * 0.5) = 0.75!$ “

Das aber ist falsch, da gemäß der Konstruktion des Kastens gilt:

„Wenn Taste A UND Taste B, dann „rot“ mit $p = 1.0!$ “

Im Beispielsfall ist die Wechselwirkung denkbar einfach! Die vorgestellten Betrachtungen gelten aber für kompliziertere Formen von Wechselwirkungen in verstärktem Maße. Auf die Problematik der Verwendung der Verfahren der experimentellen Psychologie bei wechselwirkungsbehafteten Systemen habe ich an anderer Stelle hingewiesen (Dörner, 1988). Ich halte das Problem der für die Ermittlung der Struktur wechselwirkungsbehafteter Systeme angemessenen Forschungsstrategie für das methodische Problem der Psychologie. Die zeitgenössische Methodologie in der Psychologie widmet diesem Problem kaum Aufmerksamkeit; Gadenne (in diesem Band, Kapitel 6, insbesondere 6.3.3) streift dieses Problem kurz, wenn er über „Idealisierungen“ und „Vereinfachungen“ spricht, geht aber leider nicht genauer darauf ein und schiebt die entsprechenden Ausführungen von Bischof (1981) in den Keller der „vgl.“-Anmerkungen. Dagegen hält Herrmann (1989, S. 10) ausdrücklich eine nicht-experimentelle Strategie bei der Erforschung „vernetzter“ Systeme für angemessen. Eine solche Strategie muß in „langfristigem, geduldigem Beobachten und dem spielerischen Variieren von Bedingungen ohne die strengen Regeln des Experiments“ bestehen.

Quintessenz dieser Betrachtung ist: Die „analytische Prozedur“ bringt nur dann generalisierbare Resultate, wenn die Segmente des Kastens nicht durch Wechselwirkungen miteinander verbunden sind.

Wir haben in diesem Abschnitt die Merkmale wechselwirkungsbehafteter Systeme sehr stark betont. Diese Betonung scheint uns im Hinblick auf die zeitgenössische Methodenlehre wichtig. Man sollte aber natürlich nicht vergessen, daß es auch in der Psychologie nicht (oder schwach) wechselwirkungsbehaftete Systeme gibt, für die die analytische Prozedur durchaus eine angemessene Forschungsstrategie darstellen kann. Viele Vorgänge im elementaren

Bereich der psychischen Prozesse, z.B. elementare Wahrnehmungsprozesse, Figur-Wahrnehmung, Hell-Dunkel-Adaptation, auf der Outputseite die Produktion von Phonemen, standardisierte Handlungen, usw. lassen sich sehr wohl „analytisch“, d.h. unter weitgehender Vernachlässigung ihrer Einbettung untersuchen. Ob aber z.B. die Betrachtung von Denkabläufen ohne Berücksichtigung der emotionalen und motivationalen Einbettung sehr sinnvoll ist, erscheint mir fraglich. Bei der Untersuchung komplexer Denkabläufe findet man zahlreiche Phänomene, die sich ohne Bezug auf emotionale und motivationale Begleitprozesse nicht erklären lassen.

Die positivistische Art der Theoriengewinnung durch Korrelation von Input und Output und durch Generalisierung war in der wissenschaftshistorischen Situation um 1850 durchaus verständlich. Der Positivismus wendete sich gegen die überbordende Spekulation, die sich nicht an der Erfahrung orientierte, sondern „freischwebend“ Annahme auf Annahme häufte. Der radikale Empirizismus des Positivismus von Comte und Mach, der alles aus der Wissenschaft verbannen wollte, was nicht direkt beobachtbar ist, war der „roll back“ einer Wissenschaft, die sich allzu weit von der immer zu fordernden Kontrollierbarkeit theoretischer Konstruktionen entfernt hatte (s. Leahey, 1987, S. 144ff.). Pendel schlagen von einer Extremlage meist in die andere.

Wie alle Programme ist das positivistische Programm allerdings nie ganz durchgeführt worden, und zwar ganz einfach deshalb, weil es auch in der Physik überhaupt nicht auf alle Gegenstände paßte. (Man sollte unsere „Physikerkästen“, wie wir sie oben beschrieben haben, ja nicht mit tatsächlichen Forschungsgegenständen der Physiker verwechseln!) Von Physikern ist vielmehr zu hören: „Ich hoffe, daß niemand mehr der Meinung ist, daß Theorien durch zwingende logische Schlüsse aus Protokollbüchern abgeleitet werden, eine Ansicht, die in meinen Studententagen noch sehr in Mode war. Theorien kommen zustande durch ein vom empirischen Material inspiriertes Verstehen, welches am besten im Anschluß an Plato als zur Deckung kommen von inneren Bildern mit äußeren Objekten und ihrem Verhalten zu deuten ist“ (Pauli 1957).

Der Grund für solche nicht mit der positivistischen Methode der Theoriengewinnung im Einklang befindliche Stellungnahmen ist die Tatsache, daß besonders die Quantenphysik sowohl mit Wechselwirkungen als auch mit zeitlichen Abhängigkeiten konfrontiert wurde, die das Programm einer nur korrelativen Feststellung von Naturgesetzen zumindest in diesen Bereichen in Frage stellte.

Wie dem auch sei: Die positivistische Methode ist ein Verfahren zur Gewinnung von theoretischen Sätzen, welches bestimmten Gegenständen angemessen ist, anderen aber nicht. Ehe man sie anwendet, sollte man sich Gedanken über die Art des schwarzen Kastens machen, den man erforschen möchte.

Um Mißverständnisse zu vermeiden: Wir haben über die positivistische Methode als Methode zur Gewinnung theoretischer Sätze gesprochen. Wir haben hier nicht über die *Prüfung* theoretischer Sätze gesprochen. Auch wenn ein komplexes, wechselwirkungsbehaftetes System vorliegt, ist es oft möglich, ein einfaches Experiment durchzuführen, um die Richtigkeit von Aussagen über das System zu prüfen. Wir werden weiter unten, in einem anderen Zusammenhang (s. Abschnitt 3.5.2), dafür ein Beispiel zeigen. Wenn man exakte Annahmen über die Struktur eines Systems hat, lassen sich auch für komplexe, wechselwirkungsbehaftete Systeme einfache Prüfoxperimente ersinnen.

3.3.2 **Positivismus und Statistik**

Die Übernahme der positivistischen Forschungsstrategie der Physiker machte den Psychologen einige Schwierigkeiten: Eine davon ist, daß die psychologischen Kästen gewöhnlich nicht mit der Eindeutigkeit reagieren, wie das die physikalischen tun. Drückt man auf den Knopf 1, so leuchtet manchmal die dritte Lampe rot auf, manchmal aber auch grün, manchmal gelb, manchmal blau - **aber** doch meistens rot. Dasselbe gilt für andere Tasten und Tastenkombinationen. Es scheint, als wenn sich bei den „psychologischen Kästen“ zwischen Taste und Lampen gewissermaßen ein Wackelkontakt eingeschlichen hätte. Die „Wackelkontakttheorie“ ist in der Psychologie weit verbreitet; die gewöhnliche Reaktion darauf ist die Behandlung der Ergebnisse der empirischen Forschung mit Hilfe der Statistik, als einer spezifischen, für wackelkontaktbehaftete Systeme besonders geeigneten Form der Mathematik.

Wie geht man mit unsicherheitsbehafteten Daten um? Statt eines Gesetzes der Form

wenn x , so y ,

bekommt man durch Generalisierung über die Ergebnisse nun stochastische Gesetze der Form

wenn x , so y_1 mit py_1 ,
 y_2 mit py_2 ,
 y_3 mit py_3 .

Ist das die allgemeine Form eines psychologischen Gesetzes? Dagegen sträubt sich etwas! Soll man solche Wahrscheinlichkeitsgesetzmäßigkeit so interpretieren, als wäre die menschliche Seele ein Zufallsgebilde, welches mit zahlreichen Wackelkontakten versehen manchmal dieses, manchmal jenes Verhalten hervorbringt? Da die meisten Menschen wohl der Meinung sein werden, daß ihr Verhalten nur zu einem verschwindenden Teil vom Zufall bestimmt wird, liegt eine andere Antwort nahe: „In Wirklichkeit“ wirkt x auf y nicht über

einen Wackelkontakt. „In Wirklichkeit“ wirkt x auf y zusammen mit vielen anderen, im Augenblick nicht erfassbaren, verborgenen Faktoren (Kryptodeterminismus). Das können innere oder äußere Faktoren sein. Um bei unserer Kastenmetapher zu bleiben: Es mag sein, daß außer der Taste x noch andere Tasten zur gleichen Zeit gedrückt werden, was man aufgrund der Komplexität des Tastenfeldes nicht überschauen kann. Es mag aber auch sein, daß „innere“ Variable eine Rolle spielen, daß also die Reaktion y nicht allein durch die äußeren Umstände bestimmt wird, sondern außerdem noch durch verborgene Faktoren. Wenn man nun die Reaktion y genauer bestimmen will, so muß man versuchen, so viele der verborgenen Faktoren, wie nur immer möglich, zu erfassen und mit zu berücksichtigen.

Bleibt man bei der positivistischen Methode der Gewinnung theoretischer Sätze aus den Daten, so verwendet man nun das „Allgemeine Lineare Modell“ als Strukturierungsform für die Daten. Die Verwendung der Faktorenanalyse in der Psychologie ist das historisch am meisten bedeutsame Beispiel für die positivistische Form der Theorienbildung auf statistischer Grundlage (s. Bortz, 1985, S. 615ff., Herrmann, 1969, S. 98ff.). In der Faktorenanalyse verwendet man die empirisch gefundenen Korrelationen zwischen Variablen zur Gewinnung theoretischer Sätze und kam so z.B. zu den zahlreichen „faktorenanalytischen Intelligenztheorien“ (s. Hofstätter, 1960, S. 172ff.).

Gegen das Verfahren der Reduktion komplexer Zusammenhänge auf einzelne bzw. auf eine Addition einzelner Einflußgrößen wendet sich Bischof (1981) mit seiner Unterscheidung „aristotelischer“ und „galileischer“ Wissenschaften. Bischof vertritt die Auffassung, daß man allgemeine Gesetze in der Psychologie nicht durch eine fortschreitende Abstraktion von der Systemstruktur finden kann, also nicht durch Zerlegung des Gesamtsystems in einzelnen Kästchen. Bischof betont, daß in der Biologie und in der auf der Biologie basierenden Psychologie „Organisation“ das Kernprinzip ist und nicht „Ordnung“, wie in der Physik. Ordnung bedeutet bei Bischof Gleichförmigkeit, Symmetrie und Harmonie. Das System „Lebewesen“ ist nicht durch Symmetrien, Gleichförmigkeit und Harmonien gekennzeichnet, sondern durch eine teleome, d.h. „zweckbestimmte“ Organisation, und diese ist in einem System miteinander vernetzter Variablen niedergelegt, die man nicht ohne die Folgen der Denaturierung des Gegenstandes in ihre Teile zerlegt. Der (bei Bischof, 1981, S. 32 zitierte) Versuch von Schneirla (1959), die Stärke einer aversiven Reaktion allein auf die Reizstärke zurückzuführen, ist als allgemeine Regel falsch. Ein leiser, aber naher Reiz wird u.U. eine viel stärkere Schreckwirkung entfalten, als das entfernte Donnerrollen. Unerwartetheit kommt als Determinante hinzu. Unerwartetheit, Nähe (indiziert durch das Überwiegen hoher Frequenzen im Klangbild des Reizes) und die Semantik des Reizes (zischt hier eine Schlange?) bilden ein System, dessen Komponenten man nicht isoliert betrachten darf.

Ganz davon abgesehen, daß man formale Bedenken gegen die Verwendbarkeit des „allgemeinen linearen Modells“ haben kann, stößt die empirische Erfassung von Zusammenhängen gemäß diesem Modell mit wachsender Zahl der untersuchten Variablen sehr bald auf Grenzen, die in der über alle Maßen wachsenden Anzahl von Daten liegt, die man dann braucht.

Es ist wohl unmöglich, das wechselwirkungsbehaftete Innenleben eines „schwarzen Kastens“ allein durch die Manipulation des Inputs, Beobachtung des Outputs und Generalisierung über die Ergebnisse empirisch zu erforschen. Was kann man sonst tun? Darauf wollen wir in den nächsten drei Abschnitten eingehen.

3.4 Die Heuristik der Zweckmäßigkeit

Eine wichtige Methode, um an theoretische Sätze zu kommen, ist die von Bischof (1981) so genannte „Heuristik der Zweckmäßigkeit“. Warum hören Leute bei dem Verzehr von Kartoffeln relativ bald nach der Deckung ihres Energiedefizits mit der Nahrungsaufnahme auf? Und warum ist beim Verzehr von Schokolade nicht das gleiche der Fall?

Wenn man diese Frage beantworten will, so kann man nach der biologischen Zweckmäßigkeit dieses Phänomens fragen. Man könnte z.B. folgendermaßen theoretisieren: Süßigkeiten traten in der natürlichen Umwelt des Menschen sehr selten auf. Zucker ist ein sehr guter Energielieferant. Also könnte die Natur den Menschen und andere Lebewesen so programmiert haben, daß man, wenn man diesen guten Energielieferanten nur irgend habhaft werden kann, ihn in möglichst großen Mengen zu sich nehmen sollte, um ihn in entsprechenden Fettpölsterchen zu speichern. Über Jahrhunderttausende war das ziemlich unproblematisch; die wenigen Bienennester und süßen Äpfel, die unsere in den Savannen umherstreifenden Vorfahren dann und wann einmal fanden, haben ihre „schlanke Linie“ nicht wesentlich gefährdet und ihr Herzinfarktrisiko nicht bedeutsam vergrößert.

Die Heuristik der Zweckmäßigkeit ist in der Psychologie und in der Biologie letztlich ein Art von Simulation der Evolution. Die Frage nach den Determinanten des Verhaltens wird beantwortet, indem man ein System konstruiert. Annahmen sind dann gerechtfertigt, wenn sie die Überlebenschancen des Systems vergrößern. Das ist das Kriterium! Warum gibt es Gefühle? Die stören doch nur! Der Wutanfall verdirbt meist mehr, als er nützt. Der Verliebte hat keine klare Realitätssicht mehr und geht unter. Ist das so? Sind dies nicht vielleicht nur die „Ausrutscher“ eines im Großen und Ganzen sehr gut funktionierenden Systems der Anpassung der Form der Informationsverarbeitung an die Umstände? Ist es nicht vernünftig, daß jemand, der mit 160 km/h auf

der Autobahn auf einen sich querstellenden Laster zurast, nur noch sehr grob wahrnimmt? Wo ist eine Lücke, durch die man entkommen kann? Wenn „Angst“ unter anderem eine Verringerung des Auflösungsgrades der Wahrnehmung ist, ist dann Angst nicht vernünftig? Wenn man solche Fragen stellt, verwendet man bereits die „Heuristik der Zweckmäßigkeit“.

Diese Heuristik besteht darin, daß man sich fragt, wie ein System beschaffen sein muß, damit es die auf die Befriedigung seiner Bedürfnisse gerichtete Aktivität möglichst effektiv reguliert. Das Kriterium für das Beibehalten oder Verwerfen einer Hypothese ist dabei nicht, ob diese empirisch belegt werden kann oder nicht. Das Kriterium ist, ob das System, wenn eine bestimmte Hypothese hinzugefügt oder weggelassen wird, seine Aufgaben besser erfüllt.

Dieses Kriterium ist gewissermaßen evolutionistisch. Eine Hypothese überlebt, wenn ihre Einführung oder Beibehaltung von Vorteil oder sogar notwendig für die Funktion des Systems ist. Hinter der Verwendung dieses Kriteriums steckt die Idee, daß die Evolution auch unsere Seelenausstattung nicht einfach willkürlich „erfunden“, sondern sich dabei „etwas gedacht“ hat. Im großen und ganzen (keineswegs immer!) sollten auch Seelenzustände und -prozesse einen Sinn für das bessere Funktionieren des Organismus haben.

3.5 Analogien

Die von Mary B. Hesse (1970) als „Königsweg der Fortentwicklung der Wissenschaft“ bezeichnete Methode der Erfindung von Annahmen über die innere Struktur von schwarzen Kästen ist der Analogieschluß. Was ist das?

Der Analogieschluß besteht darin, daß man an die Stelle der unbekannt inneren Struktur eines Realitätsausschnittes probenhalber eine bekannte Struktur einsetzt und auf diese Art und Weise neue Hypothesen über den Gegenstand entwickelt.

Wenn beispielsweise Rutherford eine Theorie über die innere Struktur des Atoms dadurch erfand, daß er das Atom mit einem Planetensystem analogisierte, so konstruierte er die unbekannt innere Struktur eines Atoms probenhalber entsprechend einer bekannteren aus dem Makrokosmos. Der Ausgangspunkt dieser Entwicklung war die Beobachtung, daß Strahlen durch eine Metallfolie, die nur wenige Atome dick war, manchmal ohne Ablenkung durch die Folie hindurchgingen, als ob diese überhaupt nicht vorhanden wäre. Manchmal wurden die Strahlen aber durch irgendetwas abgelenkt. Also mußten sich zwischen den Atomen „irgendwie“ Freiräume befinden. Wie soll man sich aber ein Medium vorstellen, welches „dichtgepackt“ aus Atomen besteht und manchmal Strahlung verschluckt oder reflektiert oder ablenkt, manchmal aber völlig unbehindert durchläßt?

Die Lösung von Rutherford und Bohr war die Annahme, daß Atome nicht kleine kompakte Masseklümpchen sind, sondern Gebilde, die selbst wieder aus kleineren Teilchen zusammengesetzt sind. Die Elektronen kreisen - wie die Planeten um die Sonne - um einen Atomkern. Die hilfreiche Analogie war hier das Sonnensystem.

Abbildung 3 zeigt das analoge Schließen bei der Erfindung neuer Hypothesen schematisch. Es existiert ein nur teilweise bekannter Sachverhalt, der aus Komponenten und Relationen besteht. Im oben genannten Beispiel sind das die Atome und die Strahlung und die Beziehungen zwischen ihnen. Man hat nun Grund zur Annahme, daß es noch andere Komponenten und Relationen gibt; die bislang ermittelte Struktur ist unbefriedigend. Um beim Beispiel zu bleiben: Irgendwie müssen zwischen Atomen und der Strahlung noch andere Beziehungen vorhanden sein als die eines Wasserstrahles, der auf einen Ziegelstein trifft. Und die Relationen zwischen den Atomen müssen auch „irgendwie“ anders sein, als die von Ziegelsteinen in einer Mauer zueinander. „Irgendwie“ haben die Ziegelsteine Löcher oder sind nicht dichtgepackt, so daß der auf die Ziegelmauer gerichtete Wasserstrahl oft völlig unabgelenkt die „Mauer“ passiert. Diesen Stand des Problems symbolisiert die Skizze A in Abbildung 3.

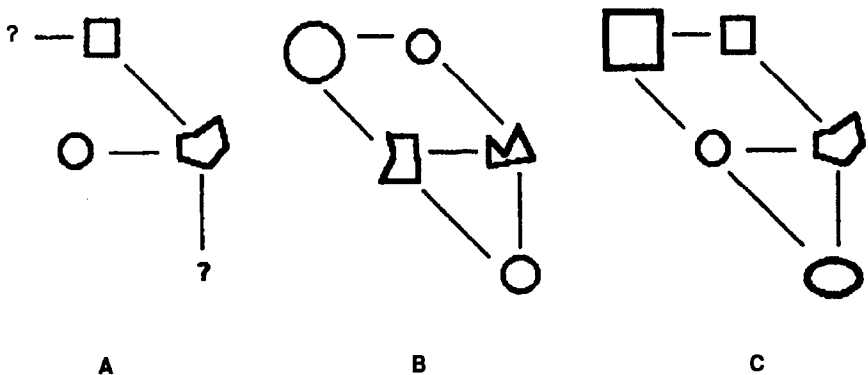


Abb. 3: Der Analogieschluß: C als Ergänzung von A aufgrund der Strukturähnlichkeiten von A und B

Hier symbolisieren die Figuren Objekte, die Striche Relationen, die Fragezeichen unbekannte Relationen zu unbekanntem Objekten.

Nun findet man einen anderen Sachverhalt, der dem ersten in mancher Beziehung strukturähnlich oder sogar strukturgleich ist. Aber er ist viel besser bekannt als der erste. Konkret: auf der Suche nach einem Ganzen, welches sehr viel freien Raum bietet, fällt der Blick auf ein Bild des Sonnensystems mit seinen Planeten. Da hat man es: ungeheuer viel freier Raum und dennoch

ein Ganzes! Atome als Mikrosonnensysteme? Die Abbildung 3B stellt die Struktur da, die A ähnlich ist (etwas Ganzes mit viel freiem Raum), aber doch besser bekannt. Und nun überträgt man die Strukturidee von B auf A und bekommt mit C ein vollständigeres Bild von A als neue Hypothese über die Beschaffenheit des Sachverhalts A.

Analogien gibt es zuhauf in den Wissenschaften. Das vielleicht prominenteste Beispiel in der Psychologie ist die Freudsche Psychoanalyse, die in ihrer Grundstruktur zahlreiche Übertragungen aus der Thermodynamik aufweist (s. Wyss, 1970, S. 30 f.). Die Seele ist eine Art von Dampfmaschine, mit einem brodelnden Triebkessel, der Energie erzeugt. Es gibt ein ganzes System von Ventilen, durch die der „Triebdampf“ in die richtigen Kanäle geleitet werden kann. Diese Ventile werden von einem Maschinisten namens „Ich“ betrieben, der die Ventile so zu steuern versucht, daß der Dampf in diejenigen Teile der Maschinerie gerät, die schließlich ein Ablassen des Dampfes ohne weitere Gefahren gestatten. Die Arbeit von „Ich“ wird dadurch nicht leichter, daß er auch noch Befehle vom Fabrikchef, dem „Überich“ entgegen nehmen muß. In dieser Triebmaschine kann alles mögliche schiefgehen: Der Triebdampf will in ein Rohr, welches ihm der Maschinist versperrt; vielleicht auf Weisung des Chefs. Wenn der Dampf nicht heraus kann, gibt es im Kessel Überdruck, und vielleicht entstehen Haarrisse im Kessel, durch die der Dampf zum Teil entweicht. Das ängstigt den Maschinisten, und er versucht, die Risse zuzuschmieren. Das aber führt nur dazu, daß sich Risse an anderen Stellen bilden... In der Freudianischen Psychoanalyse wird „Energie“ erzeugt und muß „abgefahren“ werden. Wenn dies nicht geht, z.B. aufgrund einer „Verdrängung“, dann muß die Energie irgendwie auf „illegalen“ Wegen raus. Theoretisch bedeutsam für das gesamte Freudianische Konzept ist die - wohl implizit geschehene - Übernahme des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik, nämlich des Satzes von der „Energieerhaltung“. Dieser Satz gilt für „richtige“ Energie. Ob er notwendigerweise auch für das gilt, was Freud metaphorisch „Energie“ nannte, kann man für Triebenergien, gerade auch für die psychoanalytisch so bedeutsame Sexualität, durchaus bezweifeln. Analogien bringen nicht nur weiter, sondern haben auch ihre Gefahren.

Woher kommen die Analogien? Der „Zeitgeist“ spielt hier wohl eine entscheidende Rolle; im 18. Jahrhundert, dem Zeitalter des Newtonschen Weltuhrwerks, spielte auch für die Psychologie die Vorstellung von der Seele als Uhrwerk eine große Rolle (s. LaMettrie, 1966). In der Entwicklungspsychologie taucht immer wieder die Metapher von der geologischen Schichtung auf, durch die phylo- und ontogenetisch frühere Strukturen durch spätere zugedeckt werden.

Auf die Telefonzentralenmetapher des Behaviorismus haben wir schon hingewiesen. Das Zeitalter des Kognitivismus wurde eingeleitet durch die sehr

explizite Übernahme der Computeranalogie. Plötzlich wurde aus dem Gedächtnis ein „Speicher“, aus dem Kurzzeitgedächtnis ein „Schieberegister“, das Bewußtsein wurde eine „CPU“ (Central Processing Unit).

Analogien können natürlich auch einfach aus der persönlichen Erfahrungswelt eines Individuums stammen. Die im Eingangsabschnitt erwähnten Beispiele von Mendelejeff und Kékulé gehören hierher. Gigerenzer (1988) demonstriert, in wie hohem Maße die in einer Wissenschaft zu speziellen Zwecken verwendeten Verfahren zu Quellen von Analogien werden können und damit unversehens eine Karriere vom Werkzeug zur Theorie machen. Gigerenzer zeigt an vielen Beispielen, wie die Verwendung statistischer Verfahren zur Hypothesenprüfung in der Psychologie Anlaß dazu gab, sich Denk-, Wahrnehmungs- und Entscheidungsprozesse als Prozesse der Inferenzstatistik vorzustellen. Die Seele wurde unversehens zu einem Gefüge von Signifikanztestsystemen, Wahrnehmen bedeutet das Ziehen einer Stichprobe, Erfahrungsgewinnung heißt Mittelwertbildung usw.

Die Verwendung von Analogien ist ein unschätzbare Werkzeug, um das Denken aus eingefahrenen Gleisen zu befreien und auf neue Ideen zu kommen. Auf der anderen Seite birgt sie Gefahren. Gewöhnlich sind nämlich die Analogien unvollständig oder sogar falsch. Kein Sachverhalt ist wohl einem anderen vollständig analog. Wenn man also einen Analogieschluß macht und Beziehungen von einem Bereich auf einen anderen überträgt, unterliegt man immer auch der Gefahr, Beziehungen fälschlicherweise zu übertragen. Wir haben dies oben schon am Beispiel des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik und der Freudianischen Psychoanalyse demonstriert. Solche falschen Übertragungen haben viel Unheil angerichtet und auch viel Forschungsenergie in die falsche Richtung gelenkt.

Die eigentlich wohl vernünftige Übernahme des Konzeptes der Informationsverarbeitung in die Psychologie war oft mit einer allzu weitgehenden Analogisierung des Computers mit psychischen Zuständen und Prozessen verbunden. Der Computerspeicher z.B. ist ein ganz anders aufgebautes System als das lebendig sich verändernde Gedächtnisnetzwerk beim Menschen. (Mit „Netzwerk“ sind wir schon wieder bei einer Analogie!) Man wird auf die falsche Fährte gelockt, wenn man das Gedächtnis als „Speicher“ betrachtet. Die Bezeichnung „Speicher“ für das Gedächtnissystem des Computers war auch eine Analogisierung! Man hat das Computer„gedächtnis“ nicht von ungefähr „Speicher“ und nicht „Gedächtnis“ genannt. Ein Speicher ist - wie auch ein Gedächtnis - ein System für den „Zeittransport“ von Dingen. Aber ein Speicher ist in landläufiger Bedeutung ein System für die Aufbewahrung von unverbundenen Materialien, z.B. von wahllos zusammengeschütteten Getreidekörnern oder Kohlebrocken. Im Computer bekommen die Speicherzellen ihre Verknüpfung erst durch das Programm; der Speicher für sich verbin-

det auch im Computer die Inhalte nicht miteinander, daher ist das Gedächtnis kein Speicher.

Die Arbeitsweise des Computers ist ganz anders als die Arbeitsweise des Gehirns. In den heutigen Computern findet die Informationsverarbeitung dadurch statt, daß Inhalte aus dem Speicher in die CPU geholt werden, hier verarbeitet und dann wieder in den Speicher zurücktransportiert werden. Die Annahme, daß menschliches Denken in ähnlicher Weise vor sich geht, bedeutet, daß man die „Computemetapher“ zu ernst nimmt. Vermutlich findet die Informationsverarbeitung im menschlichen Gehirn viel dezentralisierter statt als im Computer.

Es geschieht leicht, daß man Analogien allzu ernst nimmt. Um beim Gedächtnis zu bleiben: Wenn man entdeckt hat, daß es für bestimmte Zwecke ganz praktisch sein kann, die Hilfsmittel der Prädikatenlogik für die Beschreibung der Beziehungen von Gedächtnisinhalten zueinander zu verwenden, so kann es leicht geschehen, daß man die Prädikatenlogik reifiziert und plötzlich glaubt, daß die Gedächtnisstruktur „prädikatenlogisch“ sei. So kann dann eine „Tricode-Theorie“ des Gedächtnisses entstehen (s. Anderson, 1983, S. 45ff.; Wessels, 1984, S. 288ff.), in der die Sachverhalte und Situationen dieser Welt außer in Sprache und Bildern als Beziehungsstruktur in einem „konzeptuellen“, prädikatenlogischen System gespeichert sind.

3.6 Modelle und Simulation

3.6.1 Modelle

Jeder kennt Modelleisenbahnen oder Modellflugzeuge. Es sind Replikat von „Urbildern“, die bestimmte Merkmale der Urbilder meist in verkleinertem Maßstab aufweisen. Charakteristisch für Modelle ist es, daß sie nur bestimmte Aspekte der Urbilder replizieren, andere nicht. Im Inneren einer Modelllokomotive befinden sich gewöhnlich kein Dampfkessel und kein Heizer, sondern ein Elektromotor. Man kann zwar von den Längen-, Breiten- und Höhenmaßen des Modells unter Verwendung des Maßstabes die entsprechenden Maße des Urbildes errechnen, die Flächen- und Rauminhalte aber des Urbildes sind nicht einfach durch Multiplikation mit dem Maßstab zu gewinnen; man muß quadrieren bzw. die dritte Potenz wählen.

Die Modelle, von denen wir bislang gesprochen haben, sind Modelle von „statischen“ Gebilden. Das Modell einer ganzen Rangieranlage aber mit allen Weichen, Signalen und Verladeanlagen ermöglicht auch eine „dynamische“ Simulation des Urbildes „Güterbahnhof“. Man kann die Prozesse abbilden, die auch im Urbild ablaufen können. Eine solche „Simulation“ des Urbildes spielt

nun in der Psychologie und zunehmend in allen Sozialwissenschaften eine immer wichtigere Rolle als Heurismus bei der Theorienbildung, und deshalb wollen wir auf den Begriff des Modells und den Gebrauch von Modellen in der Psychologie zum Zwecke der Theorienbildung nun ausführlicher eingehen.

Die Simulation eines psychischen Prozesses wird gewöhnlich nicht durch ein mechanisches Gebilde geschehen; das geeignete Instrument ist heute der Computer, den man relativ einfach so einrichten kann, daß er jeden beliebigen, genau beschreibbaren Prozeß simulieren kann.

Theorien, Modelle, empirische und theoretische Begriffe

Was ist ein Modell? Der Begriff wird in den Sozialwissenschaften mit verwirrend vielen verschiedenen Bedeutungen verwendet. Oft wird er als Synonym für „Theorie“ gebraucht. Boguslaw (1965) und Chapanis (1963) unterscheiden z.B. „Replikatmodelle“ (ein solches wäre eine Modellokomotive) von „symbolischen“ Modellen (ein solches wäre eine in einer formalen Sprache abgefaßte Theorie).

Warum verwendet man das Wort „Modell“ anstelle des Wortes „Theorie“? Braithwaite (1963) glaubt, drei Motive dafür feststellen zu können:

1. Eine Theorie ist so „klein“, so umfangarm, so speziell, daß der Ausdruck „Theorie“ dafür zu anspruchsvoll erscheint.
2. Halb- oder ganz formalisierte Theorien sind in den Sozialwissenschaften selten. Man bezeichnet solche Theorien als Modelle, um sie von unformalisierten Theorien abzugrenzen.
3. Der Ausdruck „Modell“ wird statt des Begriffs „Theorie“ verwendet, wenn es sich bei der Theorie im Grunde nur um die Vorform einer solchen handelt, also nur um ein Theorienschema. D.h. die Theorie enthält Leerstellen, die noch spezifiziert werden müssen. „Irgendwie ist die Intelligenzleistung von der Begabung, dem Sozialklima, den Anregungen im Elternhaus abhängig!“, das wäre eine solche „Hohlform“ für eine Theorie. Das „Denkmodell“ ist ein Vorläufer der eigentlichen Theorie.

Ich halte die Gleichsetzung von „Modell“ und „Theorie“ für unglücklich; sie verwischt die Unterscheidung von Sprache und dem, was mit Sprache bezeichnet wird. Wir wollen bei dem ursprünglichen und alltäglichen Gebrauch des Begriffs Modell bleiben. Ein Modell ist ein Replikat eines Urbildes und damit ein „Ding“. Eine Theorie ist dagegen ein Gefüge von Aussagen. Ein Modell ist also „jede Struktur, die wohl definiert, klar und deutlich und hinreichend isomorph zu einem anderen System ist“ (Ashby, 1966). Ähnlich formuliert Couffignal: „Ein Modell ist ein künstlicher Mechanismus, der gewisse

Analogien zu einem vorgegebenem Mechanismus aufweist und dessen Ziel es ist, andere Analogien aufzudecken“ (Couffignal nach Marx, 1963).

Eine Theorie ist immer ein Gefüge von Aussagen, ein sprachliches Gebilde, sie tut nichts, und sie verhält sich nicht, wenn nicht irgendwer da ist, der sie **versteht**, der also die Symbole in Vorstellungen von materiellen Dingen, Energieflüssen oder Informationsverarbeitungsprozessen umsetzen kann. Eine Theorie ist, wenn man so will, ein „Programm“ für die Herstellung des Objektes, über das theoretisiert wird. Ein Programm tut für sich allein genommen überhaupt nichts. Es bedarf eines Systems, welches das Programm „versteht“ und dann auch simulieren kann. Ein Modell dagegen ist auch da, wenn keiner es „versteht“. Es „verhält sich“ auch wenn keiner zusieht. Es hat eine Existenz für sich.

Was heißt es nun, daß ein Modell seinem Urbild „isomorph“ bzw. „hinreichend isomorph“ sein soll, wie Ashby (1966) es ausdrückt? Bei den oben dargestellten Beispielen für Modelle (Modelleisenbahnen, Puppen, usw.) ist die Modellrelation sinnfällig. Man „sieht“ die Ähnlichkeit. Man sieht auch, wie weit die Isomorphie geht. Sie umfaßt nicht das gesamte „Ding“. Eine Isomorphie liegt nur hinsichtlich bestimmter Teile von Urbild und Modell vor; sowohl Urbild als auch Modell haben Merkmale, die einander nicht entsprechen (s. hierzu im einzelnen Tack, 1969, S. 235ff.). Bei der Modelllokomotive gibt es eine Isomorphie zum Urbild hinsichtlich der Relationen der Längenmaße zueinander; Höhe und Breite einer Modelllokomotive verhalten sich so zueinander wie beim Urbild. Und - gewöhnlich - herrscht Isomorphie auch hinsichtlich der Farben. Eine Isomorphie der „Innereien“ ist nicht gegeben; auch das „sieht“ man.

Modelle müssen aber ihren Urbildern nicht in sinnfälliger Weise ähnlich sein. Zwei Sachverhalte können gänzlich verschieden aussehen und doch Modelle voneinander sein. Wie das? Ein Betrachtung von Braithwaite (1963) macht das klar.

Braithwaite unterscheidet eine „Modelltheorie“ von der Theorie. Man kommt von einer Theorie zu einer „Modelltheorie“, indem man die Terme der Theorie von ihren Bedeutungen trennt (Braithwaite spricht von „Disinterpretation“) und ihnen neue Bedeutungen zuweist („Reinterpretation“). Die Struktur von Theorie und Modelltheorie, nämlich das logische Gerüst der Ableitungsbeziehungen zwischen den Termen, also das, was man in der formalen Logik „Kalkül“ nennt, bleibt dabei unverändert.

Bei Braithwaite sind Theorie und Modelltheorie „interpretierte“ Kalküle, also logische Systeme, die formal gleich sind, deren Begriffe sich aber auf verschiedene Realitäten beziehen. Abbildung 4 zeigt anschaulich, wie man sich die Beziehung von Modell und Theorie nach Braithwaite vorstellen kann.

wird also nur dann „wahr“ ($=1$), wenn beide Eingangsgrößen den Wert 1 haben, sonst „falsch“ ($=0$). Die Variable b wird 1, wenn zwar die Glocke ertönt, aber kein Futter dargeboten wird (die Futtervariable wird durch die Negation N invertiert; aus 0 wird 1 und umgekehrt). Die Funktion S soll eine Summierung der Eingänge a , b und c vornehmen, und zwar so, daß $c := c+a-b$. Ist also c zu Anfang $= 0$ und werden fünf Mal hintereinander Glocke und Futter gemeinsam dargeboten, dann hat c danach den Wert 5.

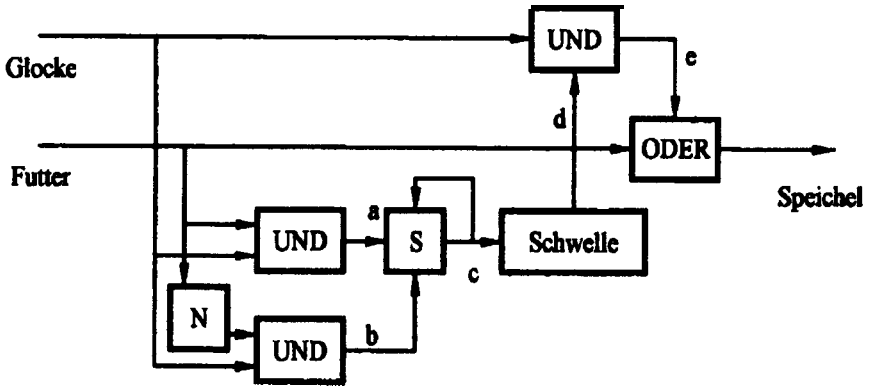


Abb. 5: Eine Theorie des bedingten Reflexes

Auch d soll eine zweiwertige (Boolesche) Variable sein. Sie ist von c gemäß der Funktion „Schwelle“ abhängig. Liegt c über einem bestimmten Schwellenwert ALPHA (ein fixer Parameter des Systems; er gehört zur Funktion SCHWELLE), so wird $d = 1$, sonst wird $d = 0$. Wenn $d = 1$ ist, so kann auch $e = 1$ werden, wenn die Glocke ertönt. Dann wird Speichel fließen, auch wenn kein Futter dargeboten wird, denn die „Speichelvariable“ wird durch die „oder“-Funktion aktiviert, wenn entweder Glocke und d oder wenn Futter dargeboten wird, oder wenn beides geschieht. Unser System lernt also auf die Glocke allein mit Speichelfluß zu reagieren, wenn oft genug Futter und Glocke gemeinsam auftraten, und es verlernt dies auch wieder, wenn häufiger die Glocke ohne das Futter auftritt. (Als Theorie sollte man das Blockdiagramm nicht allzu ernstnehmen; wir haben die tatsächlichen Verhältnisse vereinfacht, damit sie leicht verstanden werden kann. Man müßte z.B. c - die Lernvariable - gegen eine obere und untere Grenze gehen lassen.)

In bezug auf das Urbild, nämlich den „echten“ Pavlov-Hund (s. Pavlov, 1972, S.73ff.), haben einige der Begriffe der Theorie eine klare Bedeutung; „Speichel“ bezieht sich auf eine Flüssigkeit, „Glocke“ auf ein bestimmtes Muster von Schalldruckschwankungen, „Futter“ auf Fleisch. Programmiert man nun einen Computer so, daß er den Pavlov-Hund simulieren kann, so wird man diese Begriffe uminterpretieren. „Futter“ wird dann z. B. die Eingabe F am Terminal bedeuten, „Glocke“ die Eingabe G , und statt zu speicheln wird der Computer

das Wort „Speichel“ auf den Bildschirm schreiben. Der Computer und der wirkliche Hund sind also einander sinnfällig überhaupt nicht ähnlich, dennoch kann man behaupten, daß der entsprechend programmierte Computer ein Modell des Hundes sei.

„Futter“, „Glocke“, „Speichel“ lassen sich disinterpretieren und reinterpretieren. Was aber ist mit den Variablen a bis e und den Funktionen? Sie sind ja auch Teile der Theorie! Sie sind zunächst uninterpretiert; in der Theorie haben sie die Funktion, ein Beziehungsnetz so zu konstituieren, daß das Ganze funktioniert. Mit solchen uninterpretierten Begriffen hat man Schwierigkeiten. Man kann nicht wahrnehmen, worauf sie sich beziehen, man kann nicht unmittelbar überprüfen, in welchem Zustand sich die Variablen befinden. Sie konstituieren zunächst nichts anderes als ein Beziehungsnetz. Im Gegensatz zu den „empirischen“ Begriffen „Speichel“, „Glocke“ und „Futter“ nennt man solche Begriffe auch „theoretische Begriffe“.

Nun sind auch theoretische Begriffe überprüfbar, nur nicht unmittelbar. Man kann sie mittelbar überprüfen, indem man nachsieht, ob das gesamte Gefüge der Terme der Theorie (die „operationale Komponente“ eines theoretischen Konstrukts, wie Hyland (1981) es nennt), nur dann die erwarteten Erklärungsleistungen erbringt, wenn die fraglichen Begriffe darin eingebaut sind. Ist dies der Fall und sind die entsprechenden Ableitungen ohne die theoretischen Begriffe nicht zu haben, so spricht einiges dafür, daß die theoretischen Begriffe nicht nur Chimären sind, sondern daß ihnen irgendwelche tatsächlichen Vorgänge oder Zustände entsprechen. Aber eben nur „irgendwelche“, die das entsprechende Verhalten produzieren. Nun kann zwar nicht jedes System alles, es lassen sich aber für eine operationale Komponente unendlich viele Äquivalente denken. Man könnte z.B. in der Theorie des bedingten Reflexes, die wir in Abbildung 5 geschildert haben, jede „UND“-Funktion durch eine „ODER“-Funktion ersetzen, die, wenn man Eingänge und Ausgänge negiert, sich genauso verhalten würde, wie eine „und“-Funktion.

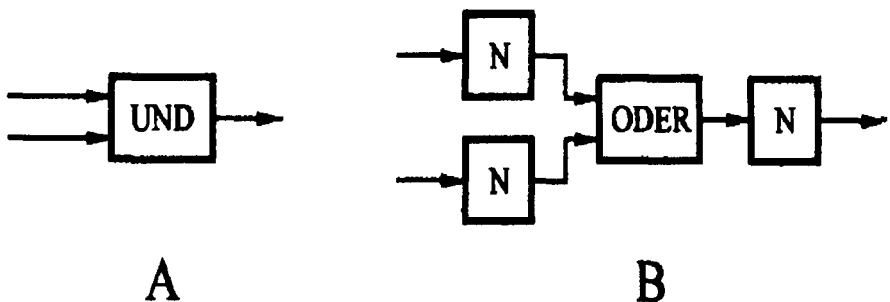


Abb. 6: Zwei verhaltens-, aber nicht strukturgleiche Systeme

Abbildung 6 zeigt zwei solche verhaltensgleiche, aber nicht strukturgleiche Systeme. Die Systeme der Abbildung 6 sind „Verhaltensmodelle“ voneinander, nicht aber „Strukturmodelle“. (Zur Unterscheidung von Verhaltens- und Strukturmodellen s. Klir & Valach, 1968, S. 45).

Man kann Strukturmodelle verschiedener Stufen unterscheiden. Wenn ein System ein Strukturmodell eines Urbildes ist, so heißt das, daß seine Teile **Verhaltensmodelle** der entsprechenden Teile des Urbildes sind. Gewöhnlich lassen sich die Teile noch weiter in Teile zerlegen. Wenn auch diese Teile Verhaltensmodelle der entsprechenden Teile des Urbildes sind, so könnten wir von einem Strukturmodell 2. Ordnung sprechen, usw.

Woher soll man nun wissen, ob sich „real“ in dem Pavlov-Hund ein Gefüge von „UND“-Funktionen oder ein Gefüge von „NICHT (NICHT... ODER NICHT...)“-Funktionen befindet? Wie soll man zwischen den unendlich vielen verhaltensäquivalenten Systemen unterscheiden? Durch reine Verhaltensbeobachtung geht das nicht.

Johnson-Laird (1988, S. 52) meint: „... ,since there is an infinity of different programs for carrying out any computable task, observations of human performance can never eliminate all but the correct theory. There will always be some alternative theories that are equally plausible. Theories are vastly undetermined by empirical data: they invariably go beyond what has been, and what can be observed“.

Durch Verhaltensbeobachtung allein kann man die verschiedenen Realisationen verhaltensäquivalenter Systeme nicht unterscheiden. Dennoch aber geht die Johnson-Lairdsche Folgerung, daß es aufgrund der Ununterscheidbarkeit durch Beobachtung immer „einige gleich plausible“ Theorien geben wurde, zu weit. Es gibt bestimmte Kriterien, die oft doch eine der alternativen „operationalen Komponenten“ am meisten plausibel erscheinen lassen. Und unter diesen Kriterien befinden sich sogar empirische.

Ein solches Kriterium ist das der **Einfachheit**. Kompliziertere Systeme sind im allgemeinen **störanfälliger** als einfache. Deshalb werden bei gleicher Leistung die einfachen Systeme die komplizierteren besiegen, wenn sie miteinander konkurrieren müssen. Und eine solche Konkurrenz gibt es z.B. in der biologischen (aber auch in der technischen) Evolution. Bei dem System B der Abbildung 6 kann einfach mehr kaputt gehen als bei dem System A (wenn man annimmt, daß ein UND-Gatter technisch genauso kompliziert ist, wie ein ODER-Gatter).

Wenn man also eine Theorie so einfach wie möglich baut, so hat man wohl eine größere Chance, das Richtige zu treffen, als wenn man eine Theorie kompliziert baut.

Eine weitere Sicherung gegen inplausible Theorien liegt in der Einführung eines „Surplus“, wie Hyland (1981) es nennt. Was ist darunter zu verstehen? Ein Surplus ist eine Art tentativer Interpretation theoretischer Begriffe.

Man kann z.B. sagen, daß eine „UND“-Funktion ein Neuron mit einer hohen Erregungsschwelle darstellt, welches nur dann aktiv wird, wenn alle seine Eingänge aktiv sind. Eine „ODER“-Funktion ist dann ein Neuron mit einer niedrigen Schwelle, welches aktiv wird, wenn mindestens einer seiner Eingänge aktiv ist. Die Zählvariable c samt anhängender Funktion „SCHWELLE“ könnte man als synaptische Schwelle des Neurons interpretieren, welches die „UND“-Funktion mit e als Ausgang darstellt. Mit sinkender Schwelle wird dieses Neuron immer leichter durchgängig, bis schließlich der Glockenton „durchkommen“ und den Speichelfluß auslösen kann.

Eine solche Interpretation ist nur eine tentative; bei einem realen Hund wird man die neuronalen Prozesse in dem angenommenen Neuronennetz nicht tatsächlich beobachten können. Eine solche „theoretische“ Interpretation hat daher einen anderen Stellenwert als die Interpretation der empirischen Variablen, da sie nicht direkt prüfbar ist.

Hyland (1981) verlangt ein „Surplus“ für jede Einführung theoretischer Variablen in eine Theorie. Er unterscheidet drei verschiedene Arten von „Surplus“ für die Psychologie, nämlich „mechanistische“, „physiologische“ und „mentalistische“. Unsere Interpretation der „Innereien“ der Theorie des bedingten Reflexes wäre ein „physiologisches Surplus“. Wenn wir die Summierungsvariable c z.B. als ein Wasserbecken interpretiert hätten, durch die über die Variable a ständig Wasser hineinläuft und durch die Variable b Wasser abgelassen werden kann, dann wäre eine solche analoge Interpretation ein mechanistisches Surplus. Ein mentalistisches Surplus läge vor, wenn man sich bei der Interpretation einer bestimmten Variable auf das eigene Erleben bezieht.

Betrachten wir ein Beispiel für die verschiedenen Formen von Surplus: Man könnte annehmen, daß die „Aggressionstendenz“ von Menschen oder Tieren der Aktivität eines bestimmten Gehirnareals, nämlich eines Aggressionszentrums im Hypothalamus (s. Ehrhardt, 1975, S. 67ff.), entspricht. In diesem Fall wurde man also sagen: „Das was ich eigentlich meine, wenn ich von Aggressionsneigung spreche, ist die Aktivität einer bestimmten Hirnstruktur. Das Ausmaß der Aktivität dieser Struktur entspricht dem Ausmaß der Tendenz, aggressiv zu reagieren.“

Ein mechanistisches Surplus liegt dann vor, wenn man einem theoretischen Begriff eine bestimmte physikalisch-mechanistische Interpretation unterlegt. Wenn man beispielsweise der Meinung ist, daß die „Triebspannung“ auf so etwas wie die Füllung eines Wasserbehälters zurückzuführen sei (je größer die Füllung, desto stärker die Tendenz zur Ausübung des triebentsprechenden

Verhaltens), so verwendet man ein mechanistisches Surplus. Wenn man dagegen z.B. von „Wut“ redet, so verwendet man ein *mentalistisches* Surplus. Man bezieht sich auf das, was man als „Wut“ tatsächlich bei sich erleben kann.

Die Beachtung der Existenz verschiedener Surplus ist sehr wichtig für die Theorienbildung. Hyland verlangt nicht nur ein Surplus für alle theoretischen Begriffe, sondern zusätzlich, daß die Vermischung verschiedener Surplustypen in ein- und derselben Theorie zu vermeiden sei. Warum das?

Der Grund für die beiden Vorschriften ist, daß die Vermischung verschiedener Surplus leicht zu einer „Realitätsverdoppelung“ führen kann. Wenn man z.B. weiß, daß Aggressivität mit der Aktivität eines hypothalamischen Zentrums XXX zusammenhängt, so liegt es nahe, folgenden „theoretischen“ Satz zu formulieren: „Die Aktivität des hypothalamischen XXX beeinflusst das Wutgefühl!“

Das klingt harmlos. Der Satz besagt, daß subjektiv das Gefühl der Wut oder des Ärgers um so größer ist, je größer die Aktivität des entsprechenden hypothalamischen Zentrums ist. Was soll dagegen einzuwenden sein?

Es ist dagegen einzuwenden, daß man auf diese Art und Weise leicht aus einer Sache zwei macht. Denn es wäre ja möglich, daß das Wutgefühl nichts anderes ist als die „Innenansicht“ der Aktivität des entsprechenden hypothalamischen Zentrums. Wenn aber dies der Fall wäre, dann würde man mit dem Satz „Die Aktivität des hypothalamischen Zentrums beeinflusst das Wutgefühl!“ eine Kausalrelation in die Theorie einführen, die überhaupt nicht existiert. Denn die Variablen, die man hier als Auslöser und Empfänger einer Kausalbeziehung nennt, wären ja dann gar nicht verschieden voneinander.

Dies macht deutlich, daß die Vorschrift von Hyland, keine theoretischen Variablen ohne Surplus zu benutzen, sinnvoll ist. Wenn man für theoretische Variablen kein Surplus einführen würde, dann könnte man nicht entscheiden, ob man nicht dabei ist, „eigentlich“ verschiedene Surplus zu vermischen. Die „Surplus - Reinheit“ ist also ein Kriterium für die Plausibilität einer operationalen Komponente.

Ein weiteres Kriterium, welches mitunter zur Stützung der Annahme herangezogen werden kann, daß eine operationale Komponente eine ganz bestimmte Struktur und nicht eine andere hat, ist die „Seitendeduktion“. Darunter wollen wir folgendes verstehen:

Man konstruiert eine Theorie zur Erklärung der Tatsache, daß: „wenn A, so B“ ($A \rightarrow B$), daß also der Pavlov-Hund nach einer gewissen Anzahl von gemeinsam dargebotenen Schall- und Futterreizen schließlich auf den Schall so reagiert wie auf das Futter. Diese Theorie bildet ein System. Wenn man nun aus dem System außer dem zu erklärenden Satz $A \rightarrow B$ noch einen anderen Satz $A \rightarrow C$ ableiten kann, der sich aus einer bestimmten Annahme über die

innere Struktur ergibt, so stellt die empirische Prüfung, ob nun wirklich $A \rightarrow C$, eine Prüfung der Annahme über die innere Struktur dar.

Ich habe z.B. einmal eine Theorie über die Realisierung von Denkprozessen in Neuronennetzen aufgestellt (Dörner, 1974). Wir simulierten diese Theorie, und dabei ergab es sich, daß nicht nur Denkprozesse simuliert wurden, sondern - ganz unbeabsichtigterweise - auch EEG-Rhythmen. Wenn man das künstliche Neuronensystem, welches wir konzipiert hatten, in Ruhe ließ und ihm keine Aufgaben stellte, dann verfiel es in einen Schwingungszustand mit großen Amplituden und niedrigen Frequenzen. Wenn das Netz aber zu „denken“ begann, zeigte es unregelmäßigere Oszillationen mit geringerer Amplitude und höherer Frequenz (s. Dörner, 1974, S.236ff.). Das ist der Unterschied, den man zwischen Alpha- und Beta-Wellen im menschlichen EEG findet. Die Alpha-Wellen signalisieren beim Menschen einen „dösenden“ Ruhezustand, die Beta-Wellen hingegen geistige Aktivität. Die Tatsache, daß man aus unseren Strukturannahmen über denkende Neuronennetze EEG-Rhythmen ableiten konnte, ohne daß dies beabsichtigt war, machte die Annahmen plausibler (ohne sie zu beweisen). Man kann also auch über die verborgenen Bestandteile von Theorien „mit Gründen“ streiten.

Simulation und das Turing-Kriterium

Warum konstruiert man in den Wissenschaften überhaupt Modelle? Das hat verschiedene Gründe, auf die wir im nächsten Abschnitt noch genauer eingehen werden. Ein prominenter Zweck des Modellbaus ist die Überprüfung einer Theorie. Wenn sich ein Modell genau so verhält wie ein Urbild, dann ist dies ein Indiz für die Richtigkeit der Theorie. Statt von „Modellverhalten“ spricht man gewöhnlich von „Simulation“. Ein Modell simuliert ein Urbild, wenn es sich genauso verhält wie dieses.

Anders Hanneman (1988, S. 84ff.), der als „Simulation“ jedes Realitätsobjekt betrachtet, welches dem Urbild zwar hinsichtlich der „Form“, nicht aber hinsichtlich der materiellen Substanz ähnlich ist. „A ‚simulation‘ is usually defined as a construct that has the appearance or form, but not the substance of some real Object.“ (Wieder eine Begriffsverwirrung; das was Hanneman hier „Simulation“ nennt, haben wir gerade „Modell“ genannt.)

Die Simulation verwendet man, um darüber zu entscheiden, ob das Modell tatsächlich eines ist. Die Computersimulation einer Theorie über einen psychischen Prozeß ist eine Methode der Kontrolle der Richtigkeit einer Theorie. Man programmiert einen Computer so, daß er die gleichen Informationsverarbeitungsprozesse durchführt, wie man sie im menschlichen Gehirn annimmt, und prüft dann, ob das Verhalten des Computers mit dem des Menschen

übereinstimmt. Dieses Kriterium ist als „Turing-Kriterium“ (nach dem englischen Mathematiker und Pionier der Computertechnik Allan Turing (z.B. 1956, 1959)) bekannt. Turing schlug es als Kriterium für die Frage vor, wann man von einer Maschine behaupten dürfe, sie weise Bewußtsein oder - allgemeiner - geistige Prozesse auf. Im Hinblick auf diese Frage wurde die Aussagekraft des Kriteriums oft diskutiert (s. z.B. Searle, 1984). Wir haben an dieser Stelle nicht den Raum, auf diese Diskussion einzugehen. Wir halten das Turing-Kriterium weiterhin für vernünftig für die Entscheidung der Frage, ob man eine bestimmte Theorie aufrechterhalten kann oder nicht.

Die Schwierigkeiten bei der Anwendung des Turing-Kriteriums liegen im Detail. Was soll man auf Gleichheit prüfen? Ist man berechtigt, die Programmstrukturen eines Schachcomputers mit menschlichen kognitiven Strukturen zu identifizieren, wenn man festgestellt hat, daß der Rechner so ähnlich Schach spielt wie ein Mensch?

Oder soll man zusätzlich verlangen, daß er sich auch über ein verlorenes Spiel ärgert, im Laufe der Zeit seine Spielstrategien aufgrund seiner Erfahrungen ändert oder uns seine Strategien erläutern kann?

Bei der Simulation psychischer Prozesse wird man wohl gut daran tun, ziemlich viel an „Gleichheit“ zu verlangen. Sonst gerät man in die Gefahr, die Art der Fortbewegung eines Autos mit der eines Hundes zu identifizieren, nur weil sich beide in ungefähr der gleichen Geschwindigkeit von A nach B bewegen. (Nebenbei: man kann heute aufgrund des Spielstils wohl noch ganz gut unterscheiden, ob man gegen einen Menschen oder einen Computer Schach spielt. Die heutigen Schachcomputer haben - das wird besonders im Endspiel sichtbar - Schwierigkeiten, „strategisch“ zu spielen, also Fernziele anzustreben.)

Noch eine Anmerkung zur „Gleichheit“ des Verhaltens von Modell und Urbild. Wenn wir sagen, daß das ComputermodeLL eines psychischen Prozesses „richtig“ sei, weil Computer und Mensch „gleiches“ Verhalten zeigen, so muß man sich an Abbildung 4 und die Beziehung zwischen Theorie und Modell erinnern. Ein Modell ist die Replizierung eines Urbildes in einem anderen Medium oder eine andere Realisierung der Theorie durch Wechsel der Interpretationen der empirischen (und theoretischen) Begriffe. Hat man ein Modell des bedingten Reflexes, welches auf einem Computer „läuft“, so wird anstelle von realem Fleisch, welches man dem Hund ins Maul schiebt, ein „F“ auf der Tastatur des Computers eingegeben. Dem Computer wird bei der Darbietung von „Futter“ auch kein Speichel aus den Disketten-Slots rinnen, sondern er wird schlicht auf dem Bildschirm das Wort „Speichel“ schreiben.

Die Interpretationen der Begriffe der Theorie, also die Bezüge der Begriffe zu der Welt der materiellen und energetischen Dinge, ändern sich, wenn man

vom Urbild zum Modell übergeht. Man kann aber das Verhalten des Modells durch Dis- und Reinterpretation der Begriffe in das Verhalten des Urbildes übersetzen und umgekehrt, und damit kann man die Frage beantworten, ob das Verhalten des Modells gleich dem Verhalten des Urbildes ist oder nicht. Keineswegs geht es bei der Gleichheit um die Identität des Verhaltens. Die Erscheinungsformen des Verhaltens können sehr verschieden sein.

3.6.2 Der Gebrauch von Modellen bei der Konstruktion von Theorien

Modelle werden in den Wissenschaften häufig verwendet. Jeder kennt die aus bunten Plastikstücken zusammengesteckten Molekülmodelle, mit denen die Chemiker gerne operieren, um sich die räumliche Gestalt eines Moleküls zu verdeutlichen. Ingenieure und Architekten arbeiten mit Maschinen- und Gebäudemodellen.

Wozu braucht man Modelle und warum verwenden Chemiker und Architekten oft viel Zeit und Mühe auf die Modellerstellung? Warum bemüht man sich in der Psychologie zunehmend um die Konstruktion von Computermodellen? Warum reicht nicht die Theorie? Chapanis (1963) meint, daß die Konstruktion von Modellen für die Wissenschaft folgende Vorteile biete:

1. Modelle beschreiben ein theoretisches System und helfen uns, komplexe Systeme zu verstehen.
2. Modelle zeigen den Rahmen auf, innerhalb dessen neue Experimente unternommen werden können.
3. Modelle helfen uns, neue Beziehungen zu erkennen.
4. Modelle helfen bei der Voraussage, wenn Experimente unmöglich sind.
5. Modelle machen Spaß!

Was heißt das? Wir wollen diese Vorteile im Hinblick auf die Verwendung von Computersimulationen in der Psychologie etwas genauer diskutieren.

Die Vorteile 1, 2 und 3, die Chapanis nennt, kann man wohl folgendermaßen zusammenfassen: Modelle konkretisieren eine Theorie; dadurch verstehen wir sie besser, da wir ihre Implikationen besser überschauen. Wir können auch die Implikationen leichter bekommen; der Computer leitet sie uns ab. Dies bedeutet, daß wir innerhalb der Theorie neue Beziehungen entdecken können, und aufgrund dessen können wir uns neue Experimente ausdenken. Wir wollen dies an einem Beispiel verdeutlichen.

Abbildung 7 zeigt ein Variablengeflecht, welches wir zur Erklärung des Verhaltens von Versuchspersonen konstruiert haben, die die Aufgabe hatten, in einem Computersimulationsspiel den Einsatz einer Feuerlöschbrigade im schwedischen Urwald zu leiten (s. Dörner & Pfeifer, 1992). Die Versuchsper-

sonen mußten einer Brandbrigade, die aus 10 Einheiten (darunter einem Helikopter) bestand, je nach Entwicklung und Ausbreitungsrichtung von Waldbränden Einsatzbefehle geben. Dabei wurden sie - im Gegensatz zu den Versuchspersonen einer Kontrollgruppe - einem starken und sich ständig in unvorhersagbarer Weise ändernden Geräuschpegel ausgesetzt.

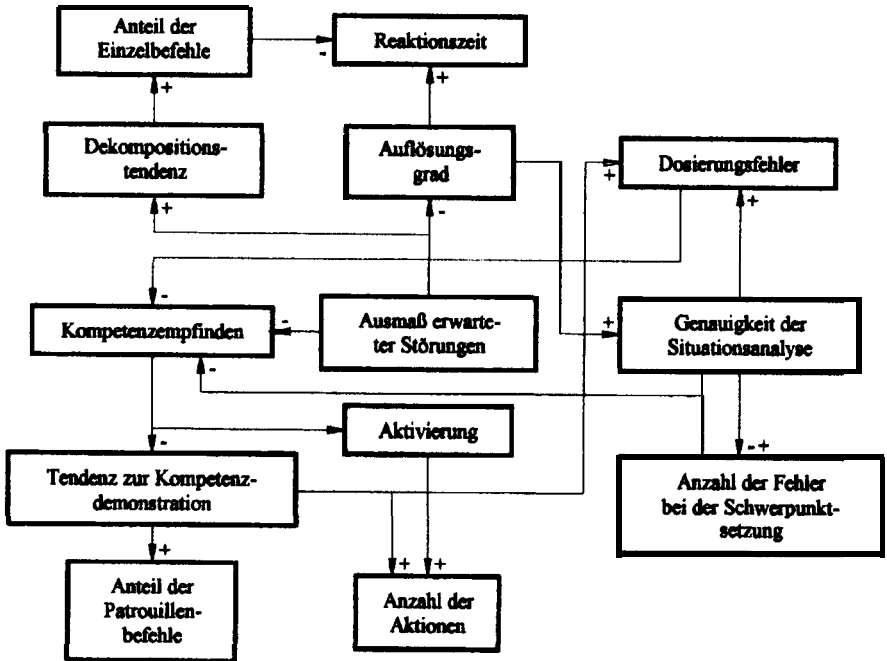


Abb. 7: Ein Geflecht von empirischen und theoretischen Variablen zur Erklärung des Verhaltens in dem Feuer-Streß-Experiment (siehe Text)

Es zeigten sich keine Leistungsunterschiede zwischen den Versuchspersonen, die unter dem Lärmstreß arbeiten mußten, und denjenigen, die unbehelligt arbeiten konnten. Eine Analyse des Verhaltens ergab allerdings, daß die gleichen Leistungen durch sehr verschiedenartige Verhaltensstrategien zustande kamen. Die gestreßten Versuchspersonen agierten beispielsweise weniger mit „Massenbefehlen“; d.h. sie gaben ihre Befehle weniger oft mehreren Einheiten zugleich. Sie machten mehr „Dosierungsfehler“; d.h. sie sandten zu einer Brandbekämpfung zu viele oder zu wenig Einheiten. Andererseits taten die gestreßten Versuchspersonen auch mehr; die Anzahl der Befehle, die sie ihren Einheiten gaben, war größer als die der nichtgestreßten Versuchspersonen. Weiterhin gaben sie relativ mehr Patrouillenbefehle, die bewirkten, daß die FeuerlöschEinheiten in einem bestimmte Gebiet hin- und herfuhrten.

Bei den nichtgestreßten Versuchspersonen gab es mehr „Schwerpunktfehler“, d.h. diese Versuchspersonen setzten ihre Einheiten häufig am falschen Ort ein, bekämpften ungefährliche Feuer und ließen gefährliche Feuer unbekämpft.

Das war das Muster der empirischen Befunde. Abbildung 7 zeigt die Zusammenführung dieser Befunde zu einer einheitlichen Theorie durch ein System von Hypothesen. Das Variablengeflecht der Abbildung 7 kam durch Versuche zustande, das Verhalten der Versuchspersonen zu simulieren, also ein Modell der Versuchspersonen zu bauen. Wir fragten uns zunächst, wie denn die einzelnen empirischen Ergebnisse zusammenhängen. Wieso machen die gestreßten Versuchspersonen mehr Dosierungsfehler, aber weniger Schwerpunktfehler? Wieso tendierten die nichtgestreßten Versuchspersonen mehr zu Massenbefehlen? Warum gaben die gestreßten Versuchspersonen mehr Befehle? Und warum zusätzlich relativ mehr Patrouillenbefehle?

Wenn man das Verhalten der Versuchspersonen simulieren will, muß man auf diese Fragen Antworten geben. Natürlich kann man sich diese Fragen auch stellen, wenn man kein Modell bauen möchte; das Vorhaben des Modellbaus aber erzwingt die exakte Beantwortung dieser Fragen, und dieser Zwang bestunde nicht, wenn man nur vorhätte, die empirischen Befunde „irgendwie“ zu interpretieren. In der Psychologie besteht natürlicherweise, nämlich weil man sich beim Theoretisieren oft auch selbst meint, eine hohe Neigung zum „impliziten Verstehen“ von Befunden. Man versteht „intuitiv“, daß Leute unter Streß mehr Dosierungsfehler machen und neigt dann nicht dazu, die genauen Ursachen dieses Zusammenhanges zu explizieren. Der Lärmstreß produziert Unaufmerksamkeit, und da ist es doch klar, daß die Versuchspersonen ungenauer dosieren! In Wirklichkeit ist es wohl komplizierter (s.u.), aber das wurde erst durch den Simulationsversuch klar. Mit dem „intuitiven Verständnis“ wurde ein Computer nicht arbeiten; man muß ihm schon genau sagen, was er tun soll.

Abbildung 7 zeigt, was bei dem Versuch herauskam, die oben gestellten Fragen zu beantworten. Kern der Theorie ist die Annahme, daß die gestreßten Versuchspersonen sich durch die ständig verändernde Geräuschkulisse gestört fühlten, da die unvoraussagbaren und z.T. sehr lauten oder schrillen Töne ihren problemgerichteten Denkablauf unterbrachen. Dies führte dazu, daß sie das Gesamtproblem der Befehlsgebung für ihre Brandbrigade in kleine Teilprobleme zerlegten. Sie gaben ihre Befehle hauptsächlich für einzelne Einheiten und setzten außerdem den Auflösungsgrad bei der Betrachtung der Situation und bei der Analyse der Bedingungen und der Folgen für die Befehlsgebung herab.

Dies führte dazu, daß sie die Situationen nur ziemlich grob analysierten, was einerseits zu Fehlern in der Dosierung führte, andererseits aber auch dazu, daß die - wie durch eine Sonnenbrille betrachtete - Situation ihnen ihre Konturen deutlicher zeigte. Dies verminderte die Anzahl der Schwerpunktfehler

bei den gestreßten Versuchspersonen. Sie setzten ihre Einheiten mehr entsprechend der Gefährlichkeit der Feuer ein.

Die Tatsache, daß der problemgerichtete Denkablauf bei den gestreßten Versuchspersonen ständig unterbrochen wurde, führte aber außerdem dazu, daß sie sich den Anforderungen des Gesamtproblems weniger gewachsen fühlten. Dies hatte eine „reaktive Anspannungssteigerung“ zur Folge; die damit verbundene größere Aktivierung mündete in einer größeren Anzahl von Aktionen überhaupt. Das absinkende Kompetenzzempfinden führte weiterhin dazu, daß die unter Lärmstreß stehenden Versuchspersonen ein Bestreben zur Kompetenzdemonstration entwickelten. Dies schlug sich in einer größeren Anzahl von (ziemlich nutzlosen) Patrouillenbefehlen nieder; die dadurch ständig in der Gegend herumfahrenden Einheiten gaben den Versuchspersonen das Gefühl: „Da tut sich was, und ich habe das bewirkt!“. Außerdem führte diese Tendenz zu einer größeren Anzahl von Befehlen überhaupt und zu mehr Fehlern der Überdosierung.

Dieses System von Annahmen fügt die empirischen Ergebnisse durch theoretische Ergänzungen zu einem Gesamtsystem zusammen, welches vollständig ist und das Verhalten der Versuchspersonen der beiden Gruppen erklärt. Die Modellkonstruktion führt aber nicht nur dazu, daß sich das „intuitive Verständnis“ in ein explizites System von Kausalbeziehungen verwandelte; zusätzlich erzwang sie Präzision. Variablen und Funktionen mußten genau bestimmt werden. Die Plus- und Minuszeichen in der Abbildung 7, die Relationen vom Typ „je mehr desto mehr!“, bzw. „je weniger desto weniger!“ (+), bzw. „je mehr desto weniger!“ und „je weniger desto mehr!“ (-) symbolisieren, sind für die Computersimulation natürlich gänzlich ungeeignet. Wie hängt das Ausmaß der erwarteten Störungen nun genau mit dem Auflösungsgrad zusammen? Hängt der Auflösungsgrad logarithmisch vom Ausmaß der erwarteten Störungen ab? Oder ist der Zusammenhang besser durch eine Potenzfunktion beschreibbar? Oder ist eine lineare Funktion angemessen? Man muß sich hier schon festlegen. Und was heißt eigentlich überhaupt genau „Auflösungsgrad“? Bezieht sich der Auflösungsgrad nur auf die Wahrnehmung und bedeutet ein niedriger Auflösungsgrad einfach eine grobe (aber konturenverstärkende) „Sonnenbrillenbetrachtung“? Oder bezieht sich der Auflösungsgrad auch auf die Elaboration der Konsequenzen einer bestimmten Entscheidung, die bei niedrigem Auflösungsgrad eben nicht sehr weit getrieben wird? Solche Betrachtungen zerlegen die globale Variable „Auflösungsgrad“ in zwei verschiedenen Komponenten.

Die Modellkonstruktion erzwingt also Vollständigkeit, Explizitheit und Präzision der theoretischen Annahmen. Die Explizierung der theoretischen Annahmen führt oft dazu, daß man Implikationen der Theorie sieht, die zunächst unsichtbar waren. So ergab es sich bei der Konstruktion des Annahmengebäudes der Abbildung 7, daß man aus der Theorie ableiten konnte, daß die

Reaktionszeiten der gestreßten Versuchspersonen kürzer sein müßten als die der nichtgestreßten Versuchspersonen. Dies ist ableitbar aus der Annahme, daß die gestreßten Versuchspersonen das Gesamtproblem in höherem Maße in Teilprobleme zerlegen als die nichtgestreßten Versuchspersonen. Außerdem ist es ableitbar aus der Annahme, daß die gestreßten Versuchspersonen mit einem niedrigeren Auflösungsgrad arbeiten als die nichtgestreßten Versuchspersonen.

Wir hatten aber die Reaktionszeiten weder bei der Konzeption der Theorie erwogen, noch hatten wir sie ausgewertet. In den Computerprotokollen des Verhaltens der Versuchspersonen aber waren sie registriert und so konnten wir die Hypothese nachträglich prüfen. Die Hypothese stimmte.

Nebenbei bemerkt: Dies ist ein Beispiel dafür, daß man mitunter ein Gefüge von theoretischen Variablen, welches man konstruierte, um den Zusammenhang $A \rightarrow B$ („wenn Lärmstress, dann mehr Patrouillenbefehle, mehr Überdosierung, ...!“) zu erklären, einem empirischen Test unterwerfen kann, da man plötzlich feststellt, daß auch $A \rightarrow C$ („wenn Lärmstress, dann kürzere Reaktionszeiten!“) aus der Theorie abgeleitet werden kann.

Eine Folge der durch die Modellkonstruktion erzwungenen größeren Explizitheit und Vollständigkeit des theoretischen Systems ist auch, daß Widersprüche im theoretischen System leichter entdeckt werden können. Aus unseren theoretischen Annahmen war abzuleiten, daß die gestreßten Versuchspersonen **mehr** Dosierungsfehler machen sollten als die nichtgestreßten Versuchspersonen. Dies ergibt sich aus dem geringeren Auflösungsgrad. Denken und Wahrnehmen mit einem niedrigen Auflösungsgrad führt dazu, daß die Versuchspersonen in einer Gefahrensituation weniger gut entscheiden können, wieviele Feuerwehreinheiten zur Brandbekämpfung wohl notwendig sind. Und das bedeutet Unter- oder Überdosierung.

Auf der anderen Seite wurde die Hypothese aufgestellt, daß die gestreßten Versuchspersonen gerade wegen ihres geringeren Auflösungsgrades einen besseren Überblick über die Gesamtsituation haben wurden. Daraus kann man ableiten, daß die gestreßten Versuchspersonen **weniger** Dosierungsfehler machen wurden. Denn ein besserer Überblick über die Gesamtsituation sollte zu einer besseren Einschätzung der jeweils notwendigen Anzahl von Feuerwehreinheiten führen. Aus der einen Annahme ergab sich also die Folgerung: „Mehr Dosierungsfehler!“, aus der anderen die Folgerung: „Weniger Dosierungsfehler!“ Das ist zunächst einmal ein Widerspruch. Die Explizitheit des theoretischen Systems zeigt diesen Widerspruch auf und ermöglicht seine Beseitigung. Diese kann in verschiedener Weise erfolgen. Z.B. könnte man annehmen, daß beide Tendenzen vorhanden sind, sich aber wechselseitig aufheben. Man könnte auch entweder die eine oder auch die andere Hypothese fallenlassen. Eine genaue Betrachtung der Dosierungsfehler zeigt, daß die gestreßten Versuchspersonen tatsächlich mehr Dosierungsfehler machen als die

nichtgestreßten; sie neigen aber nur zu mehr Überdosierungsfehlern („Nicht kleckern! Klotzen!“); nicht zu mehr Unterdosierungen. Der Grund für die größere Anzahl von Dosierungsfehlern bei den gestreßten Versuchspersonen liegt also nicht in der oberflächlicheren Analyse. Zugleich vermeiden die gestreßten Versuchspersonen Dosierungsfehler nicht wegen der besseren „Übersicht“. Die größere Anzahl von Überdosierungsfehlern liegt bei den gestreßten Versuchspersonen vielmehr an ihrer Tendenz zur „Kompetenzdemonstration“. So verschwindet der Widerspruch.

Formalisiert man das theoretische System der Abbildung 7 (die Abbildung enthält nur die Grobform der Theorie), so erhält man ein recht umfangreiches System von Annahmen, welches auch Rückkopplungen enthält. Z.B. wirken sich die bemerkten Fehler auf das Kompetenzzempfinden und dieses wieder auf die Fehlertendenzen aus. Das System ist ohne Computersimulation überhaupt nicht hantierbar. Man ist ohne sie gänzlich außerstande, das Geflecht von 20 oder mehr Variablen und ihre zum Teil sich in der Zeit verändernden Beziehungen zueinander zu überschauen. Zwar sind die in die Theorie eingehenden Annahmen im einzelnen primitiv, das Gesamtgefüge aber, welches man aus solchen einfachen Annahmen erstellt, verhält sich unter Umständen keineswegs in der Weise, wie man glaubt, daß es sich verhalten müsse. Dies ist die Bedeutung der Behauptung von Chapanis, daß man eine Theorie oft erst durch Modellbildung versteht, da man das, was in ihr steckt, ohne Computersimulation nicht herausfinden kann.

Psychologische Phänomene sind oft nicht auf eine oder wenige Ursachen reduzierbar. Weiterhin verändern sich oft die Bedingungen für das Verhalten oder die internen Prozesse während des Verhaltens und während des Ablaufs der Prozesse. Es ist nicht einfach, Theorien, die sich auf solche komplexe und plastische Sachverhalte beziehen, zu prüfen. Ohne Computersimulation kommt man bei der Prüfung von Aussagen über solche Gebilde kaum aus. Man hat es dann ja nicht mit einfachen Kausalketten zu tun, sondern mit Prozessen, die durch ein Geflecht verschiedenartiger Beziehungen zustandekommen. Solchen Kausalgeflechten wird man mit den „Alltagsmitteln“ der logischen Deduktion „von Hand“ oder der Auflösung von Gleichungssystemen nicht mehr gerecht. „In many cases the available mathematical and logical tools are simply insufficient to give determined answers to questions about the consequences of changes in variables and the overall behavioural tendency of the theory under various conditions“, meint Hanneman (1988, S. 84) in bezug auf solche komplizierte theoretische Gebilde.

Aber nicht nur als Deduktionshilfen sind Computermodelle nützlich. Der Gebrauch von Modellen macht eine Theorie **anschaulich**. Das Modell produziert Verhalten, genau wie eine „richtige“ Versuchsperson; auf diese Weise wird die Theorie plastisch, und man sieht unmittelbar, ob sie überhaupt ein

aussichtsreicher Kandidat für die Erklärung des Verhaltens ist. Die Computersimulation macht oft komplexe *und* exakte Theorien erst möglich! Ein Modell ermöglicht es, mit der Theorie „zu spielen“, mal diesen, mal jenen Parameter zu verändern um so zu sehen, welches Gewicht die verschiedenen Annahmen haben.

A propos „Spiel“: Chapanis meint: „Modelle machen Spaß“. In der Tat stellt die Modellierung eines komplizierten psychischen Prozesses die Unmittelbarkeit der Beobachtung wieder her. Man kann mit der Theorie gewissermaßen so umgehen wie mit einer Versuchsperson. Oder besser gesagt: wie mit vielen verschiedenen Versuchspersonen. Läßt man die Theorie (genauer gesagt: das Modell) Feuerwehrhauptmann spielen, so stellen sich ganz schnell Assoziationen zu tatsächlichen Versuchspersonen ein. Es ist reizvoll, zu beobachten, welche „Persönlichkeitstypen“ man durch die Variation bestimmter Parameter erzeugen kann, und entsprechende „Spielereien“ mit der Theorie machen in der Tat Spaß, halten dadurch die Motivation der Beschäftigung mit dem System aufrecht und führen so zu neuen Einsichten.

Im Grunde ist es merkwürdig, wie langsam die „Modellmethode“ in der Psychologie vordringt. Seit Ende der 50er Jahre gibt es Computermodelle für psychische Prozesse; in den 60ern hatte die Tendenz, Computermodelle zu konstruieren, bereits einen bestimmten Höhepunkt erreicht. Dennoch ist diese Methode keineswegs gebräuchlich. Wahrscheinlich sind die technischen Schwierigkeiten, der Erwerb des erforderlichen Knowhows zum Umgang mit dem Computer und mit entsprechenden Programmiersprachen trotz der Tatsache, daß man heutzutage ein Universitätsrechenzentrum der 60er Jahre in der Aktentasche mit sich herumtragen kann und trotz der Verfügbarkeit sehr leicht zu verwendender Programmiersprachen, die zum Teil ganz explizit auf die Simulation von Prozessen in den Sozialwissenschaften ausgerichtet sind (z.B. die Sprache DYNAMO von Forrester und Mitarbeitern, s. Richardson & Pugh, 1981) noch immer schwer überwindbar.

Dabei ist die Computersimulation für die Psychologie und auch viele Sozialwissenschaften das Mittel der Wahl zur Theorienkonstruktion und -prüfung. Gewöhnlich hat man es in der Psychologie nicht mit einfachen Prozessen zu tun, die sich zwischen jeweils zwei Variablen abspielen.

Die Modellkonstruktion hilft aber nicht nur; sie hat auch ihre Gefahren. Chapanis (1963) nennt folgende:

1. Modelle verführen zu vorschneller Generalisierung.
2. Die Beziehungen zwischen den Modellvariablen können andere sein, als die zwischen den Prototypvariablen.
3. Modelle werden oftmals nicht validiert.

4. Modelle können nützliche Forschungsenergie in unproduktiver Aktivität vergeuden.

Man sollte die in diesen vier Behauptungen von Chapanis steckenden Gefahren der Modellkonstruktion ernst nehmen. In der Tat kann die Freude über die auf den ersten Blick gelungene Modellierung eines komplizierten psychischen Ablaufes so groß sein, daß man das endlich lauffähig gewordene Produkt seiner Bemühungen eben wegen dieser Bemühungen auch schon für gültig hält. Die Geschichte der Computersimulation in der Psychologie ist voll von solchen Übergeneralisierungen. Das wohl bislang immer noch berühmteste Beispiel für die Simulation menschlichen Denkens, nämlich der GPS (General Problem Solver, Newell & Simon, 1972) wurde niemals dadurch validiert, daß man überprüfte, ob das System tatsächlich die Denkabläufe einer größeren Anzahl von Versuchspersonen prognostizieren kann. Übereinstimmungen zwischen dem Verhalten des GPS und dem Verhalten von „echten“ Versuchspersonen wurde nur streckenweise gefunden, und die Validierung des GPS geschah gewissermaßen durch Anekdoten. So sieht es mit sehr vielen Computersimulationen aus.

Chapanis' Anmerkungen 2 und 3 hängen mit der Anmerkung 1 eng zusammen. Wenn man ein „lauffähiges“ Modell schon allein deswegen, weil es tut, was der Konstrukteur will, für auch gültig hält, wird man nicht dazu neigen, große Anstrengungen zu machen, das Modell zu validieren. Und damit schleicht sich die Gefahr ein, daß die Gültigkeit des Modells nur von recht geringer Reichweite ist.

Der Umgang mit Computermodellen komplizierter (psychischer) Prozesse ist sehr spannend. Der Computer ist für denjenigen, der mit ihm umgehen kann, ein dynamisches Spielzeug von hohem Unterhaltungswert. Und daher kann es sich leicht ereignen, daß der Modellkonstrukteur Aufwand und Nutzen nicht mehr balanciert und viel Forschungsenergie in fruchtlosen Spielereien verloren geht.

4. *Schlußbemerkungen*

Wie im Eingangskapitel betont, ist das Thema „Theorienbildung“ für die Psychologie wohl wichtiger als für andere Wissenschaften. Der Ingenieur und wohl auch der Arzt können bei der Lösung ihrer praktischen Probleme in hohem Maße auf „vorgefertigte“ Verfahrensweisen zurückgreifen. Von Psychologen aber wird fast immer verlangt, daß sie sich über die Hintergründe der Phänomene, mit denen sie sich befassen müssen, Gedanken machen. Eine Depression kann diese oder jene Gründe haben; dasselbe gilt für die Drogensucht oder für Alkoholismus. Schulschwierigkeiten können am Klassenklima,

am Elternhaus, an der individuellen Begabung oder an einer Kombination aller dieser Faktoren zusammen liegen. Die multiple und variable Bedingtheit psychischer Phänomene stellt den Psychologen sehr oft vor die Notwendigkeit, neue Hypothesen erfinden zu müssen.

Im Hinblick auf die wieder und wieder beklagte Unverbundenheit der Ergebnisse der psychologischen Forschung, im Hinblick auf den Fragmentarismus der theoretischen Ansätze ist nicht nur in der angewandten sondern auch in der wissenschaftlichen Psychologie das Theorienbilden sehr notwendig. Das reine Sammeln von Daten, fälschlicherweise oft mit wissenschaftlicher Tätigkeit an sich identifiziert, führt nicht weit; wir brauchen übergreifende theoretische Ansätze. Und wir brauchen solche Ansätze nicht nur, sondern haben heute für viele Bereiche der Psychologie auch bessere Mittel für die Produktion von Theorien als früher. Der menschliche Geist ist überfordert, wenn er die Interaktionen von 20 oder mehr Variablen zugleich betrachten soll; hier bieten sich der Computer und die Modellbildung und Simulation als „theoretische Werkbank“ an. Aus diesem Grunde haben wir in diesem Kapitel auch viel Wert auf das Thema „Computermodele“ gelegt. Wenn man es etwas überspitzt ausdrücken möchte, könnte man sagen, daß für viele Bereiche der Psychologie ein Theoretisieren, welches diesen Namen verdient, erst seit der Existenz des Computers möglich ist.

Auf der anderen Seite wird sich das Theorienbilden wohl nie so exakt und formal betreiben lassen wie das Theorienprüfen. Gigerenzer (1991, S.1) hat wohl recht, wenn er meint, daß derjenige Teil des Ozeans der wissenschaftlichen Tätigkeiten, der das Prüfen von Theorien betrifft, in heller Sonne liegt, wohingegen der Teil, der die Theorienbildung betrifft, von dichten Nebelbänken bedeckt ist. Die Nebelbänke werden wohl nie ganz verschwinden. Beim Theorienbilden schafft man etwas Neues, und man weiß vorher nicht, wie das Ergebnis aussehen wird. Daher kann das Bilden von Theorien nicht nach einem festen Schema vor sich gehen, obwohl man das in der Psychologie (s. Faktorenanalyse) manchmal geglaubt hat. Aber einige Heuristiken, auf die man sich besinnen kann, wenn es um das Bilden von Theorien geht, kann man doch nennen. Und die Kenntnis dieser Verfahren mag hilfreich sein. Der Theoriekonstrukteur in der Psychologie, der sich der Methode der Computersimulation bedienen will oder muß, muß sich allerdings darauf einstellen, daß er in Zukunft einiges über die Theorien der Informationsverarbeitung und die dahinter stehenden Bereiche der formalen Logik und der Mathematik wissen muß.

Literatur

Aiserman, M.A., Gussew, L. A., Rosonoer, L. I. Smirnowa, I. M. & Tal, A. A. (1967): **Logik - Automaten - Algorithmen**. München: Oldenbourg.

- Anderson, J.R. (1983): **The Architecture of Cognition**. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Aristoteles (1986): **über die Seele** (übersetzt von Willy Theiler). Berlin: Akademieverlag.
- Ashby, W. R. (1966): Mathematical Models and Computer Analysis of the Functions of the Central Nervous System. **American Review of Physiology**, **28**, 89-106.
- Bertalanffy, L. von (1968): General **System Theory**. New York: Braziller.
- Bischof, N. (1968): Kybernetik in Biologie und Psychologie. In S. Moser & S. J. Schmidt (Hrsg.), **Information und Kommunikation** (S. 68-96). München: Oldenbourg.
- Bischof, N. (1981): Aristoteles, Galilei, Lewin - und die Folgen. In W. Michaelis (Hrsg.), **Bericht über den 32. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie, Zürich** 1980 (S. 17-39). Göttingen: Hogrefe.
- Bischof, N. (1985): **Das Rätsel Ödipus**. München: Piper.
- Boguslaw, R. (1965): The New Utopies: **A Study of System Design and Social Change**. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Bortz, J. (1985): **Lehrbuch der Statistik**. Berlin: Springer.
- Braithwaite, R. B. (1963): Models in the Empirical Sciences. In A. Nagel, P. Suppes & A. Tarski (Eds.), **Logic, Methodology and the Philosophy of Science** (pp. 224-231). Stanford: Stanford University Press.
- Chapanis, A. (1963): Men, Machines, and Models. In M. Marx (Ed.), **Theories in Contemporary Psychology** (pp. 232-250). New York: Macmillan.
- Dörner, D. (1974): **Die kognitive Organisation beim Problemlösen**. Bern: Huber.
- Dörner, D. (1988): Die kleinen grünen Schildkröten und die Methoden der experimentellen Psychologie. **Sprache und Kognition**, **8**, 86-97.
- Dörner, D. & Pfeifer, E. (1992): Strategisches Denken, Streß und Intelligenz. **Sprache und Kognition**, **11**, 75-90.
- Ehrhardt, K. J. (1975): Neuropsychologie **motivierten Verhaltens**. Stuttgart: Enke.
- Gigerenzer, G. (1988): Woher kommen Theorien über kognitive Prozesse? **Psychologische Rundschau**, **39**, 91-100.
- Gigerenzer, G. (1991): From Tools to Theories: A Heuristic of Discovery in Cognitive Psychology. **Psychological Review**, **98**, 1-13.
- Hanneman, R. A. (1988): **Computer Assisted Theory Building: Modeling Dynamit Social Systems**. Newbury Park: Sage.
- Herrmann, T. (1969): **Lehrbuch der empirischen Persönlichkeitsforschung**. Göttingen: Hogrefe.
- Herrmann, T. (1982): über begriffliche Schwächen kognitivistischer Kognitionstheorien: Begriffsinflation und Akteur-System-Kontamination. **Sprache und Kognition**, **1**, 3-14.
- Herrmann, T. (1990): Die Experimentiermethodik in der Defensive? **Sprache und Kognition**, **9**, 1-11.
- Hesse, M. B. (1970): **Models and Analogies in Science**. Notre Dame, Indiana: University Press.

- Hofstätter, P. (1960): **Psychologie**. Frankfurt/Main: Fischer.
- Hyland, M. (1981): **Introduction to Theoretical Psychology**. London: Macmillan.
- Johnson-Laird, P. N. (1988): **The Computer und the Mind: An Introduction to Cognitive Science**. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Klir, J. & Valach, M. (1967): **Cybernetic Modelling**. London: Iliffe Books.
- Leahey, T.H. (1987): **A History of Psychology: Main Currents in Psychological Thought**. New York: Prentice-Hall.
- Marx, M. (1963): **Theories in Contemporary Psychology**. New York: MacMiilan.
- Miller, G.A., Galanter, E. & Pribram, K.H. (1960): **Plans und the Structure of Behavior**. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Neel, A. F. (1974): **Handbuch der psychologischen Theorien**. München: Kindler.
- Newell, A. & Simon, H. A. (1972): **Human Problem Solving**. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Pauli, W. (1957): Phänomen und physikalische Realität. **Dialectica, 11, 36-48**.
- Pavlov, I.P. (1972): **Die bedingten Reflexe**. München: Kindler.
- Popper, K. (1966): **Logik der Forschung**. Tübingen: Mohr (Paul Siebeck).
- Richardson, G.P. & Pugh, A.L. (1981): **Introduction to System Dynamits Modeling with DYNAMO**. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Roth, E. (Hrsg.) (1984): **Sozialwissenschaftliche Methoden**. München: Oldenbourg.
- Schneirla, T. C. (1959): An Evolutionary and Developmental Theory of Biphasic Processes Underlying Approach and Withdrawal. In M.R. Jones (Ed.), **Nebraska Symposium on Motivation** (vol. 7). Lincoln: University of Nebraska Press.
- Searle, J. (1984): **Minds, Brains und Science**. Harvard: Harvard University Press.
- Sergejew, J. (1970): Psychologische Hintergründe großer Entdeckungen. **Bild der Wissenschaft, 7, 456-553**.
- Tack, W. H. (1969): Mathematische Modelle in der Sozialpsychologie. In C. F. Graumann (Hrsg.), **Handbuch der Psychologie, Band 7: Sozialpsychologie, 1. Halbband: Theorien und Methoden** (S.232-218. Göttingen: Hogrefe.
- Traxel, W. (1968): **über Gegenstand und Methode der Psychologie**. Bern: Huber.
- Turing, A. M. (1956): Can a Machine Think? In: **The World of Mathematics** (p.2099). New York: Simon & Suster.
- Turing, A.M. (1959): Computing Machinery and Intelligence. **Mind, 59, 236-433**.
- Wandschneider, D. (1991): Naturphilosophisch querdenkend. Vorwort zur deutschsprachigen Ausgabe von R. Penrose: **Computerdenken - Des Kaisers neue Kleider oder die Debatte um Künstliche Intelligenz, Bewußtsein und die Gesetze der Physik** (S. XVII-XX). Heidelberg: Spektrum-Verlag.
- Wegener, H. & Dörner, D. (1973): Simulation als Forschungstechnik: Bericht über ein Symposium. In G. Reinert, **Bericht über den 27. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie, Kiel 1970** (S. 69-78). Göttingen: Hogrefe.
- Wessels, M.G. (1984): **Kognitive Psychologie**. New York: Harper & Row.
- Wyss, D. (1970): **Die tiefenpsychologischen Schulen von den Anfängen bis zur Gegenwart**. Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht.