

Lass, Uta; Lüer, Gerd

## **Psychologische Problemlöseforschung**

*Unterrichtswissenschaft 18 (1990) 4, S. 295-312*



Quellenangabe/ Reference:

Lass, Uta; Lüer, Gerd: Psychologische Problemlöseforschung - In: Unterrichtswissenschaft 18 (1990) 4, S. 295-312 - URN: urn:nbn:de:01111-pedocs-296857 - DOI: 10.25656/01:29685

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:01111-pedocs-296857>

<https://doi.org/10.25656/01:29685>

in Kooperation mit / in cooperation with:

# **BELTZ JUVENTA**

<http://www.juventa.de>

### **Nutzungsbedingungen**

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen. Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

### **Terms of use**

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

### **Kontakt / Contact:**

peDOCS  
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation  
Informationszentrum (IZ) Bildung  
E-Mail: [pedocs@dipf.de](mailto:pedocs@dipf.de)  
Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

Digitalisiert

Mitglied der

  
Leibniz-Gemeinschaft

---

# Unterrichtswissenschaft

Zeitschrift für Lernforschung  
18. Jahrgang / Heft 4 / 1990

---

## Thema:

### Das Lösen komplexer Probleme

Verantwortlicher Herausgeber:  
Frank Achtenhagen

|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Frank Achtenhagen:<br>Zum Lösen komplexer Probleme                                                         | 290 |
| Uta Lass, Gerd Lüer:<br>Psychologische Problemlöseforschung                                                | 295 |
| James F. Voss:<br>Das Lösen schlecht strukturierter Probleme —<br>ein Überblick                            | 313 |
| Rolf Dubs:<br>Problemlösen im Fach Betriebswirtschaftslehre<br>im Anfängerunterricht an Wirtschaftsschulen | 338 |

## Allgemeiner Teil

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Manfred Lang:<br>Computer in Schule und Freizeit —<br>Auswirkungen auf den Unterricht | 353 |
| Gisela Szagun:<br>Die Konstruktion mentaler Begriffe am Beispiel<br>des Begriffes MUT | 368 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| Buchbesprechungen | 382 |
|-------------------|-----|

---

Uta Lass, Gerd Lüer

## Psychologische Problemlöseforschung

### Psychological Research on Problem Solving

---

*Es wird eine Einführung in den heutigen Wissensstand der psychologischen Problemlöseforschung gegeben. Die Darstellung ist dabei auf die folgenden Punkte konzentriert: (a) Verstehen eines Problems; dabei werden der Aufbau eines Problemraumes, unterscheidbare Arten von Wissen sowie Fragen einer objektiven Problembeschreibung diskutiert. Es schließt sich (b) eine Darstellung verschiedener Problemlösungsstrategien an: Algorithmisches und heuristisches Vorgehen, Mittel-Ziel-Analyse, Strategien beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben, Wissen und Problemlösen.*

*An introduction to the current psychological research on problem solving is presented. The article focuses on the following: (a) The comprehension of a problem, including the construction of a problem space, different types of knowledge, as well as questions concerning an objective description of a given problem. (b) A discussion of different problem solving strategies: algorithmic and heuristic methods, means-ends analysis, strategies used to solve problems of spacial imagination, the relationship of knowledge and problem solving.*

## 1. Einleitung

Für die experimentalpsychologische Forschung ist eine theoriegeleitete Erklärung des menschlichen Problemlösens bis heute eine große Herausforderung geblieben, auch wenn die psychologische Problemlöseforschung durch die von den Gestaltpsychologen geleistete subtile gedankliche Durchdringung des Phänomenbereiches bereits wichtige Anstöße erhalten hat (Selz, 1913; Köhler, 1921; Duncker, 1935; Wertheimer, 1945). Die auf das erste Drittel unseres Jahrhunderts zurückgehenden gestaltpsychologischen Arbeiten haben auch bis auf den heutigen Tag ihre uneingeschränkte Bedeutung bewahrt. Eine systematisch wissenschaftliche Aufarbeitung höherer geistiger Fähigkeiten jedoch, vorwiegend durch empirische und experimentelle Forschungen gekennzeichnet, fällt aber erst in die zweite Hälfte unseres Jahrhunderts.

Den heutigen Wissensstand in diesem Forschungsbereich wollen wir in den folgenden Abschnitten kennzeichnen und an Beispielen verdeutlichen. Das kann wegen des festgelegten Umfangs dieses Beitrages nur überblicksartig geschehen. Weitergehende Orientierungen sollten deshalb durch einschlägige Lehrbücher (z.B. Anderson, 1988; Dörner, 1976; Greeno & Simon, 1988; Spies & Hesse, 1987; Lüer & Spada, 1990; Newell & Simon, 1972) und die dort zitierte Originalliteratur unterstützt werden.

Die folgenden Darstellungen gehen von heute vielfach akzeptierten Grundpositionen aus, die man in den folgenden Punkten zusammenfassen kann: (1) Menschliches Problemlösen muß als ein in die Zeit erstrecktes Geschehen verstanden werden, das am besten als *Informationsverarbeitungsprozeß* zu beschreiben ist. Problemlöseforschung in der Psychologie verwendet aus diesem Grunde das *Informationsverarbeitungsparadigma* als forschungsleitende Grundvorstellung. (2) Menschliches Problemlösen findet auf der Basis und im Austausch mit äußeren und inneren *Wissensbeständen* statt. Die verschiedenen Qualitäten des Wissens, auf das zurückgegriffen wird, haben einen entscheidenden Einfluß auf den Verlauf des Problemlösens. (3) Menschliches Problemlösen findet an einem Modell statt, das sich der Problemlöser von der gestellten Anforderung oder der gegebenen Situation macht. Dieses Modell nennen wir die *innere Repräsentation* oder die *subjektive Abbildung*. Unterschiedliche Repräsentationen einer gegebenen Problemanforderung führen zur Inanspruchnahme unterschiedlicher kognitiver Ressourcen sowie zu unterschiedlichem Problemlösungsverhalten.

Die Behandlung des Themas folgt dem an Probanden feststellbaren zeitlichen Ablauf. Zunächst muß der Problemlöser die an ihn gestellte Anforderung verstehen, d.h. er muß sich über die mit dem Problem verbundene Zielsetzung im klaren werden, die Ausgangsbedingungen erkennen sowie seine Handlungsmöglichkeiten einschätzen (siehe Abschnitt 2 *Verstehen eines Problems*). Die zweite wichtige Phase beinhaltet das Aufstellen eines Planes zur Lösungsfindung und die Umsetzung dieses Planes in konkrete Handlungen (siehe Abschnitt 3 *Problemlösungsstrategien*). — Die verschiedenen Stadien des Problemlöseprozesses, die wir beschreiben, sind im psychologischen Versuch ebenso beobachtbar wie im alltäglichen Leben.

## 2. Verstehen eines Problems

Vor jeder Auffindung einer Lösung für ein gegebenes Problem muß der Problemlöser die an ihn gestellte Anforderung verstehen. Dieser Verstehensprozeß läßt sich in verschiedene Komponenten zerlegen: (1) Der Problemlöser muß sich darüber Klarheit verschaffen, daß er selbst einer zu bewältigenden Anforderung gegenübersteht. Diese Anforderung enthält im Falle des Problemlösens immer ein Ziel, das erreicht werden muß. (2) Der Problemlöser muß erkennen, daß ihm für die Erreichung des Zieles nicht unmittelbar Lösungswege offen stehen bzw. Mittel zur Herbeiführung des gewünschten Ergebnisses verfügbar sind. (3) Das Auffinden einer Problemlösung bedeutet, einen erfolgreichen Transformationsprozeß durchzuführen. Dieser beginnt am Ausgangspunkt, von dem der Problemlöser weiß, daß er nicht mit dem gewünschten Ziel identisch ist. Erreicht werden soll hingegen ein Ziel, das

— wie Dörner (1976) es ausdrückt — vom Startpunkt aus durch eine *Barriere* getrennt ist. Sie gilt es zu überwinden. (4) Ausgangspunkt, Zielpunkt und mögliche Zwischenschritte müssen in ihren qualitativen Eigenschaften und quantitativen Ausprägungen erkannt, beschrieben und bewertet werden können. Hierzu muß der Problemlöser Wissen einsetzen, das er entweder seinem eigenen Gedächtnis als Wissensreservoir oder aber auch anderen externen Wissensquellen entnehmen kann. (5) Zu finden ist schließlich ein Weg, der die Überwindung der Barriere und somit den geforderten Transformationsprozeß vom Anfangszustand über verschiedene Zwischenzustände zum Zielzustand garantiert. Die aufgezählten Punkte wollen wir an einem einfachen Beispiel darstellen. Hierzu ist das Spiel *Turm von Hanoi* besonders geeignet, das in der Problemlöseforschung intensiv untersucht worden ist (z.B. Amarel, 1983; Anzai & Simon, 1979; Karat, 1982; Klix, 1971; Newell & Simon, 1972). Abbildung 1 veranschaulicht das zu lösende Problem.

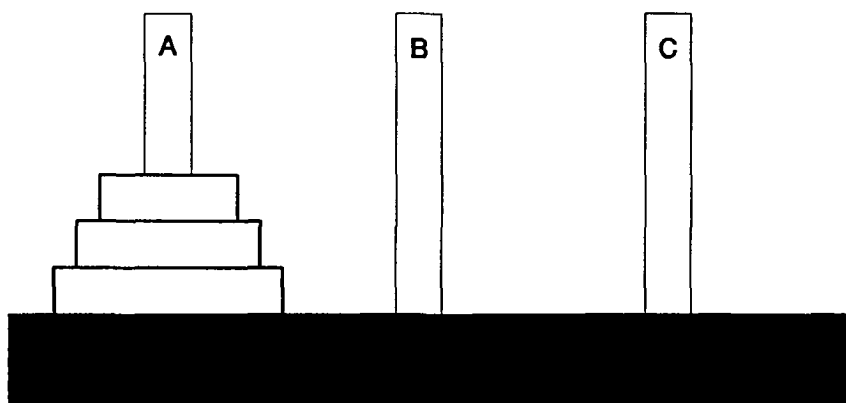


Abbildung 1: Das Problem „Turm von Hanoi“ in der 3-Scheiben-Version

Der Spieler wird vor die Anforderung gestellt, die drei Scheiben von der Position A auf die Position C zu bringen. Dabei sind zwei Regeln zu beachten: Erstens darf bei jedem Zug nur eine einzige Scheibe bewegt werden, die im vorangegangenen Zug nicht bewegt wurde. Zweitens muß eine kleinere Scheibe immer auf einer größeren Scheibe liegen, das Umgekehrte ist nicht erlaubt. — An dem dargestellten Problem lassen sich drei theoretisch bedeutsame Komponenten voneinander trennen: (1) die *Aufgabenumwelt* als solche (task environment); (2) das *subjektive Abbild* oder die *innere Repräsentation*, das sich der Problemlöser von der Umwelt macht; (3) die *objektive Beschreibung* der Aufgabenumwelt, die für dieses Problem angegeben werden kann.

Zum erstgenannten Punkt kann die empirische Psychologie kaum etwas beitragen. Deshalb werden hier Vorannahmen philosophischer Natur nötig, die z.B. die Einführung von Symbolstrukturen vorschlagen.

Danach entnehmen Menschen der Aufgabenumwelt Zeichen, die als Symbole stellvertretend für die Aufgabenumwelt fungieren und im Prozeß der Problemlösung eine entsprechende Veränderung erfahren. In der klassischen Problemlösepsychologie, die dem Informationsverarbeitungsparadigma folgt, sind kognitive Prozesse weitgehend als Prozesse der Symbolmanipulation und Symbolverarbeitung dargestellt worden. — Der Punkt (2) jedoch, das *subjektive Abbild*, ist geradezu zum Herzstück der psychologischen Problemlöseforschung gemacht worden. Unter Verwendung der aus der Aufgabenumwelt entnommenen Zeichen konstruiert sich der Problemlöser ein inneres Modell der Problemsituation, das als *Problemraum* bezeichnet wird. Den Punkt (3) wollen wir nach der Behandlung des Problemraumkonzeptes ausführen.

## 2.1 Aufbau eines Problemraumes

Gemäß unseren Vorüberlegungen muß der Problemlöser, um das Spiel Turm von Hanoi als Problem erkennen zu können, zunächst die Anforderung überhaupt *verstehen*. Dazu muß er folgende Stufen durchlaufen: Er muß den turmförmigen Zustand der Scheiben auf Position A erkennen, sich vorstellen, wie diese Anordnung auf Position C plazierte sein soll, und Überlegungen anstellen, auf welchem Wege diese *Transformation* durchgeführt werden kann. Für die Durchführung dieser Transformation benötigt er Wissen. Wird er erstmalig mit dem Spiel Turm von Hanoi konfrontiert, wird sich ein Rückgriff auf eigenes Wissen erübrigen, da hierzu nichts gespeichert ist. Bevor er sich auf das Raten verlegt, wird sich der Spieler die Instruktion genauer ansehen, um hier nach weiterführendem Wissen zu suchen. Zwar wird dort nicht angegeben, wie die Transformation konkret durchzuführen ist. Dennoch erfährt er, daß nur bestimmte Scheibenbewegungen zugelassen sind und — das kann er schlußfolgern — daß die Lösung nur schrittweise erreicht werden kann.

Stellen wir uns vor, der Problemlöser habe nach der Beschäftigung mit dem Spielmaterial und nach dem Studium der Instruktion sich folgenden Plan gemacht: Zunächst bewege ich die kleinste Scheibe zur Position C, ziehe sodann mit der mittleren Scheibe nach Position B, bewege die kleinste Scheibe ebenfalls nach B und plazierte die größte Scheibe auf Position C. So wird in der Vorstellung eine Schrittfolge für die Lösung aufgebaut. Der erreichte *Zwischenzustand* — die größte Scheibe liegt auf Position C — ist in diesem Falle dem gewünschten *Zielzustand* schon näher als der *Anfangszustand*. Die Konstruktion eines subjektiven Abbildes von den Problemzuständen sowie von einem möglichen *Lösungsweg* mit den dazugehörigen *Handlungen* führt also zum Aufbau eines *Problemraumes*.

## 2.2 Unterscheidbare Arten von Wissen

Mit dem Verstehen des Problems geht die Konstruktion des Problemraumes — also die innere Repräsentation der Problemanforderung — einher. Ermöglicht wird dieser Konstruktionsprozeß durch Anwendung von Wissen, das aus der Instruktion und der Problembeschreibung entnommen wird. Dabei bleibt eigenes Wissen, über das der Problemlöser verfügt, im dargestellten Fall weitgehend ungenutzt. Probleme, deren Lösungen weitgehend unabhängig vom individuellen Wissensreservoir gefunden werden müssen und deren Bearbeitung fast ausschließlich anhand der gegebenen Instruktion geplant wird, nennt man *einfache* oder auch *Puzzleprobleme*. Sie sind in der Problemlöseforschung besonders häufig untersucht worden, weil der gar nicht oder häufig nur sehr schwer kontrollierbare Unterschied zwischen Personen im Vorwissensbestand bei diesen Anforderungen praktisch entfällt. Untersuchungen mit Puzzleproblemen garantieren, daß alle Problemlöser, die mit derselben Aufgabe konfrontiert werden, von gleichen Bedingungen ausgehen und entsprechend ähnliche Vorgehensweisen beim Problemlösen zeigen.

Von ganz anderer Qualität sind kognitive Anforderungen, bei denen neben dem durch die Instruktion vermittelten Wissensbestand auch größere Wissensbestände aus dem eigenen Erfahrungsbereich eingesetzt werden müssen. Wir sprechen in diesem Zusammenhang vom Rückgriff auf sog. *bereichsspezifisches Wissen*. Es handelt sich dabei um spezielle Sachkenntnis, die zur Lösung des aktuellen Problems sinnvollerweise eingesetzt werden sollte oder sogar angewendet werden muß. So verfügt z.B. ein Wohnungsinhaber mit Balkon, der gleichzeitig Blumenliebhaber ist, über das bereichsspezifische Wissen, daß die Kalendertage um die Eisheiligen bzw. Kalte Sophie ein erhöhtes Risiko für früh im Mai ausgepflanzte Geranien darstellen. — Von allgemeinerer und damit auch weniger spezifischer Qualität ist das sog. *Weltwissen*, über das ebenfalls jeder Problemlöser verfügt. Angewendet auf unser Blumenbeispiel bedeutet dies, daß unser lediglich mit Weltwissen ausgestattete Blumenfreund nach der Regel verfährt, nicht zu früh im Frühjahr Balkonblumenkästen zu bepflanzen.

Lassen wir nun Probanden Probleme lösen, zu deren erfolgreicher Bewältigung sowohl instruktionsgebundenes Wissen wie auch bereichsspezifisches und Weltwissen anzuwenden ist, wird die Situation sehr komplex. So ist es zum einen schwer kontrollierbar, in welchem Ausmaße unterschiedliche Problemlöser über unterschiedlich große bereichsspezifische Wissensanteile verfügen — dasselbe gilt natürlich auch für das Weltwissen. Zum anderen bleibt unklar, in welchem Verhältnis zueinander die unterschiedlichen Wissensgebiete angewandt und eingesetzt wurden. Nimmt man hinzu, daß durch die zurückgelegten Problemlöseschritte die während des Problemlösens selbst gemachten Erfahrungen außerordentlich unterschiedlich zwischen verschiedenen

Personen ausfallen können, ergibt sich ein Bild von der Schwierigkeit, solche kognitiven Prozesse unter allgemeinpsychologischen Gesichtspunkten zu erforschen. Probleme, die den Einsatz von Weltwissen und bei bestimmten Bedingungen auch von bereichsspezifischem Wissen erfordern, werden auch als *komplexe Probleme* bezeichnet (vgl. Dörner, Kreuzig, Reither & Stäudel, 1983; Putz-Osterloh, 1983). Nach unseren Überlegungen ist zu erwarten, daß die Problemräume von Probanden, die solche komplexen Probleme bearbeiten, sich wegen des Vorhandenseins sehr unterschiedlicher Vorwissensbestände gravierend voneinander unterscheiden.

Als eine besondere Art des Wissens müssen schließlich umfangreiche, sehr langfristig erworbene und elaborierte sowie dem leichten Zugriff zur Verfügung stehende Wissensbestände genannt werden, so wie sie bei Experten beobachtet werden können. Über den ständigen Ausbau bereichsspezifischen Wissens, über den immer wieder geübten Gebrauch solcher Erfahrungsbestände und über die durch positive Rückmeldung erlebten Erfolge beim Problemlösen entstehen innere Repräsentationen von fachspezifischen Aufgabenumwelten, die von erfahrenen und über lange Jahre trainierten Experten meisterhaft beherrscht werden. *Expertenwissen* bezieht sich demnach immer nur auf eng umschriebene Problemanforderungen, niemals jedoch auf Problemlösen im allgemeinen. Experte sein im Problemlösen bedeutet demnach immer, Experte für einen Problembereich mit bereichsspezifischen Anforderungen zu sein.

### 2.3 Objektive Problembeschreibung

Offengeblieben ist unser Punkt (3). Hier geht es um die objektive Beschreibung einer Problemanforderung. Für den Turm von Hanoi kann ich z.B. durch die Formel  $2^n - 1$  die Anzahl der Schritte ( $n$  = Anzahl der Scheiben) angeben, die für die korrekte Lösung mindestens notwendig sind. Bei drei Scheiben benötige ich also sieben Schritte für den kürzesten Lösungsweg, bei sechs Scheiben bereits 63 Schritte usw. Detaillierter kann ich die Problemschreibung durch die Erstellung eines Lösungsgraphen gestalten. Mit drei Scheiben lassen sich genau 27 verschiedene Problemzustände herbeiführen (Anfangs- und Zielzustand eingeschlossen). Abbildung 2 zeigt das Prinzip. Jede Zahl soll einem Zustand entsprechen, den das Problem Turm von Hanoi annehmen kann. Jede Verbindungslinie symbolisiert einen Zustandswechsel. Lege ich also die kleinste Scheibe auf C, befinde ich mich im Zustand (3). Der darauffolgende Zug mit der mittleren Scheibe nach B ist zwangsläufig, wenn ich mit meinem zweiten Zug den ersten Zug nicht rückgängig machen oder korrigieren will. Dieser neue Zustand (5) zeigt, daß ich noch fünf Schritte vom Ziel entfernt bin. Die nächste Verbindung zum Zustand (9) entsteht durch den Zug mit der kleinsten Scheibe nach B usw. Hätte ich die Lösung mit der Bewegung der kleinsten Scheibe von A nach



B begonnen (Zustand 2) und dann die mittlere Scheibe von A nach C folgen lassen (Zustand 4), wäre ich der linken Graphenkante gefolgt. Der Zugzahl nach wäre ich am Ende dieses Weges (Zustand 20) genauso weit vom Ziel entfernt wie vom Ausgangspunkt. Der Graph ermöglicht es also, durch eine genaue Zustandsbeschreibung den Problemlösungsfortschritt sichtbar zu machen. Eine solche vollständige Beschreibung aller möglichen Problemzustände bezeichnet man als eine *objektive Problembeschreibung*.

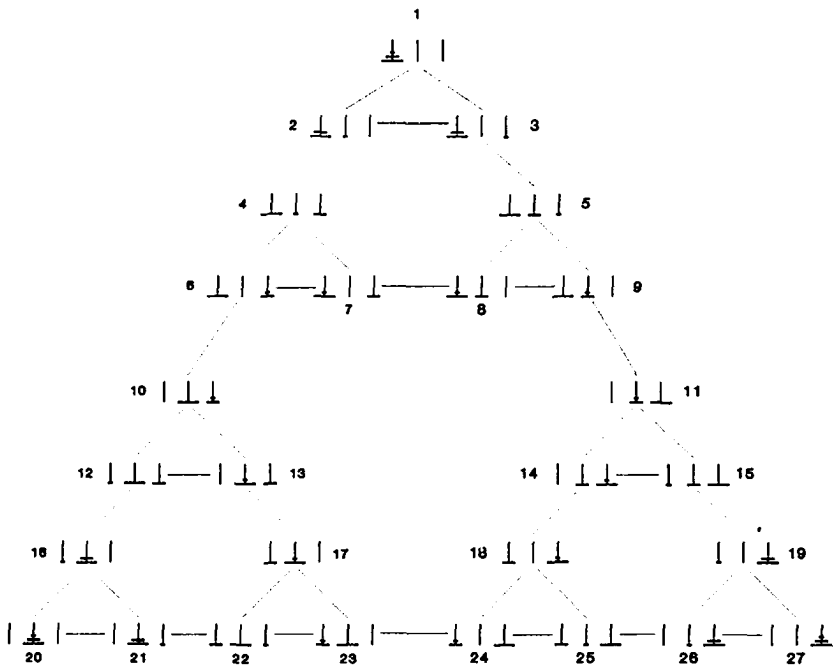


Abbildung 2:  
Vollständiger Problemraum für die 3-Scheiben-Variante des  
„Turms von Hanoi“

Viele Probleme in unserer Welt lassen sich nicht formal wie durch einen Graphen oder durch mathematische Formeln objektiv beschreiben. Man hat deshalb sog. *Problemklassifikationen* entwickelt, die Eigenschaften von Problemen wiedergeben und zu Ordnungsgesichtspunkten machen. Sie sind notwendigerweise weniger präzise und beziehen sich in den meisten Fällen nur auf wenige Gesichtspunkte des Problemraumes.

### 3. Problemlösungsstrategien

#### 3.1 Algorithmisches und heuristisches Vorgehen

Wenn man ein Problem verstanden hat, d.h. Zielsetzung und Ausgangsbedingungen klar sind, gilt der nächste Schritt der Erstellung eines Planes zur Lösungsfindung. Unter Verwendung der oben eingeführten Terminologie können wir auch sagen: Nachdem eine innere Repräsentation des Problems im Problemraum aufgebaut worden ist, versucht man, seinen Weg durch den Problemraum bis zum angestrebten Zielzustand zu finden. Diese Suche im Problemraum muß anhand eines Planes vorgenommen werden, der sicherstellt, daß sich die Suche auf die geeigneten, d.h. lösungsrelevanten Gebiete des Problemraumes konzentriert und sich nicht in einer endlosen Erkundung von Sackgassen verliert.

In der Problemlösepsychologie wird zwischen zwei generellen Arten von Plänen unterschieden: *Algorithmen* und *heuristischen Strategien*. Diese Unterscheidung bezieht sich auf die Erfolgswahrscheinlichkeit eines Planes: Kann der Plan das gesuchte Ergebnis garantieren? Ein Algorithmus besteht aus einer Sequenz von Regeln, die, wenn sie korrekt angewendet werden, sicher zum richtigen Ergebnis führen. Die Formel zur Berechnung des Flächeninhalts eines Parallelogramms stellt z.B. einen Algorithmus dar. Wenn man die Formel kennt und sie korrekt anwendet, erhält man garantiert das richtige Ergebnis. Heuristische Strategien dagegen stellen eher eine Art Faustregel dar. Sie erleichtern die Lösungsfindung, garantieren sie jedoch nicht. Beispielsweise beinhalten Schachanleitungen solche heuristischen Regeln. Wenn man sich nach ihnen richtet, führt das zwar nicht automatisch zum Sieg über den Gegner, man kann jedoch häufig seine Gewinnchancen verbessern.

Heuristische Strategien werden immer dann benötigt, wenn im Problemraum Barrieren zu überwinden sind. Liegt hingegen ein Problemraum ohne Barrieren vor, können Algorithmen eingesetzt werden. Aus dieser Gegenüberstellung wird deutlich, daß der letztere Fall für die Problemlösepsychologie weniger interessant ist. Algorithmisch lösbare Anforderungen sind dann Gegenstand der Problemlösepsychologie, wenn Menschen bei der Aufgabenbearbeitung noch nicht völlig routiniert vorgehen, weil ihr aufgabenspezifisches Wissen unvollständig oder sogar fehlerhaft ist.

Ob eine Anforderung ein Problem darstellt oder nicht (ein heuristisches Vorgehen erfordert oder nicht), hängt vom Wissen des Problemlösers ab, also von Merkmalen seines Problemraumes. Zum Beispiel verlangt die Berechnung des Flächeninhalts eines Parallelogramms eine heuristische Strategie, wenn dem Problemlöser bislang nur die Formel zur Berechnung des Flächeninhalts eines Rechtecks bekannt ist. Derjenige dagegen, dem die gesuchte Formel geläufig ist, der sie aus seinem Gedächtnis abrufen und korrekt anwenden kann, setzt einen Algorithmus ein. Problemlösen kann somit bei bestimmten Anforderungen Wissen ersetzen und umgekehrt.

### 3.2 Mittel-Ziel-Analyse

In diesem Abschnitt soll als ein klassisches Beispiel für heuristisches Vorgehen die Mittel-Ziel-Analyse vorgestellt werden. Diese Strategie wird häufig bei *einfachen Problemen* eingesetzt, bei denen das für die Bearbeitung benötigte Wissen in erster Linie aus der Instruktion entnommen werden kann und Weltwissen nur eingeschränkt herangezogen werden muß. Bei diesem Problemtyp wird der Problemlöser mit einem bestimmten Ausgangszustand konfrontiert, und er wird in Kenntnis gesetzt über die zur Verfügung stehenden Maßnahmen (Operatoren), mit denen er ein ebenfalls vorgegebenes Ziel erreichen soll. Die Schwierigkeit liegt darin, die Operatoren so zu kombinieren, ihre Abfolge so zu wählen, daß der Zielzustand herbeigeführt werden kann.

An dem oben beschriebenen Problem Turm von Hanoi (vgl. Abb. 1) läßt sich die Mittel-Ziel-Analyse gut veranschaulichen. Das Problem hat einen genau definierten Zielzustand. Es ist offensichtlich, daß das Ziel nur durch die schrittweise Aufeinanderfolge verschiedener Problemzustände — sog. Zwischenziele — erreicht werden kann. Ein naheliegendes Zwischenziel besteht darin, die größte Scheibe auf die Position C zu bringen. Dieses Zwischenziel kann man in weitere Zwischenziele auffächern, nämlich zunächst den Turm aus den beiden kleineren Scheiben auf Position B aufbauen, um so die größte Scheibe von A nach C bringen zu können. Um dieses Ziel zu erreichen, muß erst die kleinste Scheibe auf Position C gelegt werden, damit die mittlere Scheibe auf Position B kann (vgl. Abb. 2).

Bei der Anwendung der Mittel-Ziel-Analyse wählt der Problemlöser ihm geeignet erscheinende Zwischenziele und versucht zunächst, diese zu erreichen. Zu diesem Zweck vergleicht er das angestrebte Zwischenziel mit dem derzeitigen Problemzustand um festzustellen, worin genau der Unterschied besteht. Dann sucht er nach einem geeigneten Operator, um diesen Unterschied zu beseitigen und so den aktuellen Problemzustand in den angestrebten zu überführen.

Bei der Mittel-Ziel-Analyse handelt es sich um eine sehr generelle Strategie, die sich auf eine Vielzahl von einfachen Problemen anwenden läßt. Sie ist auch in einem Computerprogramm namens General Problem Solver (GPS) von *Newell, Shaw und Simon* (1960) implementiert worden. Das GPS-System besteht in der Hauptsache aus drei miteinander verknüpften Strategiekomponenten. Die *Transformationsmethode* vergleicht Problemzustände miteinander, also den aktuellen Zustand mit dem angestrebten Zustand. Sie stellt fest, ob und worin der Unterschied besteht. Sie ruft die *Reduktionsmethode* auf, die nach einem Operator sucht, mit dem der festgestellte Unterschied beseitigt werden kann. Die Reduktionsmethode wiederum ruft die *Operatoranwendungsmethode* auf, die prüft, ob die Voraussetzungen für die Anwendung des Operators gegeben sind. Ergibt die Prüfung ein positives Resultat, wird der Operator angewendet und die Transformationsmethode kommt erneut

zum Einsatz. Ergibt die Prüfung dagegen ein negatives Resultat, wird die Reduktionsmethode wieder aufgerufen.

Durch das beschriebene Ineinandergreifen der drei Strategiekomponenten wird die Suche nach Wegen durch den Problemraum geplant und organisiert. Verschiedene experimentelle Daten belegen, daß ein solches Vorgehen in der Tat eine weit verbreitete und auch erfolgversprechende Strategie beim Lösen von einfachen Problemen ist (vgl. *Greeno & Simon*, 1988).

### 3.3 Strategien beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben

Anhand einer Untersuchungsserie von *Putz-Osterloh* und *Lür* (*Putz-Osterloh*, 1977; *Putz-Osterloh & Lür*, 1975, 1979) wollen wir beispielhaft aufzeigen, wie Strategien beim Problemlösen diagnostiziert werden können und welchen Erkenntnisgewinn eine solche Diagnose einbringt. In dieser Untersuchungsserie geht es um den experimentellen Nachweis der Fähigkeit zur Raumvorstellung. Der sogenannte Raumfaktor ist eine häufig identifizierte Intelligenzdimension. Wie *Putz-Osterloh* und *Lür* jedoch nachweisen konnten, ist es keineswegs selbstverständlich, daß Probanden beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben aus gebräuchlichen Intelligenztests auch tatsächlich mit räumlichen Vorstellungen arbeiten.

Zu den untersuchten Testaufgaben gehört auch der Untertest *Würfelaufgaben* aus dem Intelligenzstrukturtest von *Amthauer* (1953; 1970). Jede Testaufgabe zeigt 6 Würfel, die so dargestellt sind, daß jeweils drei der gemusterten Seiten zu erkennen sind. Man soll herausfinden, welcher von fünf zum Vergleich angebotenen Würfel mit einem Originalwürfel identisch ist, d.h. durch eine im Geiste vorgenommene Rotation zur Deckung gebracht werden kann (s. Abb. 3).

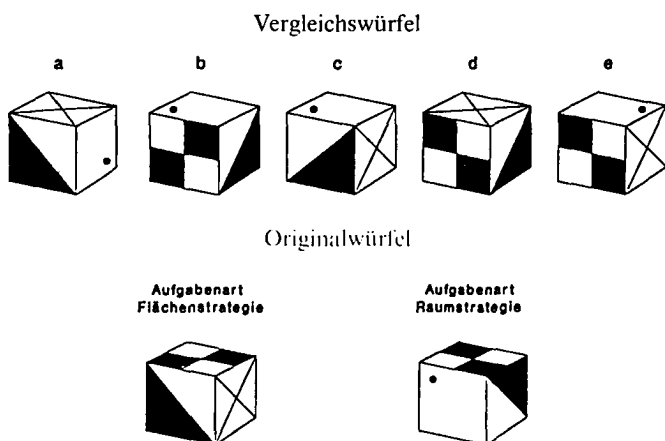


Abbildung 3:

Beispiel für zwei verschiedene Aufgabenarten aus dem Untertest „Würfelaufgaben“ des Intelligenzstrukturtests (nach *Putz-Osterloh*, 1977)

Wendet man das Problemraumkonzept auf die beschriebene Anforderung an, so kann man feststellen, daß der Zielzustand in Form des Originalwürfels eindeutig festgelegt ist. Auch der Ausgangszustand ist genau angegeben: Einer der fünf Vergleichswürfel muß der richtige Startpunkt für die Wertsuche im Problemraum sein. Zu falschen Lösungen, d.h. falscher Wahl eines Vergleichswürfels, kommt es, wenn die Überführung von einem Problemzustand in den anderen nicht korrekt vorgenommen wird. Wird nun für diese Transformationsprozedur immer eine Strategie mit räumlichen Vorstellungen wie geistigen Kipp- und Drehbewegungen benötigt, oder gelingt die geforderte Transformation auch mit einer anderen Strategie?

Eine genaue Analyse des Würfeltests hinsichtlich der zu bewältigenden Anforderung zeigt, daß es sich hier keineswegs um homogenes Aufgabenmaterial handelt. Ein Teil der Würfelaufgaben kann richtig gelöst werden, indem lediglich geprüft wird, welcher der Vergleichswürfel im Muster der drei sichtbaren Flächen mit dem Originalwürfel übereinstimmt. Bei anderen Aufgaben dagegen kommt man nur zur richtigen Lösung, wenn neben der Prüfung auf Identität von zwei sichtbaren Flächen das Erscheinen einer dritten angenommen und vorgestellt wird (s. Abb. 3). Man kann vermuten, daß der erstgenannte Aufgabentyp mit einer Strategie bearbeitet wird, bei der lediglich die Muster der sichtbaren Flächen überprüft werden. Eine positive Entscheidung wird getroffen, wenn diese Prüfprozedur eine Übereinstimmung zwischen dem Originalwürfel und einem Vergleichswürfel ergibt. Wir werden dieses Vorgehen im folgenden als *Flächenstrategie* bezeichnen. — Beim zweiten Aufgabentyp dagegen müssen zur Entscheidung neben dem Flächenvergleich auch vorstellungsmäßige Rotationen herangezogen werden. Eine Entscheidung kann nur gefällt werden, wenn man sich vorstellt, daß eine der sichtbaren Flächen durch Rotation verschwindet oder eine andere sichtbar wird. Diese Strategie bezeichnen wir als *Raumstrategie*.

Die Vermutung über unterschiedliche Strategien und damit über Unterschiede in den geistigen Anforderungen beim Würfeltest wurde von *Putz-Osterloh* und *Lüer* in mehreren Auswertungsschritten geprüft. Zunächst wurde bei einer Gruppe von Probanden durch geeignete Aufgaben eine Flächenstrategie provoziert. Anschließend wurden den Probanden Aufgaben vorgelegt, die zur erfolgreichen Bearbeitung eine Raumstrategie erforderten. Das Wirken der induzierten Flächenstrategie kann nachgewiesen werden, wenn die Probanden mit eben dieser Strategie vorhersagbare Fehler machen. Die Ergebnisse bestätigen die Vermutung, daß auch bei den Aufgaben, die eine Raumvorstellung erforderten, mit der Flächenstrategie gearbeitet wurde: Die größte Zahl falscher Entscheidungen fand sich genau bei denjenigen Vergleichswürfeln, die nach der Flächenstrategie als richtige Lösung vorhergesagt werden können, dennoch aber falsch sind.

In einem weiteren Auswertungsschritt wurden Charakteristika des Blickbewegungsverhaltens — Fixationsdauern — von *Raumstrategen* und *Flächenstrategen* miteinander verglichen. Als Raumstrategie wurde ein Proband bezeichnet, wenn er eine bestimmte Anzahl der vorgelegten Aufgaben, die eine Raumstrategie erforderten, erfolgreich gelöst hatte. Als Flächenstrategie wurde ein Proband eingestuft, der bei allen Aufgaben, die eine Raumstrategie erforderten, aufgrund der induzierten Flächenstrategie die vorhergesagte falsche Entscheidung getroffen hatte.

Die Auswertung von Fixationsdauern basiert auf der Grundannahme, daß besonders lange Fixationszeiten ein Indikator für die Durchführung aufwendiger geistiger Operationen sind. Mit „aufwendig“ ist gemeint, daß eine Operation viel von der insgesamt begrenzten Verarbeitungskapazität des kognitiven Systems beansprucht (resource limited processes; *Norman & Bobrow*, 1975). Deshalb sollten parallel zu diesen Prozessen z.B. auch keine weiteren Informationen aufgenommen werden können, was im Blickbewegungsverhalten eben durch überdurchschnittlich lange Unterbrechungen bzw. Fixationen erkennbar wird. Eine Raumstrategie müßte nach diesen Überlegungen durch besonders lange Fixationszeiten gekennzeichnet sein, da im Problemlösungsprozeß aufwendige kognitive Operationen — in diesem Fall Rotationen in der Vorstellung — vorgenommen werden müssen. Die Daten bestätigen diese Annahmen. Im Vergleich zu Flächenstrategen traten bei Raumstrategen deutlich längere Fixationszeiten auf. Es handelt sich demnach bei Raumvorstellungsprozessen um besonders kapazitätsintensive Verarbeitungsprozesse.

Wir haben an dieser Stelle nur einen kleinen Ausschnitt der Untersuchungsergebnisse referieren können. Wir wollten an einem Beispiel zeigen, wie man Problemlösungsstrategien diagnostizieren kann und welche Bedeutung solche Diagnosen haben können. Für die Raumvorstellungstests bedeuten die von *Putz-Osterloh* und *Lüer* gefundenen Ergebnisse, daß die Gültigkeit solcher Tests neu zu bestimmen ist. Es konnte gezeigt werden, daß mit Hilfe einer hypothesengeleiteten Untersuchung des Problemlöseverhaltens bei Intelligenztestaufgaben neuartige Erkenntnisse über die Validität solcher Tests gewonnen werden können.

### 3.4 Wissen und Problemlösen

In diesem Abschnitt geht es um den Einfluß von Weltwissen und von bereichsspezifischem Wissen auf das Problemlösen. Beginnen wollen wir mit einer Untersuchung von *Hesse* (1982; vgl. auch *Spies & Hesse*, 1987), in der die semantische Einkleidung eines *komplexen Problems* experimentell manipuliert wurde. Nach den in Abschnitt 2.2 gemachten Ausführungen ist als Effekt einer solchen Manipulation zu erwarten, daß die Probanden in unterschiedlichem Maße ihr Weltwissen und ggf. ihr bereichsspezifisches Wissen zur Suche im Problemraum heranziehen können.

*Hesse* überließ seinen Problemlösern ein auf dem Computer simuliertes afrikanisches Entwicklungsland mit der Aufforderung, die Bevölkerungszahl der dort lebenden Doris, einem Nomadenstamm, zu erhöhen. Ausgestattet wurden die Entwicklungshelfer mit einem Startkapital von 200.000 DM und weitreichenden Vollmachten. Sie konnten z.B. über den An- und Verkauf von Rindern entscheiden, neue Brunnenanlagen bauen lassen, Maßnahmen zur Bekämpfung der Tse-Tse-Fliege oder zur Gewinnung von Weideland einleiten u.ä. Das Dori-System ist ein typisches Beispiel für ein komplexes Problem. Es umfaßt eine Vielzahl von Variablen, die z.T. untereinander vernetzt sind. So wird beispielsweise durch die Anlage von Brunnen zwar die Futterversorgung für die Rinder verbessert, gleichzeitig kann jedoch der Grundwasserspiegel gefährlich absinken. Zudem sind in dem System Variablen enthalten, die sich auch ohne Eingriffe des Probanden von selbst, etwa im Sinne einer Wachstumsfunktion, verändern.

Die Einbettung einer Anforderung in einen bestimmten Bedeutungskontext, in diesem Fall eine Entwicklungshilfesituation, löst beim Problemlöser aufgrund seiner bereits vorhandenen Wissensbestände zu diesem Thema bestimmte Vorstellungen und Erwartungen aus. Der Umstand beispielsweise, daß eine Systemvariable mit dem Namen einer Tiergattung bezeichnet wird — und nicht einfach mit „A“ — läßt Schlußfolgerungen zu über die Verknüpfung dieser Variablen mit anderen, ebenfalls kontextkonform benannten Variablen wie „Futtermenge“. Dadurch fällt es dem Problemlöser von Anfang an relativ leicht, die Relevanz einzelner Variablen richtig einzuschätzen und diese durch Maßnahmen gezielt zu beeinflussen. Er kann sich zumindest eine ungefähre Vorstellung darüber machen, wie stark eine Variable verändert werden muß, um einen bestimmten Effekt zu erreichen. Variablen, die eine Eigendynamik besitzen, z.B. die programmierte Wachstumsfunktion bei der Variablen „Anzahl der Dori“, können leichter erkannt werden. Das sind nur einige Möglichkeiten, wie ein Proband bei dieser Anforderung sein individuelles Reservoir von Weltwissen zur Steuerung des Systems heranziehen kann, um das gewünschte Ziel zu erreichen.

*Hesse* variierte in seiner Untersuchung den Bedeutungskontext, indem eine Gruppe von Probanden mit dem Problem als Entwicklungshilfesituation konfrontiert wurde, während eine zweite Gruppe eine umgearbeitete Instruktion ohne entsprechende bedeutungshaltige Bezeichnungen erhielt. Die Variablen wurden hier durch Buchstaben gekennzeichnet, statt von einer „Erhöhung der Bevölkerungszahl“ wurde z.B. von einer „Maximierung der Variable H“ gesprochen. — Die Probanden hatten im Verlauf des Experimentes zwanzigmal die Möglichkeit, mit einem von ihnen selbst zusammengestellten Maßnahmenpaket auf die Entwicklung der Situation Einfluß zu nehmen.

Wie wirkte sich die Manipulation des semantischen Kontextes auf das Problemlösen aus? Deutliche Unterschiede zwischen den beiden

Versuchsgruppen wurden beim Lösungserfolg festgestellt. Als Gütekriterium zur Beurteilung der Problemlöseleistung wurde ein Kennwert berechnet, in den Absolut- und Trendwerte mehrerer wichtiger Systemvariablen — erhoben über den gesamten Verlauf der Problembearbeitung — eingingen. Wenn das Problem in den Kontext der Entwicklungshilfe eingebettet war, konnte es erfolgreicher bearbeitet werden als ohne diesen Kontext. Im Hinblick auf Unterschiede im strategischen Vorgehen ergab sich folgendes Bild. Das Fehlen eines übergreifenden semantischen Bezugsrahmens führte zu Strategien, mit denen die Probanden diesen offensichtlichen Nachteil zumindest teilweise ausgleichen konnten: Sie machten intensiver von der Möglichkeit Gebrauch, die zur Verfügung stehenden Informationen in eigenen Aufzeichnungen zu ordnen und zusätzliche Informationen, die über das durch die Instruktion bereits vermittelte Wissen hinausgingen, einzuholen.

Daß sie dennoch insgesamt weniger unternahmen und ungeschickter agierten, spricht dafür, daß sich der fehlende semantische Bezugsrahmen auf diese Weise nicht kompensieren ließ. Der offensichtlich höhere Aufwand, den die Probanden in dieser Versuchsbedingung beim Planen der Lösungssuche leisten mußten, wurde auch in vergleichsweise langen Bearbeitungszeiten sichtbar. Dabei benötigten diese Probanden, anders als die „Entwicklungshelfer“, in den ersten sieben der insgesamt 20 Zeittakte besonders viel Zeit. Wenn man davon ausgeht, daß in diese erste Phase der Aufbau des Problemraumes fiel, spricht dieses Ergebnis für einen eindeutigen Vorteil der „Entwicklungshelfer“ durch die Möglichkeit, hierzu ihr individuelles Wissensreservoir nutzen zu können. — Insgesamt belegen die Ergebnisse, daß das strategische Vorgehen durch die vorhandene bzw. fehlende Möglichkeit, auf im Gedächtnis gespeicherte Wissensbestände zurückgreifen zu können, in charakteristischer Weise beeinflusst wurde.

Am Beispiel der Arbeit von *Hesse* konnten wir zeigen, wie durch eine experimentelle Variation der Einfluß von Wissen auf die Problemlöseleistung untersucht werden kann. Die meisten Arbeiten zu diesem Thema basieren auf dem Vergleich von Personen mit unterschiedlicher Expertise in einem bestimmten Gebiet, z.B. medizinische Diagnostik (*Johnson, Duran, Hassebrock, Moller, Prietula & Swanson, 1981*), Sozialwissenschaften (*Voss, Greene, Post & Penner, 1983*), Physik (*Larkin, McDermott, Simon & Simon, 1980*) oder Computerprogrammierung (*McKeithen, Reitman, Rueter & Hirtle, 1981*).

Bei der Entwicklung von *Expertenwissen* — und auch von Fertigkeiten allgemein — können drei psychologisch bedeutsame Phasen unterschieden werden (*Anderson, 1983, 1988*). In der ersten Lernphase, der sogenannten *kognitiven Phase*, wird die geforderte Leistung bewußt und unter großem kognitiven Aufwand erbracht. Die einzelnen Schritte, die für die Fertigkeit von Bedeutung sind, müssen zunächst im Gedächtnis gespeichert werden. Kommt es dann zur Ausführung der Fertigkeit, muß



dieses Wissen wiederum Schritt für Schritt erinnert werden. Die zweite Phase ist die *assoziative Phase*. Der Fortschritt in dieser Lernphase besteht in erster Linie darin, daß die einzelnen Schritte zu einer Lösungsprozedur verkettet werden, die die geforderte Leistung erbringen kann. In der dritten, der sogenannten *autonomen Phase*, wird die gelernte Prozedur immer weiter automatisiert, so daß die Einzelschritte weitgehend ohne bewußte Kontrolle vollzogen werden können. Die Leistung wird immer schneller und mit hoher Zuverlässigkeit erbracht. Intensives Training über viele Jahre führt in dieser Phase zum Expertentum.

Die Erforschung des Expertentums hat einige allgemeine Prinzipien der Einflußnahme von Expertenwissen auf das Problemlösen aufgedeckt (Anderson, 1988): (1) Experten können typische Problemzustände als solche erkennen und mit diesen spezifische Problemlösestrategien in Verbindung bringen. (2) Experten können das Problem in Form von abstrakten Merkmalen repräsentieren. Eine solche Repräsentation enthält bereits die angemessene Lösungsstrategie. (3) Experten haben gelernt, die Art und Weise ihres strategischen Vorgehens an den jeweiligen Problembereich optimal anzupassen. (4) Experten haben ein besonderes Gedächtnis für Informationen, die mit der Lösung von Problemen im Zusammenhang stehen. — Zusammenfassend legen diese Forschungsergebnisse nahe, daß es einem Experten offensichtlich gelingt, einen Problemraum derart aufzubauen, daß die Lösungssuche durch einfaches Abrufen von im Gedächtnis bereits gespeicherten Strategien abgekürzt wird und mit hoher Sicherheit zum Ziel führt.

Die vorangegangene Darstellung zum Einfluß von Wissen auf das Problemlösen eröffnet auch Möglichkeiten, den Einsatz von *Planspielen* genauer zu kennzeichnen. Im wirtschaftswissenschaftlichen Bereich sind Planspiele häufig verwendete Methoden zur Abbildung und Simulation von ökonomischen Tatsachen und Prozessen. Planspiele werden eingesetzt, um die Weiterentwicklung und bessere Nutzung von fachspezifischen Wissensbeständen voranzutreiben. Nach der oben angeführten Terminologie handelt es sich hierbei um eine Perfektionierung der auf dem assoziativen Niveau ablaufenden Prozeduren bis hin zu einem automatisierten Niveau. Planspiele weisen viele Merkmale auf, wie wir sie bereits bei komplexen Problemanforderungen kennengelernt haben, z.B. Vernetztheit der Variablen, Intransparenz der Gesamtsituation, Eigendynamik. Es lassen sich jedoch markante Abgrenzungen von komplexen Problemen auffinden.

Komplexe Probleme, wie z.B. das Dori-System, benötigen zur erfolgreichen Bearbeitung im Grunde genommen lediglich Weltwissen. Bereichsspezifisches Wissen kann auch bei studentischen Probanden, die überwiegend in solchen Untersuchungen mitgewirkt haben, nicht erwartet werden. Planspiele hingegen erheben den Anspruch, genau diese spezifischen Sachkenntnisse für eine erfolgreiche Bearbeitung beim Probanden vorauszusetzen. Ein solcher Unterschied müßte sich auch in

unterschiedlich ausgeprägten Leistungsmotivationen ausdrücken. Ein Versagen bei Anforderungen in Verbindung mit Weltwissen disqualifiziert einen Probanden in geringerem Maße hinsichtlich seiner Kompetenzen als ein entsprechender Mißerfolg eines ökonomisch versierten Problemlösers beim Planspielen.

#### 4. Zusammenfassung

Unsere Ausführungen sollten deutlich gemacht haben, daß Problemlösen immer *zielgerichtet* sein muß. Richtungsloses Vorgehen, wie z.B. beim Tagträumen, führt zu keiner stabilen Suchrichtung und setzt damit einen umfassenden Verstehensprozeß nicht voraus. Problemlösen besteht auch immer aus einer längeren Kette höherer geistiger Operationen. Das einfache Erinnern eines Datums können deshalb dem Problemlösen ebensowenig zugeordnet werden wie motorische Abläufe oder automatisierte Verhaltensprogramme.

Fassen wir die beiden Hauptphasen beim Problemlösen zusammen: (1) Für das Lösen eines Problems ist eine innere Repräsentation der Aufgabenumwelt erforderlich. Sie wird als Abbild oder als *Problemraum* bezeichnet und ermöglicht ein *Verstehen der Problem Anforderung*. Der Aufbau des Problemraumes auf seiten des Problemlösers ist mit einem *Selektions- und Interpretationsprozeß* verbunden. Nicht alle möglichen Einzelheiten der Aufgabenumwelt werden in einem Problemraum repräsentiert. Ausgewählt werden nur solche, die aus der Instruktion zu entnehmen sind, sowie jene Details, die mit vorhandenem Wissen in Einklang gebracht werden können. (2) Ist ein Problemraum als innere Repräsentation der Außenwelt entstanden, werden elementare Änderungsmöglichkeiten (*Operatoren*) mit den Problemeigenschaften in Verbindung gebracht. Aus einer solchen Verknüpfung entsteht ein Plan, der die Lösungssuche leitet. — Auf dem Wege der Problemlösung können neue Unterprobleme entstehen, deren Bearbeitung eine Erweiterung oder Umstrukturierung des anfänglichen Problemraumes erfordert.

Aus dieser Beschreibung ergibt sich, daß Problemlösen als Interaktionsprozeß zwischen Problemlöser und der Aufgabenumwelt aufgefaßt werden muß. Ob ein Zustand in der Aufgabenumwelt überhaupt als Problem erkannt wird, hängt von der Art des individuellen Problemraumes ab, den ein Problemlöser aufbaut. Für das Entstehen von Problemen sind immer Lücken im Problemraum verantwortlich. Diese können von sehr verschiedener Art sein, z.B. Wissensdefizite über Problemzustände reflektieren oder fehlende Kenntnisse über erfolgreiche Operatoren demonstrieren. Ob und wie schnell jemand sein Problem löst, hängt von der Art und vom Umfang seines individuellen Problemraumes ab und von der Art und Größe der Lücken, die sich darin befinden.

## Literatur

- AMAREL, S. (1983): Problems of representation in heuristic problem solving: Related issues in the development of expert systems. In R. Groner, M. Groner & W.F. Bischof (Eds.), *Methods of heuristics* (pp. 245-350). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- AMTHAUER, R. (1953): *Intelligenzstrukturtest IST*. Göttingen: Hogrefe.
- AMTHAUER, R. (1970): *Intelligenzstrukturtest IST-70*. Göttingen: Hogrefe.
- ANDERSON, J.R. (1983): *The architecture of cognition*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- ANDERSON, J.R. (1988): *Kognitive Psychologie*. Heidelberg: Spektrum.
- ANZAI, Y. & SIMON, H.A. (1979): The theory of learning by doing. *Psychological Review*, 86, 124-140.
- DÖRNER, D. (1976): *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- DÖRNER, D.; KREUZIG, H.W.; REITHER, F. & STÄUDEL, T. (Hrsg.) (1983): *Lohhausen. Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität*. Bern: Huber.
- DUNCKER, K. (1935): *Zur Psychologie des produktiven Denkens*. Berlin: Springer.
- GREENO, J.G. & SIMON, H.A. (1988): Problem solving and reasoning. In R.C. Atkinson, R.J. Herrnstein, G. Lindzey & R.D. Luce (Eds.), *Stevens' handbook of experimental psychology*, Vol. 2: *Learning and Cognition* (pp. 589-672). New York: John Wiley & Sons.
- HESSE, F.W. (1982): Training induced changes in problem solving. *Zeitschrift für Psychologie*, 190, 405-423.
- JOHNSON, P.; DURAN, A.; HASSEBROCK, F.; MOLLER, J.; PRIETULA, P. & SWANSON, D. (1981): Expertise and error in diagnostic reasoning. *Cognitive Science*, 5, 235-283.
- KARAT, J. (1982): A model of problem solving with incomplete constraint knowledge. *Cognitive Psychology*, 14, 538-559.
- KLIX, F. (1971): *Information und Verhalten*. Bern: Huber.
- KÖHLER, W. (1921): *Intelligenzprüfungen an Menschenaffen*. Berlin: Springer.
- LARKIN, J.H.; McDERMOTT, J.; SIMON, D.P. & SIMON, H.A. (1980): Models of competence in solving physics problems. *Cognitive Science*, 4, 317-345.
- LÜER, G. & SPADA, H. (1990): *Denken und Problemlösen*. In H. Spada (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie* (S. 189-289). Bern: Huber.
- McKEITHEN, K.; REITMAN, J.; RUETER, H. & HIRTLE, S.C. (1981): Knowledge organization and skill differences in computer programmers. *Cognitive Psychology*, 13, 307-325.
- NEWELL, A. & SIMON, H.A. (1972): *Human problem solving*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- NEWELL, A.; SHAW, J.C. & SIMON, H.A. (1960): A variety of intelligent learning in a general problem solver. In M.C. Yovits & S. Cameron (Eds.), *Self-organizing systems* (pp. 153-189). Oxford: Pergamon Press.
- NORMAN, D.A. & BOBROW, D.G. (1975): On data limited and resource limited processes. *Cognitive Psychology*, 7, 44-64.
- PUTZ-OSTERLOH, W. (1977): Über Problemlöseprozesse bei dem Test Würfelaufgaben aus dem Intelligenzstrukturtest IST und IST-70 von Amthauer. *Diagnostica*, 23, 252-265.
- PUTZ-OSTERLOH, W. (1983): Über Determinanten komplexer Problemlöseleistungen und Möglichkeiten zu ihrer Erfassung. *Sprache & Kognition*, 2, 100-116.
- PUTZ-OSTERLOH, W. & LÜER, G. (1975): Informationsverarbeitung bei einem Test zur Erfassung der Raumvorstellung. *Diagnostica*, 21, 166-181.

- PUTZ-OSTERLOH, W. & LÜER, G. (1979): Wann produzieren Probanden räumliche Vorstellungen beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben? *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 26, 138-156.
- SELZ, O. (1913): *Über die Gesetze des geordneten Denkverlaufs*. Stuttgart: Spemann.
- SPIES, K. & HESSE, F.W. (1987): Problemlösen. In G. Lüer (Hrsg.), *Allgemeine Experimentelle Psychologie* (S. 371-430). Stuttgart: Fischer.
- VOSS, J.F.; GREENE, T.R.; POST, T.A. & PENNER, B.C. (1983): Problem solving skill in the social sciences. In G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (pp. 165-213). New York: Academic Press.
- WERTHEIMER, M. (1964): *Produktives Denken*. Frankfurt a.M.: Kramer. (Original erschienen 1945.)

Anschrift der Autoren:

Dr. Uta Lass, Prof. Dr. Gerd Lüer,  
Institut für Psychologie der Georg-August-Universität Göttingen,  
Goßlerstraße 14, 3400 Göttingen.