

OTTO-FRIEDRICH-UNIVERSITÄT BAMBERG  
LEHRSTUHL FÜR ANGEWANDTE INFORMATIK  
INSB. KOGNITIVE SYSTEME  
PROF. DR. UTE SCHMID

---

## Hauptseminar Problemlösen und Planen

# Menschliches Problemlösen

19.01.2007

Name Vorname	Matrikelnummer	eMail-Adresse
Georgieva Daniela	1392873	daniela.georgieva@stud.uni-bamberg.de
Radzeviciute Kristina	1344547	kristina.radzeviciute@yahoo.com

**Inhalt**

1	Problem und Problemlösen - Definitionen.....	3
2	Problemtypen .....	4
2.1	Klassifizierung nach McCarthy:.....	4
2.2	Klassifizierung nach Dörner.....	5
2.3	Klassifizierung nach Greeno .....	6
2.4	Klassifizierung nach Chi, Glaser und Rees .....	6
2.5	Klassifizierung nach Gilhooly.....	7
3	Gestaltpsychologische Forschung zum Problemlösen .....	8
3.1	Umstrukturierung und Einsicht .....	9
3.2	Das Vier-Phasen-Modell von Wallas .....	10
3.3	Lösungshinweise und Gerichtetheit des Problemlösens .....	11
3.4	Funktionale Gebundenheit und Fixierung.....	11
3.5	Einstellungseffekte .....	12
4	Problemlösen im Informationsverarbeitungsansatz .....	14
4.1	Problemlösen als Suche in einem Problemraum .....	14
4.1.1	Heuristiken beim Problemlösen.....	15
4.1.2	Empirische Ergebnisse .....	16
4.2	Erweiterung der Problemraumtheorie zur Erklärung von Umstrukturierung .....	16
4.3	Expertise.....	19
4.4	Problemlösen durch analogen Transfer.....	22
4.5	Komplexes Problemlösen.....	23
5	Beispiel im ACT-R.....	25
6	Zusammenfassung.....	28
	Literatur .....	29

# 1 Problem und Problemlösen - Definitionen

Das Wort „Problem“ wird heutzutage oft benutzt. Es ist ein universales, allgemeines Wort, mittels dessen Schwierigkeiten jeglicher Art bezeichnet werden. Ein Problem liegt vor, wenn man keinen Parkplatz in der Stadt findet, wenn man eine Feier organisiert, wenn der Rechner nicht das tut, was man möchte, wenn man zum Arzt geht, wenn man mit dem Chef nicht zurecht kommt...Probleme können zu einer Gefahr für Gesundheit, Eigentum oder Umwelt führen. Sie treten oft plötzlich und unvermittelt auf. Ein Problem bedarf einer Lösung, aber nicht für alle Probleme gibt es Lösungen. Die Lösungen sind oft unbekannt, unmöglich oder schwierig.

Da der Terminus „Problem“ negativ konnotiert ist, entstand der Trend, das Wort „Problem“ durch das Wort „Herausforderung“ zu ersetzen. Manager und Berater formulieren: "It's not a problem, it's a challenge", so dass Sie als selbstbewusste, fähige Fachleute erscheinen, die immer eine Herausforderungsbewältigungsstrategie auf der Hand haben.

Ein Problem (von gr. *problematon*: "das, was zur Lösung vorgelegt wurde") ist ein Konflikt oder eine Schwierigkeit, die in der Abweichung eines Ist-Zustandes vom Optimum oder von gewünschten Eigenschaften besteht. Probleme sind also Hindernisse auf dem Weg zum Ziel.

Mayer (1992) unterscheidet drei Aspekte, die ein Problem charakterisieren: Situation, Ziel und Hindernisse.

- Situation: Bevor man versucht, ein Problem zu lösen, befindet man sich in einem **Anfangszustand**, der sich durch bestimmte Bedingungen, Objekte und Informationen auszeichnet.
- Ziel: Man stellt sich einen Zustand vor, in dem man sich nach der Lösung des Problems befinden möchte. Dieser Zustand wird als **Zielzustand** bezeichnet.
- Hindernisse: Auf dem Weg vom Anfangszustand zum Zielzustand treten **Hindernisse** auf. Wenn man ohne weiteres den Anfangszustand in den Zielzustand überführen kann, liegt kein Problem vor, sondern eine Aufgabe.

Das Bestreben, einen gegebenen Zustand (Ausgangszustand, Anfangszustand, Ist-Zustand) in einen anderen, gewünschten Zustand (Zielzustand, Soll-Zustand) überzuführen, wobei es gilt, dazwischen liegende Barrieren oder Hindernissen zu überwinden, ist als **Problemlösen** bekannt.

Besteht zum Beispiel das Problem darin, das Anagramm  $\langle\langle z, l, t, e, i, n, l, g, e, i, n \rangle\rangle$  zu lösen und ein sinnvolles Wort zu bilden, ist ein Hindernis gegeben, also die Lösung („Intelligenz“) gelingt in der Regel nicht unmittelbar. Besteht aber das „Problem“ darin, 8 und 4 zu multiplizieren, dann gelingt dies erwachsenen Leute ohne zu Zögern; die Barriere fehlt. Also geht es hier nicht mehr um ein Problem, sondern vielmehr um eine Aufgabe. Selbstverständlich ist es möglich, dass die gleiche Situation für eine Person eine Aufgabe und für eine andere Person ein Problem ist. Dies ist davon abhängig, ob aufgrund erworbener Erfahrung die Barriere fehlt oder ob aufgrund fehlender Erfahrung das unmittelbare Problemlösen nicht gelingt und somit ein Hindernis vorhanden ist.

Im Sinne der Informationsverarbeitungstheorie handelt es sich dann um ein Problem, wenn von einem gegebenen Ausgangszustand eines Systems der gewünschte Zielzustand nicht ohne weiteres erreicht werden kann. Die zwischen Ist- und Soll-Zustand liegende Barriere muss durch Einsatz von Regeln oder Operatoren beseitigt werden.

Ein formaler Ansatz zur Beschreibung von Problemen sieht folgendermaßen aus:

Ein Problem ist ein Quadrupel  $"P" = \langle P, A, Z, Op \rangle$  mit

- $P$ : einer Menge von Problemzuständen
- $A \in P$ : ist der Anfangszustand
- $Z \subseteq P$ : eine Menge von Zielzuständen
- $Op$ : eine Menge von (partiellen) Operationen  $o: P \rightarrow P$ .

Die Operatoren werden meistens als Produktionsregeln der Form Wenn-Dann-Regeln spezifiziert. Nach dem Anwenden der Operatoren findet eine Überprüfung statt, die bestimmt, ob das Ziel erreicht ist oder nicht.

## 2 Problemtypen

Um die unterschiedliche Probleme besser zu beschreiben und zu systematisieren, ist zwischenzeitlich eine Vielzahl an Klassifikationsvorschlägen vorhanden. Die wichtigsten davon werden im Folgenden kurz dargestellt.

### 2.1 Klassifizierung nach McCarthy:

- offene (schlecht definierte) Probleme
- geschlossene (gut definierte) Probleme

Eine der bedeutsamsten Unterscheidungen ist die Zweiteilung in **offene** (schlecht definierte) und **geschlossene** (gut definierte) Probleme (ill-defined and well-defined problems, McCarthy 1956). Ein geschlossenes Problem liegt vor, wenn sowohl der Anfangszustand als auch der Zielzustand klar definiert sind, jedoch die Operatoren zur Überführung der Barriere nicht bekannt sind. Ein bekanntes Beispiel sind die mathematischen Beweise, die zum Leidwesen vieler Schüler geführt werden müssen. Dabei geht es um das Nachweisen der Äquivalenz zwischen zwei Ausdrücken A und B. Ausgangszustand (A) und Zielzustand (B) sind klar definiert, aber die notwendigen rechnerischen Transformationen sind zunächst meist unbekannt. Wird demgegenüber eine Person mit der Aufgabe betraut, die Lebensqualität zu verbessern, so handelt es sich dabei um ein offenes (schlecht definiertes) Problem, denn weder Ausgangs- noch Zielzustand ist klar. Auch über die möglichen Operatoren herrscht weitgehend Unklarheit. Bei offenen Problemen können entweder der Anfangszustand, der Zielzustand oder beide unklar sein.

## 2.2 Klassifizierung nach Dörner

- Probleme mit Interpolationsbarrieren
- Probleme mit Synthesebarrieren
- Probleme mit dialektischen Barrieren

Diese Klassifizierung ist verbunden mit der nach McCarthy. Interpolations- und Synthesebarrieren treten vor allem bei geschlossenen Problemen auf, während dialektische Barrieren in allen offenen Problemen zu finden sind. Eine **Interpolationsbarriere** liegt dann vor, wenn neben Ist- und Soll-Zustand auch die Operatoren zur Überwindung des Hindernisses bekannt sind, nicht aber deren spezifische Kombination oder Abfolge. Ein typisches Beispiel dafür sind die Anagramme. Dem Problemlöser ist klar, wie die Barriere zu überwinden ist – er muss die Anordnung der Buchstaben ändern. Danach muss die richtige in der Menge aller möglichen Anordnungen gefunden werden. Im Falle, dass die benötigten Operationen zur Überwindung der Barriere unklar sind, ist eine **Synthesebarriere** vorhanden. Ein Beispiel dafür ist die Zahlenreihe 4, 6, 5, 7, 6, ... fortzufahren. Hier liegt zwar ein gut definiertes Problem vor, aber der Weg zur Lösung (4,  $_{(+2)}$  6,  $_{(-1)}$  5,  $_{(+2)}$  7,  $_{(-1)}$  usw.) und damit auch die barriereüberwindenden Transformationen bzw. Operationen sind unbekannt. Die Barriere bei einem offenen Problem nennt Dörner deshalb **dialektisch**, weil die Lösungsvorschläge erst auf interne oder externe Widersprüche überprüft und optimiert werden müssen.

## 2.3 Klassifizierung nach Greeno

- Transformationsprobleme
- Neuordnungsprobleme
- Induktionsprobleme

Probleme, bei denen der Anfangs- und der Zielzustand gut definiert sind und in denen die Problemlöser eine bestimmte Sequenz von mentalen Handlungen ausführen müssen, um ausgehend von der Anfangssituation das Ziel zu erreichen, werden **Transformationsprobleme** benannt. Die richtige Strategie muss also von einer großen Menge an Möglichkeiten gesucht werden. Folgende Probleme zählen zu den Transformationsprobleme: Tower-von-Hanoi-Problem, das-Hobbits-und-Orc-Problem sowie diverse Wasserumfüllaufgaben. Bei den **Neuordnungsproblemen** sind alle Problemelemente bekannt und ein allgemein beschriebenes Ziel ist angegeben. Die Aufgabe des Problemlösers besteht darin, die Elemente unter Beachtung der Zielbeschreibung umzuordnen. Ein typisches Beispiel für diesen Problemtyp stellen die vorher erwähnten Annagramme. Der letzte Problemtyp basiert auf der Induktion. Bei den **Induktionsproblemen** wird also versucht, eine abstrakte, generalisierte Struktur aus mehreren Beispielen zu erschließen. Als Beispiel dafür können die Analogieprobleme genannt werden, bei denen der Problemlöser die Struktur eines bekannten Problems als Musterstruktur übernimmt und sie in der aktuellen Problemsituation einsetzt, um eine Lösung zu finden.

## 2.4 Klassifizierung nach Chi, Glaser und Rees

- semantisch reiche (komplexe) Probleme
- semantisch arme (einfache) Probleme

Diese Unterscheidung basiert auf dem notwendigen Vorwissen des Problemlösers. Setzt das Lösen des Problems umfangreiches, spezifisches Vorwissen über die konkrete Situation voraus, so spricht man von einem semantisch reichen Problem. Analog zu der Klassifizierung von Problemen und Aufgaben im Unterschied von der Wissensbasis des Problemlösers, ist es auch hier möglich, dasselbe Problem für eine Person als semantisch reich und für eine andere als semantisch arm zu klassifizieren. So würde zum Beispiel ein Informatiker die Reparatur eines Boilers als komplexes Problem ansehen, dahingegen würde dasselbe Problem für einen

Elektroingenieur als einfach zählen. Als semantisch arme sind diejenige Probleme anzusehen, die kein spezifisches Vorwissen voraussetzen.

## 2.5 Klassifizierung nach Gilhooly

- Probleme mit Gegner
- Probleme ohne Gegner

Eine weitere interessante Unterscheidung schlägt Gilhooly vor. Er differenziert die Probleme nach der Anzahl der Problemlöser. So zählt zum Beispiel das Kartenspiel oder das Schachspiel als Problem mit Gegner, wohingegen das Erbringen eines mathematischen Beweises mit dem gegebenen Material als Problem ohne Gegner zu bezeichnen ist.

Es gelingt zwar nicht immer, ein Problem eindeutig in den Klassifizierungen einzuordnen, aber in den Fällen, in denen es gelingt, bieten sie einen guten Überblick über die Struktur des Problems und geben Hinweise für die möglichen Lösungen.

Für die Lösung eines Problems ist es nicht nur wichtig zu wissen zu welchem Problemtyp es gehört, sondern auch den entsprechenden Lösungsweg zu kennen. Es besteht die Notwendigkeit, einen weiteren Abstraktionsschritt zu vollziehen und übergreifende theoretische Ansätze zu betrachten. Deren Ziel ist es nicht nur, die Befunde eines Experiments im Nachhinein zu erklären und zu beschreiben, sondern auch den Versuch zu unternehmen, die Merkmale für möglichst viele verschiedenartige Fragestellungen geltend zu machen. Außerdem erlauben sie auch Vorhersagen für neue Fragestellungen.

### 3 Gestaltpsychologische Forschung zum Problemlösen

Der Behaviorismus versucht das Verhalten von Menschen zu erforschen und zu erklären. Die Grundidee des Behaviorismus ist, dass das Gehirn als bloße Black-Box funktioniert, die auf einen einwirkenden Reiz automatenhaft mit einer Reaktion antwortet. Das menschliche Individuum wird als ein reagierendes Subjekt betrachtet. Die Gestalttheorie richtet sich gegen der Auffassung des Behaviorismus, dass der Mensch nur ein passives Wesen ist. Ihr zu Folge löst der Problemlöser seine Probleme nicht nur indem er früher gelernte Reiz-Reaktions-Beziehungen wieder verwendet, sondern indem er aktiv versucht die Umwelt zu bewältigen, dabei produktiv (schöpferisch) agiert sowie planend und organisiert vorgeht. Aus der Sicht der Gestaltpsychologie handelt es sich bei einem Problem um eine *defekte Gestalt*, die im Menschen Spannung erzeugt. Diese Spannung bringt die Person dazu, nach einer Spannungslösung derart zu suchen, dass aus der defekten Gestalt eine *gute Gestalt* wird.

Die Gestaltpsychologie setzt sich auch gegen eine weitere Theorie – die von Thorndike (1911) – durch. Thorndike postulierte, dass die beiden Konzepte Problemlösen durch Versuch und Irrtum (trial and error) und Verstärkung erfolgreicher Verhaltensweisen (law of effect) ausreichend sind, um das gesamte Verhaltensrepertoire beim Problemlösen von Menschen und Tieren zu erklären. Köhler (1921) wendete sich strikt gegen das Prinzip von Versuch und Irrtum als Erklärung für die von ihm gemachten Beobachtungen an Menschenaffen. Er führte mehrere Experimente mit Schimpansen durch. Schimpansen wurden mit Hilfsmittel wie Rohren oder Kisten in einen Käfig gesperrt. Eine Banane wurde so auf die Decke aufgehängt, dass sie von den Affen nicht direkt zu erreichen war. Nach einigen vergeblichen Bemühungen, die Banane zu erwischen, kamen die Schimpansen auf die Idee, einen der Gegenstände im Käfig als Hilfsmittel zu verwenden. Beim nächsten Versuch wiederholten sie sofort und ohne Fehlversuche die erfolgreiche Verhaltensweise. Die Hauptideen aus diesen Versuchen sind folgende:

- Die Anordnung der Problemsituation bestimmt stark die Einsicht.
- Der Lernerfolg steigt nicht stetig an, sondern er stellt sich auf einmal ein.
- Ist die Lösung des Problems bekannt, kann sie sofort wiederholt werden.



- Die gewonnene Lösung kann auch in ähnlichen Situationen angewendet werden, da kein Handlungsablauf, sondern eine kognitive Struktur gelernt wurde.

Insbesondere hob Köhler hervor, dass beim Problemlösen durch Versuch und Irrtum Einzelaspekte der Situation nicht in einen sinnvollen Zusammenhang gebracht werden. Er bestritt gar nicht, dass manchmal zufällige Verhaltenssequenzen auch bei den Schimpansen auftraten. Allerdings betonte er, dass einsichtige Lösungen vollkommen anders aussahen. Diese seien gekennzeichnet durch einen internen Umstrukturierungsvorgang mit daraus folgender plötzlicher Einsicht, was darauf hindeute, dass die Gesamtlösung ein Produkt „optischer Übersicht über den gesamten Situationsaufbau“ darstelle und „in Rücksicht auf die Feldstruktur“ entstehe. Köhlers Hauptthese ist, dass das Ganze mehr als die Summe der Teile ist.

Die Gestaltpsychologie hat viel im Bereich des Problemlösens geforscht. Die folgende Auflistung zeigt die wichtigsten gestaltpsychologischen Annahmen:

- Problemlösen ist sowohl reproduktiv als auch produktiv.
- Reproduktives Problemlösen setzt Vorwissen vor. Manchmal kann dieses Vorwissen den Prozess zur erfolgreichen Lösung verhindern.
- Produktives Problemlösen charakterisiert sich durch Einsicht in die Struktur des Problems und wird durch Umstrukturierung der Problemsituation erreicht.
- Die Einsicht kommt für den Problemlöser plötzlich und überraschend und ist oft mit einem Aha-Erlebnis verbunden.

### 3.1 Umstrukturierung und Einsicht

Die Kernannahme der gestaltpsychologischen Denkforschung besteht darin, dass Umstrukturierung der essentielle Denkprozess ist, der dem produktiven Denken zugrunde liegt. Umstrukturierung führt zur Einsicht in die Problemstruktur und ermöglicht damit ein „tieferes Verstehen“ des Problems.

In den gestaltpsychologischen Ansätzen zum Problemlösen nimmt die Problemsituation einen wichtigen Stellenwert ein. Dabei wird vor allem betont, dass der Problemlöser die Problemsituation in ihrer Ganzheit und nicht in ihren Einzelkomponenten wahrnimmt. Demzufolge ist jede Situation durch Strukturen gekennzeichnet, die sich als unterschiedliche Typen von Relationen zwischen Einzelementen auffassen lassen (Figur-Grund, Zentrum-Peripherie, Teil-

Ganzes). Diese Strukturen charakterisieren die Gesamtsituation und können nicht auf Teile der Situation reduziert werden.

Eine weitere Annahme ist, dass Umstrukturierungen umso wahrscheinlicher werden, je tiefer Problemlöser die gegebene Situation analysiert haben. Erst durch diese Analyse werden Spannungen, Konflikte und Lücken klar. Um zu einer neuen Struktur gelangen zu können, muss die bestehende Struktur zunächst wahrgenommen und verstanden werden.

Eine Analyse von Einzelementen der Situation führt dagegen nicht zur Umstrukturierung, weil Spannungen und Lücken in den Relationen zwischen den Elementen durch diese Betrachtungsweise nicht klar werden.

Schließlich sind Umstrukturierungen auch mit bestimmten Erlebensqualitäten verbunden. Insbesondere werden sie subjektiv als überraschend erlebt: Man führt sie nicht herbei, sondern sie geschehen einfach („sie stoßen einem zu“). Sie sind meist mit einem Aha-Erlebnis (Bühler, 1907) und einem Gefühl der Plötzlichkeit, der Überraschung, des Fortschritts und der Offensichtlichkeit verbunden. Man fragt sich hinterher, wieso man die Lösung nicht gleich gesehen hat. Umstrukturierungen und die damit verbundenen Einsichten haben außerdem einen aktivierenden Effekt auf die Problemlösung und führen zu positiven Emotionen.

## 3.2 Das Vier-Phasen-Modell von Wallas

Schon in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts gab es Versuche, Modelle des einsichtigen Problemlösens zu entwickeln. Zur größten Bekanntheit brachte es das Vier-Phasen-Modell von Wallas (1926). Wallas zufolge wird in der ersten Phase, der **Vorbereitungsphase**, das Problem formuliert. Dabei scheitern zunächst mehr oder weniger umfangreiche Lösungsversuche innerhalb der ursprünglichen Formulierung. Gegen Ende dieser Phase verfestigt sich das Gefühl, dass das Problem nicht lösbar ist. Nun folgt die **Inkubationsphase**. Das Problem wird zur Seite gelegt, d.h. es wird nicht weiter aktiv nach einer Lösung gesucht. In der dritten Phase, der **Illuminationsphase**, kommt es zu einer plötzlichen Einsicht. Die Einsicht besteht darin, dass die Lösung oder ein kritischer Aspekt der Lösung vollkommen unerwartet im Bewusstsein des Problemlösers erscheint. In der letzten Phase, der **Verifikationsphase**, werden die Implikationen der neu gewonnenen Einsicht ausgearbeitet. Dabei wird auch überprüft, ob die Lösung tatsächlich realisierbar ist.

### 3.3 Lösungshinweise und Gerichtetheit des Problemlösens

Zwei weitere Faktoren, die bei dem Problemlösen eine wichtige Rolle spielen sind der Lösungshinweis und die Gerichtetheit des Problemlösens. Maier (1931) führte mehrere Experimente durch, (das bekannteste davon ist das Zwei-Seile-Problem) deren Ergebnisse zeigten, dass unbemerkte Lösungshinweise eine Umstrukturierung der Problemsituation anstoßen können. Außerdem zeigt er, dass die Lösung von Problemen nicht allein durch die Kombination einzelner Erfahrungselemente zustande kommen kann, sondern dass „direction“ (Richtung, Gerichtetheit) einen entscheidenden Faktor beim Problemlösen darstellt. Direction definierte er als „die Art in der ein Problem angegangen wird“ oder „die Schwierigkeit, die in dem Problem gesehen wird“ (Maier, 1930). Vorerfahrungen sind nur in dem Maße wichtig, in dem sie es dem Problemlöser ermöglichen, die in dem Problem gesehene Schwierigkeit zu überwinden. Maier zufolge sprechen die Ergebnisse für die gestaltpsychologische Annahme, dass produktives Denken zur Bildung neuer Strukturen oder Konfigurationen durch Umgruppierung führt. Direction stellt einen wichtigen Faktor dar, der bestimmt, welche neuen Gruppierungen geformt werden. In moderner Terminologie würde man direction wohl als Zielrepräsentation der Problemlösung bezeichnen. Insofern lassen sich die Ergebnisse aus Maiers Versuch auch als erster Beweis dafür interpretieren, dass beim Problemlösen nicht nur die gegebene Ausgangssituation, sondern auch das angestrebte Ziel das Verhalten leiten kann

### 3.4 Funktionale Gebundenheit und Fixierung

In der Gestaltpsychologie wird die Idee vertreten, dass sich Vorwissen nicht immer positiv auf das Lösen eines Problems auswirkt. Ein Beweis dafür ist die funktionale Gebundenheit. Das Phänomen der funktionalen Gebundenheit äußert sich darin, dass Objekte mit ganz bestimmten Funktionen gedanklich in Verbindung gebracht werden und aus diesem funktionalen Zusammenhang nicht mehr gelöst werden können – „Merkmalfixierung“. Dies kann dazu führen, dass aufgrund eben dieser funktionalen Gebundenheit die man einem Objekt (Gegenstand) gegenüber besitzt eine Problemlösung erschwert wird oder in weite Ferne rückt.

Ein bekannter Versuch von Duncker aus dem Jahr 1935 beschreibt dieses Phänomen eindrücklich. Duncker gab seinen Versuchspersonen eine Kerze, ein Päckchen Streichhölzer und einige Reißnägel und bat sie, die Kerze an der Wand zu befestigen und sie dann zu entzünden. Die Lösung des Problems ist denkbar leicht: Kippen Sie die Hölzer aus der Streichholzschachtel und pinnen Sie die Streichholzschachtel an die Wand. Befestigen Sie darauf die

Kerze, das Anzünden ist dann nur noch ein kleines Problem. Es zeigte sich, dass tatsächlich ein Großteil der Versuchspersonen erst nach einiger Zeit oder mit Tipps das Problem lösen konnten. Ein Grund ist, dass wir die Verpackung der Streichhölzer zunächst nur als Verpackung der Streichhölzer wahrnehmen. Die Idee, diese als Halterung zu nutzen, scheitert zunächst an der Gebundenheit an die Funktion "Verpackung".

Ähnlich wie die funktionale Verbundenheit hindert auch die Fixierung das erfolgreiche Problemlösen. Der Fixierung liegen aber andere Gründe zugrunde wie z.B. Gruppierung von Einzелеlementen zu einer kohärenten Gestalt. Ein bekanntes Beispiel dafür ist das Neun-Punkte-Problem, bei dem viele Leute nicht zur Lösung kommen. Das Problem wurde von Scheerer (1963) definiert und besteht darin, neun Punkte, die in einer 3 x 3 Matrix angeordnet sind, mit maximal vier Strichen zu verbinden, ohne den Stift abzusetzen.



Der Grund für das Scheitern beim Problemlösen laut Scheerer liegt darin, dass die Punkte den Gestaltgesetzen folgen, zu einem Quadrat gruppiert zu werden. Das hindert die Menschen, sich eine Linie außerhalb des Quadrats darzustellen.

### 3.5 Einstellungseffekte

Während die Behavioristen von der enormen Wichtigkeit des Übens überzeugt waren, wurde diese Praktik von den Gestaltpsychologen als „sinnloser Drill“ abgelehnt. Spätestens seit Luchins und Luchins kann es als belegt angesehen werden, dass wiederholtes Üben der stets gleichbleibenden Handlungsweise einer effektiven Problemlösung entgegenwirken kann.

Ausgangspunkt Luchins war die Annahme, dass Einstellungseffekte Menschen an der genauen Analyse eines Problems hinderten. Vielmehr führten sie zu einer mechanischen Anwendung der geübten Methode.

Dieser gestaltpsychologischen Sichtweise wurde seitens der Behavioristen entgegengehalten, Einstellungseffekte ermöglichten ein effektiveres Problemlösen, da sie

das Entwerfen einer eigenen Problemlösungsstrategie für jedes einzelne Problem überflüssig machten.

Generell jedoch muss festgestellt werden, dass das Üben der stets gleichen Lösungsroutine das Finden kreativer Lösungsansätze im Rahmen neuer Probleme erschwert (vgl. Knoblich 2002).

## 4 Problemlösen im Informationsverarbeitungsansatz

Dem Ansatz der Informationsverarbeitung liegt eine Analogie zwischen Menschen und Computer zugrunde: Beide besitzen die Fähigkeit, jeden Sachverhalt, „der symbolisch dargestellt werden kann, in eine symbolische Form umzuwandeln, wie auch mit Hilfe einiger weniger Grundoperationen eine große Anzahl komplexer Aufgaben zu lösen (Brander et al. 1989: 14).“ Wesentlich beeinflusst wurde die Psychologie des Problemlösens durch Newell und Simon sowie durch diese entwickelten Computermodelle kognitiver Prozesse. Deren Bedeutung ist insofern groß, als sie die Abkehr von der Untersuchung von Reiz-Reaktions-Zusammenhängen und die Hinwendung zur Untersuchung kognitiver Prozesse darstellen.

### 4.1 Problemlösen als Suche in einem Problemraum

Newell und Simon gehen davon aus, dass der Mensch bei einem zu lösenden Problem zunächst einen Ausgangszustand vorfindet, den es in einen bestimmten Endzustand zu überführen gilt. Ausgangs- und Endzustand werden von Newell und Simon mit dem Ein- und Ausgang eines Labyrinths verglichen, wobei die unterschiedlichen, dem Problemlöser zur Verfügung stehenden Handlungen das Gehen in die unterschiedlichen Gänge ist, wodurch ein neuer Zustand des Problems geschaffen wird.

In der Realität kommt es zumeist nicht vor, dass ein Problemlöser alle potenziellen Handlungen vornimmt. Vielmehr führt er so genannte mentale Handlungen bzw. mentale Operatoren aus.

Der Terminus Problemraum bezeichnet die Gesamtheit aller möglichen Zustände, unabhängig der Frage, ob ein Zustand der Problemlösung dient oder vom Problemlöser während des Prozesses des Problemlösens angetroffen wird. Brander et al. definieren Problemraum als den „Bereich, in dem eine angemessene Lösung gefunden werden kann“ und grenzen ihn dadurch von dem Begriff des Suchraums ab „in dem eine Person die Lösung des Problems sucht (Brander et al. 1989: 120).“ Der Problemraum fungiert als Möglichkeitsraum, in dem all die Zustände zusammengefasst sind, die sich aus den unterschiedlichen möglichen Handlungen ergeben. Die Bestimmung des Problemraums für ein bestimmtes Problem geschieht mittels einer formalen Aufgabenanalyse oder Problemanalyse.

Die Vielzahl potenzieller Handlungsmöglichkeiten – nach Newell und Simon existieren  $4^{10}$  Handlungsmöglichkeiten für ein aus 10 Kreuzungen bestehendes Labyrinth – macht es nahezu unmöglich jede einzelne auszuführen oder durchzudenken. Deshalb nehmen Menschen allgemeine Heuristiken zu Hilfe und vermeiden so Zustände, die einer Lösungsfindung vermutlich nicht dienlich sind. Heuristik bezeichnet somit eine Methode, die Anzahl von Zuständen im Suchraum einzuschränken, weshalb von einer heuristischen Suche im Problemraum gesprochen wird. Generell kann festgestellt werden, dass einige Heuristiken von Problemlösern intuitiv angewendet werden, wenn diese Probleme naiv lösen (vgl. Brander et al. 1989: 124).

#### 4.1.1 Heuristiken beim Problemlösen

Der Schleifenvermeidungsheuristik liegt die Idee zugrunde, Zustände nicht häufiger als einmal zu durchlaufen und somit Wiederholungen zu vermeiden. Im als Beispiel gewählten Labyrinth hieße die Anwendung dieser Heuristik, die bereits passiertten Gänge zu markieren, um diese nicht nochmals zu durchlaufen.

Die Unterschiedsreduktionsheuristik besteht darin, immer den Zustand anzustreben, der dem erwünschten Endzustand am nächsten ist. Im beschriebenen Labyrinth bedeutet die Anwendung dieser Heuristik, an jeder Kreuzung den Gang zu wählen der in die Richtung des Ziels führt. Hierbei tritt jedoch dann ein Problem auf, wenn der bzw. die direkte(n) Weg(e) zum Ziel versperrt ist/sind.

Der Heuristik der Mittel-Ziel-Analyse liegt eine Art Dreischritt zugrunde: (1) Die Differenz zwischen Ausgangs- und Endzustand wird ermittelt. (2) Es kommt zur Bildung eines Teilziels, durch dessen Erreichen die ermittelte Differenz verkleinert wird. (3) Es kommt der mentale Operator zur Anwendung, mittels dessen sich das Teilziel erreichen lässt.

Als zentraler Vorteil der Problemraumtheorie ist es zu sehen, dass sie einen allgemeingültigen Ansatz darstellt und somit die Möglichkeit bietet, „Problemstrukturen in idealisierter Weise zu spezifizieren“, um somit die ideale Problemlösung zu finden. Auf dieser Basis ist es möglich, eine Analyse abweichender Strategien anzustellen, und somit festzustellen, welche Aspekte von Problemen den Problemlösern Schwierigkeiten bereiten und welche der zur Auswahl stehenden Strategien zur Anwendung kommen.

Ein Nachteil der Problemlösungstheorie ist die Unmöglichkeit eines empirischen Belegs ihrer Grundannahmen. Auch die Entwicklung von Computermodellen des Problemlösens innerhalb der Anhänger der Problemlösungstheorie ermöglicht lediglich die Reproduktion eines bei einer menschlichen Problemlösung gefundenen Datenmusters, nicht jedoch die Darstellung eines guten Modells der zugrundeliegenden kognitiven Prozesse (vgl. Knoblich 2002).

### **4.1.2 Empirische Ergebnisse**

Die Problemraumtheorie wurde verschiedentlich empirischen Untersuchungen unterzogen.

So auch durch Thomas, der die Handlungen wie auch die Dauer der Überlegungen verschiedener Probanden beim Lösen des Hobbits-und-Orc-Problems festhielt. Seine Untersuchung stützt die Problemraumtheorie, da die Probanden an den Stellen, an denen mehr unterschiedliche Züge möglich waren, signifikant länger überlegten und deutlich mehr Fehler machten. Außerdem ließ sich feststellen, dass ein in Widerspruch zur Unterschiedreduktionsheuristik stehender, nichtsdestotrotz jedoch notwendiger Zug von den Problemlösern als besonders schwierige Situation wahrgenommen wurde.

Schmid verwendete das Tower-von-Hanoi-Problem und belegte damit, dass Problemlöser die Theorie der Mittel-Ziel-Analyse anwenden. So benötigten die Probanden, die zuvor weniger komplexe, jedoch identisch strukturierte Probleme gelöst hatten, weniger Züge zur Lösung des Problems als eine Kontrollgruppe, die sofort mit der komplexeren Aufgabensituation konfrontiert wurde.

## **4.2 Erweiterung der Problemraumtheorie zur Erklärung von Umstrukturierung**

Kaplan und Simon treffen die Annahme, dass bei Problemen u.U. der Ausgangszustand nicht korrekt repräsentiert wird und bspw. Teilaspekte des Problems bei der anfänglichen Enkodierung unberücksichtigt bleiben, wodurch im Verlauf des Lösungsprozesses „eine Veränderung der Problemrepräsentation nötig“ werden kann. Kaplan und Simon unterstellen, dass Problemlöser eine derartige Veränderung vornehmen, wenn sie der Lösung nicht näher kommen. Zur Überprüfung ihrer These



verwenden sie das Problem des unvollständigen Schachbretts. Bei dieser Aufgabe sind zwei gegenüberliegende Ecken eines Schachbrettes entfernt und dem Probanden fällt die Aufgabe zu, zu entscheiden, ob die alle verbliebenen Felder mit Dominosteinen bedeckt werden können, wenn jeder Dominostein zwei Schachfelder bedeckt. Dies jedoch ist nicht, da die beiden entfernten Eckfelder beider die gleiche Farbe besitzen, ein Dominostein jedoch immer nur ein weißes und ein schwarzes Feld abdecken kann. Die bei der Lösung der Aufgabe auftretenden Schwierigkeiten sehen Kaplan und Simon darin begründet, dass der Problemlöser zunächst einen Problemraum mit Millionen potenzieller Zustände erkennt, während die Tatsache, dass 30 weiße sowie 32 schwarze Felder existieren, „anfänglich nicht repräsentiert wird“. Diese Annahme wird gestützt durch die Tatsache, dass bei unterschiedlichen Varianten dieser Aufgabe diejenige am besten gelöst wurde, die die Unterschiede zwischen den beiden Feldertypen am deutlichsten betonten. Darüber hinaus waren Lösungshinweise, die die Unterschiedlichkeit der Felder betonte, am effektivsten.

Ohlsson trifft die Annahme, dass „Einsicht als Folge der Veränderung von Problemrepräsentationen auftritt“ und erweitert die Problemraumtheorie zur Erklärung von Umstrukturierung und Einsicht. Seine Ausgangsüberlegung ist, dass Menschen im Verlauf eines Problemlösungsprozesses auf Sackgassen treffen können, die dadurch gekennzeichnet sind, dass eine Lösung unmöglich erscheint, obgleich alle notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten vorhanden sind. Das Ausbrechen aus einer derartigen Sackgasse ist begleitet von Einsicht. Dieser Annahme entsprechend gilt es, drei zentrale Fragen zu lösen:

- (1) Wieso treten Sackgassen beim Problemlösen auf?
- (2) Wie entkommen Problemlöser aus Sackgassen?
- (3) Was passiert nach dem Ausbrechen aus einer Sackgasse?

(vgl. Knoblich 2002: 659)

Ohlsson gibt eine Vielzahl an Antworten auf diese Fragen, die Knoblich (2002) folgendermaßen zusammenfasst:

- „Einsichtsprobleme sind Probleme, bei denen mit hoher Wahrscheinlichkeit entweder der Ausgangszustand oder der Zielzustand der Problemlösung nicht angemessen repräsentiert werden.
- Probleme bei der anfänglichen Enkodierung entstehen entweder durch Vernachlässigung bestimmter Problemaspekte, hinderliches Vorwissen oder unangemessene perzeptuelle Interpretation der Problemsituation.
- Die anfängliche Problemrepräsentation determiniert, welche Operatoren im Langzeitgedächtnis aktiviert werden. Ist die Repräsentation unangemessen, werden vorhandene Operatoren nicht aktiviert.
- Sackgassen können nur durch eine Veränderung der Problemrepräsentation aufgelöst werden. Durch die veränderte Repräsentation können neue Operatoren aktiviert werden, die eine Lösung des Problems möglich machen.
- Es gibt unterschiedliche Wahrnehmungs- und Gedächtnisprozesse, die zur Veränderung der Problemrepräsentation führen können. Dazu gehören Elaboration (Ergänzung der Anfangsrepräsentation), Re-Enkodierung (Reinterpretation des perzeptuellen Inputs) und die Lockerung von Rahmenbedingungen (Erweiterung einer zu engen Zielrepräsentation).
- Nach der Auflösung einer Sackgasse kann es zu einer vollen oder teilweisen Einsicht kommen. Eine volle Einsicht tritt dann auf, wenn neu aktivierte Operatoren ein direktes Erreichen des Zielzustands ermöglichen.“

(Knoblich 2002: 659)

Ohlssons Theorie wird gestützt durch Untersuchungen zur Streichholzarithmetik: Mittels Streichhölzern werden zwei aus römischen Ziffern bestehende mathematische Gleichungen gelegt. Bei beiden soll jeweils ein Hölzchen umgelegt werden, um eine stimmige mathematische Gleichung zu erhalten. Da in der gewöhnlichen Arithmetik häufig Werte verändert werden, selten jedoch Rechenoperationen, wird zunächst eine Zielrepräsentation gebildet, bei der die einzelnen Werte im Gegensatz zu den Operatoren als veränderbar repräsentiert werden. Deshalb bereitet die zweite Gleichung größere Schwierigkeiten, da hier im Gegensatz zu Gleichung I ein Streichholz aus einem Operator entfernt und zu einem anderen Operator gelegt werden muss.

Die Plötzlichkeit der Einsicht erklärt Ohlsson damit, dass die zur Veränderung der Repräsentation führenden Prozesse den Problemlösern nicht bewusst sind. Diese Annahme wird gestützt durch Untersuchungen von Metcalfe und Wiebe: Sie ließen

Probanden während eines Problemlösungsprozesses Urteile abgeben, wie weit diese sich vom Endzustand entfernt sahen. Bei konventionellen Problemen trafen die Problemlöser die Einschätzung, sich linear auf die Lösung zu bewegen. Bei Einsichtsproblemen jedoch gaben sie auch dann noch an, weit entfernt von der Lösung zu sein, wenn sie das Problem unmittelbar nach Abgabe dieses Urteils lösten.

Zwar wird die Wichtigkeit von Einsicht und Umstrukturierung im Rahmen der Problemlöseforschung von zahlreichen kognitiven Psychologen vertreten, doch bestehen auch Zweifel. Diese gründen sich v.a. auf Untersuchungen mithilfe des Neun-Punkte-Problems. Hierbei geht es darum, neun, in Form eines Quadrats angeordnete Punkte mittels vierer Linien zu verbinden. Die weit verbreitete Annahme, die Schwierigkeit bestehe darin, dass bei der Lösung über das Quadrat hinaus gezeichnet werden muss. Sollte dies zutreffen, müsste die Lösung einfacher werden, wenn man den Problemlösern mitteilt, dass sie über das Quadrat hinaus zeichnen dürfen. Diese These jedoch hielt einer Überprüfung durch Weisberg und Alba nicht stand: Der Hinweis erleichterte die Lösung keinesfalls. Eine identische Erkenntnis lieferte eine Untersuchung von MacGregor, Ormerod und Chronicle, da auch verschiedene Varianten des Neun-Punkte-Problems nicht besser gelöst werden konnten, obgleich die Punkte hier nicht in Form eines Quadrats angeordnet waren (Knoblich 2002).

### 4.3 Expertise

Wurden bislang Probleme thematisiert, für die entweder wenig Vorwissen besteht oder in dem hinderliche Einflüsse des Vorwissens erkannt werden, so beschäftigt sich die Expertiseforschung mit der Frage nach „der Art und dem Erwerb problemrelevanten Vorwissens“. Von daher vergleicht die Expertiseforschung v.a. das Problemlöseverhalten von Experten und Novizen und weist v.a. die folgenden Unterschiede nach:

- Experten enkodieren Probleme effizienter als Novizen und haben besser ausgearbeitete Problemrepräsentationen.
- Experten erinnern problemrelevante Informationen besser. Das bessere Erinnerungsvermögen geht auf breiteres und besser organisiertes Wissen, nicht auf bessere kognitive Basiskapazitäten (z.B. breitere Gedächtnisspanne) zurück.
- Experten wenden andere Problemlösestrategien an als Novizen.

- Experte wird man durch extensive Übung.

### Schachexpertise

Besonders gut untersucht ist die Expertise im Schach. Darüber hinaus bietet sich das Schachspiel für eine Analyse mittels der Problemraumtheorie geradezu an, da Ausgangszustand ebenso wie Ziel und Problemlöseoperatoren genau definiert sind. Der Problemraum ist sehr groß, da bereits „die ersten sechs Züge“ neun Millionen Varianten bieten.

DeGroot belegte, dass der Unterschied zwischen Großmeistern und durchschnittlichen Schachspielern nicht darin besteht, dass diese unterschiedlich viele Züge in Betracht ziehen, sondern vielmehr darin, dass Großmeister weniger Zeit für die einzelnen Züge benötigen. Das bessere Spiel der Großmeister kommt dadurch zustande, dass sie „ein viel breiteres und besser organisiertes Wissen über Schachstellungen und günstige Züge ... im Gedächtnis gespeichert haben“. Dies ermöglicht es ihnen, nicht zielführende Züge schnell auszuschließen und sich somit ausschließlich auf die relevanten Züge zu konzentrieren.

Chunking meint das Gruppieren von Einzelementen zu größeren sinnvollen Einheiten. Chase und Simon weisen dieser Fähigkeit eine große Wichtigkeit für das Schachspiel zu. Sie belegen, dass Experten im Gegensatz zu Novizen zwar nicht mehr Chunks im Gedächtnis behalten können, dass ihre Chunks sich jedoch aus mehr Einzelementen zusammensetzen (vgl. Knoblich 2002).

### Expertise in der Physik

Bezüglich physikalischer Probleme lässt sich feststellen, dass Anfänger deutlich länger für das Lösen einer Aufgabe brauchen als Experten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Lösung eines physikalischen Problems in einem Dreischritt verläuft:

- (1) Problemanalyse und kognitive Repräsentation
- (2) Abruf relevanter physikalischer Prinzipien
- (3) Anwendung dieser Prinzipien auf die Aufgabe

Experten sind hier Novizen gegenüber aus drei Gründen im Vorteil:

- „Das Wissen von Experten über physikalische Prinzipien ist in größere funktionale Einheiten organisiert ...
- Experten achten auf die Tiefenstruktur der Aufgabe, Novizen auf die Oberflächenstruktur ...
- Die Strategie von Experten besteht darin, von der gegebenen Situation auf die unbekanntes Größen hin zu arbeiten, während Novizen dazu tendieren von den unbekanntes Größen auf die gegebene Situation hin zu arbeiten ...“

(Knoblich 2002: 662f)

Experten konzentrieren sich stärker als Novizen auf die Tiefenstruktur von Problemen, während Novizen ihr Augenmerk auf die Oberfläche lenken. Des Weiteren existieren strategische Unterschiede: Während Novizen die unbekanntes Größe als Ausgangspunkt ihrer Überlegungen wählen, setzen Experten sich zunächst mit den bekannten Größen auseinander.

### ***Wie wird man zum Experten?***

„Übung macht den Meister“ – dieses geflügelte Wort scheint nach Ansicht der meisten Expertiseforscher mehr als nur einen wahren Kern zu haben. Eine Untersuchung von Ericsson et al. Begründet das Potenzgesetz der Übung, das besagt, „dass man dieselbe Aufgabe mit zunehmender Übung immer schneller lösen kann“ (Knoblich 2002: 663).

Die bereits angeführte Tatsache, dass Vorwissen eine Problemlösung jedoch auch behindern kann, ist darauf zurückzuführen, dass Fertigkeitserwerb v.a. dort untersucht wurde, wo Routinehandlungen im Mittelpunkt stehen. Für komplexere Bereiche wurde das Potenzgesetz des Lernens noch nicht empirisch belegt.

Eine Untersuchung von Haider und Frensch belegt, dass selbst bei Versuchsgruppen, deren Lernkurven dem Potenzgesetz des Lernens folgen, der Lernverlauf der einzelnen Probanden nicht kontinuierlich verläuft (vgl. Knoblich 2002).

## 4.4 Problemlösen durch analogen Transfer

Ein weiteres relevantes Forschungsgebiet im Bereich des Problemlösens ist die Untersuchung des Gebrauchs von Analogien. Insbesondere wird der analoge Transfer zwischen Problemen in unterschiedlichen Wissensdomänen untersucht.

Die zentrale Frage dieser Untersuchungen ist es, wie Problemstrukturen aus einer bekannten Wissensdomäne (der Quelldomäne) auf die Lösung von Problemen in einer neuen Wissensdomäne (der Zieldomäne) übertragen werden können. Dafür werden zwei zentrale Prozesse postuliert: Zum einen der **Abruf** einer analogen Struktur aus dem Gedächtnis und zum anderen das Herstellen einer **Abbildung** zwischen der abgerufenen Struktur und der Struktur des vorliegenden Problems. Beim analogen Abruf werden schon bestehende und erfolgreich erprobte Problemlösungen aus anderen Wissensbereichen aktiviert, die für die Lösung des aktuellen Problems relevant sein könnten. Bei der Abbildung werden die Elemente oder Konzepte des Zielproblems auf die Elemente oder Konzepte des analogen Quellproblems abgebildet, so dass die Relationen zwischen den Elementen des Zielproblems den Relationen zwischen den Elementen des Quellproblems entsprechen (z.B. Sonnensystem und Aufbau des Atoms, das Elektron umkreist den Atomkern wie die Planeten die Sonne). Danach kann die Lösung des Quellproblems auf die Lösung des Zielproblems übertragen werden.

In vielen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass der Abruf früherer Problemlösungen oft von der **Oberflächenähnlichkeit** zwischen Quell- und Zielproblem bestimmt wird. Unter Oberflächenähnlichkeit versteht man, dass eine konkrete Ähnlichkeit zwischen den Elementen der beiden Probleme besteht. So könnte man z.B. beim Lösen einer Streichholzaufgabe Lösungen zu anderen Aufgaben abrufen, in denen Streichhölzer vorkommen. Zentral für den sinnvollen Gebrauch von Analogien ist aber der Abruf von Lösungen zu **strukturell ähnlichen** Problemen, bei denen eine Ähnlichkeit in den Relationen zwischen Problemelementen besteht, auch wenn die Problemelemente selbst vollkommen unähnlich sind. Dies wäre z.B. der Fall, wenn man bei der Lösung eines medizinischen Problems Problemlösungen aus dem Bereich militärischer Strategien abrufen würde. So untersuchten Gick und Holyoak (1980), inwiefern die Vorgabe einer Geschichte, bei der ein General eine Burg erobert, die Lösung des strukturell identischen Strahlenproblems von Duncker (1935) vereinfachte.

Der Abruf von Lösungen zu strukturell ähnlichen Problemen lässt sich als ein weiterer Prozess verstehen, der zur erfolgreichen Veränderung einer unvollständigen Problemrepräsentation führen kann, die zunächst keine Lösung zulässt. Das Wissen einer früheren Lösung, die

sich analog auf das vorliegende Problem übertragen lässt, kann ebenfalls von einem subjektiven Aha-Erleben begleitet sein.

## 4.5 Komplexes Problemlösen

Bisher wurden Probleme betrachtet, die sich während der Suche nach einer Lösung nicht verändert haben. Sie sind also statische Probleme. Im Gegensatz dazu, gibt es eine Reihe von komplexen Problemen, die eine Eigendynamik entwickeln. Der Problemlöser eines komplexen Problems befindet sich oft in einer stressigen Situation, steht unter Zeitdruck und emotionale Belastung.

Zur Ordnung des Gegenstandsbereichs „Komplexes Problemlösen“ schlägt Funke (2003) eine Taxonomie vor, in der er zwischen Personen-, Situations- und Aufgabenmerkmalen unterscheidet. Kognitive Personenmerkmale sind zum Beispiel Verarbeitungsmerkmale. Ein situationsspezifisches Merkmal wäre Zeitdruck. Systemmerkmale beschreiben die Barrieren zwischen dem Ist- und Soll-Zustand. Merkmale von komplexen Problemen sind nach Funke (2003):

- Komplexität (eine hohe Anzahl veränderlicher Variablen)
- Vernetztheit (Variablen hängen so voneinander ab, dass sie zu unerwarteten Ergebnissen führen)
- Eigendynamik (Variablen verändern sich ohne Eingriff)
- Intransparenz (Unklarheit über mögliche Problemzustände)
- Polytelie (viele unterschiedliche Zielzustände)

Die entscheidenden zwei Merkmale sind „Dynamik“ und „Vernetztheit“. Vernetztheit als Abhängigkeit zwischen zwei oder mehr Variablen beinhaltet das Merkmal Komplexität. Intransparenz und Polytelie sind keine systemimmanenten Merkmale, sondern sind abhängig von der Entscheidung des Versuchsleiters, wie viel Informationen er preisgeben möchte und welche Ziele in der Instruktion vorgegeben werden. Diese zwei Merkmale sind oft Teil der Präsentation eines komplexen Problemlöseszenarios, aber sie sind nicht Teil der Computersimulation.

Bezüglich der Alltagsnähe der Forschung zum komplexen Problemlösen lässt sich festhalten, dass Denken und Entscheiden oft unter Zeitdruck stattfindet, teils unter hohen emotionalen

Belastungen und Entscheidungen eben auch Nebenwirkungen und Langzeiteffekte hervorbringen. Weiterhin stoßen Menschen an verschiedene Limits (kognitive Fähigkeiten, verfügbare Zeit, zur Verfügung stehende Informationen, Erfahrungswerte, etc.) im Umgang mit komplexen Systemen, was mit dem Konzept „bounded rationality“ von Herbert Simon beschrieben wird. Diese Limitierungen führen zu interessanten Auswirkungen, welche dem Konzept der Heuristik besondere Bedeutung geben. Solche Daumenregeln sind beim Entscheiden oftmals erstaunlich effektiv.

Als allgemeine Ziele der komplexen Problemlöseforschung nennt Funke das Finden von Regularitäten bei der Interaktion von verschiedenen Prozessen und das Untersuchen der Interaktion von kognitiven, emotionalen und motivationalen Prozessen bei der Bearbeitung von computersimulierten Szenarien. Auch gehört das Erforschen von Fehlerquellen, Katastrophen, Dogmenbildung und anderer Phänomene im Zusammenhang mit computersimulierten Szenarien zum Gegenstandsbereich der komplexen Problemlöseforschung.



## 5 Beispiel im ACT-R

ACT-R beschäftigt sich mit der Natur des menschlichen Wissens, d.h. wie dieses Wissen gespeichert und erlernt wird. Es stellt eine kognitive Architektur dar, die grundlegende Annahmen über kognitive Strukturen und Prozesse macht.

ACT-R liegt als Computerprogramm vor, mit dessen Hilfe Simulationsmodelle menschlichen Denkens erstellt werden können.

In dem System ACT-R werden zwei Wissensarten unterschieden, das deklarative und das prozedurale Wissen. Jeder der beiden sind eigene Gedächtnisstrukturen zugeordnet, die eng miteinander verbunden sind. **Deklaratives Wissen** repräsentiert Fakten („know that“). Beispiele dafür sind z.B. „Berlin ist die Hauptstadt Deutschlands“ und „ $3+4 = 7$ “. Das deklarative Gedächtnis wird von einem Netzwerk hierarchisch verschachtelter Gedächtniselemente gebildet. Diese Gedächtniselemente werden *Chunks* genannt. Chunks sind untereinander verbunden.

Als Beispiel nehmen wir die Repräsentationen des Faktums „ $3+4=7$ “ und der Zahl 3:

$3+4=7$  isa arithmetic-fact

operand1 three

operand2 four

operator plus

result seven

three isa number

image 3

successor four

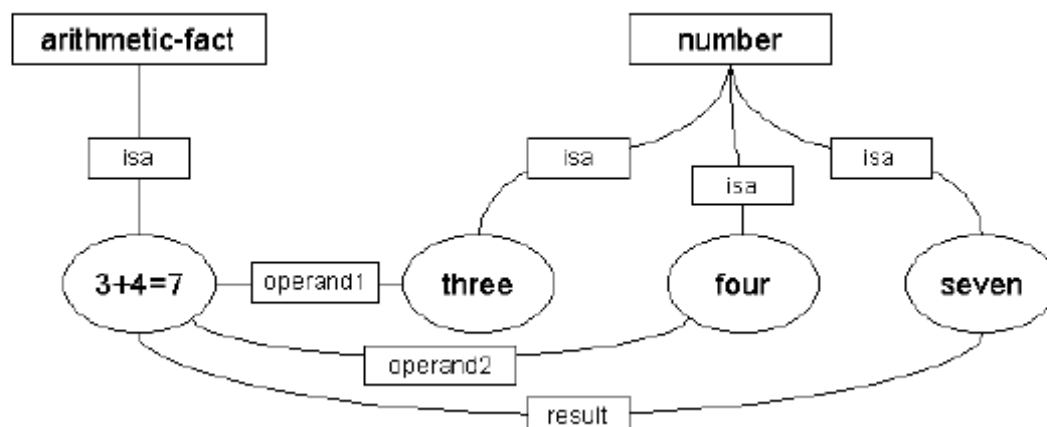


Abbildung 1 Ausschnitt aus einem arithmetischen Fakten-Netzwerk

**Prozedurales Wissen** repräsentiert Vorgänge („know how“), das die Grundlage der kognitiven Prozesse ist. Es ist als Programm von Vorgängen anzusehen. Am besten erklärt man prozedurales Wissen mit einer motorischen Fähigkeit wie z.B. das Fahrradfahren. Wenn jemand Fahrrad fahren kann, ist er in der Lage es zu beschreiben, wie man das macht und worauf man besonders achten muss. Das Wissen, das dieser Beschreibung zugrunde liegt, ist deklaratives Wissen – niemand kann aufgrund einer solchen Beschreibung auf Anhieb Fahrrad fahren. Prozedurales Wissen dagegen ist das Wissen, wie man Fahrrad fährt. Bausteine des prozeduralen Wissens sind *Produktionsregeln* (oder kurz: *Produktionen*), die Bedingungen mit Aktionen verbinden (Wenn-Dann-Regeln). Im Arbeitsgedächtnis (AG) werden Inhalte gespeichert, auf die im Bedingungsteil zugegriffen wird. Wenn die im Bedingungsteil formulierte Konstellation im AG vorliegt, wird der Aktionsteil ausgeführt.

Im folgenden Beispiel werden zwei Produktionsregeln dargestellt, die die Lösung einer Additionsaufgabe aus dem Arbeitsgedächtnis abrufen.

```
(p retrieve-addition-fact
  =goal>                                Wenn das Ziel ist, eine Additionsaufgabe zu lösen
    isa addition-fact
    operand1 =x                          und die erste Zahl x ist
    operand2 =y                          und die zweite Zahl y ist (Bedingungsteil)
    result nil
==>
  +retrieval>                            Dann suche im Gedächtnis nach einem Additions-
    operand1 =x                          Faktum
    operand2 =y                          dessen erste Zahl x ist und
                                          dessen zweite Zahl y ist (Aktionsteil)
(p extract-result
  =goal>                                Wenn das Ziel ist, eine Additionsaufgabe zu lösen
    isa addition-fact
    operand1 =x                          und die erste Zahl x ist
    operand2 =y                          und die zweite Zahl y ist
    result nil
  =retrieval>
    isa addition-fact                    und im AG ein entsprechendes Additions-Faktum
    operand1 =x                          vorliegt (Bedingungsteil)
    operand2 =y
    result =z
==>
  =goal>                                Dann gib als Antwort das Ergebnis des Additions-
    result =z                            Faktums
                                          und vermerke das Ziel als erreicht (Aktionsteil)
)
```

## 6 Zusammenfassung

Die bisherigen Ausführungen haben gezeigt, dass die Frage nach dem Wesen des Denkens nicht mit einer einfachen Frage beantwortet werden kann. Es kann lediglich festgestellt werden, dass der Mensch nur in wenigen Fällen ein Problem mithilfe des sprichwörtlichen Geistesblitzes löst. Dies gilt v.a. für Situationen, die plötzlich vollkommen neu wahrgenommen wird oder aber in denen „gerade eine passende Analogie aus dem Gedächtnis abgerufen“ (Knoblich 2002: 687) wird. In der Mehrzahl der Fälle jedoch sind es passende Strategien und ein breiter Wissensbestand, mit deren Hilfe Probleme gelöst werden. Sowohl Strategien als auch Wissensbasis sind Ergebnis harter Übung.

Die Fortschritte der letzten 30 Jahre im Bereich der Denkpsychologie lassen sich in erster Linie auf die kognitive Wende gegen Ende der 50er Jahre zurückführen, in deren Verlauf eine Abkehr vom Behaviorismus sowie eine Hinwendung zu Informationsverarbeitungsmodellen stattfand. Dennoch existiert bislang keine „universelle kognitive Architektur menschlichen Denkens“ (Knoblich 2002: 688).

Gerade die relativ jungen Neurowissenschaften stellen sowohl eine Chance als auch eine Herausforderung für die Denkpsychologie dar, obgleich die Erkenntnisse in diesen Wissenschaften bislang zumeist in anderen allgemeinspsychologischen Bereichen genutzt wird.

## Literatur

- Anderson, J.R. (1996). Kongnitive Psychologie Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag appearance in consciousness." *Journal of Comparative Psychology*
- Brander, S; Kompa, A; Peltzer, U. (1985). Denken und Problemlösen
- Bühler, K. (1907). Tatsachen und Probleme zu einer Psychologie der Denkvorgänge
- Dörner, D. (1976). Problemlösen als Informationsverarbeitung
- Duncker, K. (1935). Zur Psychologie des Produktiven Denkens. Berlin-Heidelberg-New
- Funke, J. (2001). Dynamic systems as tools for analysing human judgement. *Thinking and reasoning*
- Funke, J. (2003). Problemlösendes Denken. Stuttgart: Kohlhammer.
- Gick, M. L. & Holyoak, K. J. (1980). "Analogical problem solving." *Cognitive*
- Knoblich, G. (2002). Problemlösen und logisches Schließen. In: J. Müsseler and W. Prinz (Eds.), *Allgemeine Psychologie* (chap. 5a). Spektrum.
- Köhler, W. (1921). Intelligenzprüfungen am Menschenaffen. Berlin: Springer. Leipzig: Engelmann. Macmillian.
- Maier, N. R. F. (1930). "Reasoning in humans. I. On direction." *Journal of Comparative Psychology*
- Maier, N. R. F. (1931). "Reasoning in humans. II. The solution of a problem and its Psychology
- Scheerer, M. (1963). "Problem-Solving." *Scientific American*
- Thorndike, E. L. (1911). *Animal Intelligence: Experimental studies*. New York:
- Wallas, G. (1926). *The art of thought*. New York: Harcourt Brace Jovanovich. York: Springer-Verlag.