

Denken, Problemlösen und Intelligenz

Dietrich Dörner

Dieser Aufsatz betrifft die Determinanten erfolgreichen Problemlösens. Es wird dargelegt, daß für die Bewältigung von Problemsituationen neben der „Intelligenz“ in dem Sinne, wie sie implizit durch die Konstrukteure und Anwender von Intelligenztests angenommen wird, noch viele andere Faktoren eine wichtige Rolle spielen. Die Nichtberücksichtigung solcher Faktoren könnte verantwortlich sein für die beschränkte Möglichkeit, aufgrund der Ergebnisse von Intelligenztests etwas über die tatsächliche Leistungsfähigkeit von Personen in Problemsituationen auszusagen.

Einleitung

Dieser Aufsatz ist auf den Wunsch der Organisatoren des 33. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Mainz 1982 entstanden. Die Organisatoren meinten, daß es reizvoll und fruchtbar wäre, die Tradition der Intelligenzforschung, die hauptsächlich die Determinanten der Leistungen in Intelligenztests untersuchte, mit der Tradition der mehr prozeßgerichteten Denkforschung zu konfrontieren. Der vorliegende Aufsatz vertritt die letztgenannte Tradition. Die Ausführungen stellen eine — mehr oder minder explizite — Kritik der Annahme dar, man könne allein aufgrund der Ermittlung der individualspezifischen Parameter einer „Intelligenzmaschine“ etwas Wesentliches über die geistige Leistungsfähigkeit eines Individuums aussagen.

Seit Bühlers Schrift aus dem Jahre 1926 wird immer wieder von einer „Krise der Psychologie“ gesprochen und zwar so oft, daß man langsam das Gefühl bekommt, daß der Krisenzustand in der Psychologie ein Dauerzustand ist, und man sich mitunter des Eindrucks nicht erwehren kann, daß sich die Psychologie nicht so sehr in einer Krise befindet, sondern eine solche darstellt.

Die sinnfälligsten Krisensymptome sind die zahlreichen „Wenden“ der Psychologie. Mindestens alle zehn Jahre tritt eine solche ein. Vor etwa zehn Jahren gab es die „kognitive Wende“, dann kam die „handlungstheoretische“ und im Augenblick haben wir gerade eine „emotionale“. Bei dem oftmaligen Umdenken muß man langsam die Furcht haben, daß das Gewebe der Psychologie diese strapaziösen Prozesse nicht mehr verkraftet und immer faden-scheiniger wird. Einige abgeschabte Stellen sind ja schon deutlich sichtbar! Der Begriff „kognitiv“ ist fast schon nicht mehr verwendbar, weil er mittlerweile nur noch die Bedeutung „irgendwie innen und nicht direkt sichtbar“ hat. Und ursprünglich hatte er doch einmal eine zwar allgemeine, aber doch klare Bedeutung! Ähnlich ist es mit dem Begriff „Schema“ gegangen (s. Herrmann 1982), und der Begriff „Handlung“ ähnelt inzwischen gleichfalls einer abgegriffenen Münze. Man kann gespannt darauf sein, wann nun im Gefolge der gerade ablaufenden Wende der Begriff „emotional“ das gleiche Schicksal erleidet. Begriffsbildungen wie „kognitive Emotionstheorie“, die für den naiven Betrachter etwa so klingen wie „hölzernes Eisen“, berechtigen hier zu den schönsten Hoffnungen.

Die Ursache dieser Entwicklungen ist m. E. die Suche nach „Zentralbegriffen“. Man sucht nach dem „Stein der Weisen“ der endlich alle Probleme löst, der die „große Wende“ bringt und endlich eine feste Basis für psychologische Theorienbildung und psychologische Praxis abgibt.

Diese Suche aber wird vergeblich sein! Psychologie ist eine *Systemwissenschaft*, d. h. sie befaßt sich mit einem Gefüge von interagierenden Instanzen, in denen isolierte Ursache-Wirkungsbeziehungen keine bedeutsame Rolle spielen, sondern in denen zwar nicht alles mit allem zusammenhängt, aber vieles mit vielem.

Wenn man nun etwas Positives entdecken will in den „Wenden“ der vergangenen Jahre, so die Tatsache, daß sich eine neo-ganzheitliche Sichtweise mehr und mehr durchzusetzen beginnt. Dies ist bei der „ökologischen Psychologie“ der Fall, die sich

bemüht, statt einzelner „stimuli“ komplexe Lebensumstände in den Griff zu bekommen, und es ist der Fall bei der Handlungstheorie, die sich intensiv um das *Zusammenwirken* einzelner psychischer Instanzen beim Zustandekommen von „Handeln“ bemüht.

Ich möchte im nachfolgenden den Versuch machen, „Problemlösen“ im Gesamtkontext psychischen Funktionierens darzustellen und die Einbettung und Verflechtung von Problemlöseprozessen in den psychischen Gesamtprozeß zu zeigen.

Meine Grundthese ist: Intelligenz hat mit Intellekt relativ wenig zu tun! Diese in Kurzform und absichtlich provokant gehaltene Aussage lautet in Langform: Intelligentes, raffiniertes, vernünftiges, effektives Problemlösen basiert nur zum geringen Teil auf dem Funktionieren einer psychischen „Intelligenzmaschinerie“, d. h. auf *rein* intellektuellen Prozessen. In den nachfolgenden Ausführungen werde ich versuchen, diese These zu belegen. Natürlich besagt diese These auch etwas über die Validität von solchen Intelligenztests, die im wesentlichen versuchen, die Parameter einer „Intelligenzmaschinerie“ zu erfassen.

Ich werde auf folgende Weise verfahren: Zunächst möchte ich gewissermaßen die „außenpolitischen“ Beziehungen von Problemlöseprozessen zu anderen psychischen Instanzen schildern. Dabei möchte ich eingehen auf die Themen „Problemlösen und Gedächtnis“, „Problemlösen und Sprache“, „Problemlösen und Motivation“ und „Problemlösen und Emotion“.

Sodann möchte ich auf das Thema der *inneren Struktur* von Problemlöseprozessen eingehen. Ich werde mich insbesondere dem Thema der Determinanten des Ablaufs von Problemlöseprozessen zuwenden. Dieser Aufsatz steht ja im Kontext der Diskussion des Zusammenhanges von Problemlöseprozessen und Intelligenz. Wenn es um die Meßbarkeit von Intelligenz geht, so sollte man ja zunächst an die stabilen Determinanten für den effektiven Ablauf von Problemlöseprozessen denken.

Zum Schluß möchte ich zusammenfassend eingehen auf das Thema „Problemlösen und Intelligenz“.

Der Ablauf des Problemlösens: ein globales Bild

Problemlösen besteht darin, daß man einen Versuch unternimmt, eine Situation zu bewältigen, für deren Bewältigung a priori keine, z. B. durch vorhergehende Lernprozesse erzeugten, Verhaltenswei-

sen zur Verfügung stehen. Problemlösen besteht aus der Synthese neuer Verhaltensweisen oder aus einer „Neuprogrammierung“ der psychischen Prozesse.

Wie läuft der Problemlöseprozeß ab? Abb. 1 zeigt in einem groben Flußdiagramm den globalen Ablauf. Aus irgendeinem Motiv ergibt sich eine Problemstellung, und zunächst einmal ist es sinnvoll, im Gedächtnis nach Lösungsmöglichkeiten zu suchen. Findet man im Gedächtnis Operatoren, die geeignet erscheinen, den gegebenen Zustand in den erwünschten Zielzustand zu transformieren, so folgt jetzt die Phase der Konstruktion eines Lösungsweges. Diese kann kurz sein und u. U. ganz ausfallen, wenn nämlich die Gedächtnissuche bereits den notwendigen Lösungsgang liefert. U. U. ist diese Phase länger und besteht darin, daß man probeweise die einzelnen Elemente zu Operationsketten zu verbinden sucht. Man denke in diesem Zusammenhang an die Konstruktion von mathematischen Beweisen, die Lösung von Schachproblemen u. ä.

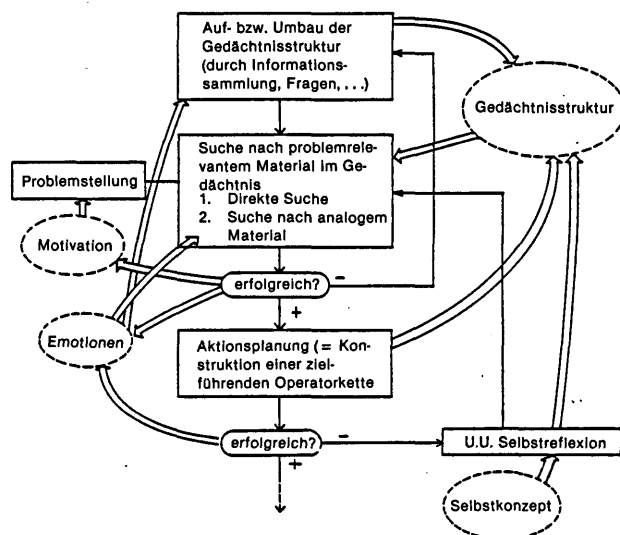


Abbildung 1. Die Organisation der Bewältigung von Anforderungen. Siehe Text.

Diesen Konstruktionsprozessen hat die traditionelle Problemlöseforschung (Newell & Simon 1972, Klix 1971, Lür 1973, Dörner 1979) ihre Hauptaufmerksamkeit geschenkt. Die experimentellen Paradigmata der Problemlöseforschung forderten fast ausschließlich, daß aus bekannten Operatorelementen Lösungswege konstruiert werden mußten. Die eingeschränkte Gültigkeit entsprechender Theorien des Problemlöseprozesses kritisiert z. B. Winston (1977, S. 137) in seiner Besprechung des GPS-Systems von Newell & Simon. Die Übertragung oder

Verwendung von Material aus dem Langzeitgedächtnis wurde in den o. g. Ansätzen nicht oder kaum gefordert. In neuerer Zeit hat sich das geändert; wir werden darauf noch eingehen.

Finden sich im Gedächtnis *keine* Informationen, die den Einstieg in die Konstruktionsphase gestatten, verläuft die Gedächtnissuche also erfolglos, so muß eine Informationssammelungs- und Explorationsphase folgen, deren Ziel der Aufbau von brauchbaren Gedächtnisstrukturen ist. Auch dem Aufbau von Gedächtnisstrukturen z. B. durch Frageverhalten hat man bislang wenig Aufmerksamkeit gewidmet. Flammer (1980) beschäftigt sich neuerdings mit diesem Thema.

Soweit zum globalen Ablauf. Dieser Ablauf wird nun „getriggert“, d. h. in seinem Ablauf modifiziert durch motivationale Prozesse, durch emotionale Prozesse und durch Strukturmerkmale des Gedächtnissystems. Auf einige Formen dieser Modifikationen soll im Folgenden eingegangen werden.

Gedächtnisstrukturen und der Problemlöseprozeß

Die Rolle von Abstraktheithierarchien

Ein Problem besteht darin, daß ein Mangelzustand nicht durch im Gedächtnis auffindbare Routineoperationen bewältigbar ist. So ist der Begriff Problem definiert und diese Definition hat wohl die Aufmerksamkeit der auf diesem Gebiet arbeitenden Forscher vom Thema „Gedächtnis“ insgesamt abgezogen.

Daß aber im Gedächtnis keine unmittelbaren Lösungsverfahren auffindbar sind, bedeutet keineswegs, daß Gedächtnisinformationen ganz nutzlos wären. Oft lassen sich Fremdinformationen, die auf den ersten Blick mit dem aktuellen Problem gar nichts zu tun haben, zur Lösung des Problems benutzen. Van der Meer (1982) unterscheidet *stationäres* und *potentielles* Wissen. Diese Unterscheidung erscheint uns sehr wichtig, weil sie den Blick darauf lenkt, daß das Gedächtnis kein „totes“ Speichersystem ist. Potentielles Wissen ist Wissen, welches implizit im System des Langzeitgedächtnisses enthalten ist und durch entsprechende kognitive Operationen nutzbar gemacht werden kann. Eine solche Operation ist z. B. die *Analogieübertragung* (die folgerichtigerweise von Klix und Van der Meer (1978) intensiv untersucht wurde). Eine andere Operation ist der Bezug eines konkreten Sachverhaltes auf einen übergreifenden *abstrakten*. „Dieser Saurier ist ein Raubtier? — Also frißt er Fleisch!“ Der ein-

ordnende Bezug eines Konkretums auf ein Abstraktum kann *neue* Informationen im Hinblick auf das Konkretum bringen.

Abstraktheit der Gedächtnishierarchie setzt auch der Analogieschluß voraus. Denn die Loslösung von Strukturen und Relationen aus dem einen Bereich und deren Übertragung auf einen anderen inhaltlichen Bereich — das ist ein Analogieschluß — geht notwendigerweise über eine abstrakte, d. h. unkonkrete, inhaltsarme Zwischenstufe.

Abstrakte Gedächtnisstrukturen, so sie mit konkreten gekoppelt sind, machen das Denken beweglich und bilden die Voraussetzung dafür, Wissen in vielfältiger Weise anwenden zu können. Wichtig ist aber dabei wohl, daß *sowohl* abstrakte *als auch* konkrete Gedächtnisstrukturen in enger Koppelung vorliegen. Ein nur konkretes Wissen bleibt der Situation verhaftet und ist unbeweglich. Ein nur abstraktes Wissen ist ohne Realitätsbezug und deshalb auch nicht verwertbar. Einige empirische Befunde, die diese Hypothesen stützen, zeigt die Arbeit von Klee (in Dörner et al., 1983).

Ein weiterer wichtiger Denkvorgang, der mit der Abstraktheit von Gedächtnishierarchien eng gekoppelt ist, ist u. E. die *plötzliche Einsicht*.

Seit jeher hat dieses Phänomen die Aufmerksamkeit stark auf sich gezogen — allerdings keineswegs die Aufmerksamkeit der experimentellen Psychologie. Plötzliche Einsicht besteht in dem plötzlichen Haben der Lösung eines Problems mit dem Gefühl, eigentlich nichts dazu getan zu haben.

Für dieses Phänomen und seine Bedingungen gibt es eine Reihe von deskriptiven Theorien, von denen die am meisten bekannte die von Wallas (1926) ist, der als Vorausbedingungen für den „plötzlichen Einfall“ eine Phase der intensiven Beschäftigung mit dem Problem ansah, gefolgt von einer *Inkubationszeit*, in welcher das Problem beiseitegelegt wurde.

Die Wirkung einer entsprechenden Phasenfolge konnte in einem Experiment von Dreistadt (1969) auch nachgewiesen werden. Das Experiment von Dreistadt ist das einzige uns bekannt gewordene, in welchem experimentell tatsächlich so etwas wie „plötzliche Einsicht“ erzeugt wurde.

Die Frage bleibt offen: was bewirkt die Wirksamkeit der Inkubationszeit? Ericsson & Simon (1980) vermuten gemäß einer früheren Arbeit von Simon (1977), daß in dieser Inkubationszeit eben doch mitunter das Problem wieder aufgegriffen wird, was der Denkende nur hinterher vergißt.

Diese Hypothese scheint uns sehr „ad hoc“, unverträglich mit dem experimentellen Vorgehen von Dreistadt und ziemlich deutlich geprägt dadurch, daß Ericsson & Simon von dem starken

Bestreben beseelt sind, auf jeden Fall die möglichst vollständige Verbalisierbarkeit von Denkakten nachzuweisen.

Die Annahme eines der Verbalisierung unzugänglichen, unbewußten Denkens irgendwie im Hintergrund erscheint nach dem ganzen Konzept von Simon unbehaglich. Zentral ist hier die These von Denken als getragen vom Kurzzeitgedächtnis, welches als eine Art von „pointer“-System (gemäß der Programmiersprache PASCAL) auf die gerade bearbeiteten Inhalte des Langzeitgedächtnisses „zeigt“ und als Arbeitsgedächtnis dient. Die Inhalte des KZG sind dabei grundsätzlich verbalisierbar.

Wir halten diese Konzeption zwar generell für richtig (s. u.), sehen allerdings keinen Grund dafür, nicht neben dem Hauptverarbeitungssystem des Denkens unabhängige Nebenprozesse anzunehmen. Die Annahme nur einer „CPU“ („central processing unit“) scheint uns allzusehr an der Analogie der heute existierenden Computer orientiert. Warum sollte das Gehirn kein „Feldrechner“ sein (s. Mies & Schütt 1976) d. h. ein „Rechnerverbund“ mit zwar zentraler Integration (die auch nicht immer vollständig klappt) aber partieller Autonomie einzelner Komponenten? Nach allem, was wir über die Physiologie und die Anatomie des Gehirns wissen, ist eine solche Struktur wahrscheinlicher als eine Struktur, die dem heute vorherrschenden Rechnertyp mit seinen „toten“ Speicherräumen entspricht, die ausschließlich über die CPU aktiviert werden.

Es fragt sich nun allerdings, wie die „autonome“, vom Kurzzeitgedächtnis unabhängige Gedächtnistätigkeit aussieht, die zum plötzlichen Einfall führt. Die einfachste denkbare Möglichkeit ist m. E. auch hier wieder eine Annahme, die die Abstraktheithierarchie betrifft. Man könnte annehmen, daß von einer konkreten Struktur, die unfertig und lückenhaft ist, während der Inkubationszeit durch schlichtes Vergessen (als Spurenerfall) Elemente verloren gehen. Die so reduzierte Figur „paßt“ dann u. U. plötzlich in eine allgemeine Struktur, wie ein zunächst nicht passender Schlüssel in ein Schloß paßt, nachdem man ihn hier und da abgefeilt hat. Solche automatischen „Passungsanalysen“ kennt wohl jeder. Ich bin morgens im Badezimmer und höre nebenan meine Tochter rumoren, die ihre Schulsachen zusammensucht. Plötzlich schimpft sie laut „Wo sind meine Rallyesachen?“ (so höre ich es). Ich wundere mich sehr. Was hat die neunjährige Stephanie mit Rallyes zu tun und das noch in der Schule. Das Wundern dauert nicht lange, sondern wird völlig ohne bewußte Gedankenarbeit durch den Einfall beendet: „sie meint ihre Reli(gions)sachen!“ Was hier abgelaufen ist, läßt sich wohl am besten dadurch erklären, daß eine auto-

mathe Passungsanalyse stattgefunden hat, die den Ausruf meiner Tochter dem allgemeinen Konzept „Schule“ zuordnete.

Damit wollen wir die Besprechung der Rolle der Abstraktheit in Gedächtnisstrukturen für den Ablauf von Problemlöseprozessen beenden. Wir meinen, daß die Rolle von Abstraktheit bedeutsam ist. Später werden wir noch auf die Frage eingehen, wie es kommt, daß bei vielen Menschen ein hohes Ausmaß an Abstraktheit im Gedächtnis vorhanden ist, bei anderen nicht (s. Abschnitt „Problemlösen, Motivation und Gedächtnis“).

Problemlösen, Gedächtnis und Sprache

Das Thema „Gedächtnisstruktur und Problemlösen“ harrt im Ganzen noch einer differenzierten Aufarbeitung. Wichtig in diesem Zusammenhang dürfte auch das alte Thema „Denken und Sprache“ sein, welches sich leider in so geringem Maße in der neueren Literatur findet.

Die Zusammenhänge zwischen dem Denken und dessen Verbalisierung werden bei Ericsson & Simon (1980) eigentlich nur unter dem Aspekt der möglichen „Verfälschung“ des „normalen“ Prozesses betrachtet (s. z. B. S. 227), wobei mit einem gewissen Aufatmen festgestellt wird, daß normalerweise das Verbalisieren ohne Einfluß auf den Denkprozeß bleibt.

Nur wenn der Denkende gezwungen wird, etwas zu verbalisieren, was normalerweise im Laufe des Denkprozesses keine Aufmerksamkeit beanspruchen würde oder was schwer verbal „encodierbar“ ist, hat Verbalisieren einen Einfluß (s. S. 229, S. 235).

Die bei Ericsson & Simon deutlich feststellbare Grundtendenz, Verbalisierungen während des Denkens als eine Art von mitlaufendem Parallelprozeß anzusehen, der vom eigentlichen Denkprozeß so unabhängig ist wie das auf eine Leinwand projizierte Bild vom Zelluloidbild der Filmrolle, ist u. E. falsch. Für Ericsson & Simon ist die Verbalisierung eine Umsetzung des Denkablaufs in einen verbalen Code, wobei sie zu zeigen versuchen, daß diese Umsetzung Homomorphiecharakter, weitgehend sogar Isomorphiecharakter hat.

U. E. wird diese Sichtweise den tatsächlichen Umständen nicht gerecht. Die Umsetzung von Denken in Sprache beinhaltet oft *Konstruktionsprozesse* und kann selbst ein Denkakkt sein. Vorstellungen lassen sich oft nicht unmittelbar in eine sprachliche Fassung bringen; wohl jeder kennt das Phänomen der „Sprachnot“; man hat Schwierigkeiten, etwas, was einem eigentlich ganz klar ist, auszudrücken.

Umgekehrt gelingt es durchaus nicht immer, zu einem sprachlich gefaßten Inhalt die entsprechenden Vorstellungen zu erzeugen. Auch dies bedarf oft harter Arbeit. Die Innigkeit von Welt und Ding ist keine Verschmelzung. Innigkeit waltet nur, wo das Innige, Welt und Ding, rein sich scheidet und geschieden bleibt. In der Mitte der Zwei, im Zwischen von Welt und Ding, in ihrem Inter in diesem Unter waltet der Schied. Die Innigkeit von Welt und Ding west im Schied des Zwischen, west im Unter-Schied. Der Unter-Schied hält von sich her die Mitte auseinander auf die zu und durch die hindurch Welt und Dinge zueinander enig sind. Die Umsetzung dieser Heideggerschen Sprachsequenz in ein Bild vom „Gemeinten“ dürfte gewöhnlich erhebliche Schwierigkeiten bereiten. Wenn dies aber so ist, so besteht zwischen sprachlicher und nichtsprachlicher, also z. B. bildhafter Codierung eine Art von Dialogstruktur: im Hin- und Her der Umsetzungen verändert sich das gesamte Gedankengebäude (s. Abb. 2).

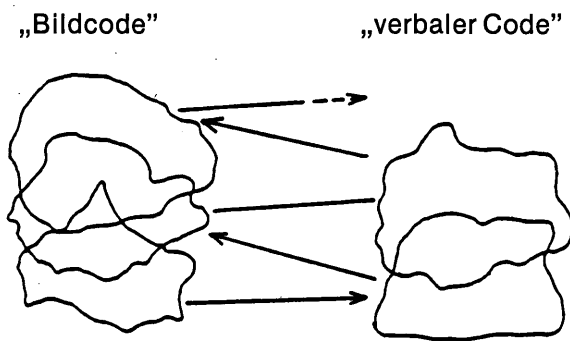


Abbildung 2. Das Wechselspiel zwischen Bildcode und Sprachcode. Siehe Text.

Sehr viele Personen benutzen dieses Wechselspiel als *Denkmittel*, d. h. als Produktionssystem für die Ausarbeitung von Gedanken. Es bedarf wohl keiner weiteren empirischen Untersuchung, um festzustellen, daß Personen bei komplizierten Denkvorgängen vor sich hinmurmeln, daß Autoren beim Wiederlesen eines gerade geschriebenen Textes das Gefühl bekommen „das habe ich eigentlich so nicht gemeint“ um sich sodann an die gedankliche Umarbeitung und die sprachliche Neufassung zu machen. (Man sollte sich in diesem Zusammenhang auch an den Kleistschen Essay „über die allmähliche Verfertigung der Gedanken beim Reden“ (v. Kleist 1977, S. 319ff.) erinnern. Kleist hat in diesem Essay mehr über den Zusammenhang von Sprechen und Denken mitgeteilt, als man in dem Aufsatz von Ericsson &

Simon findet — leider nur ohne irgendwelche statistische Signifikanzen!)

Das Wechselspiel von sprachlicher und bildhafter Codierung ist wohl auch eine wesentliche, wenn nicht *die* wesentliche Voraussetzung für das, was Intelligenztheoretiker wie Meili (1981) *Flüssigkeit* des Denkens genannt haben. Die Fähigkeit, schnell zwischen Sprach- und Bildcodierungen hin- und herwechseln zu können, macht die Gedanken gewissermaßen gleitfähig. Auch das, was Jäger (1982) „Einfallsreichtum“ nennt, kann in diesem Wechselspiel mitenthalten sein, wenn ich auch meine Zweifel daran habe, ob die relativ kurzen Denkanforderungen von Intelligenztestaufgaben große Anforderungen an diesen Wechselspielmechanismus stellen.

Neben der Tatsache, daß ein Bild-Sprachgedächtnis-Wechselspiel ein wichtiges und hilfreiches Instrument des Denkens sein kann, muß man m. E. davon ausgehen, daß eine sprachliche Codierung eine *notwendige* Voraussetzung für einen geordneten Denkablauf ist (s. hierzu Dörner 1981). Bildhafte Vorstellungen haben eine charakteristische Eigenschaft; sie sind instabil, variieren leicht, gleiten ineinander. Man denke in diesem Zusammenhang an den Vorstellungsgang beim Tagträumen.

Die sprachliche Codierung *fixiert* gewissermaßen Vorstellungsbilder. Eine sprachliche Formulierung stellt gewissermaßen den *Bauplan* für den Aufbau eines Vorstellungsbildes dar. Solche Baupläne setzen Fixpunkte in den sonst instabilen und ineinanderfließenden Prozeß des Vorstellens. Die Instabilität von Gedächtnisbildern, wie sie B. Krause (1981, S. 82) für Problemsituationen bei Hilfsschülern fand, mag mit in dem restringierten Sprachcode solcher Kinder (Bernstein, s. Grimm & Engelkamp 1981, S. 205) ihre Ursache haben.

Sprachliche Codierung ist immer mit Abstraktheit gekoppelt. Hierin liegen z. T. die Schwierigkeiten bei der Umsetzung von Worten in Bilder begründet. Zu dem Wort „Tanne“ gibt es viele Vorstellungsbilder. Mit der Schwierigkeit, den Satz „Neben dem Haus steht eine Tanne“, in ein Vorstellungsbild umzusetzen, ist jedoch auch eine Chance verbunden; der Sprachcode gibt nur die Hohlform für die Vorstellungsbildung an; es gibt unendlich viele verschiedene Umsetzungsmöglichkeiten in Vorstellungsbilder.

Problemlösen, Motivation und Gedächtnis

Daß Motivation und Problemlösen in enger Beziehung stehen, ist ganz klar. Motivationen

setzen Problemlöseprozesse in Gang. Andererseits können Problemlöseprozesse auch Motive erzeugen. Wenn man im Gange des Problemlösens auf etwas Unverständliches, Unerklärliches stößt, kann eine Explorationsabsicht entstehen, die späterhin in entsprechenden psychischen Prozessen mündet. Darauf wollen wir in diesem Abschnitt nicht eingehen.

In diesem Abschnitt möchten wir die Rolle eines Motivs für den Ablauf des Problemlösens betrachten, welches uns besonders bedeutsam zu sein scheint, nämlich die Rolle des *Kontrollmotivs*.

Ein Bedürfnis nach Kontrolle wird z. B. von Oesterreich (1982) als selbständiges Grundmotiv postuliert, welches eigenständig wirksam sein kann.

Mangelzustände eines solchen Motivs sind natürlich Zustände der Unkontrollierbarkeit, die u. a. dadurch signalisiert werden, daß etwas geschieht, was nicht in den Erwartungshorizont eines Individuums paßt. Mit anderen Worten: Voraussetzung für die Entdeckung von Unkontrollierbarkeit ist eine Sensibilität für „Nichtpassungen“, für die Tatsache also, daß Sachverhalte mit den Kategoriensystemen eines Individuums nicht übereinstimmen.

Im Wahrnehmungsbereich kennen wir die Wirksamkeit einer solchen Sensibilität in den Orientierungsreaktionen. Die „Betroffenheit“ durch ein bestimmtes Denkergebnis oder einen Denkprozeß repräsentiert eine Art „innerer“ Orientierungsreaktion. Poincaré (1973) bereits vermutet, daß die „unbewußte“ Gedächtnismaschinerie, die auch „plötzliche Einfälle“ vorbereitet, mit einer „Sensibilität für Harmonie und Eleganz“ ausgestattet ist.

Man braucht sich so blumig nicht auszudrücken. Es reicht, wenn man annimmt, daß neue Gedächtnisinhalte — entstanden durch Wahrnehmung oder durch Denkprozesse — einer Art von automatischer Prüfung unterzogen werden, ob sie in die vorhandenen Strukturen passen oder nicht. Das Nichtpassen löst dann Explorationsprozesse aus.

Wenn ein solcher Prüfprozeß existiert, so läßt sich auch annehmen, daß er — ähnlich wie Orientierungsreaktionen — individuell verschieden ausfällt. Bei dem einen ist alles mit den groben Schemata, über die er verfügt, kompatibel; es erstaunt ihn nichts. Für den anderen ist alles neu und verwirrend, der dritte wird feine Nuancen und Abweichungen entdecken und dadurch zu weiterer kognitiver Aktivität angetrieben werden.

Ein wesentlicher Auslösepunkt für das Denken ist die Existenz unfertiger Strukturen im Gedächtnis. Das Empfinden von Disharmonie, das Unbehagen an einem unfertigen und unvollkommenen Bild einer Sache ist eine wesentliche Herausforderung menschlichen Denkens und hält es im Gang.

Wegen solcher unfertiger Strukturen kann ein halb gelöstes Problem viel quälender und unangenehmer sein, als ein ungelöstes Problem. Ein ungelöstes Problem ist *ein* Problem, wohingegen ein halb gelöstes Problem meist die Existenz einer Vielfalt von ungelösten Teilproblemen bedeutet.

Die Sensibilität für Dissonanzen mag individuell verschieden ausgeprägt sein. Viele Menschen leiden gar nicht oder kaum unter Dissonanzen, andere dagegen sind in so hohem Maße „ästhetische“ Naturen, daß für sie ein nicht aufgeräumter Zeitschriftentisch im Wartezimmer eines Arztes zur Herausforderung wird.

Eine hohe Sensibilität für Disharmonien hält die Maschinerie des Denkens im Gang, führt ständig zur Beschäftigung mit irgendetwas, kann jedoch auch zur Verzettlung führen. Unsere Welt ist voller Disharmonien; wer sich jeder zuwendet, kommt zu nichts mehr sonst; in der Tat gibt es wohl Personen, deren Existenz aus einer einzigen Folge von Orientierungsreaktionen besteht.

Woher kommt die Sensibilität für Harmonie und Eleganz bei dem einen, die dem anderen ganz fehlt? Viele, umfassende und zugleich differenzierte Schemata sind hier eine entscheidende Voraussetzung. Auffällig ist das, was in ein Schema *nicht* paßt. Einem undifferenzierten Kategoriensystem wird nichts auffällig.

Andererseits wird es eine positive Rückkopplung geben zwischen der Differenziertheit eines Kategoriensystems und der Sensibilität für Disharmonien: Je mehr Differenziertheit, desto mehr Disharmonien fallen auf, desto mehr kognitiver Aufwand muß zur Differenzierung des Kategoriensystems geleistet werden, desto mehr Sensibilität entsteht.

Was der Ausgangspunkt einer solchen positiven Rückkopplungsschleife ist, ist uns unbekannt. Wenn Grossmann (Colloquiumsvortrag an der Universität Bamberg im Juni 1982) bei Kindern im Alter von einigen Tagen Unterschiede in der Orientierungsreaktion fand, so könnte allerdings der Ausgangspunkt in angeborenen Merkmalen des Nervensystems liegen.

Problemlösen und Emotion

Der Zusammenhang von Emotion und Denken wurde lange Zeit vernachlässigt, genau wie die Emotionsforschung selbst lange Zeit ein Stiefkind der wissenschaftlichen Psychologie war. In neuerer Zeit hat sich das geändert und zwar sowohl im Hinblick auf die Behandlung der Emotionen

in der Psychologie (s. Scherer 1981) als auch im Zusammenhang mit der Behandlung von Denk- und Emotionsprozessen.

Denken und Emotionen gehören in gewisser Weise zusammen. Beide sind „ethoplastische“ Prozesse, also verhaltensformende Prozesse. Damit stehen sie im Dienst von ethogenetischen Prozessen, d. h. von Motiven, Trieben, Instinkten. Das System der Emotionen ist dabei das ältere System und sicherlich das primitivere. Beide Systeme interagieren aber stark miteinander. Eine vergebliche Denkanstrengung wird Ärger und Wut, vielleicht auch Hilflosigkeit und Angst erzeugen — je nachdem. Erfolg beim Problemlösen wird Freude erzeugen, vielleicht auch Stolz und Triumph.

Solche Emotionen haben keineswegs nur Kullissencharakter und spielen sich neben dem Denkprozeß „auch noch“ ab. Vielmehr wirken sie sich auf den Ablauf des Denkens aus. Negative Emotionen können zu einer „Notfallreaktion“ des kognitiven Systems führen, die sich in rabiatischen, überdosierten Entscheidungen, im Ausweichen (Phantasieren, Tagträumen, Einkapselung in irrelevanten Details) oder auch in Resignation und Lethargie äußern (s. Dörner et al. 1983, Kapitel 6). Außerdem vermindern sie deutlich die Anzahl von *Selbstreflexionen* beim Denken (s. Stäudel in Dörner et al. 1983). Schließlich stehen negative Emotionen, ausgelöst durch niedrige Kompetenz, in engem Zusammenhang mit der geringen Fähigkeit, sich zu konzentrieren und bei der Sache zu bleiben. (Siehe hierzu die Bedingungsanalyse des „thematischen Vagabundierens“ bei Dörner et al. 1983, Kap. 4).

Umgekehrt können positive Emotionen, die z. B. kurz vor der schon sicher antizipierten Zielerreichung auftreten, zu Nachlässigkeit und Oberflächlichkeit verführen. Eine entsprechende Wirkung von „Zielnähe“ konnten wir bei aussagenlogischen Beweisproblemen sehr deutlich feststellen (s. Dörner 1974, S. 160ff). Wir konnten hier zeigen, daß bestimmte Fehler bei der Anwendung von aussagenlogischen Deduktionsregeln sich dann häuften, wenn die Vpn vermuteten, kurz vor dem Ziel zu sein. Man findet an der angegebenen Stelle übrigens eine ganze Reihe von Auswirkungen emotionaler Zuständlichkeiten auf das Denken. Das entsprechende Kapitel enthält eine Analyse der Ursachen „illegalen“ (d. h. nicht regelkonformen) Operierens bei mathematischen Beweisvorgängen; man würde diese Ursachen heute als „emotional“ bezeichnen; damals hießen sie „taktische Ratlosigkeit“, „Zielnähe“, „Aufmerksamkeitsfixierung“.

Wichtig für den Zusammenhang von Emotion und problemlösendem Denken sind die „Ausschläge“ emotionalen Geschehens. Ein erfolgloser

Ansatz des Problemlösens kann das eine Individuum in einen Zustand der Resignation bringen, ein anderes ärgert sich zwar ein wenig, beginnt jedoch sogleich mit Energie einen neuen Lösungsansatz.

Wir glauben, daß die „Ausschläge“ emotionalen Geschehens wesentlich abhängen von einem Element des *Selbstkonzeptes* eines Individuums, nämlich von seiner *Kompetenz*. Wir halten es für vernünftig, das generelle Konzept der Kontrollkompetenz (s. Oesterreich 1982) mindestens in zwei Konzepte zu zerlegen, nämlich in die *heuristische* Kompetenz und viele *epistemische* Kompetenzen.

Die *heuristische* Kompetenz ist dabei das (meist unbewußte) Zutrauen, welches ein Individuum in seine Fähigkeit hat, mit Problemsituationen, für die es keine vorgeprägten Verhaltensweisen hat, fertigzuwerden. Die jeweilige *epistemische* Kompetenz ist das Zutrauen, eine Situation aufgrund des vorhandenen („stationären“! s. o.) Wissens bewältigen zu können. Beide Kompetenzen zusammen ergeben die jeweilige *aktuelle* Kompetenz, von der jeweils wieder die emotionale Lage abhängt (s. Dörner 1983). Ein starkes Absinken der aktuellen Kompetenz, ausgelöst z. B. durch die Erkenntnis, daß für relevant gehaltenes Wissen nichts für eine Problemlösung taugt bei gleichzeitiger niedriger heuristischer Kompetenz, führt zu relativ starken negativen Emotionen und entsprechenden Veränderungen im Denkprozeß.

Ist dagegen die heuristische Kompetenz relativ hoch, so ist die epistemische Kompetenz gewissermaßen „abgepuffert“; ein Absinken der epistemischen Kompetenz hat keine massiven Folgen.

Die soeben geschilderten Zusammenhänge zwischen Emotion, Kompetenz und problemlösendem Denken sind keineswegs nur Theorie. Entsprechende Zusammenhänge lassen sich empirisch zeigen (s. Dörner et al. 1983). Die soeben skizzierten Zusammenhänge zwischen emotionalen Prozessen, Problemlöseprozessen und Aspekten des Selbstkonzeptes erklären u. E. übrigens z. B. die Tatsache, daß sich manche Individuen manchmal *ergebnisorientiert*, manchmal *folgeorientiert* verhalten (s. Heckhausen 1980, S. 508) und stehen in engem Zusammenhang mit den Kuhlischen Konzepten der Lage- und Handlungsorientierung (s. z. B. Kuhl 1982).

Die innere Struktur von Problemlöseprozessen

Über die Art und Weise, wie Denkprozesse ablaufen, besteht derzeit hinsichtlich des generellen Ablaufs weitgehende Einigkeit. Wir skizzieren

Grundzüge der vorherrschenden Theorie in Abb. 3. Man nimmt an, daß zu einem bestimmten Zeitpunkt jeweils eine bestimmte kognitive Operation („Produktionsregel“) über der Problemkonstellation arbeitet und diese umwandelt. Über die Natur dieser elementaren kognitiven Operationen besteht noch keine vollkommene Klarheit; verschiedene Autoren machen hier verschiedene Vorschläge (s. Selz 1913, Dörner 1974, Lompscher 1972).

Bekannt geworden ist die Liste von Lompscher, der acht elementare Operationen unterscheidet. Für pädagogische Zwecke erscheint diese Liste sehr brauchbar; desgleichen als Ausgangspunkt weiterer theoretischer Überlegungen; konzeptuell hat sie durchaus ihre Schwächen (s. Dörner 1979, S. 114f).

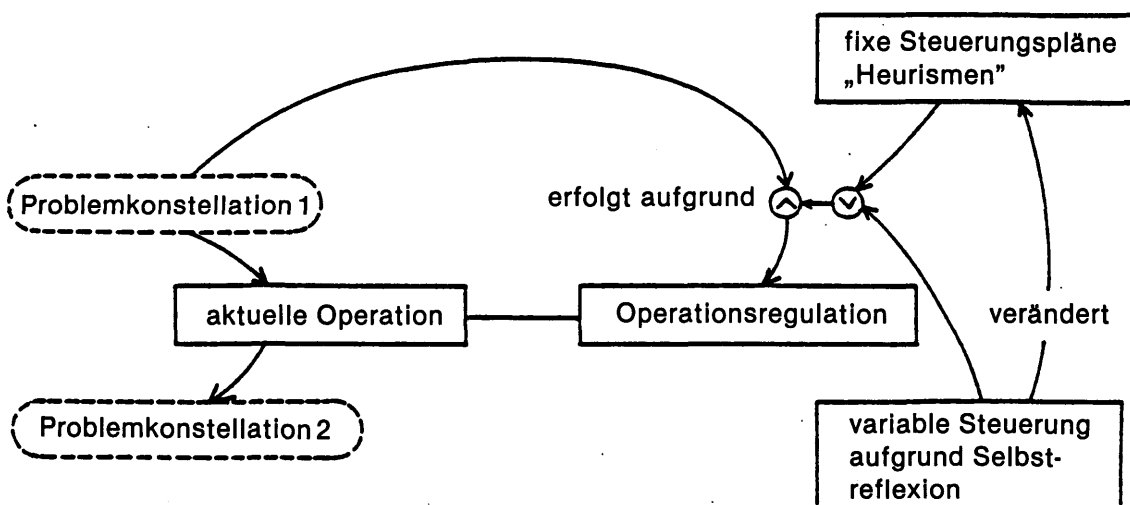
Die einzelnen kognitiven Operationen benutzen das Kurzzeitgedächtnis (KZG) als Arbeitsgedächtnis. Das Kurzzeitgedächtnis ist ein „Zeigergedächtnis“ (s. Ericsson & Simon 1980); es *enthält* eigentlich keine Inhalte, sondern *zeigt* auf Inhalte des Langzeitgedächtnisses (s. das pointer-Konzept in der Programmiersprache PASCAL, s. das Tintenfischmodell des KZG bei Dörner 1979, S. 37).

Der Einsatz der kognitiven Operationen wird gesteuert durch ein *Organisationssystem* (heuristisches System, s. Dörner 1979, S. 26ff), welches die Reihenfolge der Operationen nach Maßgabe eines heuristischen Programms (Heurismus) *und* nach Maßgabe des jeweiligen Problemzustandes steuert. Das Programm wird je nach Kategorisierung des Problems einem entsprechenden Gedächtnis entnommen.

Allerdings kann die Regulation des Einsatzes von kognitiven Operationen auch „ad hoc“ durch Selbstreflexion geschehen. Eine entsprechende Um-

steuerung ist abhängig vom Erfolg und Mißerfolg des Denkprozesses *und* von der emotionalen Lage. Eine Umsteuerung auf Selbstreflexion erfolgt bei Mißerfolg *und* bei stabiler Kompetenz. Bei Mißerfolg und instabiler Kompetenz erfolgt eher etwas, was man mit Heckhausen (1982) „selbstwertbezogene Kognition“ nennen könnte; also ein Versuch, das eigene Selbstgefühl angesichts von Mißerfolg zu sichern.

Soweit zu einem groben Bild der „intellektuellen Maschinerie“. Dies Bild legt es unmittelbar nahe, gewisse Parameter zur Leistungsmessung herauszudestillieren. Könnte ein solcher Parameter nicht die Kapazität des KZG sein? Wenn dieses als Arbeitsgedächtnis gewissermaßen das Nadelöhr des Prozesses darstellt, so müßte seine individualspezifische Kapazität doch einen Unterschied machen! Ein solcher Gedankengang hat Logik, aber eine zu kurz greifende! Wenn das KZG ein „Zeigergedächtnis“ ist, welches auf Elemente des Langzeitgedächtnisses zeigt, so sind die Elemente des LZG ja nie isolierte Elemente, sondern Punkte in einem (semantischen) Netzwerk. An einem abstrakten Inhalt können z. B. sehr viele konkrete Details hängen. Eine geringe Kapazität des KZG (berechnet als Anzahl der „Zeiger“) kann völlig konterkariert werden durch einen hohen Grad an „Vernetzung“ im LZG. Dann sind die am KZG hängenden „Informationsklumpen“ („chunks“) groß und die gesamte vom KZG „gehaltene“ Informationsmenge desgleichen. Ein KZG hoher Kapazität dagegen „hält“ bei gering vernetzter Struktur des LZG wenig Information. Fazit: eine sich auf das KZG *allein* beziehende Kapazitätsmessung, wie sie wohl z. B. durch den Subtest „ZNR“ im HAWIE intendiert ist, sagt kaum etwas aus.



Ein weiterer Parameterkandidat wäre die *Geschwindigkeit* bei der Durchführung elementarer kognitiver Operationen. Man kann annehmen, daß in Abhängigkeit von neuronalen Netzeigenschaften die Geschwindigkeit einzelner elementarer Operationen bei verschiedenen Individuen verschieden ist. Auch das sollte etwas ausmachen. Eine entsprechende Annahme steckt ja wohl auch in denjenigen Intelligenztests, die auch „speed“-Tests sind.

Auch zu dieser Annahme läßt sich aber sagen, daß die Geschwindigkeit *allein* ein wenig aussagekräftiger Faktor im Hinblick auf die Problemlösekapazität ist. Denn eine geringe Geschwindigkeit könnte z. B. konterkariert werden durch eine große Breite der jeweils verarbeiteten „Informationsklumpen“. Eine große Schaufel, langsam bewegt, kann mehr schaffen als eine schneller bewegte kleine Schaufel. Und die Größe der Informations„schaufel“ hängt ab von Langzeitgedächtnismerkmalen *und* von der Kapazität des KZG. Fazit: isolierte Geschwindigkeitsmessungen sagen gleichfalls kaum etwas aus.

Die kognitiven Operationen arbeiten über Gedächtnisstrukturen. Sie nehmen solche als „input“ und produzieren neue Konstellationen, die kurz-, mittel- oder langfristig aufbewahrt werden müssen. Im Hinblick darauf müßten Einspeichergeschwindigkeiten *und* Behaltenskapazitäten eine Rolle spielen. Eine größere Merkgeschwindigkeit *und* eine größere Behaltensdauer müßten einen Unterschied machen.

Wiederum läßt sich dazu sagen: *ceteris paribus* gewiß; ansonsten aber kommt es darauf an! Eine neu erzeugte Gedächtniskonstellation wird sich sowohl schneller als auch länger behalten lassen, wenn sie in eine Struktur integriert werden kann, als wenn dies nicht der Fall ist. D. h. neben den vielleicht auf physiologischen Merkmalen basierenden Einspeichergeschwindigkeiten und Behaltenskapazitäten (die z. B. auf der Geschwindigkeit des Aufbaus und der Überlebensdauer von Neurotransmitterdepots basieren könnten) spielt die Struktur des vorhandenen Gedächtnisses, besonders seine Abstraktheitshierarchie, eine entscheidende Rolle. Eine geringe „physiologische“ Behaltenskapazität kann durchaus durch eine entsprechend „vermaschte“ Gedächtnisstruktur, in der nichts isoliert stehen bleibt, konterkariert werden.

Kognitive Operationen sind *keine* Computeroperationen. Sie arbeiten mit einer mitunter recht beträchtlichen Unschärfe. Sie arbeiten ungenau. Ein weiterer Parameter, den man also heranziehen könnte, wäre die *Genauigkeit* der Arbeit der kognitiven Operationen. Man sollte meinen, daß ein System mit genau arbeitenden kognitiven Operationen einem System mit ungenauer Arbeit über-

legen ist. Dies mag für viele Denkanforderungen auch stimmen; man muß jedoch auch bedenken, daß in der Unschärfe nicht nur Schaden sondern auch Nutzen liegen kann. Ein „unscharfer“ Gedächtniszugriff z. B. kann neben dem angezielten Material auch eine Menge an Nebenmaterial zu Tage fördern, welches sich manchmal als durchaus nützlich erweisen kann. „Überinklusives“ (Goldstein & Scheerer 1965) Denken kann, wenn es nur genügend gut kontrolliert wird, durchaus mit Einfallsreichtum und Kreativität zusammenhängen.

Fazit: Auch die Genauigkeit bei der Durchführung von Denkopoperationen ist für sich allein genommen nicht unbedingt ein aussagekräftiger Parameter intellektuellen Funktionierens.

Ein letzter Parameter schließlich wäre die Differenziertheit des Heuristikeninventars. Diese ließe sich aber kaum in einem einzelnen Zahlenwert erfassen, und wir wollen auf die Diskussion dieses Parameters an dieser Stelle verzichten, obwohl er als Merkmal der „operativen Intelligenz“ (Dörner & Kreuzig 1983) sicherlich bedeutsam sein könnte.

Nachbemerkungen

Es ging in diesem Aufsatz um den Ablauf des Problemlösens und die Determinanten seines Ablaufs. Geht man davon aus (und wie sollte man nicht davon ausgehen), daß Problemlösen etwas mit Intelligenz zu tun hat und mithin die Determinanten der Güte eines Problemlöseprozesses auch Determinanten der Intelligenz sind, so läßt sich aus dem Vorstehenden folgendes Fazit ziehen:

1. Es gibt außerintellektuelle Determinanten der Intelligenz im Zusammenspiel von Motivation, Emotion und Selbstkonzepten. Diese Determinanten haben kein geringes Gewicht.
2. Die Aussagekraft einzelner, isolierter Parameter für die intellektuelle Leistungsfähigkeit erscheint eher gering. Es ist notwendig, sie im Zusammenhang und in ihrer Einbettung zu sehen. Man muß — in differenzierter Weise — immer das Gesamtsystem sehen, welches Intelligenzleistungen zustande bringt.
3. Wenn man ein sehr globales Urteil über die bislang existierenden Intelligenzdiagnoseverfahren gestattet, so ließe sich wohl sagen, daß sie in isolierender Weise die *Geschwindigkeit* und *Genauigkeit* einzelner, relativ elementarer kognitiver Operationen testen. Sie lassen die

Einbettung dieser Operationen außer acht, und sie lassen die höheren Organisationsformen des Denkens, die Regulationsebene oder „operative Intelligenz“ (Dörner & Kreuzig 1983) außer acht.

Die Leistungsfähigkeit von Intelligenztests für die Prognose von Problemlöseleistungen ist gering (s. Dörner & Kreuzig 1983, Putz-Osterloh 1981). Die Gründe dürften nach allem, was bislang gesagt worden ist, in der Nichtberücksichtigung wesentlicher Determinanten intellektueller Leistungsfähigkeit durch die Intelligenzteste liegen.

Summary

This article concerns the interaction of the intellectual processes, involved in problem solving, with other psychic processes. The hypothesis is raised that intellectual achievement to a high degree is based on non-intellectual psychological states and processes. First a sketch of the general structure of a problem solving process is drawn. A discussion of the role of memory-structures for the process of problem solving and thinking is following. The special role of "control-motivation" for the organization of thought processes is outlined and the interaction of problem solving and emotional processes is discussed. The article finishes with a discussion of the possibilities to measure the capabilities of the "intelligence-machinery". The hypothesis is stressed, that measuring isolated parameters does not reveal very much about the structure and the capabilities of the intelligence of a subject.

Literatur

- Bühler, K.: Die Krise der Psychologie. Fischer, Jena, 1926.
- Dörner, D.: Verhalten, Denken und Emotionen. Memorandum 11, Lehrstuhl Psychologie II, Universität Bamberg, Bamberg, 1982.
- Dörner, D.: Die kognitive Organisation beim Problemlösen. Bern: Huber, 1974.
- Dörner, D.: Problemlösen als Informationsverarbeitung. Stuttgart: Kohlhammer, 1979 (2. Auflage).
- Dörner, D.: Sprache und Denken. In Scharf, J. H. (Ed.), 1981.
- Dörner, D. & Kreuzig, H. W.: Über die Beziehung von Problemlösefähigkeiten und Maßen der Intelligenz. Psychologische Rundschau 1983, XXXIV, 185—192.
- Dörner, D., Kreuzig, H. W., Reither, F. & Stäudel, T.: Lohhausen: Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität. Bern: Huber, 1983.
- Dörner, D., Reither, F. & Stäudel, T.: Emotionen und problemlösendes Denken. In Mandl, H. & Huber, G. L. (Ed.), 1983.
- Dreistadt, R.: The Use of Analogies and Incubation in Obtaining Insights in Creative Problem Solving. Journal of Psychology 1969, 71, 158—175.
- Ericsson, K. A. & Simon, H. A.: Verbal Reports as Data. Psychological Review, 1980, 87, 215—251.
- Flammer, A.: Toward a theory of question asking. Research Bulletin No. 22, Dept. of Psychology, University of Fribourg/CH, 1980.
- Goldstein, H. & Scheerer, M.: Abstraktes und konkretes Verhalten. In Graumann, C. F. (Ed), 1965.
- Graumann, C. F.: Denken. Kiepenheuer & Witsch, Köln, 1965.
- Grimm, H. & Engelkamp, J.: Sprachpsychologie. Handbuch und Lexikon der Psycholinguistik. Berlin: Erich Schmidt, 1981.
- Hacker, W., Volpert, W. & von Cranach, M.: Cognitive and motivational aspects of action. Amsterdam: North Holland, 1982.
- Heckhausen, H.: Motivation und Handeln. Berlin: Springer, 1980.
- Heckhausen, H.: Task-irrelevant Cognitions during an Exam. In Krohne, H. & Laux, L. (Ed), 1982, 247—274.
- Herrmann, T.: Über begriffliche Schwächen kognitivistischer Kognitionstheorien: Begriffsinflation und Akteur-System-Kontamination. Sprache & Kognition, 1982, 1, 3—14.
- Jäger, A. O.: Mehrmodale Klassifikation von Intelligenzleistung. Experimentell kontrollierte Weiterentwicklung eines deskriptiven Intelligenzstrukturmodells. Diagnostica 1982, XXVIII, 195—225.
- Klee, U.: Konkretheit und Abstraktheit in den Äußerungen der Versuchspersonen. In Dörner et. al., 1983.
- Kleist, H. v.: Sämtliche Werke und Briefe. 2. Band. München: Hanser, 1977 (6. Auflage).
- Klix, F.: Information und Verhalten. Bern: Huber, 1971.
- Klix, F. & van der Meer, E.: Intelligent performance under the aspect of the microanalysis of cognitive processes. Zeitschrift für Psychologie, 1978, 186, 39—47.
- Krause, B.: Zur Analyse der Informationsverarbeitung in kognitiven Prozessen. Zeitschrift für Psychologie, 1981, Supplement 2.
- Krohne, H. & Laux, L. (Ed.): Achievement, Stress and Anxiety. Washington DC: Hemisphere, 1982.
- Kuhl, J.: Action vs state-orientation as a mediator between motivation and action. In Hacker, W., Volpert, W. & Cranach, M. v. (Ed), 1982.

- Kuhl, J.: Emotion, Kognition und Motivation I. Auf dem Wege zu einer systemtheoretischen Betrachtung der Emotionsgenese. Sprache & Kognition, 1983, 2, 1—27.
- Lompscher, H. J. (Ed.): Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Entwicklung geistiger Fähigkeiten. Berlin: Volk & Wissen, 1972.
- Lürer, G.: Gesetzmäßige Denkabläufe beim Problemlösen. Weinheim: Beltz, 1973.
- Mandl, H. & Huber, G. L. (Ed): Emotion & Kognition. München: Urban & Schwarzenberg, 1983.
- Mies, P. & Schütt, D.: Feldrechner. Mannheim: Bibliographisches Institut, 1976.
- Newell, A. & Simon, H. A.: Human Problem Solving. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1972.
- Oesterreich, R.: Handlungsregulation und Kontrolle. München: Urban & Schwarzenberg, 1982.
- Poincare, H.: Die mathematische Erfindung. In Ulmann, G. (Ed), 1973.
- Putz-Osterloh, W.: Über die Beziehung zwischen Testintelligenz und Problemlöseerfolg. Zeitschrift für Psychologie, 1981, 189, 79—100.
- Scharf, J. H. & Kämmerer, W. (Ed): Leopoldina Symposium: Naturwissenschaftliche Linguistik. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1981.
- Scherer, K. R.: Wider die Vernachlässigung der Emotionen in der Psychologie. In Michaelis, W. (Ed), Bericht über den 32. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Zürich, Göttingen: Hogrefe, 1981.
- Selz, O.: Über die Gesetze des geordneten Denkverlaufs. Stuttgart: Spemann, 1913.
- Simon, H. A.: Models of Discovery. Boston: 1977.
- Stäudel, T.: Die Denkprozesse. In Dörner et al., Kap. 4, 1983.
- Ulmann, G. (Ed): Kreativitätsforschung. Köln: Kiepenheuer & Witsch, 1973.
- Van der Meer, E.: In Search of Knowledge Representation: a Diagnostic Approach. Proceedings of the 4th Prague Conference on Human Development and Personality Formation. Prag: 1982.
- Wallas, G.: The Art of Thought. New York: 1926.
- Winston, P. H.: Artificial Intelligence. London: Addison-Wesley Publishing Company, 1977.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. D. Dörner
Universität Bamberg, Lehrstuhl Psychologie II
Feldkirchenstr. 21, 8600 Bamberg