

# Problemlösen in komplexen computersimulierten Realitätsbereichen

Joachim Funke

Psychologisches Institut der Universität Bonn

*Zusammenfassung.* Die bundesdeutsche Problemlöseforschung wurde in den vergangenen zehn Jahren durch ein neues Paradigma in Bewegung versetzt, bei dem Probanden Steuerungsfunktion in einem dynamischen computersimulierten System größeren Umfangs übernehmen sollten. Die vorliegende Arbeit gibt eine erste Übersicht über die Vielfalt der Klein- und Großsysteme und liefert neben der Orientierung über Fragestellungen und Ergebnisse der ersten Studien Hinweise auf Desiderate weiterer Forschung.

*Problem solving in complex computersimulated domains of reality*

*Summary.* German problem solving research in the last ten years is characterized by a new paradigm, which demands from the subjects control over dynamic computer-simulated systems. The present article gives a first review on the variety of small as well as big systems and reports questions and results of the first studies. Hints on theoretical and practical problems to be solved with further research are also given.

## 1. Einleitung: Ein Blick zurück

Problemlösen ist ein altes Lieblingsthema deutscher Psychologen: zu Beginn dieses Jahrhunderts haben sich Forscher wie Ach, Duncker, Külpe, Selz oder Wertheimer ausführlich mit Fragen des «produktiven Denkens» beschäftigt. Während in Frankreich und später in den USA die Psychometrie der höheren kognitiven Vorgänge in Form von Intelligenztests betrieben wurde, ging es deutschen Denkpsychologen weniger um die differentialdiagnostische Frage als um das Problem des Findens (griech.: heuriskein) von Problemlösungen. Typisch hierfür ist ein Zitat aus dem ersten Kapitel von Dunckers (1935, p. 1) Monographie «Zur Psychologie des produktiven Denkens»:

«Ein 'Problem' entsteht z. B. dann, wenn ein Lebewesen ein Ziel hat und nicht 'weiß', wie es dieses Ziel erreichen soll. Wo immer der gegebene Zustand sich nicht durch bloßes Handeln (Ausführen selbstverständlicher Operationen) in den erstrebten Zustand überführen läßt, wird das Denken auf den Plan gerufen. Ihm liegt es ob, ein vermittelndes Handeln allererst zu konzipieren. Die 'Lösung' eines solchen praktischen Problems hat somit zwei Forderungen zu genügen: ihre Verwirklichung (Umsetzung in die Praxis) muß erstens die Verwirklichung des erstrebten Zustandes zur Folge haben und zweitens vom gegebenen Zustand aus durch 'bloßes Handeln' erreichbar sein.»

36 Jahre später finden wir in der Monographie «Information und Verhalten» von Klix (1971) eine sehr ähnliche Bestimmung des Gegenstan-

des (p. 639f.): neben einem gegebenen Ausgangszustand und einem angestrebten Zielzustand besteht das dritte Merkmal eines Problems in der nicht unmittelbar gelingenden Überführbarkeit des einen in den anderen Zustand. Auch andere aktuelle Themen der Allgemeinen Psychologie, etwa den Zusammenhang von Emotion und Kognition (vgl. Kuhl, 1983; Mandl & Huber, 1983), findet man in der Psychologie des Denkens und Wollens der Würzburger Schule bereits angelegt. Von Selz (1913, p. 1) stammt eine Bemerkung, die nach wie vor Gültigkeit besitzt:

«Eines der wichtigsten Probleme der Psychologie des Denkens ist daher die Bestimmung der richtungsgebenden Faktoren, die den geordneten Ablauf des Denkens herbeiführen, und die Auffindung der Gesetze ihrer Wirksamkeit.»

Das Versuchsmaterial, das in den Studien der frühen Denkpsychologen Verwendung fand, muß nach heutigen Maßstäben als wenig komplex bezeichnet werden: Bei Selz etwa ging es um Teil-Ganzes-Relationen bzw. Relationen der Über-, Neben- und Unterordnung (Selz, 1913, p. 12; vgl. auch Selz, 1922, Zweiter Abschnitt, §§ 1-5), bei Duncker um die bekannte Bestrahlungsaufgabe:

«... gesucht ein Verfahren, um einen Menschen von einer inoperablen Magengeschwulst zu befreien mit Hilfe von Strahlen, die bei genügender Intensität organisches Gewebe zerstören - unter Vermeidung einer Mitzerstörung der umliegenden gesunden Körperpartien.» (Duncker 1935, p. 1.)

Die ersten Verwendungen des Komplexitätsbegriffs – wenn wir einmal von Bezeichnungen wie «Komplexergänzung» (Selz) oder ähnlichen Termini absehen – findet man in amerikanischen Arbeiten der 50er Jahre. Ray (1955) stellt etwa unter dem Titel «Complex tasks for use in human problem solving research» insgesamt 29 Aufgaben vor, die seiner Ansicht nach als komplex bezeichnet werden müssen. Kriterien dafür sind nach Ray (1) die Notwendigkeit mehrerer Antworten, (2) die Verfügbarkeit von mehr als einer Hypothese, (3) ein 'trial-and-error' mit mehr als ein oder zwei Schritten und (4) der gegenüber einem einfachen Akt erhöhte Zeitbedarf. Interessanterweise handelt es sich bei den genannten Problemen um Aufgaben gestaltpsychologischer Provenienz (also von Duncker, Mayer, Székely, Wertheimer und anderen). Auch das Wasserumschütt-Problem, das Luchins zur Demonstration der Set-Bildung benutzt, gehört dazu. Einfache Aufgabentypen sind für Ray das Lernen von sinnfreien Silben oder das an Tieren untersuchte Labyrinthlernen.

Zusammen mit der im Nachkriegsaufschwung rapide fortschreitenden Entwicklung technischer Systeme (vor allem im militärischen Bereich) finden sich in den 50er Jahren ebenfalls erste Arbeiten von Psychologen zu Problemen, die im Umgang mit «der Technik» entstehen: Wie kann etwa schnellstmöglich der Fehler in einem defekten Radio erkannt werden («trouble shooting»; vgl. Glaser, Damrin & Gardner, 1954, mit ihrer Methode des «tab item»). Die Beantwortung derartiger Fragestellungen gewinnt natürlich angesichts der enormen Veränderungen in immer weiteren Bereichen unserer Lebenswelt (Kernkraft; Waffentechnik; Raumfahrt; Elektronik in allen Varianten) an Bedeutung. In der Edition von Rasmussen & Rouse (1981) über die Entdeckung von «system failures» wird dies ebenso anschaulich demonstriert wie in der Edition von Moraal & Kraiss (1981) über «manned systems».

Deutsche Problemlöseforscher haben erst spät dieses Thema wieder aufgegriffen, vielleicht wegen einer eher grundwissenschaftlichen Orientierung, die nach den «Bausteinen» des Denkens suchte. Der «General Problem Solver» von Newell, Shaw & Simon (1960)

nahm mathematische Beweisführungen vor, ein Prozeß, den Lüer (1973) bei Probanden (im folgenden auch bezeichnet als Pbn oder Vpn) untersuchte, die logische Theoreme beweisen sollten (ähnlich Dörner, 1974). In einer Übersicht über die Entwicklung der deutschen Problemlöseforschung nach dem zweiten Weltkrieg kommen Lüer & Putz-Osterloh (1978) zu dem Schluß, daß (1) eine Entwicklung der Denk- hin zur Problemlöseforschung stattfindet, (2) Problemlösen in terminis der Informationsverarbeitung beschrieben wird und (3) experimentelle Forschung zum Problemlöseprozeß durch den Einsatz komplexer statistischer Verfahren der Datenanalyse möglich wird. «Marksteine» dieser Entwicklung sind Arbeiten wie der Kongreßbeitrag von Süllwold (1960), der Handbuchbeitrag von Bergius (1964) oder die Anthologie von Graumann (1965). Deutschsprachige Lehrbücher gibt es wenige: Oerter (1971) und Dörner (1976) sowie Aebli (1980, 1981) und jüngst Hussy (1984a, 1986) stecken das Feld ab.

«Komplexes Problemlösen» im heutigen Verständnis wird im deutschsprachigen Raum meines Wissens erstmals von Dörner, Drewes & Reither (1975) angesprochen und gleich mit einem spezifischen Inhalt gefüllt: Es geht um den Umgang von Menschen mit unbekanntem Szenarien, in denen sie Entscheidungsbefugnis übertragen bekommen und für eine bestimmte Zahl von Simulationstakten eine Steuerungsfunktion übernehmen sollen. Die Etablierung eines Projekts «Systemdenken» durch die DFG garantierte einen finanziellen und personellen Rahmen für die Arbeit an diesem Thema. Neben Dörner und seinen Mitarbeitern Kreuzig, Reither und Stäudel ist Lüer mit seinen Mitarbeitern Hesse, Putz-Osterloh und Spies durch einschlägige Publikationen an der Verbreitung der «neuen» Idee beteiligt: Ablösung der traditionellen Paradigmen der Problemlöseforschung durch computersimulierte Systeme unterschiedlichster Art. Doch noch Ende der siebziger Jahre liegen kaum mehr als kurze Veröffentlichungen in Kongreßberichten vor (etwa Dörner, 1979; Dörner & Stäudel, 1979; Kreuzig, 1979a, b; Reither, 1979). Dies hat sich in den 80er Jahren verändert: Man kann durchaus von einer «Welle» sprechen, die von der Arbeit über das Kleinsystem «Tanaland»

(Dörner & Reither, 1978) und dem darauf folgenden Großsystem «Lohhausen» (Dörner, Kreuzig, Reither & Stäudel, 1983) ausging. Der heutige Stand verlangt bereits nach einem orientierenden Überblick, den der Leser im folgenden Kapitel findet. Im Anschluß daran werden einige Überlegungen zu einer Systematisierung des Forschungsfeldes angestellt.

## 2. Problemlösen in komplexen computersimulierten Realitätsbereichen: Eine Übersicht

Die Studien, über die nachfolgend berichtet wird, erfüllen drei Kriterien:

- (1) Es liegt ein Simulationssystem über einen bestimmten Realitätsbereich vor mit mindestens zwei voneinander abhängigen Variablen;
- (2) Probanden werden mit diesem Simulationssystem konfrontiert;
- (3) das Verhalten der Probanden beim Umgang mit diesem Simulationssystem wird unter psychologischer Perspektive betrachtet.

Entgegen der ursprünglichen Absicht einer Darstellung in alphabetischer Folge wird der Versuch gemacht, die Entwicklungslinien dieses Forschungszweiges hervorzuheben. Am Anfang steht somit das System «Tanaland» und dessen Steigerung in Form von «Lohhausen». Es folgt «Tailorshop» und die damit verbundene Frage nach dem Zusammenhang von Testintelligenz und Problemlösen. Schließlich sind die zahlreichen Neu- und Weiterentwicklungen zu betrachten, die ein Aufbrechen der Forschungs-«Tradition» in mehrere, nach Intention und Ansatz verschiedene Stoßrichtungen erkennen lassen.

### 2.1 Der erste Impuls: «Tanaland»

Das System «Tanaland» (vgl. Dörner, 1975; Dörner, Drewes & Reither, 1975; Dörner & Reither, 1978) ist das am frühesten publizierte deutsche Simulationsprogramm. Simuliert wird ein ökologisches System einer fiktiven afrikanischen Landschaft mit verschiedenen Tier- und Pflanzenarten sowie zwei Menschengruppen, den ackerbauenden «Tupis» und den «Moros», die von Rinder- und Schafzucht le-

ben. Die gut 50 Systemvariablen waren durch eine «Vielzahl positiver und negativer Rückkoppelungen» verknüpft. Die zwölf Pbn dieser Erkundungsstudie – Studenten mit einem mittleren IQ von 122 – sollten sich in die Rolle eines landwirtschaftlich-technischen Beraters versetzen und die Lebensbedingungen der dort ansässigen Bevölkerung verbessern. Jedoch:

«Es zeigt sich in den Ergebnissen, daß die Probanden fast ausnahmslos das ursprünglich stabile Gefüge der Variablen des simulierten Landes zerstörten und dadurch häufig katastrophale Zustände schufen. Trotz großen persönlichen Engagements und einer ständig wachsenden Zahl von Maßnahmen und Entscheidungen ist doch festzustellen, daß viele Probanden sich mit der Zeit auf wenige Aufgabenschwerpunkte konzentrieren und nicht mehr bereit sind, diese zu wechseln. Diese Tatsache, gepaart mit der offensichtlichen Unfähigkeit der Probanden, exponentielle Entwicklungsverläufe und die 'Vernetztheit' der Variablen angemessen zu berücksichtigen, stellen die Hauptdefizite des Verhaltens der Probanden in dem von uns konstruierten komplexen Realitätsbereich dar.» (Dörner & Reither, 1978, p. 527f.).

Die beobachteten Mißerfolge werden nicht auf mangelndes Wissen zurückgeführt, vielmehr offenbaren sich darin Defizite allgemeiner Natur. So sei es klar, daß «die Vpn über die Denkmittel für den Umgang mit sehr komplexen Systemen nicht in hinreichendem Maße verfügten» – so Dörner, Drewes & Reither (1975, p. 340). Die Brisanz dieser Behauptung schlug bis in die Tagespresse durch, wo Titel wie «Überfordern Umwelt- und Wirtschaftspolitik das Denkvermögen von Wählern und Politikern?» (Der Spiegel, Heft 50, 1981, p. 66) das Scheitern des «linearen Denkens» verkündeten. In den realisierten Systemen, die durch die Merkmale der Dynamik, Komplexität, Vernetztheit und Intransparenz beschrieben werden, sei vielmehr ein Denken in Wirkungsnetzen angebracht.

Bereits 1978 haben Dörner & Reither Kritik an ihrem «experimentellen Vorgehen» antizipiert. Folgende mögliche Einwände sahen sie (vgl. Dörner & Reither, 1978, p. 534–535):

- (1) «Man denkt sich ein System aus, welches den Vpn z. T. unbekannt ist, überläßt es den Vpn zur Manipulation, um dann trivialerweise festzustellen, daß die Vpn mit ihrer Aufgabe überfordert sind.»  
Gegenargument: Eine derartige Situation ist typisch z. B. für den Umgang mit politischen, wirtschaftlichen oder ökologischen Problemen.
- (2) «... gewöhnlich (verfügen) Entscheidungsbefugte in solchen Bereichen, ... über ein größeres einschlägiges

Fachwissen ... und (sind) aus diesem Grunde für diese Aufgabe besser gerüstet ...».

*Gegenargument:* Oft genug werden Entscheidungen ohne Sachwissen getroffen bzw. wird das Sachwissen erst durch die Tätigkeit im jeweiligen Feld erworben.

- (3) Entscheidungsprozesse finden gewöhnlich in Gruppen statt.

*Gegenargument:* Das Argument wird akzeptiert. Entscheidungsprozesse des Einzelnen interessieren jedoch insofern, um seine Verhaltensneigungen zu erfahren, die er in die Gruppenkommunikation einbringt.

- (4) Planspiele sind ergebnis- und prozeßorientiert.

*Gegenargument:* Hauptsächlich interessiert der Prozeß der Entscheidungsfindung.

Vor allem die beiden ersten antizipierten Einwände sind auch heute noch diskutabel. Sie laufen auf einen Haupteinwand hinaus, der bereits 1974 auf dem damaligen DGfPs-Kongreß in der Diskussion zu «Tanaland» geäußert wurde:

«Publikum: War der Probanden Verarbeitungskapazität simultaner Daten nicht überschritten?

Dörner: Gewiß. Es gilt bessere Strategien der Abstraktion und der zweckmäßigen Datenreduktion den Probanden beizubringen.» (Dörner, Drewes & Reither, 1975, p. 341).

Die Gegenargumentation auf die beiden erstgenannten Einwände stützt sich ausschließlich auf die angenommene Realitätsnähe der Simulationssituation, eine Argumentation, die – wie wir sehen werden – angesichts der Validierungsprozedur Zweifel aufwirft.

Die Pilotstudie «Tanaland» blieb Vorläufer des eigentlichen «Paradepferdes», auf das nun gesetzt wurde: «Lohhausen».

## 2.2 Der Höhepunkt: «Lohhausen»

Hatte man mit «Tanaland» einen ersten Schritt in Richtung auf komplexes Untersuchungsmaterial hin gemacht, geht es nun weiter: «Simuliert wird das Leben» – so Dieter E. Zimmer in seinem Bericht über «das große Bürgermeisterspiel» («Die Zeit» 37/38, 1981). Gut 2000 Variablen liegen dem simulierten Realitätsbereich – einer Kommune namens «Lohhausen» – zugrunde. «Lohhausen» ist das wohl prominenteste der hier erwähnten Simulationssysteme. Die umfangreiche Monographie von Dörner, Kreuzig, Reither & Stäudel (1983) stellt den Abschlußbericht über die gut fünfjährige Projektarbeit an dieser einmaligen Studie dar. In drei Sätzen beschreiben die Autoren den Inhalt des 446 Seiten starken Buches:

«Der nachfolgende Bericht schildert die Ergebnisse eines relativ langwierigen psychologischen Experimentes. Wir haben uns bemüht, etwas über die Bedingungen und Formen des Handelns in Unbestimmtheit und Komplexität zu erfahren. Zu diesem Zweck haben wir 48 Versuchspersonen bei ihrem Handeln über eine ziemlich lange Zeitspanne systematisch beobachtet und die vielfältigen Ergebnisse dieser Beobachtungen ausgewertet» (p. 13).

Der Name «Lohhausen» steht seitdem für ein Programm: ein Vertiefen kognitionspsychologischer Erkenntnisse durch Aufbruch zu neuen Paradigmen der Problemlöseforschung, Paradigmen, die im Unterschied zu den herkömmlichen Problemtypen wie etwa Denksportaufgaben ganz wesentlich das Merkmal der Komplexität und Unbestimmtheit aufweisen (vgl. Dörner, 1981). Als ein Beispiel dafür betrachten die Autoren das von ihnen erstellte Simulationsprogramm der kleinen, fiktiven Gemeinde namens «Lohhausen». Über einen simulierten Zeitraum von zehn Jahren – aufgeteilt auf acht zweistündige Sitzungen – sollten die Probanden in der Rolle eines Bürgermeisters von Lohhausen für das «Wohlergehen der Stadt in der näheren und fernerer Zukunft sorgen», eine Aufgabe, die angesichts der Programmkomplexität nicht gerade leicht fiel. Doch auch die Untersucher hatten Komplexes zu bewältigen: pro Versuchsperson fielen etwa 100 000 Daten an, aus denen man Wichtiges von Unwichtigem, Zufälliges von Bedeutsamen herauszufiltern hoffte.

Die Analyse der Befunde erfolgte – mit wenigen Ausnahmen, wie z.B. den Einzeldarstellungen von ausgewählten Probanden – gruppenstatistisch. Zunächst werden objektive und subjektive Maße der Problemlösefähigkeit zu einem einzigen «Generalgütekriterium» agglomeriert, anhand dessen die Leistungen der Vp ganz generell ablesbar sind und das eine Aufteilung der Stichprobe in zwei Extremgruppen besonders guter bzw. besonders schlechter Qualität (jeweils N=12) ermöglicht. Es stellt sich heraus, daß sich bei den schlechten Vpn verschiedenste Variablen im System «Lohhausen» (so z.B. das Fabrik-, Stadt- und Bankkapital, Produktion und Verkauf, Einwohner- und Arbeitslosenzahl) ungünstiger entwickeln als bei den guten Vpn. Doch auch «die Guten» sind nicht das, was ihr Name verspricht: Systemkenner erreichen in einigen Variablen noch höhere (= bessere?) Werte.

Interessanter als diese Verhaltenseffekte sind die damit verbundenen Denk-, Planungs- und Entscheidungsprozesse: Neben formalen Kennzeichen (z.B. Häufigkeit und Konsistenz von Entscheidungen) und inhaltlichen Schwerpunktbildungen (z.B. «Finanzsituation der Uhrenfabrik») des Grobprotokolls der Versuchsleiter gibt es interessante Hinweise in den «Denkprotokollen», also den Daten lauten Denkens, zu dem die Vpn angehalten wurden. Der Zusammenhang zwischen Problemlösefähigkeit und Testintelligenz wird überprüft, der von Konstruktseite her gesehen hoch ausfallen sollte: «(Wir erwarten) eine hohe Korrelation zwischen Generalgütekriterium und Intelligenztestleistung» (p. 304, kursiv). Die Daten entsprechen jedoch nicht dieser Hypothese: Weder Ravens «advanced progressive matrices» (APM) noch Cattells «culture fair intelligence test» (CFT) korrelieren substantiell mit der Lösungsgüte, wohl dagegen das spontane VI-Urteil «Vp macht intelligenten Eindruck!» Die Autoren diskutieren zu Recht einige Mängel klassischer IQ-Tests (z.B. keine Berücksichtigung der Informationssuche), sehen jedoch eine mögliche Interpretation ihres Befundes nicht: die möglicherweise mangelnde Güte des Problemlösemaßes. Von Intelligenztests weiß man, daß bei wiederholter Messung ein ähnliches Resultat erzielt wird; das Problem des Meßfehlers beim Problemlösemaß wird dagegen nicht angesprochen. Auch das Stichprobenproblem (Studenten mit durchschnittlich höherem IQ) sollte nicht übersehen werden. Weitere Befunde betreffen Persönlichkeitsmerkmale in ihrer Beziehung zur Lösungsgüte. Hier ist vor allem das Konstrukt «Selbstsicherheit» zu nennen, das in positiver Beziehung zum komplexen Problemlösen steht und gegen das «völlige Versagen der Intelligenztests» ins Feld geführt wird.

Das theoretische Kondensat der umfangreichen Arbeit besteht im wesentlichen in der Aufzählung elementarer Prozesse der Informationsverarbeitung beim Lösen komplexer Probleme wie etwa der Komponenten- und Dependenzanalyse sowie Sub- und Superordinationsprozessen. Die Darstellung der Teilzielbildung und -verfolgung mündet in das bekannte Modell der Absichtsbehandlung (vgl. Dörner, 1982, 1983c). Ausgehend von einer emotiona-

len Einbettung kognitiver Prozesse (Dörner, 1983a; Dörner, Reither & Stäudel, 1983) kann die «intellektuelle Notfallreaktion» – eine schnelle und allgemeine Reaktion des kognitiven Systems auf unspezifische Gefahrensituationen – mit der aktuellen Kompetenz des Handelnden in Verbindung gebracht werden, wobei Selbstsicherheit als Indikator für heuristische Kompetenz steht, der Fähigkeit, «auch für unbekannte Situationen adäquate Handlungsmöglichkeiten erzeugen zu können» (p. 436). Zentralen Stellenwert in der «Theorie» besitzt der Begriff der «Kontrolle»: Kontrollkompetenz garantiert Handeln in Unbestimmtheit, Verlust der Kontrolle führt zu den negativen emotionalen Konsequenzen, von denen problemlösendes Denken überlagert ist.

«Lohhausen» steht nicht nur für ein neues Untersuchungsfeld der Denkpsychologie, es ist zugleich ein Plädoyer gegen die im Wissenschaftsbetrieb vorherrschende «analytische Prozedur» (vgl. Dörner, 1983b). Die Untersuchung des hochgradig vernetzten Systems «Mensch» kann nach Dörner nicht streng experimentell erfolgen, da die Isolation einiger ausgewählter Variablen im Labor wenig über den «normalen» Prozeßablauf sagen könne, der in Wechselwirkungen mit anderen Variablen eingebettet ist. Die Forderung nach einer Vertiefung des «Käfer- und Schmetterlings-sammeln», also der genauen Beschreibung der untersuchten Sachverhalte, geht einher mit der Suche nach «übergreifenden Rahmenvorstellungen über den Ablauf des psychischen Gesamtgeschehens» (Dörner, 1983b, p. 24). Nicht zuletzt durch diese wissenschaftstheoretischen Randbemerkungen trägt «Lohhausen» das Flair der Wende: Bruch mit der klassischen Vorgehensweise streng experimenteller Laborforschung, Vergessen der vielen «L'art-pour-l'art»-Untersuchungen, Aufgreifen der «alltäglichen» Probleme.

Daß diese Wende nicht von allen Mitgliedern der «scientific community» nachvollzogen wird, dürfte klar sein. Das übernächste Kapitel gibt einige Beispiele dafür. Doch zunächst ein paar Bemerkungen über einen Nebenschauplatz, bei dem es hauptsächlich um das «Versagen» klassischer Intelligenztests geht.

### 2.3 Nebenschauplatz Testintelligenz: «Tailorshop»

Der «Tailorshop» (vgl. Putz-Osterloh, 1981, 1983b) ist ein Kleinsystem, in dem Pbn die Leitung einer Schneiderwerkstatt übernehmen müssen: durch Einkauf von Rohmaterial und Bereitstellung von Produktionskapazität in Form von Arbeitern und Maschinen werden Hemden produziert und mit Gewinn verkauft. Das Ziel der Pilotstudie (Putz-Osterloh, 1981) faßt die Autorin wie folgt zusammen:

«Es gilt . . . die Anforderungen von komplexen Problemen und von Intelligenztestaufgaben zu beschreiben und zu untersuchen, welche Problemlöseprozesse zu ihrer Überwindung eingesetzt werden. Dabei sollen komplexe Probleme alltäglichen Problemsituationen stärker angenähert sein als es Intelligenztestaufgaben sind» (Putz-Osterloh, 1981, p. 80).

Im Unterschied zu IQ-Tests wird bei einem komplexen Problem das Aufstellen und Ableiten von Problemlösezielen, die Auswahl von Handlungen zum Erreichen der Ziele und die aktive Suche nach Informationen über relevante Systemvariablen gefordert.

Auf die Befunde dieser Pilotstudie soll hier nicht eingegangen werden. Die im gleichen Jahr erschienene und in gleicher Weise wie die Pilotstudie angelegte Folgestudie von Putz-Osterloh & Lüer (1981) prüft die Hypothese fehlender Beziehungen zwischen Testintelligenz und Problemlösequalität durch Vergleich einer Transparenz- mit einer Intransparenzbedingung (N = 70 studentische Vpn), die durch das Vorliegen bzw. Nichtvorliegen einer Vernetzungsgrafik der Systemvariablen gekennzeichnet ist. Die Autoren finden unter der so operationalisierten Transparenzbedingung einen statistisch bedeutsamen Zusammenhang zwischen den beiden Variablen, unter Intransparenz dagegen nicht, was sie im Sinne einer Kritik an herkömmlichen Intelligenztests interpretieren (zur Frage der Transparenz vgl. die Diskussion zwischen Putz-Osterloh, 1983a, und Funke, 1984a). «Alltagserfahrungen machen plausibel, daß 'reale' Probleme eher intransparent und hochkomplex sind und somit ganz entscheidend jenes Verhalten erfordern, das durch Intelligenztestverfahren nicht abrufbar ist.» (Putz-Osterloh & Lüer, 1981, p. 332). Diese Argumentation – sie findet sich in vielen

Studien dieser Arbeitsgruppe (vgl. Dörner & Kreuzig, 1983) – ist nicht unwidersprochen geblieben (vgl. Funke, 1983b; Hussy, 1985; Jäger, 1984; Tent, 1984). In einer neueren Arbeit unterscheidet Putz-Osterloh (1985b) zwischen «Problemlöseintelligenz» und «Testintelligenz», wobei sie mit Überschneidungen und nicht Deckungsgleichheit der jeweiligen Leistungsdeterminanten rechnet. Damit dürfte dieser Nebenschauplatz an Bedeutung verlieren, ein Prozeß, der bei frühzeitiger Elaboration der theoretischen Konzepte schon eher hätte einsetzen können. Das Simulationssystem »Tailorshop« ist damit natürlich nicht vom Tisch. Kritische Anmerkungen zu Details dieses Programms finden sich bei Funke (1984c, Kap. 4).

### 2.4 Folgestudien

Eine Systematisierung der Folgestudien fällt nicht leicht: die inhaltlich untersuchten Fragestellungen divergieren vielfach, die gewählten Realitätsbereiche sind äußerst heterogen und die Simulationssysteme selbst lassen sich ebenfalls nur vordergründig vergleichen. Tabelle 1 zeigt in einer Übersicht die im deutschsprachigen Raum verwendeten Simulationsprogramme.

Als Gruppierungsmerkmal wurde hier die Anzahl der beteiligten Variablen zugrundegelegt, ein Kriterium, das gelegentlich als wesentlicher Indikator von Komplexität angesehen wird (vgl. die Kritik hierzu bei Funke, 1984b, These 4). Wie wenig aufschlußreich dieses Kriterium ist, wird deutlich bei der Frage der subjektiven Wirkung dieses Parameters: ist etwa ein System mit 12 Variablen nur halb so schwer wie ein System mit 24 Variablen? Ist ein System mit mehr als 2000 Variablen hundertmal schwerer als das letztgenannte? Besteht eine nichtlineare (logarithmische?) Beziehung zwischen empfundener Schwierigkeit und Variablenzahl bzw. anderen, aussagekräftigen Systemmerkmalen? Auf diese Fragen wird in Kapitel 3 eingegangen; hier soll zunächst eine knappe Skizze der jeweiligen Arbeiten vorgelegt werden.

Tabelle 1: Übersicht über die im deutschsprachigen Raum verwendeten Simulationsprogramme.

#### (a) Systeme mit bis zu 10 Variablen

Systemname	Variablen	Publikation
HAMURABI	8	Gediga, 1983; Gediga, Schöttke & Tücke, 1982, 1983; Gediga, Schöttke & Tücke-Bressler, 1984; Schöttke & Gediga, 1982
MINISEE	6	Opwis & Spada, 1983; Opwis, Spada & Schwiersch, 1985; Spada, May & Opwis, 1983
MONDLANDUNG	3	Funke, 1981, 1983a; Funke & Hussy, 1984; Hussy, 1985; Thalmaier, 1979
ÖKOSYSTEM	6	Funke, 1985
PORAUE	8	Preussler, 1985; Preussler & Dörner, 1985
SIM 002	10	Kluwe & Reimann, 1983; Reimann & Kluwe, 1983
WELT	4	Eyferth et al., 1982

#### (b) Systeme mit bis zu 100 Variablen

Systemname	Variablen	Publikation
DAGU/DORI	12	Hesse, 1982; Putz-Osterloh, 1985a, b; Reither, 1981
EPIDEMIE	13	Hesse, Spies & Lüer, 1983; Spies & Hesse, 1983
MORO	49	Putz-Osterloh, 1985a, b; Strohschneider, 1985
SIM 003	15	Kluwe, Misiak & Reimann, 1984; Kluwe, Misiak & Schmidle, 1985
TAILORSHOP	24	Funke, 1983b; Putz-Osterloh, 1981, 1983b; Putz-Osterloh & Lüer, 1981
TANALAND	54	Dörner, 1975; Dörner & Reither, 1978; Simon & Wedekind, 1980

#### (c) Systeme mit mehr als 100 Variablen

Systemname	Variablen	Publikation
ENERGIEVERSORGUNG*	> 2000	Rost & Vent, 1985
LOHHAUSEN	> 2000	Dörner et al., 1983 (stellvertretend für eine Vielzahl von Publikationen)

\*Name vom Verf. (J.F.) gewählt

#### (a) Studien, in denen Personenmerkmale eine zentrale Rolle spielen

Unter diesem Titel fassen wir Arbeiten zusammen, bei denen Eigenschaften des Simulationsprogramms als gegeben akzeptiert werden und die Fragestellung dahingehend orientiert ist, welche personseitigen Merkmale für beobachtete Systemeffekte (in der Regel «erfolgreiches» vs. «erfolgloses» Manipulieren) verantwortlich zu machen sind. Neben dem Einfluß von Testintelligenz interessieren hier Merkmale wie Selbstreflexion, Motivation, Differenziertheit des semantischen Gedächtnisses und Selbstsicherheit. Sprachstatistische Analysen (Roth, 1985), Untersuchungen der Blickbewegungen (Lüer, Hübner & Lass, 1984) oder zum Einfluß politischer Werthaltungen (Kühle & Badke,

1985) markieren weitere Fragestellungen in diesem Bereich.

Mit der Simulation der klimatischen, ökologischen und ethnischen Bedingungen eines fiktiven Entwicklungshilfeegebietes namens «Dagu» beschäftigt sich Reither (1981). Zwölf Entwicklungshelfer mit 6- bis 8jähriger Praxis in afrikanischen bzw. asiatischen Entwicklungsländern (= Experten) werden hinsichtlich ihres Umgangs mit der Problemstellung verglichen mit zwölf Personen vor Beginn ihres Einsatzes als Entwicklungshelfer (= Novizen). Aufgabe der Pbn war es, den Menschen in «Dagu» zu besseren Lebensbedingungen zu verhelfen und die Zahl der Einwohner zu erhöhen, gleichzeitig jedoch extreme Überbevölkerung zu vermeiden. Sieben Eingriffsbereiche (Nahrung, Tierfutter, Geburtenkontrolle, medizinische



Versorgung, Aktionen gegen die Tse-Tse-Fliegen, Anlage von Bewässerungsprojekten, Verkauf von erzeugten Produkten) standen hierfür zur Verfügung. Die Ergebnisse der Studie, bei der die Pbn in Dreiergruppen zusammenarbeiteten, belegen Unterschiede in Denken und Handeln bei Experten und Novizen: Novizen denken eher in Kausalketten als in Kausalnetzen, zeigen mehr thematische Sprünge und äußern mehr «Metastatements». Kennzeichen von Experten ist deren blindes Handeln, d.h. unter allen Bedingungen werden Maßnahmen getroffen, um Handlungskontinuität zu demonstrieren. Die Befunde zeigen auch, daß selbst Experten nicht in der Lage sind, etwa die kritische Variable «Bevölkerungszahl» zu stabilisieren.

Das Programm «Dori» simuliert die Lebensbedingungen eines Nomadenstammes in der Sahelzone, der sich von der Rinderzucht ernährt. In der Arbeit von Hesse (1982) wird die Bearbeitung dieser Fassung als semantische Version verglichen mit den Ergebnissen derjenigen Version, bei der die Variablen durch lateinische Buchstaben gekennzeichnet werden (= nichtsemantische, abstrakte Version). Der Faktor Semantik ist gekreuzt mit einem Kontrollfaktor Transparenz, dessen zwei Stufen das Vorliegen bzw. Fehlen einer Variablengrafik bezeichnen. Insgesamt 120 Studenten, je 30 pro Versuchsbedingung, dienten als Stichprobe. Die gefundenen Unterschiede zwischen guten und schlechten Problemlösern deuten auf eine durch die semantische Einkleidung bewirkte Differenz in der Bearbeitungsstrategie hin; während in der abstrakten Bedingung stärker von Notizen Gebrauch gemacht wird («externes Gedächtnis»; vgl. Muthig & Schönflug, 1981), stellen Pbn der Semantik-Gruppe gezieltere Fragen und organisieren ihre Vorgehensweise besser. In der abstrakten Bedingung tritt ein positiver Zusammenhang zwischen Testintelligenz und Problemlösefähigkeit auf.

Beim «Epidemie»-Programm, das «mit Ausnahme neu gewählter Semantik und einzelner Verknüpfungen» (sic!) dem «Dori»-System entspricht, muß die Vp in der Studie von Hesse, Spies & Lüer (1983; Spies & Hesse, 1983) als Leiter der Gesundheitsbehörde einer kleinen Stadt die Folgen des Ausbruchs einer Epidemie regulieren, d.h. die von ihm getroffenen Maß-

nahmen sollen den Krankenstand weitmöglichst reduzieren. Dabei stehen ihm sieben verschiedene Maßnahmevariablen zur Verfügung. Fragestellung der «Epidemie»-Studie war die Wirkung unterschiedlicher persönlicher Betroffenheit, realisiert durch zwei Epidemie-Arten, die von je N=30 Studenten bearbeitet wurden: während niedrige Betroffenheit durch eine simulierte Grippe-Epidemie hergestellt wird, soll durch die Variante einer gefährlichen Pokken-Epidemie höhere Betroffenheit erzeugt werden. Die experimentellen Befunde sprechen für eine Wirksamkeit dieser Variable auf die Problemlösefähigkeit: Die stark betroffenen Pbn erzielen bessere Güterwerte, arbeiten ausdauernder, nehmen mehr sinnvolle Handlungen vor und erkennen eher effektive Maßnahmen.

«Hamurabi» heißt der absolutistische Herrscher des Agrarstaates «Summaria», der in den Studien von Gediga (1983) sowie von Gediga, Schöttke & Tücke (1982, 1983; Gediga, Schöttke & Tücke-Bressler, 1984; Schöttke & Gediga, 1982) simuliert wird. Die Pbn (N=28 Psychologiestudenten) erhalten die Aufgabe, durch vier sequentielle Entscheidungen (Ackerland kaufen, Ackerland verkaufen, Größe der Kornanbaufläche bestimmen, Anzahl der Nahrungsmittel pro Einwohner festlegen) in zwei Durchgängen zu je 30 Spieljahren möglichst wenige Bürger von «Summaria» sterben zu lassen; geringe Zufallsschwankungen konnten dabei auftreten. Die Ergebnisse der Arbeiten belegen zum einen, daß Problemsituationen mit exponentiellen zeitlichen Veränderungen von einem Teil der Vpn beherrscht werden, zum anderen zeigt sich, daß die Hypothesenbildung vieler Vpn der komplexen Problemsituation angemessen war und auch zu einer besseren Leistung führte.

Strohschneider (1985) verwendet das auch von Putz-Osterloh (1985a, b) eingesetzte Szenario «Moro», das die Situation eines kleinen Nomadenstammes in der südlichen Sahara in «holzschnittartiger Weise» simuliert. Seine Studie geht der Frage nach, inwieweit mit diesem Untersuchungsinstrument stabile Daten erfaßt werden können und welche Hinweise auf die externe Validität dieser Daten zu finden sind. Bezüglich Test-Retest-Stabilität kommt er zu dem Schluß, daß Systemzustandsmaße geringe, Verhaltensindizes dagegen höhere Re-

liabilitäten aufweisen. Aus einer ausführlichen Nachbefragung der Vpn schließt Strohschneider auf die Validität der durch «Moro» geschaffenen Untersuchungssituation.

Eyferth et al. (1982) stellen sich die Aufgabe, den Aufbau komplexer Handlungsmöglichkeiten – die «Genese von Handlungskompetenz» also – in einer für die Vp bislang unerprobten Situation zu untersuchen. Ein computersimuliertes System namens «Welt» dient dabei als Untersuchungsinstrument. Diese «Welt»

«existiert als Bildfolge auf einem Fernsehschirm, auf dem sich wenige Objekte rechnergesteuert und nach festen Regeln bewegen und miteinander interagieren. Der Beobachter kann über Tasten in das Geschehen eingreifen und sich in ihm handelnd orientieren. Seine Aufgabe ist es, die Regeln zu begreifen und die Objekte zielgerecht zu manipulieren» (p. 2f.).

Die vier mit Ziffern versehenen Quadrate können vier verschiedene Bewegungsformen («Turm», «Läufer», «Querläufer» und «Bandenschleicher») annehmen, die bei Kollision nach einer bestimmten, herauszufindenden Regel wechseln. Außerdem gibt es spontane Richtungswechsel. Der Beobachter kann (1) die Geschwindigkeit variieren, mit der ein Quadrat über den Bildschirm «läuft», (2) die Bewegungsrichtung eines Quadrates verändern sowie (3) das System anhalten.

So unbefriedigend und unzureichend die ersten Daten dieser Explorationsstudie noch sind, so weitreichend ist der handlungsorientierte Ansatz, beschäftigt er sich doch gerade mit dem stark vernachlässigten Thema des allmählichen Aufbaus einer Systemrepräsentation und dessen Zusammenhang mit «mitgebrachten» Schemata.

#### (b) Studien, in denen Situationsmerkmale eine zentrale Rolle spielen

Hierunter fallen Arbeiten, in denen bestimmte Eigenschaften des Simulationsprogramms als potentielle Ursachen für Verhaltenseffekte systematisch untersucht wurden. Da eine Zuweisung zu dieser wie auch zur vorangehenden Kategorie nicht immer einfach ist, bitte ich den Leser um Nachsicht bei möglichen Fehlklassifikationen.

Die «Energieversorgung» privater Haushalte in der Bundesrepublik wird von Rost & Vent

(1985) in einem Großsystem simuliert, in dem individuelle Präferenzen bei der Energieauswahl zeitlich und räumlich hochgerechnet werden. Den Autoren geht es um die Effekte unterschiedlicher Präsentations- und Rückmeldungsformen, die bestimmte Denkweisen (z. B. analytische oder ganzheitliche) stimulieren sollten. Die Ergebnisse deuten auf eine Überlegenheit der «visuell-ganzheitlichen» Denkweise.

Mit dem Ökosystem «Minisee» beschäftigen sich Opwis & Spada (1983, 1985; vgl. auch Spada, May & Opwis, 1983; Opwis, Spada & Schwiersch, 1985). Verschiedene biologische Populationsmodelle (isolierte wie auch interagierende Populationen) mit bekannten systemtheoretischen Eigenschaften wurden zu diesem Zweck ausgewählt. Die Probanden sollen sich über Zustandsänderungen im Rahmen der verschiedenen Modelle informieren und dabei Wissen aufbauen, damit sie Prognosen zukünftiger Zustände machen können und dementsprechend Eingriffe mit genau definierten Zielvorgaben treffen können. Um den komplexen Prozeß der Hypothesenbildung und -modifikation, der Informationssammlung, -gewichtung und -bewertung zu erfassen, wird das sogenannte WEIV-Paradigma (vgl. Spada, Reimann & Häussler, 1983) angewandt: Wahl einer Information – Erwartung eines bestimmten Variablenstandes – Informationsvermittlung durch einen Versuchsleiter – Verwertung dieser Information. Am Beispiel des Fischbestands könnte eine WEIV-Sequenz wie folgt aussehen (nach Opwis & Spada, 1983):

- (W): Wahl eines Ausgangs-Fischbestands im Jahr  $k$ ;
- (E): Abgabe einer begründeten Schätzung über den Fischbestand im Jahr  $k+1$ ;
- (I): Information über den tatsächlichen Fischbestand im Jahr  $k+1$ ;
- (V): Hypothesengenerierung bzw. -änderung bezüglich des angenommenen funktionalen Zusammenhangs.

Im Unterschied zur «klassischen» Vorgehensweise betonen Opwis, Spada & Schwiersch (1985), daß (1) ein solides Modell der Untersuchungssituation vorliegen sollte (vgl. Punkt 3), (2) die Präsentation von Systemdaten nicht nur aus Anfangs- und Folgezustand bestehen soll,

sondern den dynamischen Verlauf der Variablen erkennbar werden läßt, und (3) die Datenerhebungsmethoden sorgfältiger ausgewählt werden. Hierzu zählen die Autoren insbesondere die Problematik reliabler und valider «Güteindikatoren»: uneingeschränkte Eingreifbarkeit, unbekannt «Lösbarkeit» der Steuerungsaufgabe und Unkenntnis der gedächtnismäßigen Repräsentation des Systems durch die Vp machen eine experimentelle Untersuchung anfallender Denkprozesse unmöglich. Opwis et al. (1985) verwenden daher einen Untersuchungsplan, der hinsichtlich der genannten Aspekte ein umfassendes Maß an Kontrolle erlaubt. Ein auf die Individualdaten gerichtetes Modell über die Wissensanwendung einer Vp läßt die Vorhersage von etwa 80% der Vp-Antworten auf ihr gestellte Fragen zum System zu.

Thalmaier (1979) greift in seiner Arbeit zur «Mondlandung» einen m.E. zentralen Kritikpunkt an den bisherigen Studien mit hochkomplexen Systemen auf, indem er darauf hinweist, «daß ohne genaue Kenntnis der Struktur des betrachteten Systems . . . im allgemeinen kaum Maßstäbe für die Bewertung der Güte vorliegender Steuerungen anzugeben sind» (p. 390).

Oftmals sei es entsprechend schwierig zu entscheiden, was konkret falsch gemacht sei. Auch müßte es jeweils möglich sein festzustellen, ob nicht der bisherige Verlauf der Bearbeitung eine Lösung gar unmöglich gemacht habe. Aus diesen Argumenten heraus, die Thalmaier auf dynamische Problemstellungen deterministischer wie stochastischer Art bezieht, leitet er die Schlußfolgerung ab, daß die mathematische Durchdringung des Problemtyps (d.h. des simulierten Systems) notwendige Voraussetzung für das Verständnis von Vpn-Verhalten ist. Am Beispiel des Mondlandeproblems (vgl. auch Funke, 1981, 1983a; Funke & Hussy, 1984) zeigt Thalmaier (1979, p. 401 ff.) mehrere vorteilhafte Aspekte dieser systemtheoretischen Analyse:

- (a) die Unterscheidung zwischen *Gewinnlösungen* (= open-loop-Steuerung: keine Möglichkeit zur Korrektur, von Zeitpunkt t-null an auf Gewinn ausgerichtet) und *optimalen Strategien* (= feed-back-Steuerung: abhängig vom augenblicklichen Zustand wird der optimale Pfad gesucht, ein erfolgter Fehler kann möglicherweise kompensiert werden). Ihre Bestimmung ist bei Problemen mit unendlich vielen Situationen oder kontinuierlichen

Lösungsgraphen keineswegs trivial, jedoch läßt sich die Bestimmung optimaler Strategien auf mathematische Standardprobleme reduzieren wie z.B. auf das Potryaginische Maximumprinzip (vgl. p. 339 f.). Dieses liefert zwar die notwendigen Bedingungen für die Existenz optimaler Lösungen, läßt jedoch offen, ob es solche überhaupt gibt.

- (b) Die analytische Lösung des Mondlandeproblems (p. 406) erlaubt die *Synthese eines optimalen Steuerprogrammes* in Form einer sogenannten «bang-bang-Steuerung» (zunächst freier Fall bis zu einem definierten Punkt im Lösungsraum, dann Vollbremsung bis zur weichen Landung).
- (c) Die in wiederholten Problemdarbietungen ermittelten Eingriffsstrategien erlauben die Berechnung der jeweiligen Distanz zum Optimum und damit eine «exakte Quantifizierung des Lernfortschritts» (Thalmaier, 1979, p. 411; Hervorhebung von mir).

Die elaborierte Formaldarstellung der Überlegungen bzw. Ableitungen, die dem mathematisch weniger geschulten Leser den Zugang zunächst erschwert, führt zu interessanten Einsichten. So zeigt sich etwa, daß es den 20 Mathematikstudenten, die als Vpn zur Verfügung standen, sehr wohl gelang, im Laufe der insgesamt 20 Landungsversuche die dynamischen Aspekte des Problems sowie dessen nichtlineare Entwicklungen zu erkennen. Thalmaier (1979) kommt zu dem Schluß, «daß Vpn bei nichtlinearen Extrapolationen wohl nicht von vornherein überfordert sind» (p. 418). Zu berücksichtigen ist allerdings, daß bei Problemen der optimalen Steuerung dynamischer Systeme für die Vp das *Identifikationsproblem* des zu steuernden Systems im Vordergrund steht, also das sukzessive Erkennen der Systemstruktur durch eine Input-Output-Analyse (vgl. dazu Funke & Steyer, 1985).

Funke (1981) geht es bei seinen Vorstellungen zum Paradigma der «Mondlandung» in erster Linie um die experimentellen Ausbaumöglichkeiten dieses Mini-Systems; auch ihm geht es – ähnlich wie Dörner und Mitarbeitern – nicht um die möglichst realistische Simulation, sondern um die «Prüfung spezifischer Hypothesen und damit eine Präzisierung der theoretischen Annahmen zum hochkomplexen Problemlösen» (p. 4). Hierzu eignen sich natürlich die Paradigmen am ehesten, bei denen ohne Mühe theoretisch relevante Parameter wie etwa Problemschwierigkeit variiert werden können. Ohne hier im Detail auf die Bestimmung der Lösungsgüte oder die Möglichkeiten einer

quantitativen Strategie-Klassifikation eingehen zu wollen, sei noch einmal Funkes Einschätzung der «Mondlandung» in versuchs- wie auswertungstechnischer Hinsicht in Erinnerung gerufen:

«einerseits bestehen zahlreiche Möglichkeiten zur Erzeugung eines hochkomplexen, dynamischen und schwer durchschaubaren Systems, zum anderen bleibt das Problem für den Versuchsleiter durchschaubar (zumindest prinzipiell), wodurch die Möglichkeit zur exakten Quantifizierung des Lösungsprozesses und seiner Güte besteht» (1981, p. 19).

Empirische Befunde zu diesem Paradigma stammen von Funke & Hussy (1984), die diesen Problemtyp sowie eine strukturgleiche Form («Kochproblem») präsentieren. Behauptet wurde dort, daß Vorerfahrung in dem geforderten Realitätsbereich zu besseren Leistungen führen sollte und daß bei gleichem Vorwissen in den beiden verwendeten Paradigmen keine Unterschiede auftreten. Als Vpn wurden 24 weibliche sowie 24 männliche Vpn (je als Experten des Bereichs «Mondlandung» bzw. «Kochen» aufgefaßt) herangezogen. Die Ergebnisse fallen allerdings insofern nicht hypotesenkonform aus, als zwar die Haupteffekte «Bereich» bzw. «Vorerfahrung» nur schwache Effektstärken erreichen, die erwartete Interaktion jedoch ausbleibt. Statistische Argumente verbieten jedoch eine ausgedehnte Interpretation dieses Befunds. – Im modifizierten «Zielannäherungsparadigma» kann Hussy (1984b) zeigen, daß die Problemlösequalität bei steigender Variablenzahl ebenso wie bei Verwendung nichtlinearer Vernetzungsfunktionen oder bei Senkung der Transparenz der Problemstellung abnimmt. Eine signifikante Korrelation zwischen Testintelligenz und Problemlösequalität findet sich dort nur unter der transparenten Bedingung mit wenig Variablen, was die Ergebnisse von Putz-Osterloh & Lürer (1981) zu stützen scheint.

Beim «Ökosystem» (Funke 1985) geht es für die Vp darum, in einem fiktiven Ökosystem durch Manipulation von «Gift», «Schädlingfressern» und «Dünger» Einfluß zu nehmen auf «Käferzahl», «Blätterzahl» und «Wasserverschmutzung». Realisiert werden fünf Durchgänge mit je sieben Takten, wobei die ersten vier Durchgänge eine beliebige Systemmanipulation erlauben («Wissenserwerb»), wäh-

rend der letzte Durchgang die Erreichung eines vorgegebenen Zielzustands erfordert («Wissensanwendung»). Durch systematische Variation zweier ausgewählter Systemeigenschaften, «Vernetztheit der Variablen» und «Grad der Zeitverzögerung», ergibt sich, daß die beiden untersuchten Einflußgrößen eine erhebliche Auswirkung sowohl auf die Repräsentationsgüte (ein diagnostiziertes «mentales Modell» der Vp über das System) wie auch auf den Grad der Zielerreichung haben, wobei die Zeitverzögerungseffekte jedoch relativ zu den Vernetztheitseffekten gesehen schwächer ausfallen.

Mit einem kleinen Räuber-Beute-System namens «Poraeu» beschäftigt sich Preussler (1985; vgl. Preussler & Dörner, 1985). In einem Vorhersageexperiment kreuzt die Autorin drei Semantikbedingungen (förderliche, hinderliche bzw. keine Einbettung), zwei Prognosebedingungen (nur Räuberwerte bzw. Räuber- und Beutewerte vorhersagen) und zwei Präsentationsformen (mit und ohne Kurvendarstellung). Angesichts der gut 20 abhängigen Variablen und gut 30 Hypothesen fällt es nicht leicht, in wenigen Worten das Ergebnis der Arbeit zusammenzufassen. Die Haupteffekte der drei Faktoren auf das Prognoseverhalten sind unbedeutend; deutlichere Effekte zeigen einzelne Interaktionen. Aus einer Zusatzuntersuchung zu Rückmeldeeffekten schließt die Autorin, «daß Individuen nicht in der Lage sind, exponentielle Entwicklungsverläufe zu prognostizieren» (p. 84).

Aus der kritischen Betrachtung von bisherigen Studien zum komplexen Problemlösen leiten Kluge & Reimann (1983; vgl. auch Reimann & Kluge, 1983) ihren Ansatz ab, der in der gezielten Konstruktion eines abstrakten Systems namens «Sim002» besteht, das keinen Anspruch auf Realitätsnähe erhebt.

«Mit unserer Systemerstellung verfolgen wir weniger das Ziel, Realität zu simulieren, sondern wir wollen Systeme entwickeln, die an vielfältige experimentelle Fragestellungen angepaßt werden können . . . Wir halten es für sinnvoll, spezielle Fragestellungen zunächst einmal an reduzierten Systemen zu überprüfen» (Kluge & Reimann, 1983, p. 6).

Das System «Sim002» besteht aus zehn Systemvariablen, deren Beziehungen in einer Parametermatrix erster Ordnung festgelegt sind. Die Zustandsdarstellung erfolgt in Histo-

grammform auf dem Monitor eines Kleincomputers, die Probanden können durch einfache Manipulation zu einem Eingriffszeitpunkt beliebig viele Variablen ändern. Aufgabe des Problemlösers ist es, auf dem Bildschirm angezeigte Sollzustände zu erreichen, wobei als Gütemaßstab die Differenz des erreichten Systemzustands zum Zielzustand herangezogen wird. Bezüglich der Fragestellung ihrer Pilot-Studie, nämlich den Effekten des Verbalisierens auf die Problemlöseleistung, kommen Kluge & Reimann (1983, p. 36) zu folgendem, für bestimmte Untersuchungsansätze der Denkpsychologie möglicherweise fatalen Schluß:

«Durch den Versuch haben wir nachgewiesen, daß in unserer Versuchsanordnung das Erheben von Verbaldaten einen deutlichen Effekt auf die Leistungen der Versuchspersonen hat. Es ist zu vermuten, daß unsere Versuchspersonen durch das Verbalisieren erheblich gestört wurden. Unsere Konsequenz aus den Ergebnissen ist es, so weit wie möglich auf die Erhebung von Verbaldaten zu verzichten.»

Eine Weiterentwicklung des abstrakten Systems «Sim002» besteht in der Systemvariante «Sim003» (vgl. Kluge, Misiak & Reimann, 1984; Kluge, Misiak & Schmidle, 1985), in der die Variablenzahl auf 15 erhöht sowie eine Gruppierung von Systemvariablen vorgenommen wurde. Neben beliebiger Eingreifbarkeit in das System erfolgt eine taktweise Beschränkung der Zustandsdarbietung, in unregelmäßigen Abständen soll der Pb den letzten Systemzustand reproduzieren bzw. den nächsten antizipieren. Eine zentrale Annahme dieser Arbeiten besteht im Postulat verschiedener Stadien der Ordnungsbildung, die in länger dauernden Einzelfallstudien identifiziert werden können. Die ablaufenden komplexen Lernprozesse betrachten die Autoren unter der Perspektive der «Chunk»-Bildung. Da aufgrund der Systemkonstruktion zu jedem Zeitpunkt ein «Idealeingriff» hinsichtlich der Zielvorgabe bestimmbar ist, läßt sich der Prozeß des Lerngewinns deutlich beschreiben. Mit der Zunahme der Leistung geht ein Zeitgewinn einher, der allerdings (wie auch die Chunk-Bildung) mit erheblichen individuellen Unterschieden verbunden ist. Am Ende einer langen Systemsteuerung (200 Simulationstakte) verfügen die Pbn über verbalisierbares Systemwissen sowohl in bezug auf die Variablenvernetzung als auch in bezug auf spezifische Eigenschaften einzelner Variablen.

### 3. Abschluß: Ein Blick nach vorne

Nach diesem Streifzug durch die aktuellen Arbeiten zum Problemlösen in komplexen computersimulierten Realitätsbereichen – der Zusatz «computersimuliert» ist hier wichtig – sollen abschließend drei Aspekte behandelt werden:

- eine Diskussion des Rahmenmodells, das den hier beschriebenen Arbeiten in bezug auf die Untersuchungssituation zugrundegelegt werden kann;
- eine Heuristik für das Verständnis von Vp-Verhalten beim Umgang mit einem computersimulierten Szenario;
- eine Systematisierung der Forschungsaufgaben, die sich in diesem Kontext stellen.

#### 3.1 Rahmenmodell

In einem neueren Bericht schlagen Opwis, Spada & Schwiersch (1985, p. 4) einen konzeptuellen Rahmen für psychologische Untersuchungen zum Umgang von Personen mit Simulationssystemen vor. Über einen ausgewählten Realitätsbereich (RB) konstruiert der Forscher (Fo) ein Simulationsmodell 1 (SM1Fo), mit dem die Vp umgeht und über das sie ein mentales Modell (mMVp) konstruiert. Dieses mMVp ist der eigentliche Untersuchungsgegenstand, für den ein SM2Fo (= das psychologische Modell des Forschers über das mentale Modell der Vp) konstruiert wird. Dies scheinen mir jedoch nicht alle Modelle zu sein, die hier eine Rolle spielen. Gibt man in Klammern jeweils an, worauf sich das Modell bezieht, wird die Möglichkeit endloser Schleifen deutlich (vgl. Abb. 1).

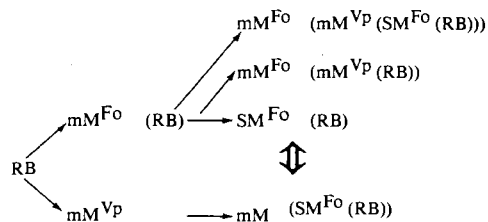


Abbildung 1: Verschiedene «Modelle» bei der Untersuchung des Umgangs von Personen mit Simulationssystemen (RB = Realitätsbereich, mM = mentales Modell, SM = Simulationsmodell, Fo = Forscher, Vp = Versuchsperson).

Aus der Abbildung geht hervor, daß mindestens sechs verschiedene Modelle im Spiel sind: aufseiten der Vp ihr mentales Modell über den Realitätsbereich wie auch ihr mentales Modell über das ihr vorgelegte Simulationsmodell des Forschers, auf seiten des Forschers zusätzlich zu den zwei von Opwis et al. (1985) angenommenen Modellen noch sein eigenes mentales Modell über den Realitätsbereich (sein Vorwissen) sowie sein Modell des mentalen Modells der Vp über den Realitätsbereich, also sein Modell des Vorwissens der Vp.

Das Problem besteht nicht nur darin, daß die Verschachtelungstiefe der Modelle unbekannt ist (gibt es etwa ein mentales Modell der Vp über das mentale Modell des Forschers über das mentale Modell der Vp über den Realitätsbereich usw.?), sondern daß auch unklar ist, zwischen welchen Modellen welche Art von Beziehung besteht (wie verträglich ist etwa das mentale Modell einer Vp über einen Realitätsbereich mit dem mentalen Modell der Vp über die Simulation des Realitätsbereichs, usw.?). Faßt man die jeweiligen Modelle als strukturierte Mengen von Konzepten auf, stellt sich somit die Frage nach der Art von Morphismus, die zwischen je zwei Mengen besteht. Dies entspricht z.B. der Validitätsfrage, wo es um die elementare Beziehung zwischen Realitätsbereich und Simulationsmodell geht (vgl. Page, 1983). Es dürfte jedoch klar geworden sein, daß es sich dabei nicht um die einzige Beziehung handelt, die diskussionsbedürftig ist.

#### 3.2 Heuristik zum Verständnis des Vp-Verhaltens

Die Aufgaben und Probleme, die sich einer Vp beim Umgang mit einem computersimulierten System stellen, sind vergleichbar denen eines Forschers, der Hypothesen über einen ihn interessierenden Realitätsbereich aufstellt (mit dem winzigen Unterschied, daß die tatsächlich zugrundeliegende Systemstruktur nie definitiv offengelegt sein wird, während sie uns bei einem simulierten Szenario bekannt ist). Von daher scheint es angebracht, den Prozeß der Modellbildung im wissenschaftlichen Bereich als Analogie für die Modellbildung der Vp in einer Simulationsstudie zu verwenden. Box & Jenkins (1976) haben einige wichtige Stufen ge-

nannt, die durchlaufen werden müssen (vgl. Abb. 2). Zunächst ist eine generelle Klasse von Modellen zu postulieren. Auf unsere Situation übertragen mag dies z.B. bedeuten, daß sich ein Pb allgemeine Vorstellungen über die Art der zu erwartenden Zusammenhänge macht. Die Identifikation eines vorläufigen Modells könnte darin bestehen, die vermuteten wichtigen Variablen in ein Kausalverhältnis zu setzen (Aufstellen «subjektiver Strukturgleichungen»). Für die jeweiligen Prozesse erfolgen dann Parameterschätzungen im Sinne «subjektiver Regressionsgewichte». Im Umgang mit dem Simulationssystem erfolgt schließlich der diagnostische «check» auf Adäquatheit des Modells sowie die Verwendung eines akzeptierten Modells zur Vorhersage bzw. Kontrolle der ablaufenden Prozesse.

#### 3.3 Systematisierung der Forschungsaufgaben

Dörner et al. (1983, p. 114) haben seinerzeit vier «Generalfragen» gestellt, um die «Art und Weise, wie intelligente Individuen mit Unbe-

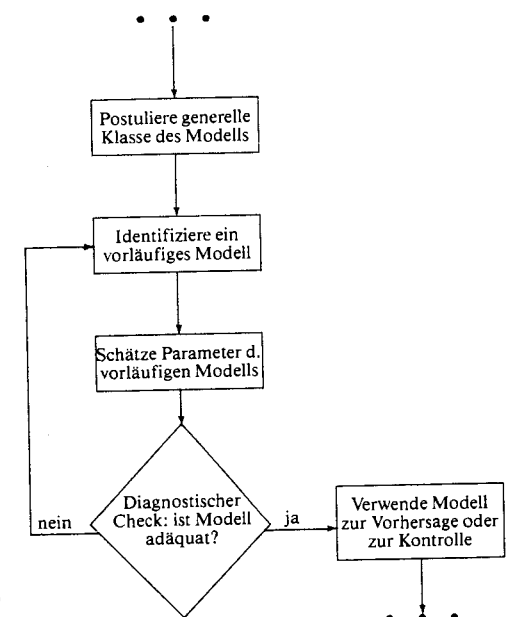


Abbildung 2: Der iterative Zugang zur Modellbildung (nach Box & Jenkins, 1976, p. 19).

stimmtheit und Komplexität umgehen», aufzuklären:

- «1. Welche Effekte erzeugen verschiedene Vpn im Umgang mit einem komplexen und zunächst teilweise unbekanntem System? ('Effektfrage')
2. Auf welche Merkmale der Denk-, Planungs- und Entscheidungsprozesse der Vpn sind die erzielten Effekte zurückführbar? ('Prozeßfrage')
3. Welches sind die situativen und in der Persönlichkeit der Vpn liegenden Bedingungen für die Art des Denkens, Planens und Entscheidens? ('Bedingungsfrage')
4. Von welcher Beschaffenheit muß ein theoretisches System sein, damit es in die Lage versetzt wird, das Handeln von Menschen in Unbestimmtheit und Komplexität in Abhängigkeit von Situations- und Persönlichkeitsmerkmalen prognostizieren zu können? ('Theoriefrage')» (Dörner et al., 1983, p. 115).

Für eine umfassende Betrachtung des Problemlösens in komplexen computersimulierten Realitätsbereichen sollte man diese Frage neu formulieren, um die entscheidenden Einflußgrößen zu systematisieren. Analog zur Situation der Psychotherapieforschung, die durch Kieslers (1971) Warnung vor dem Mythos von der Homogenität der Patienten und von der Uniformität der Therapeuten einen Weg zur feldeperimentellen Untersuchung einer sehr komplexen Materie gefunden hat, könnte man an dieser Stelle vor dem Mythos der «Homogenität des Vorwissens» und der «Uniformität der Systeme» warnen und die differentielle Sichtweise der gegenwärtigen Kognitionsforschung offenlegen. Aktuelle Überlegungen zur Wissensdiagnostik (Scheele & Groeben, 1984; Tergan, 1984) belegen die Bedeutsamkeit des erstgenannten, systemtheoretischen Analysen (Lüer & Hübner, 1985) die des letztgenannten.

Zu den wesentlichen Bestimmungstücken, die den Umgang mit komplexen computersimulierten Realitätsbereichen determinieren, sind die in Tabelle 2 aufgeführten Merkmale zu rechnen (vgl. Hussy, 1984b, 1985).

Ein Forschungsprogramm, das diesen Gesichtspunkten Rechnung tragen will, muß notwendig aus einer Vielzahl von Teilprojekten bestehen, die jeweils einzelne dieser Aspekte herausgreifen und deren Auswirkungen systematisch untersuchen: neben den Personenmerkmalen, zu denen inzwischen eine Reihe von Informationen vorliegen (ich beziehe mich hier auf die Befunde, die aus dem Vergleich der post facto in «Erfolgreiche» und «Erfolgreiche» eingeteilten Vpn gewonnen wurden – wobei das Er-

Tabelle 2: Determinanten des Umgangs mit komplexen computersimulierten Realitätsbereichen.

1. Personenmerkmale
1.1 Traits: Gedächtnis, Wissen, Intelligenz, kognitive Kompetenzen (z.B. heuristische, epistemische Kompetenz), metakognitive Kompetenzen (z.B. Selbstreflexion), Selbstsicherheit
1.2 States: Emotion, Konzentration, Kompetenzeinschätzung
2. Systemmerkmale
2.1 Statische Merkmale: Variablenzahl, Vernetztheit
2.2 Dynamische Merkmale: Stabilitätsverhalten, Sensitivität
3. Merkmale der Untersuchungssituation
3.1 Systempräsentation: Art (grafisch, numerisch, sprachlich), Umfang (ein Simulationstakt vs. Zeitreihe)
3.2 Transparenz: Zugänglichkeit zu statischen/dynamischen Systemdaten, Bekanntheit der Bewertungskriterien/Zielvorgabe
3.3 Weitere äußere Merkmale: Individual- vs. Gruppendurchführung, VI-Anwesenheit

folgskriterium ja durchaus problematisiert werden muß), sind auch Systemmerkmale neuerdings systematisch untersucht worden. Auch zu einzelnen Aspekten der Untersuchungssituation liegen Ergebnisse vor. Jedoch scheinen die bisher vorgelegten Arbeiten noch weit von einer systematischen Vorgehensweise entfernt. Stellt man sich einen aus den drei genannten Dimensionen gebildeten Würfel vor (dessen einzelne Zellen wiederum unterteilbar sind), zeigen sich gegenwärtig noch viele «leere» Würfel. Diese werden sich durch zukünftige Arbeiten erhellen müssen, will man eines Tages eine befriedigende Antwort auf die differentiellen Fragen der Denkforschung geben können.

### Literatur

- Aebli, H.: *Denken: Das Ordnen des Tuns. Band 1: Kognitive Aspekte der Handlungstheorie*. Stuttgart: Klett-Cotta 1980.
- Aebli, H.: *Denken: Das Ordnen des Tuns. Band 2: Denkprozesse*. Stuttgart: Klett-Cotta 1981.
- Bergius, R.: Produktives Denken (Problemlösen). In Bergius R., (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie I. Der Aufbau des Erkennens. 2. Halbband: Lernen und Denken*. (= K. Gottschaldt, P. Lersch, F. Sander & H. Thomae [Hrsg.], *Handbuch der Psychologie in zwölf Bänden*. Band I). Göttingen: Hogrefe 1964, 519–563.
- Box, G.E.P. & Jenkins, G.M.: *Time Series Analysis*. San Francisco: Holden-Day 1976.
- Dörner, D.: *Die kognitive Organisation beim Problemlösen. Versuche zu einer generativen Theorie der ele-*

- mentaren Informationsverarbeitungsprozesse beim Denken*. Bern: Huber 1974.
- Dörner, D.: Wie Menschen eine Welt verbessern wollten... *Bild der Wissenschaft*, 1975, 12, Heft 2, 48–53.
- Dörner, D.: *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. Stuttgart: Kohlhammer 1976.
- Dörner, D.: Kognitive Merkmale erfolgreicher und erfolgloser Problemlöser beim Umgang mit sehr komplexen Systemen. In Ueckert, H. & Rhenius, D. (Hrsg.), *Komplexe menschliche Informationsverarbeitung*. Bern: Huber 1979, 185–195.
- Dörner, D.: Über die Schwierigkeiten menschlichen Umgangs mit Komplexität. *Psychologische Rundschau*, 1981, 32, 163–179.
- Dörner, D.: Wie man viele Probleme zugleich löst – oder auch nicht! *Sprache & Kognition*, 1982, 1, 55–66.
- Dörner, D.: Denken, Problemlösen und Intelligenz. In Lüer, G. (Hrsg.), *Bericht über den 33. Kongreß der DGfPs in Mainz 1982*. Band 1. Göttingen: Hogrefe 1983a, 354–367.
- Dörner, D.: Empirische Psychologie und Alltagsrelevanz. In Jüttemann, G. (Hrsg.), *Psychologie in der Veränderung. Perspektiven für eine gegenstandsgemessene Forschungspraxis*. Weinheim: Beltz 1983b, 13–29.
- Dörner, D.: *The organization of action in time*. Bamberg: Memorandum Nr. 19 am Lehrstuhl Psychologie II der Universität Bamberg, 1983c.
- Dörner, D. & Kreuzig, H.W.: Problemlösefähigkeit und Intelligenz. *Psychologische Rundschau*, 1983, 34, 185–192.
- Dörner, D. & Reither, F.: Über das Problemlösen in sehr komplexen Realitätsbereichen. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 1978, 25, 527–551.
- Dörner, D. & Stäudel, T.: Planen und Entscheiden in sehr komplexen Systemen. In Eckensberger, L.H. (Hrsg.), *Bericht über den 31. Kongreß der DGfPs in Mannheim 1978*. Band 1: Grundlagen und Methoden der Psychologie. Göttingen: Hogrefe 1979, 440–442.
- Dörner, D., Drewes, U. & Reither, F.: Über das Problemlösen in sehr komplexen Realitätsbereichen. In Taek, W.H. (Hrsg.), *Bericht über den 29. Kongreß der DGfPs in Salzburg 1974*. Band 1. Göttingen: Hogrefe 1975, 339–340.
- Dörner, D., Reither, F. & Stäudel, T.: Emotion und problemlösendes Denken. In Mandl, H. & Huber, G.L. (Hrsg.), *Emotion und Kognition*. München: Urban & Schwarzenberg 1983, 61–81.
- Dörner, D., Kreuzig, H.W., Reither, F. & Stäudel, T. (Hrsg.): *Lohhausen. Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität*. Bern: Huber 1983.
- Duncker, K.: *Zur Psychologie des produktiven Denkens*. Berlin: Springer 1935.
- Eyferth, K., Hoffmann-Plato, I., Muchowski, L., Otremba, H., Rossbach, H., Spiess, M. & Widowski, D.: *Studienprojekt Handlungsorganisation*. Berlin: Institut für Psychologie der TU Berlin (Forschungsbericht Nr. 82–4, korrigierter Nachdruck) 1982.
- Funke, J.: Mondlandung – ein neuer Aufgabentyp zur Erforschung komplexen Problemlösens. *Trierer Psychologische Berichte*, 1981, 8, Heft 9.
- Funke, J.: Bereichsspezifische Effekte beim Problemlösen und der Einfluß von Vorerfahrung. *Trierer Psychologische Berichte*, 1983a, 10, Heft 6.
- Funke, J.: Einige Bemerkungen zu Problemen der Problemlöseforschung oder: Ist Testintelligenz doch ein Prädiktor? *Diagnostica*, 1983b, 29, 283–302.
- Funke, J.: Alles bestätigt? Anmerkungen zum Kommentar von Wiehke Post-Osterloh (1983). *Diagnostica*, 1984a, 30, 104–110.
- Funke, J.: Diagnose der westdeutschen Problemlöseforschung in Form einiger Thesen. *Sprache & Kognition*, 1984b, 3, 159–171.
- Funke, J.: *Komplexes Problemlösen: kritische Bestandsaufnahme und weiterführende Perspektiven*. Trier: Fachbereich I der Universität Trier (Dissertation, Fotokopie) 1984c.
- Funke, J.: Steuerung dynamischer Systeme durch Aufbau und Anwendung subjektiver Kausalmodelle. *Zeitschrift für Psychologie*, 1985, 193, (im Druck).
- Funke, J. & Hussy, W.: Komplexes Problemlösen: Beiträge zu seiner Erfassung sowie zur Frage der Bereichs- und Erfahrungsabhängigkeit. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 1984, 31, 19–38.
- Funke, J. & Steyer, R.: Komplexes Problemlösen als Konstruktion und Anwendung von Kausalmodellen. In Albert, D. (Hrsg.), *Bericht über den 34. Kongreß der DGfPs in Wien 1984*. Göttingen: Hogrefe 1985, 264–267.
- Gediga, G.: *Ein mathematisches Modell für den Herrscher von Summaria*. Osnabrück: Arbeitsberichte Psychologische Methoden aus dem Fachbereich Psychologie der Universität Osnabrück, 1983, 11.
- Gediga, G., Schöttke, H. & Tücke, M.: *Problemlösen in einer komplexen Situation. Ein experimenteller Beitrag im Umgang mit einem schwer durchschaubaren Problem*. Osnabrück: Psychologische Forschungsberichte aus dem Fachbereich 8 der Universität Osnabrück, 1982, Nr. 27.
- Gediga, G., Schöttke, H. & Tücke, M.: Problemlösen in einer komplexen Situation. *Archiv für Psychologie*, 1983, 135, 325–339.
- Gediga, G., Schöttke, H. & Tücke-Bressler, M.: *Problemlösen und Intelligenz*. Osnabrück: Psychologische Forschungsberichte aus dem Fachbereich 8 der Universität Osnabrück, 1984, Nr. 34.
- Glaser, R., Damrin, D.E. & Gardner, R.M.: The tab item: A technique for the measurement of proficiency in diagnostic problem-solving tasks. *Educational and Psychological Measurement*, 1954, 14, 283–294.
- Graumann, C.F. (Hrsg.): *Denken*. Köln: Kiepenheuer & Witsch 1965.
- Hesse, F.W.: Effekte des semantischen Kontexts auf die Bearbeitung komplexer Probleme. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 1982, 29, 62–91.
- Hesse, F.W. & Gerrards, A.: Einfluß der internen Zielstruktur auf den Abruf von Vorwissen beim Problemlösen. In Albert, D. (Hrsg.), *Bericht über den 34. Kongreß der DGfPs in Wien 1984*. Göttingen: Hogrefe 1985, 267–270.
- Hesse, F.W., Spies, K. & Lüer, G.: Einfluß motivationaler Faktoren auf das Problemlöseverhalten im Umgang mit komplexen Problemen. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 1983, 30, 400–424.
- Hussy, W.: *Denkpsychologie. Ein Lehrbuch*. Band 1: Geschichte, Begriffs- und Problemlöseforschung, Intelligenz. Stuttgart: Kohlhammer 1984a.
- Hussy, W.: Zum Begriff der Problemschwierigkeit beim komplexen Problemlösen. *Trierer Psychologische Berichte*, 1984b, 11, Heft 4.
- Hussy, W.: Komplexes Problemlösen – Eine Sackgasse? *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 1985, 32, 55–74.
- Hussy, W.: *Denkpsychologie. Ein Lehrbuch*. Band 2. Stuttgart: Kohlhammer 1986 (in Vorbereitung).



- Jäger, A. O.: Intelligenzstrukturforschung: Konkurrierende Modelle, neue Entwicklungen, Perspektiven. *Psychologische Rundschau*, 1984, 35, 21–35.
- Kiesler, D. J.: Experimental designs in psychotherapy research. In Bergin, A. E. & Garfield, S. L. (Eds.), *Handbook of Psychotherapy and Behavior Change: An Empirical Analysis*. New York: Wiley 1971, 36–74.
- Klix, F.: *Information und Verhalten*. Bern: Huber 1971.
- Kluwe, R. & Reimann, H.: *Problemlösen bei vernetzten, komplexen Problemen: Effekte des Verbalisierens auf die Problemlöseleistung*. Hamburg: Bericht aus dem Fachbereich Pädagogik der Hochschule der Bundeswehr (vervielfältigtes Manuskript), 1983.
- Kluwe, R., Misiak, C. & Reimann, H.: *Lernvorgänge beim Umgang mit Systemen: Die Ausbildung subjektiver Ordnungsstrukturen durch Erfahrungen beim Umgang mit umfangreichen Systemen*. Hamburg: Fachbereich Pädagogik der Hochschule der Bundeswehr (vervielfältigter DFG-Bericht), 1984.
- Kluwe, R. H., Misiak, C. & Schmidle, R.: Wissenserwerb beim Umgang mit umfangreichen Systemen – Lernvorgänge als Ausbildung subjektiver Ordnungsstrukturen. In Albert, D. (Hrsg.), *Bericht über den 34. Kongreß der DGfPs in Wien 1984*. Göttingen: Hogrefe 1985, 255–257.
- Kuhl, J.: Emotion, Kognition und Motivation: II. Die funktionale Bedeutung der Emotionen für das problemlösende Denken und für das konkrete Handeln. *Sprache & Kognition*, 1983, 2, 228–253.
- Kühle, H. J. & Badke, P.: Die Güte von Entscheidungsvorschlägen für komplexe Situationen als Prädiktor für Problemlöseleistung. In Albert, D. (Hrsg.), *Bericht über den 34. Kongreß der DGfPs in Wien 1984*. Göttingen: Hogrefe 1985, 273–275.
- Kreuzig, H. W.: Gütekriterien für die kognitiven Prozesse bei Entscheidungssituationen in sehr komplexen Realitätsbereichen und ihr Zusammenhang mit Persönlichkeitsmerkmalen. In Ueckert, H. & Rhenius, D. (Hrsg.), *Komplexe menschliche Informationsverarbeitung*. Bern: Huber 1979a, 196–209.
- Kreuzig, H. W.: Möglichkeiten zur Prognose der Güte komplexer geistiger Abläufe. In Eckensberger, L. H. (Hrsg.), *Bericht über den 31. Kongreß der DGfPs in Mannheim 1978*. Band I: Grundlagen und Methoden der Psychologie. Göttingen: Hogrefe 1979b, 443–445.
- Lüer, G.: *Gesetzmäßige Denkabläufe beim Problemlösen. Ein empirischer Beitrag für eine psychologische Theorie der Entwicklung des Denkens*. Weinheim: Beltz 1973.
- Lüer, G. & Hübner, R.: Systemtheoretische Analyse der Steuerung eines komplexen Systems. In Albert, D. (Hrsg.), *Bericht über den 34. Kongreß der DGfPs in Wien 1984*. Göttingen: Hogrefe 1985, 261–264.
- Lüer, G. & Putz-Osterloh, W.: Problem solving. *The German Journal of Psychology*, 1978, 2, 240–258.
- Lüer, G., Hübner, R. & Lass, U.: *Studies in Problem Solving Processes*. Göttingen: Arbeitsbericht aus dem Institut für Psychologie der Georg-August-Universität Göttingen, 1984.
- Mandl, H. & Huber, G. L. (Hrsg.): *Emotion und Kognition*. München: Urban & Schwarzenberg 1983.
- Moraal, J. & Kraiss, K.-F. (Eds.): *Manned Systems Design. Methods, Equipment, and Application*. New York: Plenum 1981.
- Muthig, K. P. & Schönplflug, W.: Externe Speicher und rekonstruktives Verhalten. In Michaelis, W. (Hrsg.), *Bericht über den 32. Kongreß der DGfPs in Zürich 1980*. Band I. Göttingen: Hogrefe 1981, 225–229.
- Newell, A., Shaw, J. C. & Simon, H. A.: Report on a general problem solving program. *Proceedings of the International Conference on Information Processing*. Paris: Unesco 1960, 256–264.
- Oerter, R.: *Psychologie des Denkens*. Donaauörth: Auer 1971.
- Opwis, K. & Spada, H.: *Informationsverarbeitung beim Wissenserwerb über idealtypische biologische Populationsmodelle*. Vortrag gehalten auf der 25. Tagung experimentell arbeitender Psychologen vom 27.3.–31.3.1983 in Hamburg, 1983.
- Opwis, K. & Spada, H.: Erwerb und Anwendung von Wissen über ökologische Systeme. In Albert, D. (Hrsg.), *Bericht über den 34. Kongreß der DGfPs in Wien 1984*. Göttingen: Hogrefe 1985, 258–260.
- Opwis, K., Spada, H. & Schwiersch, M.: *Erwerb und Anwendung von Wissen über ein ökologisches System*. Freiburg: Forschungsbericht Nr. 23 des Psychologischen Instituts der Universität Freiburg, 1985.
- Page, B.: Der Gültigkeitsnachweis von komplexen Simulationsmodellen. *Angewandte Informatik*, 1983, 25, 149–157.
- Preussler, W.: *Über die Bedingungen der Prognose eines bivarienten ökologischen Systems*. Bamberg: Memorandum No. 31 am Lehrstuhl Psychologie II der Universität Bamberg, 1985.
- Preussler, W. & Dörner, D.: *Prognose der Entwicklung ökologischer Systeme*. Vortrag gehalten auf der 27. Tagung experimentell arbeitender Psychologen vom 31.3.–4.4.1985 in Wuppertal, 1985.
- Putz-Osterloh, W.: Über die Beziehung zwischen Testintelligenz und Problemlöseerfolg. *Zeitschrift für Psychologie*, 1981, 189, 79–100.
- Putz-Osterloh, W.: Kommentare zu dem Aufsatz von J. Funke: Einige Bemerkungen zu Problemen der Problemlöseforschung oder: Ist Testintelligenz doch ein Prädiktor? *Diagnostica*, 1983a, 29, 303–309.
- Putz-Osterloh, W.: Über Determinanten komplexer Problemlöseleistungen und Möglichkeiten zu ihrer Erfassung. *Sprache & Kognition*, 1983b, 2, 100–116.
- Putz-Osterloh, W.: Die Veränderbarkeit des Verhaltens im Umgang mit komplexen Problemen. In Albert, D. (Hrsg.), *Bericht über den 34. Kongreß der DGfPs in Wien 1984*. Göttingen: Hogrefe 1985a, 270–272.
- Putz-Osterloh, W.: *Selbstreflexion, Testintelligenz und interindividuelle Unterschiede bei der Bewältigung komplexer Probleme*. Vortrag gehalten auf der 27. Tagung experimentell arbeitender Psychologen vom 31.3.–4.4.1985 in Wuppertal, 1985b.
- Putz-Osterloh, W. & Lüer, G.: Über die Vorhersagbarkeit komplexer Problemlöseleistungen durch Ergebnisse in einem Intelligenztest. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 1981, 28, 309–334.
- Rasmussen, J. & Rouse, W. B. (Eds.): *Human Detection and Diagnosis of System Failures*. New York: Plenum 1981.
- Ray, W. S.: Complex tasks for use in human problem-solving research. *Psychological Bulletin*, 1955, 52, 134–149.
- Reimann, H. & Kluwe, R.: *Effekte des Verbalisierens auf die Problemlöseleistung beim Umgang mit komplexen Systemen*. Vortrag gehalten auf der 25. Tagung experimentell arbeitender Psychologen vom 27.3.–31.3.1983 in Hamburg, 1983.
- Reither, F.: Über die kognitive Organisation bei der Bewältigung von Krisensituationen. In Ueckert, H. & Rhenius, D. (Hrsg.), *Komplexe menschliche Informationsverarbeitung*. Bern: Huber 1979, 210–222.
- Reither, F.: About thinking and acting of experts in complex situations. *Simulations & Games*, 1981, 12, 135–140.
- Rost, J. & Vent, U.: *Der Einfluß zweier Arten der Wissensrepräsentation und Verhaltensrückmeldung auf die Problemlöseleistung in komplexen Situationen*. Vortrag gehalten auf der 27. Tagung experimentell arbeitender Psychologen vom 31.3.–4.4.1985 in Wuppertal, 1985.
- Roth, T.: *Sprachstatistisch objektivierbare Denkstilunterschiede zwischen «guten» und «schlechten» Bearbeitern komplexer Probleme*. Göttingen: Arbeitsbericht aus dem Institut für Psychologie der Georg-August-Universität Göttingen, 1985.
- Scheele, B. & Groeben, N.: *Die Heidelberger Struktur-Lage-Technik (SLT). Eine Dialog-Konsens-Methode zur Erhebung Subjektiver Theorien mittlerer Reichweite*. Weinheim: Beltz 1984.
- Schöttke, H. & Gediga, G.: *Psychologische Experimente auf Kleincomputern II. «Hamurabi der König von Summaria»*. Arbeitsberichte Psychologische Methoden aus dem Fachbereich Psychologie der Universität Osnabrück, 1982, Nr. 9.
- Selz, O.: *Über die Gesetze des geordneten Denkverlaufs*. Stuttgart: Spemann 1913.
- Selz, O.: *Zur Psychologie des produktiven Denkens und des Irrtums*. Bonn: F. Cohen 1922.
- Simon, H. & Wedekind, J.: Das computer-unterstützte Planspiel Tanaland als Test- und Trainingsinstrument zum Problemlösen in komplexen Systemen. In Simon, H. (Hrsg.), *Computersimulation und Modellbildung im Unterricht*. München: Oldenbourg 1980, 273–288.
- Spada, H., May, R. & Opwis, K.: *Wissensaufbau und Handlungsbewertung bei ökologischen Problemen*. Arbeitsbericht zum DFG-Projekt. Freiburg: Psychologisches Institut der Universität Freiburg 1983.
- Spada, H., Reimann, P. & Häußler, B.: Hypothesenerarbeitung und Wissensaufbau beim Schüler. In Kötter, L. & Mandl, H. (Hrsg.), *Kognitive Prozesse und Unterricht*. Jahrbuch für Empirische Erziehungswissenschaft 1983. Düsseldorf: Schwann 1983, 139–167.
- Spies, K. & Hesse, F. W.: Analyse von Motivationseffekten in komplexen Problemlösesituationen aufgrund von Daten des lauten Denkens. In Lüer, G. (Hrsg.), *Bericht über den 33. Kongreß der DGfPs in Mainz 1982*. Göttingen: Hogrefe 1983, 389–393.
- Strohschneider, S.: *Eine Untersuchung zur Stabilität und Validität von Handeln in komplexen Realitätsbereichen*. Vortrag gehalten auf der 27. Tagung experimentell arbeitender Psychologen vom 31.3.–4.4.1985 in Wuppertal, 1985.
- Süllwold, F.: Bedingungen und Gesetzmäßigkeiten des Problemlöseverhaltens. In Thomae, H. (Hrsg.), *Bericht über den 22. Kongreß der DGfPs in Bonn 1960*. Göttingen: Hogrefe 1960, 96–115.
- Tent, L.: Intelligenz und Problemlösefähigkeit. Kommentar zu Dörner & Kreuzig. *Psychologische Rundschau*, 1984, 35, 21–35.
- Tergan, S.-O.: *Diagnose von Wissensstrukturen*. Tübingen: Forschungsbericht Nr. 30 aus dem Deutschen Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen, 1984.
- Thalmaier, A.: Zur kognitiven Bewältigung der optimalen Steuerung eines dynamischen Systems. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 1979, 26, 388–421.

Dr. Joachim Funke, Psychologisches Institut, Universität Bonn, Römerstr. 164, D-5300 Bonn 1

Sonderdruck aus

Sprache  
& Zeitschrift für Sprach- und Kognitions-  
psychologie und ihre Grenzgebiete  
Kognition

Verlag Hans Huber Bern Stuttgart Wien