

Schwarz gegen Weiß - Dichotome Konzepte der kognitiven  
Psychologie

# **Die Methode der Modellierung und ihre Anwendung in der psychologischen Forschung**



Marko Pilop  
pilop@informatik.hu-berlin.de  
<http://www.informatik.hu-berlin.de/~pilop>

WS 03/04  
29. September 2004  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Institut für Psychologie





# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Die Methode der Modellierung</b>	<b>5</b>
1.1	Einleitung . . . . .	5
1.2	Begriffserläuterungen . . . . .	6
1.2.1	Modell . . . . .	6
1.2.2	Modellierung . . . . .	6
1.2.3	Simulation . . . . .	7
1.3	Geschichte und Entwicklung der Modellierung . . . . .	7
1.4	Ziele von Modellierungen . . . . .	8
1.5	Modellierung als wissenschaftliche Methode . . . . .	8
1.6	Modellierung in der psychologischen Forschung . . . . .	9
<b>2</b>	<b>Beispiel</b>	<b>12</b>
2.1	Architekturen zur kognitiven Modellierung . . . . .	12
2.2	EPIC . . . . .	12
2.3	„Die Suche in Menüs ist sowohl zufällig, als auch systematisch“	14
2.3.1	Versuchsaufbau . . . . .	14
2.3.2	Durchführung und Resultate . . . . .	15
2.4	Zusammenfassung . . . . .	18
2.5	Ausblick . . . . .	18
<b>3</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>21</b>

# 1 Die Methode der Modellierung

## 1.1 Einleitung

Die Methode der Modellierung tritt in vielen Bereichen der Psychologie auf. Einen besonderen Stellenwert besitzt sie in der *Methodenlehre*, die jedoch nicht Gegenstand dieser Arbeit sein soll. Vielmehr möchte ich mich auf die *Kognitive Psychologie* beschränken.

Um die Methode der Modellierung zu verstehen, ist es von Nutzen, sich zuerst mit den Begrifflichkeiten auseinander zu setzen. Dazu klären wir im nächsten Kapitel die grundlegenden Begriffe. Anschließend wird die geschichtliche Entwicklung in Abschnitt 1.3 geklärt. Danach soll in Abschnitt 1.4 Sinn und Zweck der Modellierungs-Methode untersucht werden. Im Abschnitt 1.5 soll auf gängige Modellierungstechniken eingegangen werden. Dabei wird klar, dass viele fremde Disziplinen integriert werden müssen und somit die Interdisziplinarität eine große Rolle spielt. Zum Ende des 1. Kapitels wird in Abschnitt 1.6 auf die Modellierungen eingegangen, wie sie in der psychologischen Forschung speziell anzutreffen sind.

Dies wird dann im 2. Kapitel anhand des Beispiels zum Thema: „Die Suche in Menüs ist sowohl zufällig, als auch systematisch“ [HK97] vorgeführt. Zuvor wird jedoch als Grundlage dafür auf verschiedene kognitive Architekturen zur Modellierung in Abschnitt 2.1 eingegangen, um danach im Abschnitt 2.2 die Konkrete Architektur vorzustellen, mit der im Beispiel 2.3 gearbeitet wird.

## 1.2 Begriffserläuterungen

### 1.2.1 Modell

Versucht man mittels Lexika und Enzyklopädien eine Begriffsbestimmung, fällt auf daß Modelle Basis zahlreicher wissenschaftlicher Disziplinen sind. Meistens werden sie in naturwissenschaftlichem Umfeld gebraucht, jedoch auch in der Bildenden Kunst sind sie vertreten.

Eine zusammenfassende allgemeine Definition des Begriffs Modell, die auch gut in diesen thematischen Kontext paßt, hat der Philosoph Klaus Dieter Wüsteneck in den 60er Jahren formuliert:

„Ein Modell ist ein System, das als Repräsentant eines komplizierten Originals auf Grund mit diesem gemeinsamer, für eine bestimmte Aufgabe wesentlicher Eigenschaften von einem dritten System benutzt, ausgewählt oder geschaffen wird, um letzterem die Erfassung oder Beherrschung des Originals zu ermöglichen oder zu erleichtern, beziehungsweise um es zu ersetzen.“

Nach [Dah97] kann bei Modellen nach Gestaltungs- und Erkenntnisaspekt unterschieden werden. Da wir uns mit dem Verstehen von psychologischen Prozessen beschäftigen wollen, ist für uns somit der Erkenntnisaspekt wesentlich, dem Klaus Dieter Wüstenecks in seiner Definition mit dem Wort „Erfassung“ Ausdruck verleiht.

### 1.2.2 Modellierung

Die Modellierung<sup>1</sup> ist der eigentliche Prozeß, in dem ein Modell gebildet wird. Dabei nutzt man die Methoden der Abstraktion und Reduktion, um von einem komplexen, vielleicht nicht beherrschbaren, Sachverhalt zu einem Modell zu gelangen, welches in Bezug auf die zu untersuchende Fragestellung adäquat zum Original ist [Dah97].

---

<sup>1</sup>ebenso könnte man von Modell-Bildung sprechen

### 1.2.3 Simulation

Unter *Simulationsmodellen* oder *Simulatoren* versteht man heute dynamische Modelle, die in der Regel durch Programme realisiert sind. Während ihrer Abarbeitung werden Zustandsänderungen in einer zeitlichen Reihenfolge nachgebildet, die dem Zeit- und Prozeßablauf im Original entsprechen. Simulation ist die Entwicklung und Nutzung von Simulationsmodellen.

Merkmale oder Eigenschaften des Originals werden im Modell durch Modellparameter oder Modellvariablen dargestellt. Im Original ablaufende Prozesse werden durch Algorithmen repräsentiert.

## 1.3 Geschichte und Entwicklung der Modellierung

Die Geschichte der Modellierung ist schwer nachzuvollziehen, da man meist immer und unmittelbar mit Modellen zu tun hat. Griechen und Römer benutzten Modelle aus Holz, Wachs, Gips oder Ton als Prototyp oder Ebenbild<sup>2</sup>.

Ein steinerner Würfel<sup>3</sup>, der am Strand des Schwarzen Meers gefunden wurde, stammt vermutlich aus dem ersten Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung. Seine Seitenflächen sind mit Buchstaben des griechischen Alphabets markiert. Da Würfel noch heute wichtige Requisiten vieler Spiele sind und Spiele oft als Modell realer oder phantastischer, Teile der Welt angelegt sind, ist davon auszugehen, daß mit den Würfeln das Wirken des Zufalls modelliert wurde.

Die anschaulichste Verwendung von Modellen ergab sich durch die Kunst. Dabei gibt es jedoch den entscheidenden Unterschied<sup>4</sup>, daß aufgrund eines Modells, durch dessen anschauliche Darstellung während der Ausführung zu einem realen Objekt, dem Kunstwerk gelangt wird.

---

<sup>2</sup>Simulacrum

<sup>3</sup>zu sehen im Archäologischen Museum von Odessa

<sup>4</sup>Wir untersuchen eher die umgekehrte Richtung, bei der wir versuchen ein Modell von einem realen Objekt zu abstrahieren.

## 1.4 Ziele von Modellierungen

Allgemein existieren nach [Dah97] zwei Hauptziele für Modellierungen. Zum einen der bereits angesprochene Erkenntnisaspekt, der in der psychologischen Forschung von maßgeblicher Bedeutung ist, bei dem versucht wird tiefere Erkenntnis über Strukturen, Funktionen und Verhaltensweisen zu gewinnen. Zum anderen der Gestaltungsaspekt, der das Verändern, Entwickeln und (Um-)Gestalten zum Ziel hat. Dieser Aspekt ist in der psychologischen Forschung auch stark vertreten, jedoch steht er hier im Hintergrund. Hat man ein hinreichend gutes<sup>5</sup> Modell gefunden, kann man daran experimentieren, um Möglichkeiten der Beeinflussung herauszufinden.

Die Gründe für die Verwendung von Modellen erschließen sich aus rein praktischen Einschränkungen. Ein direktes Arbeiten am Original ist oft nicht möglich, da es ökonomisch bzw. zeitlich nicht sinnvoll ist, humanistisch bzw. ethisch nicht vertretbar, oder eigentlich unmöglich. Der letzte Grund spielt wiederum eine große Rolle in der kognitiven Psychologie, da uns Einblicke in die Funktionsweisen des Gehirns verborgen bleiben.

Gefahren an der Nutzung von Modellen liegen in der kritiklosen Übertragung von Resultaten auf die Realität. Resultate von Modellexperimenten sind nur durch Analogieschlüsse auf das Original übertragbar. Ist die Analogie und damit Grundlage des Modells schlecht gewählt, so kann die Erklärung unter Umständen nicht für das Original gelten.

## 1.5 Modellierung als wissenschaftliche Methode

Es gibt vier allgemeinen *Phasen der Modellmethode*, die sich nach [Dah97] aufteilen lassen in: *Modellbildung*, *Modellexperimente* mit den daraus gewonnenen Erkenntnissen, der *Interpretation* und Überprüfung dieser Erkenntnisse in der Praxis und der Abschließenden *Einordnung* in die Theorie.

In der ersten Phase wird ein Modell entwickelt. Anhand dieses Modells können dann in der zweiten Phase Experimente daran stattfinden, die auf die Problemstellung ausgerichtet sein sollten. Das Ergebnis dieser Phase sollten

---

<sup>5</sup>siehe Abschnitt 1.6



neue Erkenntnisse über den untersuchten Sachverhalt sein, die in der darauf folgenden dritten Phase interpretiert werden. Erst die gelungene Interpretation, und die Überprüfung in der Praxis, also wenn möglich am Originalobjekt, ermöglichen den erfolgreichen Abschluß in der vierten Phase durch die Einordnung in die Theorie.

Damit ist gewissermaßen ein Kreislauf möglich, der neue Modellierungen aufgrund der vorher erweiterten bzw. detaillierteren Theorie hervorbringen kann.

Es existieren zwei Hauptwege, um mit diesen Phasen zu einem Modell zu kommen. Der *phänomenologisch Systemtheoretische*, oft im Ingenieursbereich und der Kybernetik angewandt, der versucht das Problem in Modellklassen zu systematisieren. Zum Beispiel könnte dafür die Einteilung nach Merkmalen dienen, wie etwa statisch / dynamisch oder kontinuierlich / diskret. Die Grundlage dafür bildet eine Einheitliche Systemtheorie, die die Bildung von Modellklassen erlaubt. Statt allgemeiner Systemtheorie können auch einzelwissenschaftliche Systemkonzepte als Grundlage dienen. Dabei wird deutlich, dass dies je nach Forschungsgebiet eine Interdisziplinäre Methode ist, welche die Einbettung in die jeweilige Fachrichtung notwendig macht.

Der andere Weg ist *theorienorientiert* und geht der Fragestellung nach, was man über das Problem weiß. Basierend darauf werden die vier Phasen angewandt, um die Theorie zu erweitern. Diese Herangehensweise ist eher bei mathematischen Modellierungen anzutreffen. Durch das strikte Erweitern und Verifizieren des Orientierungswissens, ist dieser Ansatz gleichsam schwieriger, aber auch *fundierter*.

## 1.6 Modellierung in der psychologischen Forschung

Psychologische Forschung besteht in der Regel aus dem Erstellen und Überprüfen von theoretischen Vorstellungen (Hypothesen bzw. theoretischen Konstrukten). Der Kreislauf der wissenschaftlichen Informationsgewinnung beginnt zumeist mit dem theoretischen Konstrukt und endet mit der empirisch-statistischen Analyse von Daten [Goe85].

In diesen Kreislauf gliedert sich die Modellmethode ein, indem die Hypothesen bzw. theoretischen Konstrukte z.B. über kognitive Vorgänge im Gehirn

des Menschen zu Modellen bzw. Modell-Vorstellungen führen. Diese müssen dann am Original verifiziert werden. An dieser Stelle läßt sich ein Güte-Begriff einführen, mit dessen Hilfe man Aussagen über die Qualität des Modells machen kann. In der allgemeinen Vorstellung wird die Güte des Modells aus der Adäquatheit zwischen Modell und Original bestimmt. Demnach wäre das Original natürlich stets das beste Modell. Jedoch ist diese Vorstellung nach [Dah97] nicht Zweckmäßig. Ein besserer Güte-Begriff ergibt sich, wenn man die Adäquatheit in Bezug auf das Ziel der Untersuchung betrachtet. Demnach hängt die Modellvorstellung in erster Linie von den bei der Modellbildung gemachten Analogien ab.

Unter dem Erkenntnisaspekt versuchen Kognitions-Wissenschaftler das Verhalten des Menschen und die Funktionsweise seines Gehirns zu verstehen. In diesem zum Teil *behavioristischen* Ansatz spielt die *Blackbox* eine wesentliche Rolle. Da der Mensch, sein Verhalten und die Funktionsweise seines Gehirns jeweils geschlossene Systeme sind, betrachtet man sie als *Blackbox*, in die man nicht hineinschauen kann.

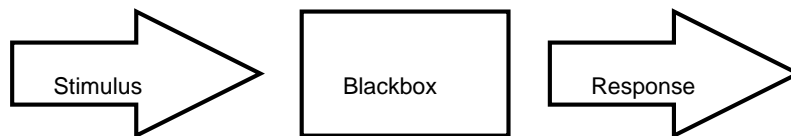


Abbildung 1.1: Schematische Funktionsweise einer Blackbox

Es ist aber möglich, wie in Abbildung 1.1 Stimulus-Reize in die *Blackbox* zu schicken und die Reaktion auszuwerten. Um dennoch die Funktionsweise verstehen zu können, ist es möglich Hypothesen über die Funktionsweisen als Modell auszudrücken und die Simulation mittels empirischer Methoden am Menschen zu verifizieren. Ein Modell, welches zu untersuchende Vorgänge im Gehirn gut beschreibt, wird in Simulation und empirischer Untersuchung am Menschen ähnliche Resultate zeigen. Dieser Ansatz kommt aus der Systemtheorie, die eine *Blackbox* verwendet, um ein Phänomen mit einem Mechanismus zu erklären, von welchem noch nicht bekannt ist, wie er konstruiert ist, bzw. dessen Funktionsweise unbekannt ist. Sie ist also der Platzhalter einer Erklärung.

Wie schon in der Einleitung in Abschnitt 1.1 erwähnt wurde, finden Modellierungen in der Methodenlehre häufig Anwendung. Dort werden z.B. Modelle für die Konzepte der Fragebogenkonstruktion und -auswertung erarbeitet. Ein Großteil der Methodenlehre beruht auf Statistik, die dabei die Basis-Wissenschaft ist, die einzelwissenschaftliche Systemkonzepte zur Verfügung stellt. Dieser Zusammenhang ist in Abschnitt 1.5 dargestellt worden.

## 2 Beispiel

### 2.1 Architekturen zur kognitiven Modellierung

Erprobte, umfangreiche Modellierungsumgebungen, die den Anspruch haben, Struktur- und Funktionseigenschaften des menschlichen kognitiven Systems abzubilden, sind ACT-R<sup>1</sup>, SOAR<sup>2</sup>, MIDAS<sup>3</sup> und EPIC<sup>4</sup> [NL]. Auf letzteres möchte ich im Folgenden eingehen.

### 2.2 EPIC

Als Alternative zu den bisher beschriebenen kognitiven Architekturen, die vorwiegend an Hand statischer Problemlösungen entwickelt wurden, stellt EPIC ein Rahmenmodell dar, das die Modellierung multipler simultaner Aufgabenbewältigung und deren flexible Koordination vorsieht.

Bisher wurde EPIC für die Modellierung die Simulation von Mensch-Computer Interaktionen mit dem Ziel der Systemgestaltung angewandt. Diese Modelle konnten Zeiten und zum Teil auch Genauigkeiten der Aufgabenausführung vorhersagen.

EPIC verbindet, wie in Abbildung 2.1, einen kognitiven Prozessor mit motorischen und perzeptuellen Prozessoren, die parallel arbeiten und miteinander kommunizieren. Die perzeptuellen Prozessoren, die die visuelle, auditive und taktile Wahrnehmung emulieren, identifizieren Stimuli in der simulierten Aufgabenumgebung und tragen deren symbolische Repräsentation in das Arbeitsgedächtnis des kognitiven Prozessors ein.

---

<sup>1</sup>ADAPTIVE CONTROL OF THOUGHT - RATIONAL

<sup>2</sup>STATE, OPERATOR AND RESULT

<sup>3</sup>MAN MACHINE INTERACTIVE DESIGN AND ANALYSIS SYSTEM

<sup>4</sup>EXECUTIVE PROCESS INTERACTIVE CONTROLL

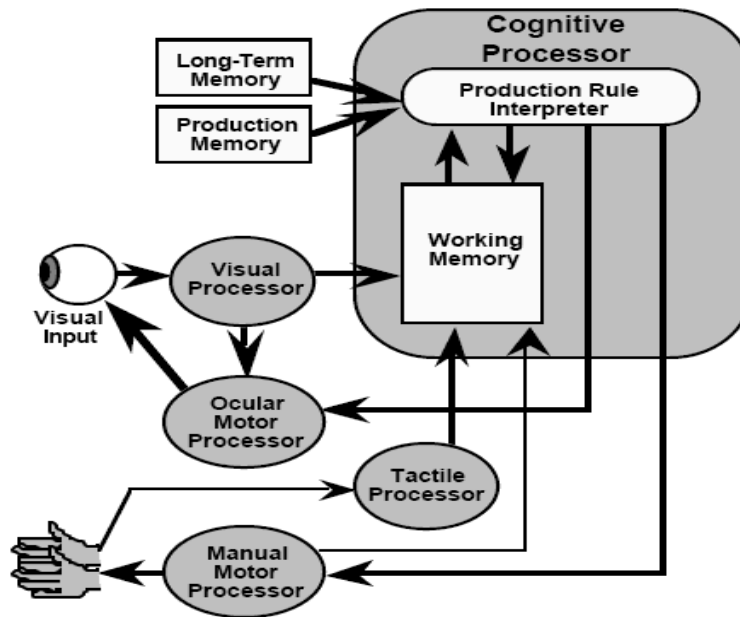


Abbildung 2.1: Vereinfachtes Modell der EPIC-Architektur

Die Verarbeitung innerhalb des kognitiven Prozessors ist parallel. Mentale Kapazitätsbegrenzungen werden in EPIC in die Peripherie verlegt, d.h. die Informationsverarbeitung, die innerhalb des kognitiven Prozessors abläuft, ist durch die motorischen Prozessoren, die manuelle, artikulatorische und visuelle Aktionen ausführen, und durch das Update der perzeptuellen Prozessoren begrenzt.

Das prozedurale Gedächtnis umfaßt aufgabenspezifische Produktionen, die Kommandos an motorische Prozessoren geben oder Inhalte des Arbeitsgedächtnisses ändern und exekutive Prozesse, die die Inhalte des Arbeitsgedächtnisses verwalten und Performanz in Abhängigkeit von den Aufgabeninstruktionen und den perzeptuellen und motorischen Begrenzungen koordinieren.

## 2.3 „Die Suche in Menüs ist sowohl zufällig, als auch systematisch“

Am folgenden Beispiel, das dem Paper [HK97] entnommen wurde, erkennt man die Nutzung von Modellen, die mittels EPIC simuliert wurden und anschließend mit einer empirischen Untersuchung von [Nil91] an Menschen verglichen wurden.

Die untersuchte Fragestellung war dabei ein Modell zu finden, welches am besten erklärt, wie das menschliche Gehirn Einträge in einem Computer-Menü verarbeitet und sucht. Dabei gab es zwei näher untersuchte Annahmen. Die erste sollte zeigen, ob das menschliche Gehirn die Menüeinträge *seriell* oder *parallel* verarbeitet, die zweite ob es bei der Evaluierung der Einträge *systematisch* oder *zufällig* vorgeht.

### 2.3.1 Versuchsaufbau

Um diese beiden Teilfragen zu klären, wurden 4 Modelle entwickelt, die somit insgesamt alle Kombinationen der Annahmehausprägungen abdeckten, wie in Tabelle 2.1 zu sehen ist.

serielle Verarbeitung zufällige Reihenfolge	parallele Verarbeitung systematische Reihenfolge
serielle Verarbeitung systematische Reihenfolge	parallele Verarbeitung zufällige Reihenfolge

Tabelle 2.1: Systematik der Modelle

Diese Modelle wurden dann in der kognitiven Architektur EPIC jeweils 300 mal simuliert und gemittelt mit den Zahlen von [Nil91] an jeweils 8 Personen verglichen. Basis des Vergleichs waren die Messungen der benötigten Zeit für die Aufgabe.

Die Aufgabe bestand darin, in einem Computer-Menü so schnell wie möglich einen Referenzeintrag anzuklicken. Es gab drei Versionen des Menüs, deren Menüeinträge aus den Ziffern 1-3, 1-6 und 1-9 bestanden. Beim Überfahren der

geschlossenen Menüschaltfläche, erscheint der anzuklickende Referenzeintrag. Ein Klick auf diese Schaltfläche läßt ihn verschwinden und das Menü erscheint in einer zufälligen Reihenfolge. Nun wird die Zeit gestoppt, bis der richtige Referenzeintrag angeklickt wurde.

### 2.3.2 Durchführung und Resultate

Im folgenden beinhalten die Abbildungen 2.2 bis 2.5 jeweils die gemittelten Zeiten für die drei Menüängen<sup>5</sup> der Personen als durchgängige Linie und der Simulation als gestrichelte Linie.

#### Seriell Verarbeiten - Zufällige Suche

Wie in Abbildung 2.2 zu sehen ist, scheint das angenommene Modell die Daten nicht zu erklären. Die vorhergesagten Zeiten der Simulation sind viel zu hoch.

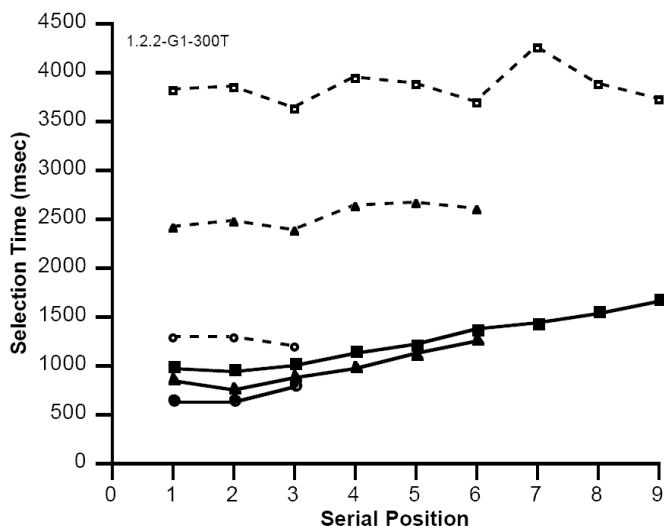


Abbildung 2.2: Seriell Verarbeiten - Zufällige Suche

Das liegt daran, daß sie davon ausgeht, daß der Zeitaufwand linear proportional

<sup>5</sup>3, 6 oder 9 Einträge

zur Menülänge ist. Die Daten der Personen sprechen jedoch dagegen, da für längere Menüs nur unwesentlich mehr Zeit verbraucht wurde.

### Seriell Verarbeiten - Systematische Suche

Auch dieses Modell ist nicht konsistent mit den Kontroll-Daten aus Abbildung 2.3. Daher eignet es sich ebenfalls nicht, die Vorgänge im menschlichen Gehirn zu erklären. Durch die systematische Suche steigt der Zeitaufwand in der Simu-

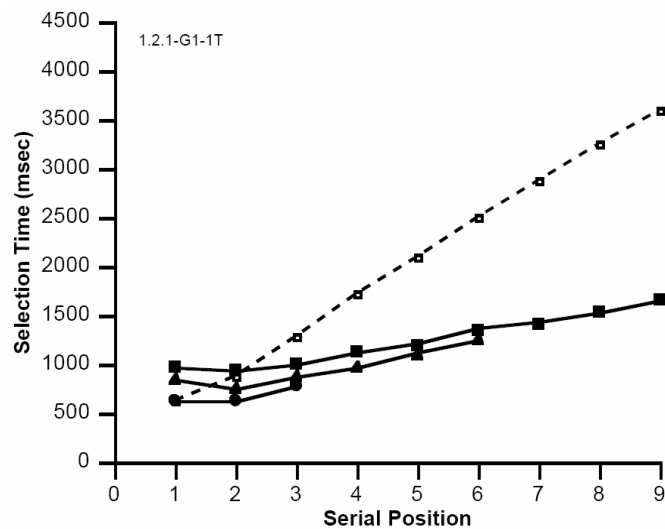


Abbildung 2.3: Seriell Verarbeiten - Systematische Suche

lation linear proportional zur Position des Menüeintrages. Die Zeitmessungen der Realität sprechen allerdings gegen einen so drastischen Anstieg.

### Paralleles Verarbeiten - Zufällige Suche

Bei der parallelen Verarbeitung geht man davon aus, daß alle Menü-Einträge im Blickfeld gleichzeitig verarbeitet werden. Anschließend wird der richtige Eintrag ausgewählt. Um diese parallele Verarbeitung zu testen, wurde der Augenabstand zum Bildschirm so gewählt, daß immer genau drei Einträge gleichzeitig im Blickfeld waren.



Wie in Abbildung 2.4 zu sehen ist, passen die simulierten Vorhersagen recht gut auf die empirischen Tests. Charakteristische Kurvenverläufe können nachvollzogen werden, jedoch stimmen nicht immer die Anstiege überein.

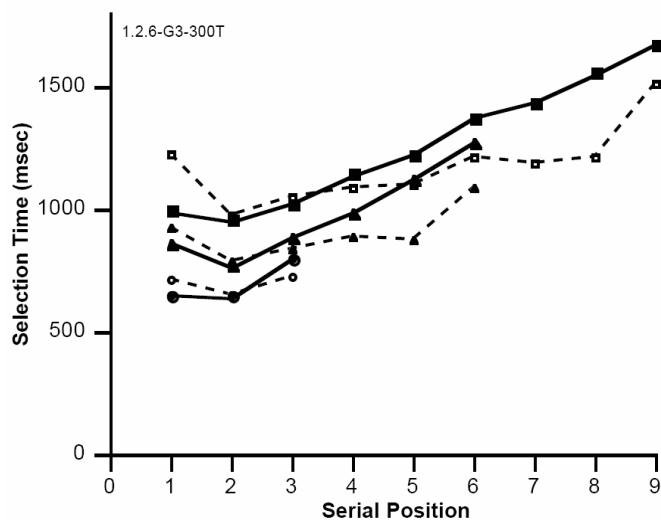


Abbildung 2.4: Paralleles Verarbeiten - Zufällige Suche

### Paralleles Verarbeiten - Systematische Suche

Mit dem letzten Modell wird in Abbildung 2.5 keine signifikante Verbesserung festgestellt. Offenbar repräsentieren die parallel verarbeitenden Modellierungen die Prozesse im Gehirn besser, als die seriellen. Einen genauso offensichtlichen Schluß lassen die Daten bei der Art der Suchreihenfolge nicht zu. Mit dem systematischem Modell werden realistische Anstiege vorhergesagt. Lediglich ein Zeil-Offset scheint die Abweichung zu verursachen.

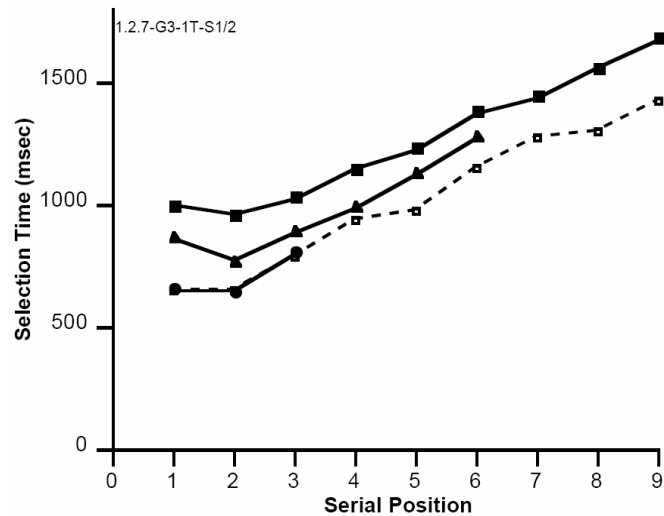


Abbildung 2.5: Paralleles Verarbeiten - Systematische Suche

## 2.4 Zusammenfassung

Die soeben betrachteten Experimente versuchten durch vier teilweise verschiedene Modellierungen sich der menschlichen kognitiven Suchstrategie anzunähern, indem Simulationen dieser Modelle mit den empirischen Daten von menschlichen Probanden verglichen wurden. Die Modelle waren zunächst Hypothesen, die durch die Experimente validiert wurden. Dadurch gelangte man zu der Erkenntnis, daß es sich bei der Suchstrategie sowohl um eine Systematische, als auch eine Zufällige Suche handelt.

## 2.5 Ausblick

In Zukunft wird es darum gehen, mit Hilfe dieses Wissens neue Konzepte zur besseren *Menü-Gestaltung* zu modellieren. Die Autoren widmeten sich in einem weiteren Paper [HK99] dieser Thematik um herauszufinden, wo man Einträge sinnvoller Weise in Menüs platziert. Geht man diesen Weg weiter, muß man sich mit *zweidimensionalen* und konsequenter Weise auch mit *dreidimensionalen*

Menüausprägungen auseinander setzen.

Durch ein besseres Verständnis für die kognitiven Prozesse, wird es hoffentlich bald möglich sein, effizientere, intuitive Bedienkonzepte<sup>6</sup> für Computer zu entwickeln und umzusetzen.

---

<sup>6</sup>beispielsweise arbeiten die Autoren gerade an einem Eye-Tracking System

### 3 Abbildungsverzeichnis

1.1	Schematische Funktionsweise einer Blackbox . . . . .	10
2.1	Vereinfachtes Modell der EPIC-Architektur . . . . .	13
2.2	Seriell Verarbeiten - Zufällige Suche . . . . .	15
2.3	Seriell Verarbeiten - Systematische Suche . . . . .	16
2.4	Paralleles Verarbeiten - Zufällige Suche . . . . .	17
2.5	Paralleles Verarbeiten - Systematische Suche . . . . .	18

## 4 Literaturverzeichnis

- [Dah97] DAHME, Christian: Opladen, Deutschland : Westdeutscher Verlag, 1997. – aus VL „Konzepte für die frühen Phasen der Softwareentwicklung“ im SS04 / Institut für Informatik / Humboldt-Universität zu Berlin
- [Goe85] GOEPPERT, S.: *Medizinische Psychologie*. Deutschland : Reinbeck (rororo), 1985
- [HK97] HORNOF, Anthony J. ; KIERAS, David E.: Cognitive Modeling Reveals Menu Search is Both Random and Systematic. In: *Proceedings of CHI97*. Atlanta, USA : ACM Press, March 1997. – <http://www.cs.uoregon.edu/~hornof/downloads/CHI97.pdf>, S. 399–406
- [HK99] HORNOF, Anthony J. ; KIERAS, David E.: Cognitive modeling demonstrates how people use anticipated location knowledge of menu items. In: *Proceeding of the CHI 99 conference on Human factors in computing systems : the CHI is the limit*, ACM Press, 1999. – <http://doi.acm.org/10.1145/302979.303120>. – ISBN 0–201–48559–1, S. 410–417
- [Nil91] NILSEN, E. L.: Perceptual-motor control in human-computer interaction. In: *The Cognitive Science and Machine Intelligence Laboratory*. Michigan : Ann Arbor, The University of Michigan, 1991. – Tech. Rep. No. 37
- [NL] NIESSEN, C. ; LEUCHTER, S.: *Konzeption und Implementierung eines dynamischen Situationsmodells am Beispiel der Fluglotsentätigkeit*. K.-P. Timpe & H. Kolrep (Hrsg.)