

- (Hg.), *Enzyklopädie der Psychologie. Band: Methodologische Grundlagen der Psychologie* (S. 604–648). Göttingen: Hogrefe.
- Evans, J.St.B.T., Handley, S.J. (1999). The role of negation in conditional inference. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 52A, 739–769.
- Evans, J.St.B.T., Newstead, S.E., Byrne, R.M.J. (1993). *Human reasoning*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gigerenzer, G., Goldstein, D.G. (1996). Reasoning the fast and frugal way: Models of bounded rationality. *Psychological Review*, 103, 650–669.
- Gleißner, U., Erdfelder, E. (1994). *Heuristische und algorithmische Strategien beim Wason Selection Task*. Vortrag gehalten auf der 36. Tagung experimentell arbeitender Psychologen, München, 28.–31.3.1994.
- Janis, I.L., Frick, F. (1943). The relationship between attitudes toward conclusions and errors in judging logical validity of syllogisms. *Journal of Experimental Psychology*, 33, 73–77.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental models. Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, UK: University Press.
- Johnson-Laird, P.N., Bara, B.G. (1984). Syllogistic inference. *Cognition*, 16, 1–61.
- Johnson-Laird, P.N., Byrne, R.M.J. (2002). Conditionals: A theory of meaning, pragmatics, and inference. *Psychological Review*, 109, 646–678.
- Johnson-Laird, P.N., Byrne, R.M.J., Schaeken, W. (1992). Propositional reasoning by model. *Psychological Review*, 99, 418–439.
- Klauer, K.C., Meiser, T., Naumer, B. (2000). Training propositional reasoning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 53A, 868–895.
- Klauer, K.C., Musch, J., Naumer, B. (2000). On belief bias in syllogistic reasoning. *Psychological Review*, 107, 852–884.
- Klauer, K.C., Oberauer, K. (1995). Testing the mental model theory of propositional reasoning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48A, 671–687.
- Klauer, K.C., Stegmaier, R., Meiser, T. (1997). Working memory involvement in propositional and spatial reasoning. *Thinking and Reasoning*, 3, 9–46.
- Meiser, T., Klauer, K.C., Naumer, B. (2001). Propositional reasoning and working memory: The role of prior training and pragmatic contents. *Acta Psychologica*, 106, 303–327.
- Oaksford, M. (2002). Predicting the results of reasoning experiments: Reply to Feeney and Handley (2000). *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 55A, 793–798.
- Oaksford, M., Chater, N. (1994). A rational analysis of the selection task as optimal data selection. *Psychological Review*, 101, 608–631.
- Oaksford, M., Chater, N., Grainger, B. (1999). Probabilistic effects in data selection. *Thinking and Reasoning*, 5, 193–243.
- Oberauer, K., Wilhelm, O., Rosas Diaz, R. (1999). Bayesian rationality for the Wason selection task? A test of optimal data selection theory. *Thinking and Reasoning*, 5, 115–144.
- Osman, M., Laming, D. (2001). Misinterpretation of conditional statements in Wason's selection task. *Psychological Research*, 65, 128–144.
- Rips, L.J. (1994). *The psychology of proof*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Roberts, M.J., Newstead, S.E., Griggs, R.A. (2001). Quantifier interpretation and syllogistic reasoning. *Thinking and Reasoning*, 7, 173–204.
- Wason, P.C. (1966). Reasoning. In B.M. Foss (Hg.), *New horizons in psychology 1* (S. 135–151). Harmondsworth, UK: Penguin.
- Woodworth, R.S., Sells, S.B. (1935). An atmosphere effect in formal syllogistic reasoning. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 451–460.

Joachim Funke<sup>1</sup>

## Komplexes Problemlösen: Möglichkeiten deduktivistischen Vorgehens

### Zusammenfassung

Dieser Beitrag befasst sich mit Möglichkeiten deduktivistischen Vorgehens im Bereich des Komplexen Problemlösens. Nach einer kurzen Einführung werden zunächst zwei Forschungsrichtungen in diesem Bereich – Suche nach interindividuellen Differenzen und Suche nach allgemeinen Gesetzmäßigkeiten – vorgestellt, um dann auf Mythen und Fakten über problemlösendes Denken und Komplexes Problemlösen einzugehen. Im Anschluss daran werden Bausteine für eine Theorie komplexen Problemlösens vorgestellt, die ein deduktivistisches Forschungsprogramm in diesem Bereich begründen könnten.

### Einführung

Seit bald 30 Jahren existiert ein neuer Forschungsgegenstand der Problemlösepsychologie, der unter dem Label »Komplexes Problemlösen« den Umgang von Menschen mit komplexen Situationen untersucht. Schon der Titel der Pionierarbeit »Wie Menschen eine Welt verbessern wollten« (Dörner, 1975) suggeriert eine Unfähigkeit des menschlichen Umgangs mit Komplexität, die in vielen Folgearbeiten belegt werden sollte (Dörner, 1981, 1989b; Dörner u. Wearing, 1995). Diese und eine Reihe anderer interessanter Arbeiten zeigen, dass dieser Themenbereich eine substanzielle Erweiterung des traditionellen Gegenstandsbereichs »Problemlösen« darstellt (zum Überblick siehe z. B. Funke, 2003). Beim komplexen Problemlösen kommen (im Unterschied zu einfachem Problemlösen) maßgeblich die Merkmale der *Vernetztheit* und *Dynamik* hinzu, das heißt, die problemlösende

1 Für hilfreiche Kommentare zu einer Vorfassung bedanke ich mich bei Dipl.-Psych. Miriam Spring (Universität Gießen). Jochen Musch und Stephan Rückert (Universität Mannheim) haben wertvolle Hinweise auf Verbesserungsmöglichkeiten gegeben. Besonderer Dank geht meinem Mitherausgeber Edgar Erdfelder, der mir – wie schon oft – geholfen hat, meine unscharfen Gedanken präziser zu formulieren.

Person ist mit einer Vielzahl voneinander abhängiger Variablen konfrontiert, die sich – sowohl aufgrund von Eingriffen in das System wie auch aufgrund eigendynamischer Abläufe – über die Zeit hinweg verändern (vgl. Funke, 2001a, 2001b).

Die theoretische Durchdringung der ablaufenden Prozesse beim problemlösenden Umgang mit komplexen Umwelten ist nicht weit fortgeschritten, wenn man einmal von den Modellierungsansätzen der Bamberger Gruppe absieht (Dörner, 1999; Dörner et al., 2002; Schaub, 2001). Die seinerzeit formulierte These (Funke, 1984, S. 159, im Original kursiv) besitzt auch heute noch weitgehend Gültigkeit: »Forschung zum komplexen Problemlösen wird momentan theoriearm betrieben. Die Phase des explorierenden Vorgehens muß abgelöst werden durch eine Phase der Modellbildung und -testung.«

Der vorliegende Beitrag wird kurz auf zwei Forschungsrichtungen zum Komplexen Problemlösen eingehen, die sich als wichtig in der kurzen Geschichte dieses Forschungsgebiets erwiesen haben. Es wird der Wunschtraum einer deduktivistisch prüfbareren Theorie zum Komplexen Problemlösen skizziert, bevor Mythen und Fakten zum problemlösenden Denken benannt werden, die zu vorschnellen Einengungen des Forschungsgegenstands geführt haben könnten. Schließlich wird der Versuch unternommen, Bausteine für eine deduktivistisch prüfbarere Theorie des Komplexen Problemlösens vorzustellen.

## Zwei Forschungsrichtungen zum Komplexen Problemlösen

Buchner (1995) unterscheidet zwei Forschungsrichtungen zum Komplexen Problemlösen, die interessanterweise beide ihren Ursprung in Europa haben: Eine stammt von Broadbents Forschung über verschiedene Gedächtnissysteme aus den siebziger Jahren (Berry u. Broadbent, 1984, 1988; Broadbent, 1977; Broadbent u. Aston, 1978; Broadbent et al., 1986; Hayes u. Broadbent, 1988) und baut auf formalen Aufgabenanalysen auf, die andere entstammt Dörners etwa zur gleichen Zeit durchgeführten Forschungen über die Struktur intelligenten Verhaltens in komplexen Anforderungssituationen (Dörner, 1981; Dörner, Kreuzig et al., 1983; Dörner u. Wearing, 1995) und zielt ab auf die Suche nach interindividuellen Unterschieden. Die zuerst genannte Richtung (Broadbent) ist der experimentellen, theorietestenden Forschung verpflichtet und benutzt daher sehr einfache dynamische Aufgabenstellungen (z. B. ein simuliertes Transport-

system oder eine kleine Zuckerfabrik); die zweite Richtung (Dörner) stellt ein mehr exploratives Vorgehen dar, wie an der mehr als 2000 Variablen umfassenden simulierten Kleinstadt LOHHAUSEN zu erkennen ist. Bei den Richtungen gemeinsam ist der Rückgriff auf unerfahrene Versuchspersonen. Damit unterscheiden sich diese Zugänge deutlich von den in den USA präferierten Expertenstudien (vgl. Sternberg, 1995). Auf beide Zugänge soll kurz eingegangen werden.

### Zugang 1 – Experimentalpsychologische Perspektive: Systematische Manipulation von Szenarien

Broadbents experimentelle Arbeiten führten zur Konzeption zweier verschiedener Lernmodi, eines expliziten und eines impliziten Lernmodus (z. B. Hayes u. Broadbent, 1988). Der explizite Modus bezieht sich auf das verbalisierbare Wissen, das eine Person über das zu explorierende System erwirbt und das in regelhafter Form vorliegt (Wenn-dann-Aussagen). Der implizite Modus stellt eine Art Kontingenzdetektion dar, der man sich weniger deutlich bewusst ist und die sich über Handlungen (z. B. Steuerungseingriffe) manifestiert, deren Gründe nur schwer anzugeben sind. Broadbent und Berry begründen diese beiden Modi aus Dissoziationsbefunden: Versuchspersonen können zwar ein System steuern (implizites Lernen), aber Fragen über die Struktur des Systems nur schlecht beantworten. Zu diesen Dissoziationsstudien sind in der Zwischenzeit eine Reihe von Nachfolgeuntersuchungen durchgeführt worden (für einen Überblick siehe Berry u. Broadbent, 1995). Auch Kritik an dieser Interpretation der Dissoziationsbefunde ist vorgetragen worden, die eine wesentlich einfachere Deutung nahe legt (Buchner et al., 1995): Danach ist die Dissoziation zwischen Wissen über ein System und der Steuerungsleistung dieses Systems bedingt durch die Tatsache, dass Personen mit guter Steuerleistung kaum Wissen über das gesamte Spektrum des Systems sammeln, da sie sich definitionsgemäß die meiste Zeit im Zielzustand oder zumindest nah am Ziel befinden.

Wesentliches Kennzeichen dieses Zugangs 1 ist eine experimentelle Manipulation des Reizmaterials und dessen Präsentationsbedingungen. Insbesondere die systematische Manipulation von Szenarien (bzw. Systemmerkmalen) ist zu einem Charakteristikum dieser Forschungsrichtung geworden (Funke, 1986, 2001a, 2001b; Vollmeyer u. Funke, 1999). Erst durch systematische Variation von Systemmerkmalen wie Anzahl der Vernetzungen, Grad der Eigendynamik oder Ausmaß an Zeitverzögerung konnte deren Einfluss aufgezeigt werden.

## Zugang 2 – Korrelationsstatistische Perspektive: Suche nach interindividuellen Unterschieden

Dörners Arbeiten haben sowohl zu einer intensiven Diskussion über die Schwächen gegenwärtiger Intelligenztests als auch zu einer handlungstheoretischen Analyse des Verhaltens in komplexen Umwelten geführt (Dörner, 1986, 1996; Dörner u. Kreuzig, 1983; Dörner et al., 1999). In den frühen Arbeiten von Dörner und Mitarbeitern stand die Enttäuschung über die geringe prädiktive Potenz traditioneller Intelligenztests hinsichtlich des Problemlösens in alltäglichen Situationen im Vordergrund. Anstatt zur Untersuchung des Problemlösens Aufgaben zu verwenden, die man als eher akademisch bezeichnen könnte, schlug Dörner einen alternativen Zugang vor: Die Konstruktion komplexer alltäglicher Problemlösungen in Form simulierter Szenarien, mit denen Versuchspersonen unter kontrollierten Laborbedingungen zu interagieren hatten (siehe Brehmer u. Dörner, 1993; Brehmer et al., 1991).

Versuchspersonen, die mit diesen Szenarien umgingen, waren tatsächlich mit anderen Anforderungen konfrontiert, als sie etwa in herkömmlichen Intelligenztests gestellt werden: (a) die Komplexität der Situation und (b) die Vernetztheit zwischen einer großen Zahl von Variablen zwingen die handelnde Person zu einer Reduktion der großen Menge an Informationen und zur Antizipation von Nebenwirkungen; (c) die dynamische Art der Problemstellung verlangt sowohl die Vorhersage zukünftiger Entwicklungen (eine Art von Planung) als auch die langfristige Kontrolle von Entscheidungen; (d) die Intransparenz der Szenarios erfordert die systematische Sammlung von Informationen; (e) die Präsenz multipler Ziele (Polytelie) erfordert die sorgfältige Ausarbeitung von Prioritäten und ein Ausbalancieren widersprüchlicher, konfligierender Ziele.

Wesentliches Kennzeichen von Zugang 2 ist die Suche nach interindividuellen Unterschieden und Korrelaten von Erfolg oder Misserfolg. Bei konstant gehaltenen Systemen werden Verhaltensspielräume betrachtet und individuelle Trajektorien durch ein System sowie deren Resultate mit differenzialpsychologisch relevanten Konstrukten (Intelligenz, Persönlichkeitsmerkmale etc.) in Verbindung gebracht.

Dörners Vorschlag, computersimulierte Szenarien als alternative Messverfahren zur Erfassung einer »operativen Intelligenz« zu erproben (Dörner, 1986), haben seither viele Forscher aufgegriffen. Als Folge daraus sind viele Szenarien entstanden, die nicht nur in der Forschung, sondern auch in Anwendungskontexten zum Einsatz kamen (Überblicke bei Funke, 1995, 1998; Strauß u. Kleinmann, 1995). Dabei ist die übertriebene Euphorie der

ersten Jahre angesichts eines neuartigen Instruments durch gesunde Skepsis hinsichtlich dessen Messgüte und Aussagekraft ersetzt worden (Kersting, 1999).

## Deduktivistisch prüfbare Theorie des Komplexen Problemlösens: Ein Wunschtraum?

In seinem Buch »Theorie und Planung psychologischer Experimente« liefert Bredenkamp (1980, S. 4) eine Definition des Begriffs »deduktivistisch« und schildert zugleich sein Verständnis experimenteller Deduktion: »Deduktivistisch« heißt vorerst, daß induktive Verallgemeinerungen der experimentellen Resultate vermieden werden sollen. . . . Im Rahmen einer deduktivistischen Theorie des Experiments läßt sich die Durchführung »künstlicher«, kontrollierter Versuche nicht nur rechtfertigen, sondern sie ist sogar geboten.« Mit diesem Verständnis experimenteller Forschung ist ein Streitpunkt der Forschung zum Komplexen Problemlösen verbunden: Darf und kann man mit komplexen Systemen experimentell arbeiten?

Die Diskussion um die Möglichkeiten experimenteller Forschung mit komplexen Problemlösungsszenarien findet sich etwa in einer Arbeit von Dörner (1989a), in der er sich über die experimentelle Methode am Beispiel der Analyse von unbekanntem KI-Schildkröten lustig macht: Die experimentelle Analyse bringe nichts, erst das »Verstehen« des Systems erlaube die richtige Modellbildung. In einem späteren Papier (Dörner, 1992) geht es um die Nachteile von Reduktions- und die Vorteile von Kondensationsverfahren bei der Systemanalyse. Schließlich stellen Brehmer und Dörner (1993) die (unangenehmen) »Meerengen des Labors« der (wunderbaren) »tiefblauen See der Feldforschung« gegenüber und erzeugen damit eine methodische Opposition, in der man sich dem einen ab- und dem anderen zuwenden soll. Anstatt hier einen der beiden Zugänge herauszuheben, scheint mir eine liberale Position – wie so oft – erstrebenswert.

Auf die Frage, welche der möglichen Zugangsweisen zur Erforschung komplexen Problemlösens zu bevorzugen sei, muss die Antwort wohl lauten: Idealerweise sollten alle Zugänge zum Gegenstand ausgeschöpft werden! Dieser pluralistische Standpunkt steht in Einklang mit den Vorschlägen von Sternberg und Grigorenko (2001), die – in anderem Kontext – für eine »unified psychology« eintreten und hinsichtlich der dafür einzusetzenden Methoden wie folgt argumentieren (S. 1072 f.): »The truth is that no method will provide a panacea: Different methods have different advan-

tages and disadvantages, and, by using multiple methods, one capitalizes on the strengths of the methods while helping to minimize the effects of their weaknesses.«

Warum stellt eine deduktivistisch prüfbare Theorie des Komplexen Problemlösens einen Wunschtraum dar, und das sogar in zweierlei Hinsicht? Zum einen aus dem einfachen Grund, dass bislang keine kohärente Theorie mit empirischem Gehalt zum Lösen komplexer Probleme existiert; zum anderen aber auch aus dem Grund heraus, dass eine deduktivistisch prüfbare Theorie wünschenswert wäre, um aus der phänomenorientierten Phase des »Schmetterlings sammelns« (Dörner, 1983) in die Phase theorieorientierten Testens von Annahmen über problemlösendes Denken zu wechseln.

Gerade die Anfangszeit der Forschung bestand im Wesentlichen aus einer Phase ungestümen Datensammelns, von dem man sich das Hervortreten salienter Muster erhofft hatte. So wurden etwa in dem klassischen Szenario LOHHAUSEN pro Versuchsperson über 100.000 Daten erhoben (Dörner, Kreuzig et al., 1983, S. 137), die anschließend mühsam (und nicht immer auf brauchbare Weise) kondensiert werden mussten. Die Autoren bedienten sich dabei der »Methode der theoretischen Konsistenz«, wonach aus einem Teil der Daten (der *Induktionsbasis*) per Induktion ein »theoretisches System« konstruiert wird, das anhand eines anderen Teils der Daten (der *Prüfbasis*) überprüft wird. An dieses Induktionssystem werden bestimmte Anforderungen gestellt, so beispielsweise die logische Unabhängigkeit zwischen Variablen der Induktions- und der Prüfbasis oder die vorherige Unbekanntheit des empirischen Zusammenhangs zwischen Induktions- und Prüfbasis.

So interessant dieser Plan auch aussehen mag, so wenig wurde er in der konkreten Forschungspraxis beachtet: Vielfach finden sich Beiträge, die so viele Korrelationen berichten, dass am Ende nur noch pauschal geprüft wird, ob die *Anzahl* gefundener Signifikanzen signifikant sei. So schreibt etwa – ein Beispiel unter vielen – Schaub (1990, S. 91) enttäuscht: »Von insgesamt mehr als hundert Korrelationen ... sind noch nicht einmal ein Dutzend signifikant.« Und am Ende wird die Induktion explizit eingeräumt (Dörner, Kreuzig et al., 1983, S. 445): »Die Tatsache, dass Theorie und Daten so wunderschön zusammenpassen, ... kann ... nicht allzu sehr verwundern; die Theorie folgte den Daten.«

Dass die Entwicklung einer deduktivistisch prüfbaren Theorie des Komplexen Problemlösens bislang nicht erfolgt ist, mag unter anderem mit Annahmen zu tun haben, die einer derartigen Entwicklung im Wege stehen und lediglich Theorien mit wenig empirischem Gehalt hervorbringen. Nachfolgend wird deswegen versucht, mögliche Mythen zu benennen und so weit wie möglich zu entkräften.

## Mythen und Fakten über Komplexes Problemlösen

Was sind Grundannahmen, die bei der Erforschung problemlösenden Denkens mehr oder weniger implizit präsupponiert werden? Grundannahmen, die zu möglicherweise voreiligen Beschränkungen der Forschung geführt haben könnten, sollen im nachfolgenden Teil unter besonderer Berücksichtigung des Komplexen Problemlösens diskutiert werden.

- (1) Denken findet im Kopf statt. Diese Vorannahme wird verschärft, wenn man das Wort »ausschließlich« hinzufügt und sich damit völlig auf eine innenbezogene Perspektive beschränkt.

Was ist daran problematisch? Geschieht Denken nicht durch Verwendung des Gehirns? Gibt es noch andere Organe? Sicherlich nicht – aber die Konzentration auf das Gehirn als den Ort des Geschehens darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass wir in vielen Fällen zum Problemlösen auf die Interaktion mit der Umwelt angewiesen sind. Diese *Ökologie des Denkens* darf nicht übersehen werden (siehe dazu Graumann, 1997, 2002). Gerade komplexe Probleme bestehen häufig in einer Mensch-Maschine-Interaktion, in der das problemlösende *Handeln* das problemlösende *Denken* dominiert. Dies ist insbesondere an Arbeiten aus dem Bereich »naturalistic decision making« (z. B. Zsombok, 1997) abzulesen – ein Bereich, der hohe Affinität zum Ansatz des Komplexen Problemlösens aufweist, aber vor allem aus der Unzufriedenheit mit Paradigmen klassischer Entscheidungs- und Urteilsforschung gespeist wird.

Natürlich soll mit diesen Ausführungen keinesfalls impliziert werden, es sei ein Mythos, dass die dem Denken zugrunde liegenden neuronalen Aktivitäten im Kopf erfolgten – aber um von »Denken« und erst recht von »Problemlösen« zu sprechen, muss *mehr* dazu genommen werden. Man könnte das Argument in abgeschwächter Form auch so formulieren: Komplexes Problemlösen hat sich zu sehr auf innere Prozesse kapriziert und zu wenig auf die Ökologie des Denkens geachtet.

- (2) Je schwieriger die Problemstellungen, umso komplexer die zu ihrer Bewältigung benötigten Denkprozesse.

Dies ist eine Annahme, die bereits Bühler (1908) als fragwürdig bezeichnete. Welche Prozesse bei welcher Art von Aufgabenstellung zum Einsatz kommen, ist vermutlich weniger von der Aufgabe als vielmehr von den beabsichtigten Operationen abhängig. Welche Werkzeuge zum Einsatz kommen, ist nicht allein durch die Art der Problemstellung bedingt – vorrangig

sind es die beabsichtigten Operationen, die man auszuführen gedenkt, welche über die Art der Werkzeuge entscheiden. Auch zur Beschreibung herausragender Problemlösungen wie der Ziehung der 137. Wurzel aus einer 1.000-stelligen Zahl durch einen Rechenkünstler braucht man keine neuen Konzepte, sondern kommt mit dem Standard-Repertoire kognitiver Erklärungen weiter (Bredenkamp, 1990).

- (3) Denken hat wenig oder nichts mit Gefühlen zu tun, Kognition und Emotion sind scharf zu trennen.

Diese Fehlkonzeption hat zu einem unglücklichen Auseinanderdriften eng verwandter Bereiche in der Forschung geführt. Diese Tendenz ist allerdings schon früh erkannt worden (z. B. von Dörner, Reither u. Stäudel, 1983; Kuhl, 1983) und hat zu einer nicht geringen Zahl von Arbeiten geführt, die dieses Spannungsverhältnis klären (siehe z. B. Dörner, 1993, 1998; Dörner et al., 1988; Spies, 1990, 1999; Spies u. Hesse, 1986). Eine Separierung von Kognition, Emotion und Motivation sollte nicht vorgenommen werden, obwohl die Spezialisten der drei Richtungen nur wenig Bezug aufeinander nehmen. Globalere handlungstheoretische Modellvorstellungen (Dörner et al., 1988), aber auch ältere Vorstellungen der Informationsverarbeitungstheorien (Simon, 1979/1967) leisten hier die notwendige Integration. Auch Stimmungseinflüsse sind beim Komplexen Problemlösen inzwischen belegt (Spering et al., under revision). Otto et al. (2002) konnten zeigen, dass Maße der Emotionalen Intelligenz einen eigenständigen Prädiktionwert beim Komplexen Problemlösen besitzen, der etwa gleich hoch ist wie derjenige der Verarbeitungskapazität.

- (4) Problemlösendes Denken ist eine Fähigkeit, die – wenn man sie besitzt – in allen möglichen Situationen zum Einsatz gebracht werden kann.

Die Annahme einer universellen Kompetenz, die in allen Lebensbereichen zum Einsatz kommen könne, konfligiert mit Erkenntnissen über die hochgradige Bereichsspezifität kognitiver Leistungen (Frensch u. Buchner, 1999). Auch wenn Studien wie die von Wittmann und Süß (1999) beeindruckende Konvergenz der Problemlösungsgüte in drei computersimulierten Szenarien (FSYS, LEARN und POWERPLANT) nachweisen, zeigen eine ganze Reihe von Studien derartige Korrelationen allenfalls auf Verhaltens-, nicht aber auf Leistungsebene (Kotkamp, 1999; Rigas u. Brehmer, 1999; Rigas et al. 2002; Strohschneider, 1986, 1991).

- (5) Problemlösendes Denken erfolgt regelgeleitet.

Die Annahme, dass es sich um eine geordnete Abfolge von Schritten handelt, die im Vorhinein konstruiert und dann abgearbeitet werden, mag nur bestimmte Erscheinungsformen problemlösenden Denkens charakterisieren. Genauso gut sind Problemsituationen vorstellbar, in denen Akteure ein Geschehen »laufen lassen« und nur durch wenige kontrollierte Eingriffe in die erwünschte Richtung lenken. Der Ansatz situierter Kognition (z. B. Clark, 1997; Hutchins, 1995) macht deutlich, dass Denken nicht nur im Kopf, sondern auch in der Welt abläuft (so der Titel des Einführungsbeitrags zu einem entsprechenden Themenheft der *Cognitive Science* von Norman, 1993). Dies ist ja bereits im ersten Punkt erwähnt worden.

Die Annahme regelgeleiteter Prozesse findet sich als Standard in so genannten Produktionssystemen, wie sie im Rahmen kognitiver Modellierungen verwendet werden (z. B. mittels ACT-R von Anderson u. Lebiere, 1998). Demgegenüber stehen konnektionistische Systeme, die auf symbolische Repräsentationen völlig verzichten (zum Überblick siehe Medler, 1998). Auf den ersten Blick liegt es nahe, Problemlösungsprozesse mit Produktionsregeln zu modellieren, wie dies von Wallach (1998) gemacht wird. Aber es zeigt sich, dass auch komplexe Planungsprozesse mit Erfolg als konnektionistisches Netz dargestellt werden können (Schenck, 2001).

- (6) Einfaches Problemlösen lässt sich experimentell untersuchen, Komplexes Problemlösen dagegen entzieht sich aufgrund seines Systemcharakters diesem Zugang.

Komplexe Systeme weisen vielfältige Abhängigkeiten innerhalb und zwischen den verschiedenen Subsystemen auf. Auf den ersten Blick scheint ein systematisches Ausprobieren hier nicht möglich (siehe die oben bereits erwähnte ironische Attacke auf die »dummen« Experimentalisten bei Dörner, 1989a). Dennoch ist es gerade die anspruchsvolle Kunst der Systemanalyse, auch bei komplexen Gebilden etwa Störungen zu lokalisieren und latente Funktionen zu identifizieren (Sonntag u. Schaper, 1997).

- (7) Man braucht viele Versuchspersonen, um die kleinen Effekte nachzuweisen, die der Denkpsychologie wichtig sind.

Tatsächlich benötigt man viele Beobachtungen, wenn die erwartete Effektstärke klein ist. Aber bereits Bredenkamp (1972, S. 180 f.) räumt  $N = 1$ -Experimenten einen eigenständigen Platz ein, auch wenn er sofort einschränkt: »Selbstverständlich soll der Hinweis auf solche Experimente kein Plädoyer für das zukünftige Experimentieren mit nur einer einzigen Vp sein. Er soll nur zeigen, dass es genügend Experimente gibt, in denen das

zur Prüfung einer Hypothese relevante Datum an *jeder* Vp gewonnen wird.« Für die denkpsychologische Forschung bedeutet dies: Einzelfälle sind nicht nur zur Hypothesengenerierung zu verwenden (Kluwe, 1995), sondern haben auch in der Hypothesentestung ihren Platz. Die von Hussy und Jain (2002, S. 25) vorgenommene Gegenüberstellung von Experiment und Einzelfallanalyse ist daher zwar prinzipiell berechtigt, legt aber den Fehlschluss nahe, Einzelfälle könnten nicht ebenfalls interessante Gegenstände experimenteller Untersuchungen sein (eine experimentelle theorie-testende Untersuchung aus dem Bereich Zeitschätzung mit  $N = 1$  findet sich z. B. auch bei Funke, 1988).

(8) Problemlösendes Denken (insbesondere den Umgang mit komplexen Problemen) kann man nicht lernen.

Tatsächlich zeigen sich gerade im Kontext komplexer Anforderungen die Schwierigkeiten pädagogischer Maßnahmen. »Kritisches Denken« (Dauer, 1989; Halpern, 1989) kann man nicht einfach unterrichten. Hinsichtlich des Umgangs mit komplexen Problemen ist Dörner (1989b, S. 305) zusehentlich, durch Verwendung des Zeiträffers, den computersimulierte Szenarien inhärent aufweisen, multiple Lernerfahrungen durch eine »Anforderungssymphonie« unterschiedlichster Szenarien möglich zu machen: »Spielen war immer eine wichtige Methode zur Vorbereitung auf den Ernstfall. Man sollte es in gezielter Weise verwenden. Wir haben dafür heute viel bessere Möglichkeiten als früher. Wir sollten sie nutzen!«

(9) Bildgebende Verfahren erlauben neue Einblicke in die Arbeit des Gehirns. Die bisherige kognitive Theoriebildung wird abgelöst durch neuropsychologische Konzepte.

Die Möglichkeiten bildgebender Verfahren sind in den letzten Jahren enorm gewachsen (Posner u. Raichle, 1994). Die Erwartungen sind geweckt, das Gehirn »live in action« zu beobachten. Werden wir ihm demnächst beim problemlösenden Denken zusehen können? Und falls ja, was werden wir sehen? Op de Beeck et al. (2001) haben in einer kritischen Übersicht vor falschen Erwartungen gewarnt und schreiben:

»... if one wants to construct a cognitive model of behavior, then a mere localization of these processes is not that important (contrary to its importance for neuropsychology). For a cognitive scientist, it is important which cognitive processes are involved in a task and how these are computed, but it does not matter where they are computed ...« (S. 344).

Die alte Diskussion um die richtige Analyseebene, die von Marr (1982) bereits im Kontext seiner Arbeiten zu KI-Modellen des Sehens aufgeworfen wurde und die in der Kontroverse um konnektionistische versus symbolistische Ansätze heftig entfacht wurde (vgl. Broadbent, 1985; McClelland, 1988; McClelland u. Rumelhart, 1985; McCloskey, 1991), taucht hier erneut auf. Bringen Erkenntnisse über neuronale Strukturen tatsächlich Licht in Theorien, die auf einer viel abstrakteren Analyseebene formuliert sind? Die Antwort wird auch hier im Fall der bildgebenden Verfahren ähnlich sein wie bei der Debatte um konnektionistische Systeme, also darauf hinauslaufen, dass eine Analyse konkreter Implementationen natürlich spannend ist, dass aber die letztendlich wichtigen Fragen abstrakter gestellt und deshalb nicht durch diese Erkenntnisse auf tieferer Ebene beantwortet werden können.

### Bausteine für eine Theorie des Komplexen Problemlösens

Mit den nachfolgend dargestellten grundlegenden Annahmen werden Eckpunkte für eine deduktivistisch prüfbare Theorie des Komplexen Problemlösens skizziert, in der es um die Frage geht, wie Menschen komplexe Probleme erkennen, bearbeiten und lösen. Als komplexes Problem wird eine Nicht-Routinesituation bezeichnet, in der die problemlösende Person Ziele in einer partiell intransparenten, dynamischen, polytelischen Umgebung verfolgt.<sup>2</sup> Eine derartige Situation liegt etwa beim Bearbeiten von Dynamischen Szenarien vor (siehe dazu Funke, 2001a, 2001b).

(1) *Repräsentationsannahme*: Es wird angenommen, dass die problemlösende Person eine (kognitive) Repräsentation des zu bearbeitenden Systems erstellt.

Diese allgemeine Annahme lässt zunächst offen, in welchem Format eine derartige Repräsentation erfolgt und wie vollständig beziehungsweise exakt diese ausfällt. Der Zusatz »kognitiv« soll darauf hinweisen, dass es sich um eine *interne* Repräsentation handelt und nicht um ein extern vorliegendes Modell. Ob der Erwerb explizit oder implizit erfolgt, ob es bildliche, konkrete und/oder abstrakte Gedächtnisspuren gibt, sollte möglichst genau beschrieben werden. Die Annahme geht zurück auf die Theorie des Problemraums (Newell et al., 1958; Newell u. Simon, 1972), den die problemlösende

2 Diese Überlegungen knüpfen an Darlegungen zu Theorie-Bausteinen an, die ursprünglich bei Funke (1986, S. 107 f.) formuliert wurden.

Person repräsentiert und absucht. Dieser Raum sollte auch bei komplexen Szenarien möglichst präzise skizziert werden, wobei dies durchaus unvollständig bleiben kann (siehe Annahme 4), worauf bereits Kaplan und Simon (1990) hingewiesen haben. Wissenschaftstheoretisch gesehen handelt es sich bei dieser Annahme nicht einfach nur um eine prüfbare empirische Hypothese, sondern um eine Voraussetzung, deren Erfüllung für die weiteren Annahmen unterstellt wird.

(2) *Sequenzannahme*: Es wird angenommen, dass sich diese Repräsentation schrittweise entwickelt, und zwar beginnend mit den starken, salienten Systemeffekten und dann absteigend zu den schwächeren Effekten.

Bei dieser Annahme geht es um den *Wissenserwerb* als Prozess. Die unter (1) postulierte Repräsentation kommt nicht nach einem Alles-oder-Nichts-Prinzip zustande, ist nicht auf ein Mal vorhanden, sondern wird entsprechend der Stärke und Auffälligkeit der implementierten Effekte sukzessive aufgebaut. Gerade bei komplexeren Kausalmodellen, in denen eine Reihe einzelner Effekte in ein Gesamtmodell integriert werden müssen, kommt es zu einem stufenweisen Aufbau dieses Gesamtmodells. Dies ließe sich beispielsweise in Form eines Produktionssystems darstellen, bei dem zunehmend mehr Wenn-dann-Regeln hinzukommen. Ausgehend von den Kausalannahmen, die aufgrund der Semantik nahe liegen (z. B. Verabreichung von Dünger führt zu Pflanzenwachstum), über Kausaleffekte, die aufgrund ihrer Stärke leicht zu erkennen sind, geht es bis zu den schwachen oder wenig salienten Effekten, die erst am Ende in das Gesamtmodell integriert werden.

(3) *Ökonomieannahme*: Es wird angenommen, dass Problemlöser in derartigen Situationen versuchen, mit einem möglichst sparsamen Modell auszukommen. In solchen einfachen Modellen werden beispielsweise direkte Effekte den komplizierteren indirekten Effekten vorgezogen.

Diese Annahme soll zum Beispiel die Kompensationshypothese von Funke und Müller (1988) erklären, wonach Versuchspersonen faktisch vorhandene, komplizierte indirekte Effekte durch einfachere Haupteffekt-Modelle zu erklären versuchen. Solange sich die durch solche fehlerhaft gebildeten subjektiven Modelle verursachten Prädiktionsfehler in Grenzen halten, bleiben Versuchspersonen beim einfacheren falschen Modell. Diese Annahme passt übrigens auch zur Theorie deklarativer Vereinfachung (Klauer, 1993), nach der es bei Überlast der Verarbeitungskapazität nicht bei prozeduralen, sondern bei deklarativen Aspekten des Problems zu Vereinfachungen kommt.

(4) *Unvollständigkeitsannahme*: Es wird angenommen, dass Versuchspersonen kein vollständiges Systembild brauchen, um handlungsfähig zu sein. Je nach den geforderten Steuerungsleistungen und je nach Anspruchsniveau können auch unvollständige subjektive Modelle die Handlungsfähigkeit sicherstellen.

Die hier aufgestellte Vermutung über eine mögliche Unschärfe und Unvollständigkeit subjektiver Modelle hat mit der Tatsache zu tun, dass auch unvollständige Modelle nützlich sein können (vgl. Johnson-Laird, 1983, S. 474). So benötige ich als Autofahrer keineswegs ein vollständiges Wissen über die Eigenarten eines Verbrennungsmotors – ein paar wesentliche Aspekte (benötigt Treibstoff, erzeugt Hitze und Abgas, wird zum Antrieb benötigt, erzeugt über eine Lichtmaschine Strom etc.) reichen für den Alltag durchaus. Im Fall einer Störung oder dem Wunsch nach einer Konstruktionsoptimierung reicht dies allerdings nicht.

(5) *Kontextannahme*: Es wird angenommen, dass die problemlösende Person im Fall semantisch eingekleideter Systeme versucht, so weit wie möglich ihr vorhandenes Vorwissen zu nutzen. Bereits vor jeder Exploration des Systems bestehen dadurch erste Modellannahmen, die die nachfolgende Exploration und Steuerung leiten.

Diese Annahme greift Erkenntnisse der Schematheorie auf, wonach etwa Textverstehen durch die in Überschriften aktivierten Schemata geleitet wird (vgl. Bransford, 1979; Bransford u. Johnson, 1972). Allgemein ist davon auszugehen, dass jede Art von Kontext, in die ein System eingebettet wird, zugehöriges Vorwissen aktiviert. Selbst abstrakte Darbietungen eines Systems als »Maschine« (vgl. Beckmann, 1994) sind keinesfalls vorwissensneutral, da bereits die Bezeichnung Maschine ein bestimmtes Schema aktiviert (unbelebt, funktional, mit Ein- und Ausgabelementen versehen etc.).

(6) *Gedächtnisannahme*: Es wird angenommen, dass für ein gebildetes, subjektives Modell prinzipiell alle bekannten Gedächtniseffekte kurz- und langfristiger Speicher gelten können, also Vergessen, Interferenz mit anderen Modellen, Übungseffekte und so weiter.

Mit dieser Annahme werden subjektive Modelle über dynamische Systeme auf die gleiche Ebene wie andere Gedächtnisobjekte gestellt. Für subjektive Modelle gelten die gleichen gedächtnispsychologischen Effekte wie für Wissen über bestimmte Gegenstandsbereiche – es gibt keinen Grund, diesen Modellen eine Sonderstellung hinsichtlich ihrer Lern- und Vergessenscharakteristika einzuräumen. Sowohl die Theorie des Arbeitsgedächtnisses

(Baddeley, 1986, 2001) als auch die speziell auf Problemlösungsprozesse zugeschnittene Theorie kognitiver Belastung (Sweller, 1988) sind einschlägig. Die Rolle der Verarbeitungskapazität als Leistungsprädiktor beim Komplexen Problemlösen ist vielfältig nachgewiesen (Hussy, 1991; Süß, 1999). Je genauer man sich beim subjektiven Modell auf bestimmte Repräsentationsformen festlegen kann, umso mehr empirischen Gehalt bekommen entsprechende Gedächtnisannahmen.

*Konsequenzen.* Aus dem eben skizzierten Annahmekomplex lassen sich bei entsprechender Konkretisierung eine Reihe von prüfbareren Hypothesen ableiten und in experimentellen Anordnungen testen. Zunächst sollen Aussagen aufgeführt werden, die bei Gültigkeit der Annahmen verboten sind. Solche Verbote sind aus kritisch-rationaler Sicht besonders interessant, da sich gezielt überprüfen lässt, ob die Verbote gelten – falls nicht, hat man damit wichtige Bestandteile der theoretischen Annahmen falsifiziert.

Folgende beispielhaft aufgeführte Beobachtungen sind nach dem eben beschriebenen Annahmefüge verboten:

- Eine Versuchsperson bearbeitet ein System, ohne eine Repräsentation desselben zu erstellen (verletzt Repräsentationsannahme).
- Eine Versuchsperson repräsentiert zunächst schwache, wenig saliente und dann erst starke, saliente Effekte (verletzt Sequenzannahme).
- Eine Versuchsperson bildet kompliziertere Modelle als sie tatsächlich implementiert sind (verletzt Ökonomieannahme).
- Eine Versuchsperson ist erst handlungsfähig, wenn sie eine komplette Repräsentation des Systems erstellt hat (verletzt Unvollständigkeitsannahme).
- Eine Versuchsperson unterscheidet sich in ihrer Identifikations- und Steuerleistung nicht danach, ob das System abstrakt oder semantisch eingekleidet ist (verletzt Kontextannahme).
- Eine Versuchsperson erlebt keine Interferenz beim Bearbeiten zweier verschiedener Systeme (verletzt Gedächtnisannahme).

Für alle hier aufgeführten Verbote lassen sich Versuchsanordnungen herstellen, in denen zumindest prinzipiell die Verletzung der jeweiligen Annahme auftreten könnte. Mit der Ableitung statistischer Hypothesen aus den psychologischen Hypothesen wäre ein Schritt in Richtung deduktivistischen Vorgehens vollzogen. Richtig interessant würde es, wenn man überraschende, nichttriviale Vorhersagen aus entsprechend spezifizierten Annahmen ableiten könnte.

## Abschluss

Die hier vorgestellten Überlegungen sollten deutlich machen, dass eine deduktivistisch prüfbare Theorie zum Komplexen Problemlösen nicht nur wünschenswert, sondern auch prinzipiell möglich ist. Neben dem Aufräumen mit einigen Mythen, die eine derartige Theoriebildung bremsen oder gar verhindern, zeigen die am Ende vorgestellten Bausteine einen gangbaren Weg auf, den ich für vielversprechend halte. Selbstverständlich sind Bausteine für eine Theorie noch nicht die Theorie selbst, und es mag unklar sein, wie der Weg von den Bausteinen zu einer prüfbareren Theorie führt. Aber man sollte mit kleinen Schritten beginnen, wie sie hier vollzogen wurden. Zusammen mit einem systematischen Forschungsprogramm, das sich auf die Suche nach »verbotenen« Beobachtungen macht, könnte damit die Basis für einen Gegenstandsbereich gelegt werden, der aus der Phase des Schmetterlings sammelns heraus- und in die Phase des Konstruierens und Testens empirisch gehaltvoller Theorien hineingeführt werden sollte. Ein deduktivistisch orientiertes Vorgehen scheint mir dabei möglich und sinnvoll zugleich.

## Literatur

- Anderson, J.R., Lebiere, C. (Hg.) (1998). *The atomic components of thought*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Baddeley, A.D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A.D. (2001). Is working memory still working? *American Psychologist*, 56, 851–864.
- Beckmann, J.F. (1994). *Lernen und komplexes Problemlösen. Ein Beitrag zur Konstruktvalidierung von Lerntests*. Bonn: Holos.
- Berry, D.C., Broadbent, D.E. (1984). On the relationship between task performance and associated verbalizable knowledge. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36A, 209–231.
- Berry, D.C., Broadbent, D.E. (1988). Interactive tasks and the implicit-explicit distinction. *British Journal of Psychology*, 79, 251–272.
- Berry, D.C., Broadbent, D.E. (1995). Implicit learning in the control of complex systems. In P.A. Frensch u. J. Funke (Hg.), *Complex problem solving: The European perspective* (S. 131–150). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Bransford, J.D. (1979). *Human cognition: Learning, understanding, and remembering*. Belmont, CA: Wadsworth.
- Bransford, J.D., Johnson, M.K. (1972). Contextual prerequisites for understanding: Some investigators of comprehension and recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 717–726.
- Bredenkamp, J. (1972). *Der Signifikanztest in der psychologischen Forschung*. Frankfurt a. M.: Akademische Verlagsgesellschaft.



- Bredenkamp, J. (1980). *Theorie und Planung psychologischer Experimente*. Darmstadt: Steinkopff.
- Bredenkamp, J. (1990). Kognitionspsychologische Untersuchungen eines Rechenkünstlers. In H. Feger (Hg.), *Wissenschaft und Verantwortung. Festschrift für Karl Josef Klauer* (S. 47–70). Göttingen: Hogrefe.
- Brehmer, B., Dörner, D. (1993). Experiments with computer-simulated microworlds: Escaping both the narrow straits of the laboratory and the deep blue sea of the field study. *Computers in Human Behavior*, 9, 171–184.
- Brehmer, B., Leplat, J., Rasmussen, J. (1991). Use of simulation in the study of complex decision making. In J. Rasmussen, B. Brehmer u. J. Leplat (Hg.), *Distributed decision making: Cognitive models for cooperative work* (S. 373–386). New York: Wiley.
- Broadbent, D.E. (1977). Levels, hierarchies, and the locus of control. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 29, 181–201.
- Broadbent, D.E. (1985). A question of levels: Comments on McClelland and Rumelhart. *Journal of Experimental Psychology: General*, 114, 189–192.
- Broadbent, D.E., Aston, B. (1978). Human control of a simulated economic system. *Ergonomics*, 21, 1035–1043.
- Broadbent, D.E., Fitzgerald, P., Broadbent, M.H.P. (1986). Implicit and explicit knowledge in the control of complex systems. *British Journal of Psychology*, 77, 33–50.
- Buchner, A. (1995). Basic topics and approaches to the study of complex problem solving. In P.A. Frensch u. J. Funke (Hg.), *Complex problem solving: The European perspective* (S. 27–63). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Buchner, A., Funke, J., Berry, D.C. (1995). Negative correlations between control performance and verbalizable knowledge: Indicators for implicit learning in process control tasks? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48A, 166–187.
- Bühler, K. (1908). Antwort auf die von W. Wundt erhobenen Einwände gegen die Methode der Selbstbeobachtung an experimentell erzeugten Erlebnissen. *Archiv für die Gesamte Psychologie*, 12, 93–112.
- Clark, A. (1997). *Being there. Putting brain, body, and world together again*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Dauer, F.W. (1989). *Critical thinking. An introduction to reasoning*. New York: Oxford University Press.
- Dörner, D. (1975). Wie Menschen eine Welt verbessern wollten. *Bild der Wissenschaft*, 12, 48–53.
- Dörner, D. (1981). Über die Schwierigkeiten menschlichen Umgangs mit Komplexität. *Psychologische Rundschau*, 32, 163–179.
- Dörner, D. (1983). Empirische Psychologie und Alltagsrelevanz. In G. Jüttemann (Hg.), *Psychologie in der Veränderung. Perspektiven für eine gegenstandsangemessene Forschungspraxis* (S. 13–29). Weinheim: Beltz.
- Dörner, D. (1986). Diagnostik der operativen Intelligenz. *Diagnostica*, 32, 290–308.
- Dörner, D. (1989a). Die kleinen grünen Schildkröten und die Methoden der experimentellen Psychologie. *Sprache & Kognition*, 8, 86–97.
- Dörner, D. (1989b). *Die Logik des Mißlingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen*. Hamburg: Rowohlt.
- Dörner, D. (1992). Über die Philosophie der Verwendung von Mikrowelten oder »Computerszenarios« in der psychologischen Forschung. In H. Gundlach (Hg.), *Psychologische Forschung und Methode: Das Versprechen des Experiments. Festschrift für Werner Traxel* (S. 53–87). Passau: Passavia-Universitäts-Verlag.
- Dörner, D. (1993). Wissen, Emotionen und Handlungsregulation oder Die Vernunft der Gefühle. *Zeitschrift für Psychologie*, 201, 167–202.
- Dörner, D. (1996). Verhalten und Handeln. In D. Dörner u. H. Selg (Hg.), *Psychologie*

- Eine Einführung in ihre Grundlagen und Anwendungsfelder* (S. 100–114). Stuttgart: Kohlhammer.
- Dörner, D. (1998). Emotionen, kognitive Prozesse und der Gebrauch von Wissen. In F. Klix u. H. Spada (Hg.), *Wissen* (S. 301–333). Göttingen: Hogrefe.
- Dörner, D. (1999). *Bauplan für eine Seele*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Dörner, D., Bartl, C., Detje, F., Gerdes, J., Halcour, D., Schaub, H. et al. (2002). *Die Mechanik des Seelenwagens. Eine neuronale Theorie der Handlungsregulation*. Bern: Huber.
- Dörner, D., Kreuzig, H.W. (1983). Problemlösefähigkeit und Intelligenz. *Psychologische Rundschau*, 34, 185–192.
- Dörner, D., Kreuzig, H.W., Reither, F., Stäudel, T. (1983). *Lohhausen. Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität*. Bern: Huber.
- Dörner, D., Reither, F., Stäudel, T. (1983). Emotion und problemlösendes Denken. In H. Mandl u. G.L. Huber (Hg.), *Emotion und Kognition* (S. 61–81). München: Urban & Schwarzenberg.
- Dörner, D., Schaub, H., Stäudel, T., Strohschneider, S. (1988). Ein System zur Handlungsregulation oder – Die Interaktion von Emotion, Kognition und Motivation. *Sprache & Kognition*, 7, 217–232.
- Dörner, D., Schaub, H., Strohschneider, S. (1999). Komplexes Problemlösen – Königsweg der Theoretischen Psychologie? *Psychologische Rundschau*, 50, 198–205.
- Dörner, D., Wearing, A.J. (1995). Complex problem solving: Toward a (computer-simulated) theory. In P.A. Frensch u. J. Funke (Hg.), *Complex problem solving: The European perspective* (S. 65–99). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Frensch, P.A., Buchner, A. (1999). Domain-generality versus domain-specificity: A binary concept and its impact on psychological theory and research. In R.J. Sternberg (Hg.), *The nature of cognition* (S. 137–172). Cambridge, MA: MIT Press.
- Funke, J. (1984). Diagnose der westdeutschen Problemlöseforschung in Form einiger Thesen. *Sprache & Kognition*, 3, 159–172.
- Funke, J. (1986). *Komplexes Problemlösen – Bestandsaufnahme und Perspektiven*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Funke, J. (1988). »Changes« oder »Effort«? Eine Überprüfung von zwei Theorien zur Zeitschätzung. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 35, 218–241.
- Funke, J. (1995). Experimental research on complex problem solving. In P.A. Frensch u. J. Funke (Hg.), *Complex problem solving: The European perspective* (S. 243–268). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Funke, J. (1998). Computer-based testing and training with scenarios from complex problem-solving research: Advantages and disadvantages. *International Journal of Selection and Assessment*, 6, 90–96.
- Funke, J. (2001a). Dynamic systems as tools for analysing human judgement. *Thinking and Reasoning*, 7, 69–89.
- Funke, J. (2001b). Neue Verfahren zur Erfassung intelligenten Umgangs mit komplexen und dynamischen Anforderungen. In E. Stern u. J. Guthke (Hg.), *Perspektiven der Intelligenzforschung. Ein Lehrbuch für Fortgeschrittene* (S. 89–107). Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Funke, J. (2003). *Problemlösendes Denken*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Funke, J., Müller, H. (1988). Eingreifen und Prognostizieren als Determinanten von Systemidentifikation und Systemsteuerung. *Sprache & Kognition*, 7, 176–186.
- Graumann, C.F. (1997). Zur Ökologie des Gedächtnisses. In G. Lüer u. U. Lass (Hg.), *Erinnern und Behalten. Wege zur Erforschung des menschlichen Gedächtnisses* (S. 269–286). Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

- Graumann, C.F. (2002). The phenomenological approach to people-environment studies. In R.B. Bechtel u. A. Churchman (Hg.), *Handbook of Environmental Psychology* (S. 95–113). New York: Wiley.
- Halpern, D.F. (1989). *Thought and knowledge. An introduction to critical thinking*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hayes, N.A., Broadbent, D.E. (1988). Two modes of learning for interactive tasks. *Cognition*, 28, 249–276.
- Hussy, W. (1991). Komplexes Problemlösen und Verarbeitungskapazität. *Sprache & Kognition*, 10, 208–220.
- Hussy, W., Jain, A. (2002). *Experimentelle Hypothesenprüfung in der Psychologie*. Göttingen: Hogrefe.
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental models. Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kaplan, C.A., Simon, H.A. (1990). In search of insight. *Cognitive Psychology*, 22, 374–419.
- Kersting, M. (1999). *Diagnostik und Personalauswahl mit computergestützten Problemlösenszenarien? Zur Kriteriumsvalidität von Problemlösenszenarien und Intelligenztests*. Göttingen: Hogrefe.
- Klauer, K.C. (1993). *Belastung und Entlastung beim Problemlösen. Eine Theorie des deklarativen Vereinfachens*. Göttingen: Hogrefe.
- Kluwe, R.H. (1995). Single case studies and models of complex problem solving. In P.A. Frensch u. J. Funke (Hg.), *Complex problem solving: The European perspective* (S. 269–291). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kotkamp, U. (1999). *Elementares und komplexes Problemlösen: Über Invarianzeigenschaften von Denkprozessen*. Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Kuhl, J. (1983). Emotion, Kognition und Motivation. II: Die funktionale Bedeutung der Emotionen für das problemlösende Denken und für das konkrete Handeln. *Sprache & Kognition*, 2, 228–253.
- Marr, D. (1982). *Vision. A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. New York: W.H. Freeman.
- McClelland, J.L. (1988). Connectionist models and psychological evidence. *Journal of Memory and Language*, 27, 107–123.
- McClelland, J.L., Rumelhart, D.E. (1985). Distributed memory and the representation of general and specific information. *Journal of Experimental Psychology: General*, 114, 159–188.
- McCloskey, M. (1991). Networks and theories: The place of connectionism in cognitive science. *Psychological Science*, 2, 387–395.
- Medler, D.A. (1998). A brief history of connectionism. *Neural Computing Surveys*, 1, 61–101.
- Newell, A., Shaw, J.C., Simon, H.A. (1958). Elements of a theory of human problem-solving. *Psychological Review*, 65, 151–166.
- Newell, A., Simon, H.A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Norman, D.A. (1993). Cognition in the head and in the world: An introduction to the special issue on situated action. *Cognitive Science*, 17, 1–6.
- op de Beeck, H., Wagemans, J., Vogels, R. (2001). Can neuroimaging really tell us what the human brain is doing? The relevance of indirect measures of population activity. *Acta Psychologica*, 107, 323–351.
- Otto, J.H., Döring-Seipel, E., Lantermann, E.-D. (2002). Zur Bedeutung von subjektiven, emotionalen Intelligenzkomponenten für das komplexe Problemlösen. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 23, 417–433.

- Posner, M.I., Raichle, M.E. (1994). *Images of mind*. New York: W.H. Freeman.
- Rigas, G., Brehmer, B. (1999). Mental processes in intelligence tests and dynamic decision making tasks. In P. Juslin u. H. Montgomery (Hg.), *Judgement and decision making: Neo-Brunswikean and process-tracing approaches* (S. 45–65). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Rigas, G., Carling, E., Brehmer, B. (2002). Reliability and validity of performance measures in microworlds. *Intelligence*, 30, 463–480.
- Schaub, H. (1990). Die Situationsspezifität des Problemlöseverhaltens. *Zeitschrift für Psychologie*, 198, 83–96.
- Schaub, H. (2001). *Persönlichkeit und Problemlösen. Persönlichkeitsfaktoren als Parameter eines informationsverarbeitenden Systems*. Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union.
- Schenck, W. (2001). *A connectionist approach to human planning*. Retrieved 11.3.2003, from <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/1428>.
- Simon, H.A. (1979/1967). Motivational and emotional controls of cognition. In H.A. Simon (Hg.), *Models of thought* (S. 29–38). New Haven: Yale University Press.
- Sonntag, K., Schaper, N. (Hg.). (1997). *Störungsmanagement und Diagnosekompetenz. Leistungskritisches Denken und Handeln in komplexen technischen Systemen*. Zürich: vdf Hochschulverlag.
- Spering, M., Wagerer, D., Funke, J. (under revision). Control beliefs moderate emotion influences on complex problem solving. *Cognition and Emotion*.
- Spies, K. (1990). Einfluß von Emotionen auf die Ziel- und Handlungsauswahl. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 37, 124–152.
- Spies, K. (1999). Negative Stimmung, kognitive Verarbeitungskapazität und ablenkende Wirkung der Bearbeitung kognitiver Aufgaben. In W. Hacker u. M. Rinck (Hg.), *Zukunft gestalten. Bericht über den 41. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Dresden 1998* (S. 527–533). Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Spies, K., Hesse, F.W. (1986). Interaktion von Emotion und Kognition. *Psychologische Rundschau*, 37, 75–90.
- Sternberg, R.J. (1995). Expertise in complex problem solving: A comparison of alternative conceptions. In P.A. Frensch u. J. Funke (Hg.), *Complex problem solving: The European perspective* (S. 295–321). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Sternberg, R.J., Grigorenko, E.L. (2001). Unified Psychology. *American Psychologist*, 56, 1069–1079.
- Strauß, B., Kleinmann, M. (Hg.). (1995). *Computersimulierte Szenarien in der Personalarbeit*. Göttingen: Verlag für Angewandte Psychologie.
- Strohschneider, S. (1986). Zur Stabilität und Validität von Handeln in komplexen Realitätsbereichen. *Sprache & Kognition*, 5, 42–48.
- Strohschneider, S. (1991). Problemlösen und Intelligenz: Über die Effekte der Konkretisierung komplexer Probleme. *Diagnostica*, 37, 353–371.
- Süß, H.-M. (1999). Intelligenz und komplexes Problemlösen – Perspektiven für eine Kooperation zwischen differentiell-psychometrischer und kognitionspsychologischer Forschung. *Psychologische Rundschau*, 50, 220–228.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257–285.
- Vollmeyer, R., Funke, J. (1999). Personen- und Aufgabenmerkmale beim komplexen Problemlösen. *Psychologische Rundschau*, 50, 213–219.
- Wallach, D. (1998). *Komplexe Regelungsprozesse. Eine kognitionswissenschaftliche Analyse*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Wittmann, W.W., Süß, H.-M. (1999). Investigating the paths between working memory, intelligence, knowledge and complex problem solving: Performances via Brunswik-symmetry. In P.L. Ackerman, P.C. Kyllonen u. R.D. Roberts (Hg.), *Learning and indi-*

*vidual differences: Process, trait, and content* (S. 77–108). Washington: American Psychological Association.

Zsombok, C.E. (1997). Naturalistic decision making: Where are we now? In C.E. Zsombok u. G.A. Klein (Hg.), *Naturalistic decision making* (S. 3–16). Mahwah, NJ: Erlbaum.

---

Edeltrud Marx

## Methoden der Erhebung von Versprecherdaten in der Sprachproduktionsforschung: Probleme und Lösungsansätze

»... if errors do not reflect the nature  
of spontaneous speech processes, nothing does«  
(Cutler u. Fay, 1978).

### Zusammenfassung

Analysen von Versprecherdaten spielen nach wie vor eine wichtige Rolle bei der Erforschung von Sprachproduktionsprozessen. Im folgenden Beitrag werden Vor- und Nachteile dieser Methode diskutiert und Möglichkeiten erörtert, ihre Objektivität, Reliabilität und Validität zu erhöhen.

### Einleitung

Sprechen ist eine unserer faszinierendsten und wichtigsten kognitiven Leistungen. Seit über hundert Jahren werden die damit verbundenen Prozesse zwischen der Entstehung eines Gedankens und seiner Artikulation untersucht. Die Analyse von Versprecher- oder Sprechfehlerdaten spielt dabei eine zentrale Rolle. Sie gilt nach wie vor als eine wichtige Methode bei der Erforschung von Sprachproduktionsprozessen, insbesondere lexikalischen Prozessen (Cutler, 1982, 1988; Stemberger, 1992; Levelt, 1999). Im Folgenden werden methodische Probleme diskutiert, die bei der Erhebung und Auswertung von Sprechfehlern auftreten. Dabei werden Ergebnisse aus Sprachwahrnehmungsexperimenten, Sprechfehleranalysen sowie Sprechfehlerinduktionsexperimenten berücksichtigt und Möglichkeiten erörtert, die Objektivität, Reliabilität und Validität von Versprecherdaten zu erhöhen.

Sprechfehlerdaten sind objektiv, wenn Art und Anzahl von Versprechern pro Zeitstichprobe nicht zwischen verschiedenen Beobachtern variieren. Ein Beispiel für objektiv erhobene Versprecherdaten ist die Sammlung von

Edgar Erdfelder / Joachim Funke (Hg.)

Allgemeine Psychologie  
und deduktivistische Methodologie

Mit 11 Abbildungen und 22 Tabellen

Vandenhoeck & Ruprecht