

Systemmerkmale als Determinanten des Umgangs mit dynamischen Systemen¹

Joachim Funke

Psychologisches Institut der Universität Bonn



Zusammenfassung. Ausgehend von einer Klärung grundlegender Begriffe wird der Versuch unternommen, ein Klassifikationschema für Determinanten des Umgangs mit dynamischen Systemen zu entwickeln. Dem Bereich der Personenmerkmale werden Situationscharakteristika und Aufgabenmerkmale gegenübergestellt. Letzterer wird näher analysiert und hinsichtlich formaler sowie inhaltlicher Aspekte differenziert. Bezüglich der formalen Charakteristika werden die Konzepte exogene und endogene Wirkung, Nebenwirkung, Eigendynamik, dominante und subdominante Mehrfachwirkung und Mehrfachabhängigkeit eingeführt. Experimentelle Befunde illustrieren den Stellenwert der Systemeigenschaften. Diese werden schließlich mit den Anforderungen an den Systembearbeiter und mit dessen Kompetenzen zusammengebracht, da sie erst dadurch ihre Bedeutung erlangen. Die Anforderungen der Systemidentifikation und der Systemkontrolle und deren Verhältnis zu explizitem Wissen werden ebenso diskutiert wie die Kompetenzen, die derartigen Anforderungen gegenübergestellt werden müssen. Abschließend wird der heuristische Wert der vorgeschlagenen Taxonomie behandelt.

System characteristics as determinants for dealing with dynamic systems.

Summary. Starting with the definition of basic concepts, a classification scheme for determinants of dealing with dynamic systems is developed. It consists of person attributes, situational aspects and task characteristics. The last mentioned aspect is analyzed further with respect to content and formal aspects, as there are: exogenous and endogenous causations, side effects, self dynamic, dominant and subdominant multiple causations and multiple dependencies. Experimental results illustrate the importance of the system characteristics, which are connected to the demands to be fulfilled by the problem solver and his competences. The claims of system identification and system control and their connections to verbalizable knowledge will be discussed as well as the competences which have to be compared with these demands. Considerations on the heuristic value of such a taxonomy close the article.

Seit nunmehr 15 Jahren hält in der deutschsprachigen denkpsychologischen Forschung der Trend ungebrochen an, Probanden (Pbn) mit computersimulierten Szenarien zu konfrontieren und die dabei auftretenden Phänomene zum Gegenstand theoretischer wie vor allem empirischer Analysen zu machen (vgl. Übersichten bei Dörner, 1989b; Funke, in press).

Der vorliegende Beitrag beginnt mit einer Charakterisierung dessen, was unter einem «dynamischen System» zu verstehen ist, beschreibt allgemein die Determinanten des Umgangs mit einem (unbekannten) dynamischen System, greift sich

aus diesen Determinanten speziell die Rubrik «Systemmerkmale» heraus, klärt diesen Bereich detaillierter auf und berichtet kurz über diesbezügliche Experimente. Schließlich wird der Versuch unternommen, die Konzepte «Systemeigenschaft», «Anforderungen» und «Kompetenzen» in einen gemeinsamen Bezugsrahmen zu stellen.

1. Einleitung

Die einleitenden Bemerkungen dienen der Begriffsklärung. Zunächst wird das Konzept eines «dynamischen Systems» erläutert und dann eine erste Taxonomie von Determinanten vorgestellt.

1.1 Zum Konzept des «dynamischen Systems»

Ein wesentlicher Akzent, den die auf Dörner zurückgehende neuere Problemlöseforschung (z.B.

¹ Das Manuskript stellt die überarbeitete Fassung eines Vortrags dar, der auf der 31. Tagung experimentell arbeitender Psychologen vom 20.-23.3.1989 in Bamberg gehalten wurde. Für kritische Anmerkungen danke ich Jürgen Breidenkamp, Edgar Erdfelder, Uwe Kleinemas, Horst Müller, Jean-Paul Reeff sowie zwei anonymen Gutachtern. Die Arbeit entstand im Rahmen eines von der DFG unterstützten Projekts (Az. Fu 173/1).

Dörner, 1981) m.E. gesetzt hat, besteht im Hinweis auf die Bedeutung zeitlicher Abläufe, die einer Problemstellung inhärent sein können. Die bis dahin untersuchten Problemtypen wiesen hinsichtlich dieses Merkmals kaum Varianz auf: es waren überwiegend *statische* Probleme, die dem Problemlöser in aller Regel beliebig viel Zeit zur Bearbeitung ließen, und die Konsequenzen der Problemlösung flossen meistens nicht wieder in die Problemstellung ein. Der Problemtyp «computersimuliertes Szenario» dagegen besitzt genau diese Charakteristik, daß sich die Situation auch ohne Zutun des Akteurs verändert bzw. sich die Situation je nach getroffenen Entscheidungen ganz unterschiedlich weiterentwickelt. Die «Vernetzung» von Systemvariablen trägt hieran ganz wesentlich Mitschuld, da sich Eingriffe in einer Ecke des Systems möglicherweise an einer ganz anderen Ecke auswirken, an die der Akteur nicht gedacht hat.

Unter einem (zeitdiskreten) *dynamischen System* soll somit ein Variablengefüge von mindestens zwei Variablen zu mindestens zwei Zeitpunkten verstanden werden, die miteinander (kausal) verbunden sind², in einfacher Form also:

$$Y(t) = f(Y(t-1), \dots, Y(t-k)), \quad (1)$$

d.h. Vektor Y zum Zeitpunkt t hängt über die Funktion f vom Zustand der Vektoren Y zu vorangegangenen Zeitpunkten t-1, t-2, ..., t-k ab, wobei t-k den weitest zurückliegenden Zeitpunkt angibt, von dem noch Wirkungen ausgehen. Die Dynamik besteht also darin, daß Eingriffe und/oder Zustände zu früheren Zeitpunkten Auswirkungen auf den Zustand zum Zeitpunkt t haben, mit anderen Worten: dynamische Systeme beziehen ihre Charakteristik aus der Zeitabhängigkeit beteiligter Relationen³. Bei einem *zeitinvarianten*

System wie dem eben dargestellten gilt für jeden Zeitpunkt die gleiche Abhängigkeitsstruktur, aber von Zeitpunkt zu Zeitpunkt kann natürlich die Wirkung von Eingaben in das System (sei es durch Eingriffe von außen oder durch interne Abhängigkeiten) in Abhängigkeit von seinem aktuellen Zustand schwanken. Bei einem *zeitvarianten* System ändern sich dagegen die Abhängigkeitsbeziehungen zwischen den Variablen über die Zeit hinweg. – Die Beschreibung des einfachsten diskreten dynamischen Systems durch die Automatentheorie erfolgt im übrigen durch einen determinierten endlichen Automaten mit nur zwei Zuständen und einem Eingabezeichen (vgl. Albert & Ottmann, 1983), dem technisch gesehen ein Flip-Flop entspricht.

Technische wie natürliche Systeme sind Gegenstand der Systemtheorie bzw. Kybernetik. Dort befaßt man sich mit Eigenschaften solcher Systeme, mit den Möglichkeiten ihrer Identifikation sowie der gezielten Regelung dynamischer Prozesse. Isermann (1988) definiert Identifikation wie folgt:

«Identifikation ist die experimentelle Ermittlung des zeitlichen Verhaltens eines Prozesses oder Systems. Man verwendet gemessene Signale und ermittelt das zeitliche Verhalten innerhalb einer Klasse von mathematischen Modellen. Die Fehler zwischen dem wirklichen Prozeß oder System und seinem mathematischen Modell sollen dabei so klein wie möglich sein.» (p. 10, kursiv).

Dieses Zitat soll deutlich machen, daß einige der Aufgaben von Systemtheoretikern auch von Pbn in psychologischen Laborsituationen verlangt werden, d.h. in gewisser Hinsicht untersuchen wir die «naive Systemtheorie» von Pbn in Hinblick auf bestimmte normative Vorgaben, die von der wissenschaftlichen Systemtheorie gemacht werden⁴. Vergleicht man deren umfangreiches Methodenarsenal mit den einfachen Heuristiken menschlicher Problemlöser, muß man sich wundern, wie mit einem derartigen Minimum an Voraussetzungen überhaupt ein erfolgreicher

Umgang mit komplexen Systemen möglich sein sollte. Man kann sich fragen, welche Ergebnisse aus der Untersuchung «naiver» Systemtheoretiker überhaupt zu erwarten sind, wenn schon Experten vielfach mit bestimmten Situationen überfordert sind. Dörner (1989b, p. 307) meint, hierzu reiche der richtige Einsatz des «gesunden Alltagsverstands» – eine Forderung, die m.E. zu unspezifisch ist und die Fälle übersieht, in denen man gerade *entgegen* dem Alltagsverständnis handeln muß. Nicht leugnen kann man allerdings, daß es gerade im Bereich von Politik und Management so scheint, als hätten die «naiveren» Personen manchmal den Vorteil des «unverstellteren» Blicks – was vielleicht mit einer zu hohen Automatisierung von Expertentätigkeiten, einer «déformation professionnelle», zu erklären wäre.

1.2 Determinanten des Umgangs mit dynamischen Systemen

Beschäftigt man sich mit einem beliebigen Gegenstand der Psychologie (sei es Wahrnehmung, Problemlösen, Hilfehandeln, etc.), kommt man zu der trivialen Erkenntnis, daß es einerseits Merkmale der Person sind, die einschlägig wirken, andererseits Merkmale der Situation und des Gegenstands, um den es geht. Die Persönlichkeitspsychologie hat dies mit am spätesten erkannt, um dann umso lebhafter unter dem Stichwort «Person-Situation-Interaktion» eine große Debatte darüber zu entfachen, in welcher Weise diese beiden Facetten zusammenwirken. In der Allgemeinen Psychologie war es zumindest für die Wahrnehmungspsychologen frühzeitig klar, daß gesetzmäßige Aussagen (etwa über Empfindungsstärken) neben Reizcharakteristika auch personenspezifische Parameter enthalten müssen, um zutreffende Vorhersagen machen zu können.

Bezogen auf den Gegenstandsbereich «Umgang mit (unbekannten) dynamischen Systemen» liegen somit aufgrund logischer Erwägungen schon vor jeder näheren Beschäftigung mit dem Gegenstandsbereich zwei Kategorien – «Personmerkmale» und «Situationsmerkmale» – fest, die als Determinanten in Frage kommen. Eine dritte Facette – «Aufgaben- bzw. Systemmerkmale» – kann abgegrenzt werden, die sich

aus der Natur des betrachteten Gegenstands ergibt.

Die Erweiterung der beiden Facetten Person und Situation um diejenige der Aufgabe ist nicht ganz selbstverständlich: so könnte man geneigt sein, die Aufgabenmerkmale der Situation zu subsumieren. Daß sie hier gleichberechtigt nebengeordnet werden, soll an Traditionen anderer Forschungsgebiete (z.B. Motivationspsychologie) anknüpfen, die mit der bloßen Zweiteilung von Person und Situation nicht Schluß machen.

Die drei Facetten machen folgenden Aussagentyp möglich: eine bestimmte Person (z.B. ein kreativer Politiker) bearbeitet eine bestimmte Aufgabe (z.B. eine Kontrollaufgabe) in einer bestimmten Situation (z.B. unter Zeitdruck). Je nach Situation können gleiche Aufgaben ganz unterschiedliche Dispositionen derselben Person freisetzen. – Die Trennung von Aufgabe und Situation entspricht im wesentlichen der Unterscheidung von Untersuchungsmaterial und Untersuchungssituation. In der klassischen Problemlöseforschung entspräche dies der Unterscheidung von «task environment» und «problem space» (vgl. Newell & Simon, 1972). Diese Autoren verweisen im übrigen auf die Notwendigkeit einer klaren Trennung zwischen «the environment itself (the Kantian *Ding an sich*, as it were), the internal representation of the task environment used by the subject (the problem space), and the theorist's 'objective' description of that environment.» (p. 56). Eyferth, Schömann und Widowski (1986) haben in ihrer Kritik bisheriger Forschungen zum komplexen Problemlösen vor allem den «problem space» als untersuchungsbedürftig bezeichnet, da er Interaktionen zwischen Aufgaben- und Personenmerkmalen aufkläre. Genauso fordern Misiak, Haider und Kluwe (1989) die Unterscheidung von «formalen und subjektiven Problemparametern». Auch diese Argumente liefern weitere Gründe für die vorgeschlagene dreistufige Gliederung.

Bevor diese Taxonomie von Determinanten des Umgangs mit dynamischen Systemen näher erläutert werden soll, sei auf eine verwandte Konzeption bei Hussy (1984, p. 122f.) verwiesen. Bei der Beschreibung von Determinanten der Problemschwierigkeit nennt er die beiden Bereiche «Personmerkmale» (Fakten- und Operationswissen mit den Aspekten Umfang, Organisation und Verfügbarkeit) und «Problemmerkmale»

² Dies ist eine «naive» Definition. Rieger und Voss (1971, p. 98) etwa charakterisieren ein dynamisches System als Quintupel bestehend aus Inputmenge, Outputmenge, Menge der inneren Zustände, Folgerelation und Ergebnisrelation. Auf diese differenzierte Darstellung soll hier verzichtet werden, obwohl es interessant wäre, nach psychologischen Entsprechungen der verschiedenen Komponenten zu fragen.

³ Rieger und Voss (1971, p. 97) schreiben: «Der Unterschied des dynamischen Systems gegenüber dem allgemeinen Systembegriff liegt darin begründet, daß die Zeit explizit in Erscheinung tritt, daß Ursache (Input) und Wirkung (Output) zeitlich kausal miteinander verknüpft sind und daß die Dynamik dieser Systeme die raum-zeitliche Bewegung der durch sie beschriebenen realen Objekte widerspiegelt.»

⁴ Das Zitat belegt zugleich die Tatsache, daß systemtheoretischer Ansatz und experimentelle Methodik sehr eng zusammenhängen – einen Hinweis, den Herrmann (1990, p. 9) mit Blick auf Dörner's (1989a) «Schildkröten»-Artikel gibt.

(mit den Aspekten Umfang und Komplexität) als zentrale Faktoren. Diese Einteilung ist, wie man sehen wird, für unseren Zweck weniger tauglich und wird daher im weiteren nicht verwendet.

Die für diese Arbeit zugrundegelegte Taxonomie aus Person-, Situations- und Aufgaben-Merkmalen wird im folgenden näher dargelegt. Sie soll in der Lage sein, die in diesem Forschungsfeld durchgeführten (und noch durchzuführenden) Studien hinreichend genau zu beschreiben. Der Leser ist aufgefordert, ihm bekannte Studien einmal durch die Brille dieser Taxonomie zu betrachten und zu prüfen, ob es Merkmale gibt, die nicht klassifizierbar sind und eine Erweiterung nötig machen.

(1) *Personmerkmale*. Unter diese Rubrik fallen alle Eigenschaften und Kenntnisse, die eine Person in die Situation mitbringt, sowie solche, die sie in der Situation erwirbt.

(1.1) *Kognitive Merkmale*. Diese sollten eine bedeutsame Rolle beim Umgang mit einem dynamischen System spielen: Die von Dörner (1976) eingeführte Unterscheidung von epistemischen und heuristischen Gedächtnisstrukturen und das darauf beruhende Konzept einer heuristischen bzw. epistemischen Kompetenz sind hierunter zu subsumieren. Auch die Verwendung bereits vorhandener bzw. die Ausbildung neuer «mentaler Modelle», über deren Diagnostik nach wie vor Unklarheiten bestehen (vgl. Rouse & Morris, 1986; Kluwe, 1988), zählen hierzu. Der Bereich kognitiver Stile (Impulsivität/Reflexivität) gehört ebenso unter diesen Punkt wie derjenige der Intelligenz (gleichgültig in welcher Variante; vgl. z.B. Dörner & Kreuzig, 1983; Funke, 1983; Hörmann & Thomas, 1989; Hussy, 1989; Putz-Osterloh & Lüer, 1981).

(1.2) *Emotionale und motivationale Merkmale*. Auf den Stellenwert dieses Bereichs haben die von Dörner et al. (1983) berichteten «Notfallreaktionen des kognitiven Systems» hingewiesen. Die isolierte Betrachtung rein kognitiver Leistungsmerkmale beim Bearbeiten komplexer Probleme ist danach keineswegs ausreichend, um das beobachtbare Verhalten angemessen zu beschreiben (vgl. z.B. Spies & Hesse, 1986; Stäudel, 1987).

(1.3) *Persönlichkeitsmerkmale im engeren Sinn*. Hierzu sind die in der persönlichkeitspsychologischen Forschungstradition eruierten Dimensionen («traits») zu rechnen, von denen an-

zunehmen ist, daß sie einen Einfluß auf den Umgang mit dynamischen Systemen haben könnten (z.B. Selbstsicherheit, Ängstlichkeit, etc.; siehe z.B. Dörner et al., 1983).

(2) *Situationsmerkmale*. Diese Kategorie erweist sich als erforderlich, um die unterschiedlichen Kontexte zu charakterisieren, in die ein bestimmtes System untersuchungstechnisch eingebettet werden kann.

(2.1) Ein wichtiges Merkmal ist die «*Transparenz*» des präsentierten Systems, d.h. der Grad an Zugänglichkeit zu Variablen und ihren Zuständen. Hierunter kann etwa die Vorgabe einer Grafik mit den Relationen zwischen den Variablen verstanden werden, aber auch die Art und Weise des Zugriffs auf die Systeminformation (direkt vs. Versuchsleiter-vermittelt; siehe z.B. Putz-Osterloh & Lüer, 1981).

(2.2) *Die Aufgabenstellung*, mit der eine bestimmte Person an ein bestimmtes System gesetzt wird. Hierunter fällt die Frage, ob ein Pb das System nur steuern oder auch identifizieren soll, ob Zielvorgaben gemacht werden oder nicht, ob Zeitdruck besteht, etc. Die Aufgabenstellung wird wesentlich durch die Instruktion vermittelt; fehlt eine solche bzw. ist sie nur unzureichend expliziert, wird das Individuum sich eine eigene Aufgabenstellung generieren.

(3) *Aufgabenmerkmale*. Dieser Bereich dient zur Charakterisierung des verwendeten Systems und wird im nächsten Kapitel ausführlicher erläutert, da er im Zentrum dieser Arbeit steht. Zwei Gesichtspunkte werden hierbei unterschieden:

(3.1) *Formale Aspekte*. Diese dienen zur Beschreibung abstrakter Eigenschaften eines Systems unabhängig von seiner Einkleidung. Diese bestimmen auf einer objektiven Ebene ganz wesentlich die Schwierigkeit der Aufgabe.

(3.2) *Inhaltliche Aspekte*. Diese beziehen sich auf die semantische Einbettung eines Systems: neben den Variablenetiketten gehört hierzu z.B. die Rahmengeschichte, die allesamt Vorwissen beim Akteur aktivieren, das die Problemschwierigkeit reduzieren hilft.

Obwohl Situations- und Aufgabenmerkmale gemeinsam die objektiv bestimmbaren Anforderungen an einen Akteur definieren, wird eine Abgrenzung möglich, wenn man sich danach fragt, welche Merkmale einer Aufgabe (einem System) bereits unabhängig von einem Untersuchungs-

kontext zukommen bzw. umgekehrt: in welchen verschiedenen situativen Einbettungen man eine bestimmte Aufgabe präsentieren kann.

2. Systematik von Systemmerkmalen

Liest man einschlägige Arbeiten, begegnen einem häufig Adjektive wie «träge», «rückgekoppelt», «komplex», «vernetzt», «instabil», etc. als charakterisierende Merkmale eingesetzter Systeme. Selbst gutwillige Leser geraten bei derartigen Beschreibungen in Unruhe, vermitteln die genannten Eigenschaften doch häufig nur subjektive Ansichten des Untersuchers über sein System, aber keinesfalls allgemein verbindliche Charakteristika des Untersuchungsmaterials; dafür befinden sich diese Konzepte auf einem zu groben Auflösungs-niveau. Der unzufriedene Leser erhält allerdings auch in einschlägigen systemtheoretischen Werken keine Hinweise darauf, was denn nun etwa aus Sicht der Systemtheorie die entscheidenden Merkmale von Systemen sein sollen. Dies ist nicht verwunderlich, hängt die Auswahl derartiger Merkmale doch im wesentlichen von den Absichten des Untersuchers ab. Diese bestimmen die Wahl einer Begrifflichkeit und des entsprechenden Auflösungs-niveaus. Erst kürzlich allerdings hat Hübner (1989) vorgeschlagen, kanonische Formalismen der Systemtheorie zur Aufgabenbeschreibung heranzuziehen, um zu einer größeren Einheitlichkeit bei der Darstellung verwendeter Systeme zu kommen. Dieses Ziel scheint auch mir erstrebenswert. Die von Hübner (1989) angeführten Kennwerte (Erreichbarkeit bzw. Steuerbarkeit, Kontrollierbarkeit, Beobachtbarkeit, Stabilität, Art der Regelungsaufgabe) sollten zum Beschreibungsstandard gehören, wo immer sie bestimmbar sind.

2.1 Formale Merkmale eines dynamischen Systems

Über formale Aspekte dynamischer Systeme zu sprechen ist nicht einfach, herrscht doch – wie bereits erwähnt – keineswegs Klarheit über verbindliche formale Beschreibungsmerkmale dynamischer Systeme. Wichtige Begriffspaare sind die Unterscheidungen «linear vs. nicht-linear» sowie «diskret vs. kontinuierlich». Mit der erst-

genannten Unterscheidung wird der generelle Funktionstyp der Modellierung festgelegt, mit der zweitgenannten geht es um die Modellierung der Zeit. Hinsichtlich des Funktionstyps ist anzumerken, daß mit linearen Systemen sehr wohl nicht-lineare Zusammenhänge modelliert werden können: so entspricht etwa ein taktweise konstanter Zuwachs um zehn Prozent einem stark exponentiellen Wachstum über die Zeit hinweg. Hinsichtlich der Zeit ist zu bedenken, daß jedes zeitkontinuierliche System durch ein zeitdiskretes mit entsprechend hoher Auflösung approximiert werden kann.

Wenn man formale Aspekte von Systemen behandelt, sollte prinzipiell zwischen Angaben zur *Stabilität* und solchen zur *Konnektivität* unterschieden werden. Beide Bereiche sind weitgehend unabhängig voneinander. Während die Stabilität sich auf das zeitliche Verhalten des Systems bezieht, behandeln Angaben zur Konnektivität die Verbindungsdichte zwischen den beteiligten Variablen.

In der nachfolgenden Darstellung beziehe ich mich auf lineare Gleichungssysteme der folgenden Art:

$$Y(t+1) = A \cdot X(t) + B \cdot Y(t), \quad (2)$$

wobei X, Y: Vektoren von exogenen und endogenen Variablen,
A, B: Gewichtungsmatrizen,
t: Zeitindex.

Die Bezeichnungen «exogen» und «endogen» werden analog zur pfadanalytischen Literatur (vgl. Opp & Schmidt, 1976) verwendet. *Exogene Variablen* können vom Pb beliebig festgesetzt werden, der Zustand dieser Variablen zum Zeitpunkt t ist durch keine andere Variable und keinen anderen Zeitpunkt festgelegt. Bei grafischer Darstellung von Kausalbeziehungen sind exogene Variablen daran erkennbar, daß von ihnen nur Wirkpfeile ausgehen, aber keine Pfeile auf sie gerichtet sind. *Endogene Variable* bedeutet dagegen: der Variablenzustand ist abhängig vom Zustand seiner selbst oder dem einer anderen Variablen, jeweils maximal um k Zeitpunkte zurückliegend, wobei k den Grad der autoregressiven Prozesse angibt. In grafischen Darstellungen können Pfeile sowohl auf endogene Variablen gerichtet sein als auch von ihnen ausgehen.

Bei Bedarf können in das unter (2) beschriebene System Fehlerterme und/oder zeitliche Ab-

hängigkeiten höherer Ordnung eingeführt werden. Die «Komplexität» eines derartigen Systems hängt neben seinem variablenmäßigen Umfang im wesentlichen vom Inhalt der Matrizen A und B ab, die die Abhängigkeiten zwischen einzelnen Variablen quantitativ festlegen. – In einer Arbeit von Müller, Funke, Fahnenbruck, und Rasche (1987, p. 5f.) wurden einige Kategorien angeboten, die für lineare Systeme dieser Art gelten und hier kurz wiederholt werden sollen.

Die *Zeitverzögerung* eines Systems («feedback delay»; vgl. Brehmer, 1989) resultiert aus der Größe des Parameters k . Je größer k ist, umso weiter reichen zeitlich die Folgen momentaner Eingriffe (X_t) und des gegenwärtigen Systemzustands (Y_t). Dies bewirkt «Trägheit» insofern, als die zum Zeitpunkt t getroffenen Maßnahmen nicht die alleinigen Determinanten des Zustands $t+1$ darstellen.

Als *Wirkungen* können alle Elemente der A- und B-Matrizen verstanden werden, die verschiedenen von 0 sind. Dabei beinhalten A- und B-Matrizen allerdings verschiedene – unseres Erachtens auch «psychologisch unterschiedliche» – Wirkungsformen, die als exogene und endogene Wirkungen bezeichnet werden.

Endogene Wirkungen umfassen alle Wirkungen, die von Zustandsvariablen auf sich selbst oder auf andere endogene Variablen ausgehen; dabei sind Eigendynamiken von Nebenwirkungen zu unterscheiden.

Eigendynamik geht aus von den Diagonalelementen der B-Matrix, die verschieden von 1 sind. Sind diese Gewichte größer als 0 und kleiner als 1, so nimmt die entsprechende Y-Variable «von selbst», d.h. von eigenen früheren Ausprägungen abhängig, ab⁵; sind sie größer als 1, so nimmt das jeweilige y von sich aus zu; sind sie negativ, oszilliert der jeweilige Werteverlauf. Wenn die Diagonalelemente gleich 1 sind, so ist die betreffende Y-Variable stabil.

Nebenwirkungen konstituieren sich im Bereich endogener Variablen als Nicht-Diagonalelemente der B-Matrix, die verschieden von 0 sind. Als (endogene) Nebenwirkungen verstehen

wir also Wirkungen, die von einer Y-Variable auf eine andere Y-Variable ausgeübt werden. Wir bezeichnen sie deshalb so, da diese Wirkungen häufig als unbeabsichtigte Folgen eines Eingriffs in Erscheinung treten. Natürlich gibt es auch unbeabsichtigte (Neben-)Wirkungen, die *nicht* auf endogene Variablen zurückzuführen sind; diese, von exogenen Variablen ausgehenden Wirkungen werden weiter unten unter dem Konzept «subdominante Wirkung» beschrieben. Dennoch wollen wir am Begriff Nebenwirkung in der oben festgelegten Form festhalten, da uns Wirkungen von Y-Variablen auf andere Y-Variablen subjektiv besonders schwierig erkennbar zu sein scheinen und der Begriff Nebenwirkung dies nahelegt.

Exogene Wirkungen sind demgegenüber alle Wirkungen, die von exogenen Variablen (X) ausgeübt werden. Wir nehmen an, daß diese Wirkungen im allgemeinen einfacher zu erkennen und zu handhaben sind als endogene Wirkungen, da die Eingriffsvariablen ja beliebig festgesetzt werden können und von daher mit diesen Variablen nach eigenen Vorstellungen «experimentiert» werden kann.

Sowohl bei endogenen wie bei exogenen Variablen können *Mehrfachwirkungen* jeweils endogener oder exogener Art auftreten, d.h. eine Y- oder X-Variable wirkt auf mehr als eine Y-Variable. Wir nehmen an, daß insbesondere endogene Mehrfachwirkungen (und damit Nebenwirkungen wie oben definiert) das System schwieriger gestalten. Bei exogenen Mehrfachwirkungen sollte ceteris paribus das numerisch größte Gewicht am leichtesten zu identifizieren sein, wobei wir die betreffende Wirkung *dominant* nennen und die übrigen numerisch geringeren Mehrfachwirkungen *subdominant*. Eine ähnliche Unterscheidung treffen Berry und Broadbent (1987, 1988), die in einem dynamischen Vier-Variablen-System, einer simulierten Zuckerfabrik, offensichtliche und nicht-offensichtliche («salient») vs. «nonsalient») Eigenschaften hervorheben. Berry und Broadbent begründen diese Unterscheidung unter anderem damit, daß bei offensichtlichen Eigenschaften das Steuerungsverhalten mit dem verbalisierbaren Wissen korrelieren soll, bei nicht-offensichtlichen Eigenschaften des Systems dagegen verbalisierbares Wissen und Steuerung sogar negativ korrelieren. Dieser Befund hat Ähnlichkeit mit einigen unserer Beobachtun-

gen («Fehlerkompensation», vgl. Müller, Funke & Rasche, 1988, pp. 23f.). Wir vermuten daher, daß die Unterscheidung zwischen dominanten und subdominanten Wirkungen wesentliche Implikationen birgt (zur Kritik an der Unterscheidung explizit vs. implizit siehe Haider, 1989, sowie Sanderson, 1989).

Analog verwenden wir den Begriff *Mehrfachabhängigkeit* einer Variable, wobei eine Y-Variable von mehr als einer Variable abhängig ist; dabei sind rein exogene, rein endogene und gemischt exogen-endogene Abhängigkeiten möglich.

Unabhängigkeit zwischen zwei Variablen ist dann gegeben, wenn das entsprechende Element der Wirkstärkenmatrix 0 beträgt. Dieses Merkmal unserer Systeme ist insofern von Bedeutung, als Pbn, die von hochvernetzten Systemen ausgehen, möglicherweise gerade bei der Identifikation von «Nicht-Wirkungen» auf Schwierigkeiten stoßen können. Außerdem bilden die Null-Elemente der Matrizen gewissermaßen den wichtigen «Hintergrund», vor dem man alle oben dargestellten Wirkungsformen als «Figuren» verstehen kann.

2.2 Inhaltliche Merkmale eines dynamischen Systems

In erster Linie zählt die *semantische Einbettung* (Variablen-Etikettierung; Rahmengeschichte; Instruktion) zu den inhaltlichen Merkmalen eines Systems; daneben ist aber auch auf den Aspekt der *Vorwissenskompatibilität* als einem inhaltlich bedeutsamen Gesichtspunkt einzugehen.

Über die Bedeutung der semantischen Einbettung zu sprechen ist vergleichsweise müßig; trivialerweise wird durch eine gewählte Einbettung eines Systems ein dazugehöriger – und jeweils individueller – Gedächtnisausschnitt des Akteurs aktiviert und führt so zu einer (im übrigen schwer meßbaren) Reduktion von Komplexität⁶. Experi-

6 Für «Lohhausen» beschreiben die Autoren diesen Reduktionsschritt so: «Da allen Vpn irgendwelche kommunale Institutionen bekannt waren, konnten sie in der Form von Analogieschlüssen ihre Erfahrungen und Kenntnisse über die Struktur von Gemeinden verwenden, um Hypothesen über die Struktur von Lohhausen aufzustellen.» (Dörner et al., 1983, p. 136f.). Diese Unterstellung dürfte im übrigen nicht unproblematisch sein.

mentelle Belege hierzu liegen in Form von Systemen mit isomorpher Struktur bei unterschiedlicher Einbettung vor (vgl. z.B. Hesse, 1982).

Interessant dagegen ist der Punkt der Vorwissenskompatibilität. Selbst für die Fälle nämlich, in denen die Systeme einbettung nicht verändert wurde, treten Vorwissenseffekte dadurch ein, daß die semantische Einkleidung von Individuum zu Individuum auf unterschiedliches Vorwissen stößt.

3. Experimentelle Befunde

Im Rahmen eines von der DFG geförderten Vorhabens innerhalb des Schwerpunktprogramms «Wissenspsychologie» wurden einige Experimente zur Frage der Wirkung bestimmter Systemeigenschaften auf den Umgang mit diesen Systemen konzipiert und durchgeführt (zum Forschungsprogramm vgl. Funke, 1986). Im Zentrum des Interesses stand dabei die Frage, wie Individuen Wissen über ein ihnen zunächst unbekanntes dynamisches System erwerben und wie sie ihr Wissen für eine nachfolgende Steuerungstätigkeit verwenden. Bevor auf einige der experimentellen Befunde eingegangen wird, sollen zunächst allgemeine Merkmale der Untersuchungssituation skizziert werden.

3.1 Allgemeine Merkmale der Untersuchungssituation

Das *Untersuchungsmaterial* besteht aus dynamischen Systemen auf der Basis linearer autoregressiver Prozesse, wie sie bereits weiter oben vorgestellt wurden (vgl. Formel [2]). Dies impliziert die exakte Beschreibbarkeit des Systems und zugleich auch die Möglichkeit, anzugeben, welche Interventionen das System in einen geforderten Zielzustand überführen bzw. ob ein derartiger Zielzustand (unter Beachtung von Randbedingungen etwa) überhaupt erreichbar ist.

Die *Untersuchungssituation* weicht hinsichtlich anderer Szenarien insofern vom Standardvorgehen ab, als vor der Steuerphase, in der ein (teilweise) spezifizierter Systemzustand herbeigeführt und eingehalten werden soll, eine Explorationsphase eingeschoben wird, die dem Pb ein unbewertetes Experimentieren mit dem System

5 Diese Aussage gilt wie alle folgenden nur unter der ceteris paribus-Klausel, also bestimmten Randbedingungen, die keiner Änderung unterzogen werden; eine genauere Spezifikation dieser Randbedingungen scheint uns an dieser Stelle verzichtbar.

... der Identifikation von Systemstrukturen ermöglicht. In unseren Standard-Experimenten beträgt die Dauer der Experimentierphase («Wissenserwerb») vier Durchgänge zu je sieben Takten, die Steuerphase («Wissensanwendung») erstreckt sich über einen Durchgang mit sieben Takten.

Auch hinsichtlich *diagnostischer Verfahren* unterscheidet sich das hier berichtete Vorgehen von dem anderer Autoren: Zur Diagnostik des Strukturwissens werden wiederholt die Annahmen des Pb über die kausalen Verknüpfungen der Systemvariablen in grafischer Form erhoben (Kausaldiagramm-Diagnostik; «Güte des Kausaldiagramms», GdK)⁷, zur Diagnostik der Anwendungsleistung in der Steuerphase wird ein Abstandsmaß zwischen vorgegebenem und erreichtem Systemzustand ermittelt («Güte der Systemsteuerung», GdS). Über Details dieser Wissensdiagnostik sowie über weitere Kennwerte, auf die hier nicht eingegangen werden kann, informieren Fahnenbruck, Funke und Müller (1987) sowie Funke (1990, Kap.3).

3.2 Ergebnisse experimenteller Untersuchungen

Bislang wurden von meiner Forschungsgruppe fünf Experimente realisiert, die nachfolgend nur in ihren wesentlichen Teilen kompakt referiert werden, da sie bereits andernorts ausführlicher beschrieben wurden (siehe die jeweiligen Angaben). Inwiefern es sich bei den berichteten Befunden um bloß «lokale» Effekte handelt, bleibt in Replikationsstudien zu prüfen.

In *Experiment 1* wurden zum einen die Auswirkungen von aktiven Steuerungsmöglichkeiten (Eingreiferstatus vs. Beobachterstatus) und zum anderen von Prognoseanforderungen (Prognose gefordert vs. keine Prognoseanforderung) untersucht. Bei Anwendung des Szenarios «SINUS» ergaben sich auf der Grundlage von 32 studentischen Pbn folgende Ergebnisse (vgl. Funke & Müller, 1988):

- «Eingreifer» steuern das System besser als «Beobachter», besitzen aber weniger oder anderes Wissen.
- «Prognostiker» scheinen ein spezielles Wissen zu erwerben, das sich nur in einer prognosenahen Erfassungsform ausdrückt.
- Mit wachsender Bearbeitungszeit nimmt die Qualität der Systemsteuerung ab⁸.
- Mit wachsendem Wissen steigt die Qualität der Systemsteuerung.

Experiment 2 hatte die Auswirkungen des Grades der Eigendynamik des Systems zum Gegenstand. Dieser Faktor wurde in der Weise variiert, daß das dargebotene System Eigendynamik auf keiner, einer oder zwei der drei endogenen Variablen aufwies. Für jede der genannten Stufen wurden Daten von 8 Pbn (Zivildienstleistende) erhoben. Es ergab sich ein signifikanter negativer linearer Effekt wachsender Eigendynamik auf die Güte des Kausalwissens und vermittelt darüber ein indirekter Effekt auf die Güte der Systemsteuerung (vgl. Müller, Funke & Rasche, 1988).

In *Experiment 3* wurde die Systemeigenschaft «Nebenwirkung» untersucht. Analog zu *Experiment 2* wurden auch hier drei verschiedene Stufen gewählt (Nebenwirkung auf keine, eine oder zwei der drei endogenen Variablen) und wiederum Daten von je 8 männlichen studentischen Pbn erhoben. Es ergaben sich folgende Ergebnisse (vgl. Müller, Funke & Fasche, 1988):

- wachsende Nebenwirkungen haben einen negativen linearen Effekt auf die Güte des Kausalwissens und wiederum indirekt vermittelt auf die Güte der Systemsteuerung.
- Tendenz zur «Fehlerkompensation»: «Nebenwirkungen» (und ebenfalls die in *Experiment 2* untersuchte «Eigendynamik») führen dazu, daß Pbn bei der Identifikation von nicht experimentell manipulierten Systemelementen Fehler machen, um Fehler bei der Identifikation von manipulierten Systemteilen auszugleichen.

8 Dieses Ergebnis widerspricht allgemeiner Erfahrung, wonach mit wachsender Bearbeitungszeit eine bessere Steuerung möglich sein sollte. Hierfür könnten bestimmte Details der Versuchssituation (z.B. Aufforderung zu explizitem Wissenserwerb) verantwortlich gewesen sein.

Experiment 4 befaßte sich mit den unabhängigen Variablen «Vorwissenskompatibilität» (konform vs. nicht-konform), «Zielvariablenmenge» (zwei vs. vier Zielvariablen) und «Steuerbarkeit» (gering vs. hoch). Hierfür wurde ein neues Szenario namens «ALTÖL» implementiert, das aus jeweils vier exogenen und endogenen Variablen bestand und nachweislich bereichsspezifisches Vorwissen aktivierte. Die Realisation dieses Versuchsplans an insgesamt 40 studentischen Pbn ergab (vgl. Fahnenbruck, Funke & Rasche, 1988):

- Vorwissenskonträre Systeme werden erheblich schlechter erkannt und gesteuert.
- Bei nur zwei zu kontrollierenden Zielvariablen zeigt sich eine bessere Steuerleistung als bei vier Zielvariablen.
- Die beiden ausgewählten Grade der Steuerbarkeit zeitigten keine bedeutsamen Unterschiede.

Experiment 5 entsprach hinsichtlich der Versuchsbedingungen *Experiment 4*. Allerdings wurde der Systemverlauf nunmehr in *graphischer Form* den wiederum 40 studentischen Pbn dargeboten. Die unterschiedliche Darbietungsform erbrachte keinerlei Unterschiede hinsichtlich Systemerkennung und Systemsteuerung (vgl. Fahnenbruck, Funke & Rasche, 1988). Die Befunde bestätigen im wesentlichen die Ergebnisse von *Experiment 4*.

4. Systemeigenschaften, Anforderungen und Kompetenzen

Nachdem einige Systemeigenschaften nun in Hinblick auf ihre psychologische Bedeutung untersucht wurden und sich dabei deren differentielle Wirksamkeit auf Wissenserwerb und Wissensanwendung gezeigt hat, bleibt diesem abschließenden Teil die Aufgabe überlassen, das Verhältnis zwischen den Systemeigenschaften, den Anforderungen an einen Akteur und dessen Kompetenzen zu klären. Aus der bloßen Angabe von Systemeigenschaften folgt zunächst einmal herzlich wenig! Diese Eigenschaften entfalten nämlich erst in Kombination mit den Anforderungen, die an einen Akteur gestellt werden, ihre Wirkung. Erst dadurch wird ja überhaupt ein Bezug zwischen Systemeigenschaften und der handelnden Person hergestellt!

Die zwei wesentlichen Anforderungen sind im vorangegangenen Teil schon wiederholt angesprochen worden, solien hier aber noch einmal genannt werden: (1) die *Identifikation* einer Systemstruktur sowie (2) die steuernde *Kontrolle* eines Systems im Hinblick auf bestimmte Vorgaben. Auf beide Anforderungen soll näher eingegangen werden, da sie jeweils differenzierte Teilanforderungen stellen.

Die Identifikation eines Systems läßt sich logisch unterteilen⁹ in (1.1) die Identifikation der beteiligten Variablen sowie (1.2) die Identifikation von Relationen zwischen diesen Variablen. Die *Identifikation beteiligter Variablen* wird nur unter bestimmten Situationsbedingungen gefordert («Intransparenz»), stellt aber dennoch eine eigenständige Anforderung dar, die parallel zur zweiten Anforderung durchgeführt werden kann (in transparenten Situationen ist nur diese zweite Anforderung zu erfüllen). Die *Identifikation von Relationen* verlangt das Erkennen kausaler (bzw. funktionaler) Zusammenhänge zwischen beteiligten Variablen. Hierbei wird unterstellt, daß es unterschiedliche Präzisionsgrade gibt, in denen über eine vermutete Relation berichtet werden kann: neben dem bloßen Erkennen eines Zusammenhangs («Relationswissen») kann die Richtung eines Zusammenhangs bekannt sein («Vorzeichenwissen») oder – noch präziser – der exakte Gewichtungsfaktor genannt werden («numerisches Wissen»).

Die Kontrolle eines Systems läßt sich logisch unterteilen in (2.1) die Hinführung des Systemzustands von einem gegebenen zum gewünschten Zustand sowie (2.2) das Beibehalten eines erreichten Zielzustands über mindestens zwei Zeitpunkte. Die *Hinführung* besteht darin, daß von einem beliebigen Zustand aus der Eingriffsvektor gefunden wird, der zielführend ist. Bei einem linearen autoregressiven Prozeß erster Ordnung ist dies jederzeit in einem Schritt möglich. Für jeden Systemzustand kann hier ein jeweils anderer Eingriffsvektor benötigt werden. Das *Beibehalten* des erreichten Systemzustands erfordert

9 Isermann (1988, p. 1) unterscheidet «Prozeßidentifikation» (Analyse der Umformung bzw. des Transports von Materie, Energie und/oder Information), «Systemidentifikation» (Feststellung einer abgegrenzten Anordnung von aufeinander einwirkenden Gebilden) sowie bei stochastischen Systemem zusätzlich die «Signalidentifikation» (Trennung von Signal und Rauschen).

die Eingabe eines Eingriffsvektors, der eventuell vorhandene Eigendynamiken bzw. Nebenwirkungen «kompensiert». Dieser bleibt – sofern er erfolgreich ist – immer gleich.

Inwiefern für beide Teilaspekte explizites Wissen erforderlich ist, wird derzeit noch diskutiert. Daß Strukturwissen beide Anforderungen bewältigen hilft, dürfte dagegen klar sein. Je mehr Ähnlichkeiten in der Versuchssituation gegeben sind (z.B. wiederholte Möglichkeit, die Ansteuerung genau eines Zielzustands zu üben), umso eher dürfte implizites Wissen entstehen können. Wird dagegen mit ständig neuen Startwerten und ständig neuen Zielwerten gearbeitet, dürfte explizites Wissen unverzichtbar sein.

In welchem Verhältnis stehen die hier beschriebenen Anforderungen zu den *Kompetenzen*¹⁰, die ein Akteur besitzt bzw. die er erwerben muß? Für die erste Anforderung – Identifikation – geben Klahr und Dunbar (1988, p. 2) folgenden Hinweis:

«The successful scientist, like the successful explorer, must master two related skills: knowing where to look and understanding what is seen. The first skill – *experimental design* – involves the design of experimental and observational procedures. The second skill – *hypothesis formation* – involves the formation and evaluation of theory.»

In diesem Sinne ist der Akteur, der ein ihm unbekanntes System identifizieren will, ein «naiver Wissenschaftler», der sowohl experimentieren muß als auch aus seinen Experimenten entsprechende Schlüsse ziehen muß.

Die Anforderung der Kontrolle setzt beim Akteur die Kompetenz voraus, erworbenes Wissen über das System in einen Anwendungszusammenhang zu stellen. Es genügt nicht mehr zu wissen, daß X auf Y wirkt (wobei X und Y jeweils Vektoren sein können). Nunmehr muß rückwärts

10 Der Begriff der Kompetenz wird hier verstanden als *objektive* Fähigkeit bzw. Vermögen (vgl. Duden, 1982) und unterscheidet sich damit wesentlich von dem Kompetenzverständnis, das etwa in der Arbeit von Stäudel (1987) zum Ausdruck kommt, wo Kompetenz als *subjektive* Einschätzung der Erfolgswahrscheinlichkeit (p. 43) verstanden wird. Hier wird m.E. eine fälschliche Gleichsetzung objektiv nachprüfbarer Fähigkeiten mit subjektiven Einschätzungen vorgenommen.

gerichtet gefragt werden («Dependenzanalyse» sensu Dörner et al., 1983): wie muß X beschaffen sein, damit ein gewünschtes Y eintritt?

Hat man Anforderungen auf der einen Seite festgestellt, Kompetenzen auf der anderen Seite dagegengestellt, sollte die *Performanz* im Sinne der tatsächlich erbrachten Leistung damit verglichen werden. Wie aus anderen Bereichen (z.B. Metakognition) bekannt ist, ergeben sich häufig Fälle, in denen entsprechende Kompetenzen in einer konkreten Situation *nicht* eingesetzt werden. Über die Gründe dafür soll hier nicht spekuliert werden, allein den Sachverhalt möglicher Diskrepanzen zwischen Kompetenzen und Performanz gilt es zu konstatieren. Daraus folgt im übrigen die Notwendigkeit einer differenzierten Fähigkeits- und Leistungsbeurteilung, um Kompetenzen und Performanz getrennt voneinander bewerten zu können.

Zusammenfassend läßt sich festhalten: Der Umgang mit dynamischen Systemen ist abhängig von objektiven Systemeigenschaften, Anforderungen an den Problemlöser (wie sie sich aus den Aufgabenmerkmalen ergeben) sowie dessen individuellen Kompetenzen.

5. Abschließende Bemerkungen

Auf den ersten Blick mag das Ergebnis unserer Überlegungen enttäuschen: Was bleibt übrig außer der (trivialen) Erkenntnis, daß das Verhalten von Menschen, die mit (computersimulierten) komplexen Szenarien konfrontiert werden, multiple Determinanten aufweist, die in Wechselwirkung miteinander stehen? Andererseits: ein begriffliches Gefüge zu entwickeln, mit dem verschiedene Untersuchungen eingeordnet werden können, mit dem Lücken im Sinne noch zu erforschender Zusammenhänge bzw. zu realisierender Versuchspläne deutlich werden, ist von nicht geringem Wert. So fällt z.B. auf, daß Forschungsschwerpunkte einmal im Bereich der Personmerkmale, zum anderen im Bereich der Aufgabenmerkmale gesetzt wurden. Hierfür wurden im Text empirische Belege angeführt. Der Bereich der Situationsmerkmale wie auch das Feld der Wechselwirkungen zwischen den drei Facetten ist dagegen bislang weniger gut untersucht worden. Daß die vorgeschlagene Taxonomie nicht noch mehr Dimensionen enthält, liegt am

Sparsamkeitsprinzip: Zum Zwecke einer vergleichenden Beschreibung verschiedenster Experimente und Systeme scheinen diese drei Aspekte einen hinreichenden Auflösungsgrad zu besitzen, der ihre Auswahl rechtfertigt.

Auch wenn die vorgelegten Bemerkungen einen zunächst nur heuristischen Wert besitzen – die Empirie kann auf der Ebene konzeptueller Rahmenvorstellungen nicht als Prüfinstanz auftreten –, ist es dennoch nützlich, ordnungstiftende Begriffe und Kategorien bereitzustellen. Diese sollten auch die Grundlage abgeben können für theoretische Modelle, die Zusammenhänge bzw. Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen, hier abgehandelten Ebenen genau beschreiben. Derartige Wechselwirkungen werden von vielen Forschern unterstellt (z.B. Dörner, 1989a, b; Eyferth, Schömann & Widowski, 1986; Funke, in press; Hörmann & Thomas, 1989; Hussy, 1989; Misiak, Haider & Kluge, 1989), auch wenn in der konkreten Forschungspraxis jeweils deutliche Akzente in der einen oder anderen Richtung gesetzt werden. Die empirische Prüfung der Gültigkeit derartiger Zusammenhangs- und Wechselwirkungsaussagen wird dann über die Brauchbarkeit der aus der Taxonomie abgeleiteten Modellvorstellungen entscheiden.

Literatur

- Albert, J. & Ottmann, T. (1983). *Automaten, Sprachen und Maschinen für Anwender*. Mannheim: B.I.-Wissenschaftsverlag.
- Berry, D. C. & Broadbent, D. E. (1987). The combination of explicit and implicit learning processes in task control. *Psychological Research*, 49, 7–15.
- Berry, D. C. & Broadbent, D. E. (1988). Interactive tasks and the implicit-explicit distinction. *British Journal of Psychology*, 79, 251–272.
- Brehmer, B. (1989). Dynamic decision making. In: A. P. Sage (Ed.), *Concise encyclopedia of information processing in systems and organizations* (pp. 144–149). New York: Pergamon Press.
- Dörner, D. (1976). *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Dörner, D. (1981). Über die Schwierigkeiten menschlichen Umgangs mit Komplexität. *Psychologische Rundschau*, 32, 163–179.
- 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. & 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.

- Duden (1982⁴). *Fremdwörterbuch*. Mannheim: Bibliographisches Institut.
- Eyferth, K., Schömann, M. & Widowski, D. (1986). Der Umgang von Psychologen mit Komplexität. *Sprache & Kognition*, 5, 11–26.
- Fahnenbruck, G., Funke, J. & Müller, H. (1987). Wissensdiagnose bei dynamischen Systemen. *Berichte aus dem Psychologischen Institut der Universität Bonn*, 13, Heft 1.
- Fahnenbruck, G., Funke, J. & Rasche, B. (1988). Vorwissensverträglichkeit, Steuerbarkeit, Steueranforderung und Darbietungsform als Determinanten der Bearbeitung dynamischer Systeme. *Berichte aus dem Psychologischen Institut der Universität Bonn*, 14, Heft 2.
- Funke, J. (1983). Einige Bemerkungen zu Problemen der Problemlöseforschung oder: Ist Testintelligenz doch ein Prädiktor? *Diagnostica*, 29, 283–302.
- Funke, J. (1986). Ein Forschungsprogramm zur subjektiven Repräsentation dynamischer Kleinsysteme: Aufbau und Anwendung von Wissen in Abhängigkeit von Person- und Systemmerkmalen. *Berichte aus dem Psychologischen Institut der Universität Bonn*, 12, Heft 1.
- Funke, J. (1990). *Wissen über dynamische Systeme: Erwerb, Repräsentation und Anwendung*. Bonn: Philosophische Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität (unveröffentlicht. Habilitationsschrift).
- Funke, J. (in press). Solving complex problems: Human identification and control of complex system. In: R. J. Sternberg & P. Frensch (Eds.), *Complex problem solving: Principles and mechanisms*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Funke, J. & Müller, H. (1988). Eingreifen und Prognostizieren als Determinanten von Systemidentifikation und Systemsteuerung. *Sprache & Kognition*, 7, 176–186.
- Haider, H. (1989). *Die Bedeutung impliziten Lernens beim Problemlösen*. Vortrag, gehalten auf der 31. Tagung experimentell arbeitender Psychologen vom 20.–23.3.89 in Bamberg.
- Herrmann, T. (1990). Die Experimentiermethodik in der Defensive? *Sprache und Kognition*, 9, 1–11.
- Hesse, F. W. (1982). Effekte des semantischen Kontexts auf die Bearbeitung komplexer Probleme. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 29, 62–91.
- Hörmann, H.-J. & Thomas, M. (1989). Zum Zusammenhang zwischen Intelligenz und komplexem Problemlösen. *Sprache & Kognition*, 8, 23–31.
- Hübner, R. (1989). Methoden zur Analyse und Konstruktion von Aufgaben zur kognitiven Steuerung dynamischer Systeme. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 36, 221–238.
- Hussy, W. (1984). *Denkpsychologie. Ein Lehrbuch. Band I: Geschichte, Begriffs- und Problemlöseforschung, Intelligenz*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Hussy, W. (1989). Intelligenz und komplexes Problemlösen. *Diagnostica*, 35, 1–16.
- Isermann, R. (1988). *Identifikation dynamischer Systeme. Band I: Frequenzgangmessung, Fourieranalyse, Korrelationsanalyse, Einführung in die Parameterschätzung*. Heidelberg: Springer.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1–48.
- Kluge, R. H. (1988). Methoden der Psychologie zur Gewinnung von Daten über menschliches Wissen. In: H. Mandl & H. Spada (Eds.), *Wissenspsychologie* (pp. 359–385). München: Psychologie Verlags Union.
- Lugtenberg, M. (1989). GETMO. Ein interaktives Programm zur Erfassung von Kausalwissen. Bedienermanual. *Bericht Nr. JU 41/89 am Institut für Psychologie der TU Berlin*.

- Misiak, C., Haider, H. & Kluwe, R. (1989). *Wechselwirkungen von objektiven und subjektiven Parametern dynamischer Problemräume*. Vortrag gehalten auf der 31. Tagung experimentell arbeitender Psychologen vom 20.-23.3.89 in Bamberg.
- Müller, H., Funke, J., Fahnenbruck, G. & Rasche, B. (1987). Über die Auswirkungen verschiedener Aktivitätsanforderungen auf Wissen und Können im Kontext dynamischer Systeme. *Berichte aus dem Psychologischen Institut der Universität Bonn*, 13, Heft 2.
- Müller, H., Funke, J. & Rasche, B. (1988). Wechselseitige Abhängigkeiten: Zum Einfluß von Eigendynamik und Nebenwirkungen auf die Bearbeitung dynamischer Systeme. *Berichte aus dem Psychologischen Institut der Universität Bonn*, 14, Heft 1.
- Newell, A. & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Opp, K.-D. & Schmidt, P. (1976). *Einführung in die Mehrvariablenanalyse*. Hamburg: Rowohlt.
- Putz-Osterloh, W. & Lüer, G. (1981). Über die Vorhersagbarkeit komplexer Problemlöseleistungen durch Ergebnisse in einem Intelligenztest. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 28, 309-334.
- Rieger, F. & Voss, K. (1971). Mengentheoretische Beschreibung der Struktur dynamischer Systeme. In: H. Drischel & N. Tiedt (Eds.), *Biokybernetik* (pp. 97-99). Jena: VEB Gustav Fischer Verlag.
- Rouse, W. B. & Morris, N. M. (1986). On looking into the black box: Prospects and limits in the search for mental models. *Psychological Bulletin*, 100, 349-363.
- Sanderson, P. M. (1989). Verbalizable knowledge and skilled task performance: Association, dissociation, and mental models. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15, 729-747.
- Spies, K. & Hesse, F. W. (1986). Interaktion von Emotion und Kognition. *Psychologische Rundschau*, 37, 75-90.
- Stäudel, T. (1987). *Problemlösen, Emotionen und Kompetenz. Die Überprüfung eines integrativen Konstrukts*. Regensburg: Roderer.

Dr. Joachim Funke, Psychologisches Institut der 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 Toronto

Vol. 9 (3), 1990, 143-154