

Grundlagen der Mensch-Computer Interaktion

2. Kapitel

MCI: Eine Standortbestimmung

- Informatik / MCI
 - ⇔ natürliche Informationsverarbeitung
- Architektur informationsverarbeitender Systeme
 - kognitive Architekturen
- Ebenen der Informationsverarbeitung

Das Informationsverarbeitungsparadigma

- **Informatik** – Computer Science
 - „Berechnung ist Informationsverarbeitung – Informationsverarbeitung ist Berechnung“
 - *Information* als Grundbegriff (obwohl nur partiell geklärt ist, was in der Informatik unter Information verstanden wird)
 - **Kognitionswissenschaft** – Cognitive Science
 - Kognition beruht auf Informationsverarbeitung
 - Grundannahme der Kognitionswissenschaft:
Es existieren allgemeine **Prinzipien der Informationsverarbeitung**, denen sowohl **Menschen und Tiere**, also **natürliche Systeme**, als auch **Maschinen**, also **künstliche Systeme**, unterliegen.
- **Kognitive Systeme** (kognitive Agenten) als gemeinsames Forschungsthema von Informatik und Kognitionswissenschaft.

Ch. Habel
Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

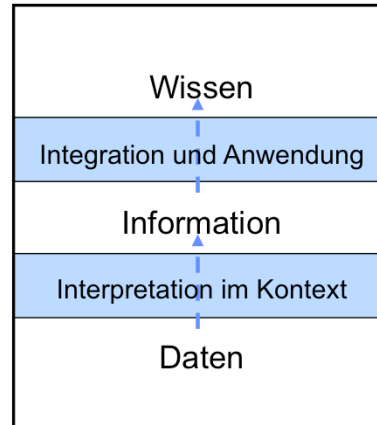
2 – 2

Klassische Aufsätze & Bücher zum Informationsverarbeitungsparadigma

- Newell, A. & Simon, H. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Newell, Allen & Simon, Herbert A. (1976). Computer science as empirical inquiry. *Communications of the ACM*, 19. 113–126.
- Newell, A. (1980). Physical symbol systems. *Cognitive Science*, 4. 135–83.
- Newell, Allen, Rosenbloom, Paul S. & Laird, John E. (1989). Symbolic Architectures for Cognition. In Michael I. Posner (ed.), *Foundations of Cognitive Science*. (pp. 93–131). Cambridge, MA: MIT-Press.
- Newell, Allen (1990). *Unified theories of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Daten – Information – Wissen

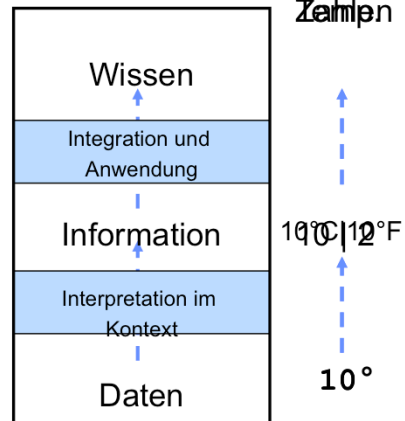
- **Daten**
Artefakte, die zur Übertragung und Speicherung von Information verwendet werden.
- **Information**
Die Interpretation von Daten in einem Zusammenhang (gegeben durch Vorwissen, Hintergrundwissen und die aktuelle Umgebung).
- **Wissen**
Integration von Informationseinheiten so dass diese effektiv genutzt werden können.



Die Charakterisierungen und die Abbildung gehen auf chap. 2.3 von Lowe, David & Hall, Wendy (1999). *Hypermedia & the Web: an engineering approach*. Chichester: Wiley.
zurück. [Abb entspricht Figure 2-2; p. 47]

Daten – Information – Wissen

- **Daten**
Artefakte, die zur Übertragung und Speicherung von Information verwendet werden.
- **Information**
Die Interpretation von Daten in einem Zusammenhang (gegeben durch Vorwissen, Hintergrundwissen und die aktuelle Umgebung).
- **Wissen**
Integration von Informationseinheiten so dass diese effektiv genutzt werden können.



Die Charakterisierungen und die Abbildung gehen auf chap. 2.3 von Lowe, David & Hall, Wendy (1999). *Hypermedia & the Web: an engineering approach*. Chichester: Wiley.
zurück. [Abb entspricht Figure 2-2; p. 47]

Geschichte des Informationsverarbeitungsparadigmas (1)

- **Leibniz** (ca. 1677): Konzept eines formalen Systems zum quasi-mechanischen Schliessen: „Calculus“
- 1830er: Charles **Babbage**: „Analytical Engine“
- 1936:
 - A. **Turing**: Konzeption einer abstrakten, mathematischen Maschine
 - A. **Church**: Church'sche These: Alles, was in einem intuitiven Sinne berechenbar ist, kann mit rekursiven Funktionen berechnet werden.
 - Emil Post: Church'sche These ist ein Naturgesetz, welches „the mathematicizing power of Homo Sapiens“ betrifft.
- 1940er:
 - Entwicklung der ersten Computer (u.a. durch J. v. **Neumann**, **K. Zuse**)
 - Logische Beschreibungen von Nervensystemen (McCulloch & Pitts, 1943)
 - „Conference on Cybernetics“ (N. Wiener, J. v. Neumann, W. McCulloch) 1946

Ch. Habel
Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

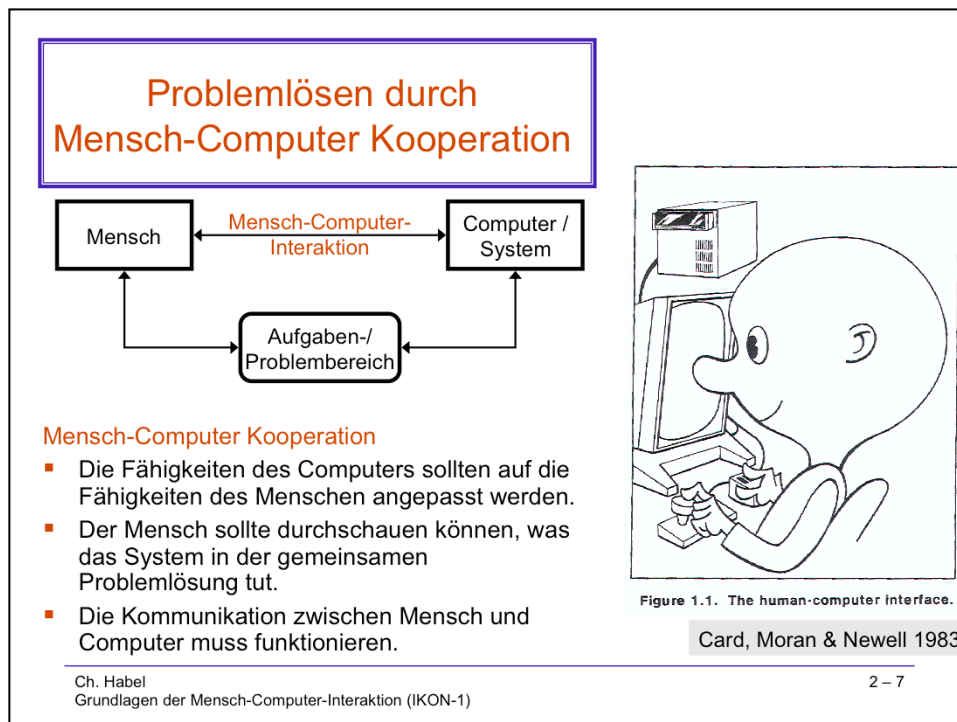
2 – 5

- Leibniz und Babbage können als die Vorläufer des Informationsverarbeitungsparadigmas angesehen werden:
 - „Denken ist Berechnen von sprachlichen Ausdrücken.“
 - „Diese Berechnungen sind mechanisierbar.“
- Die Mathematik / Logik der 30-er Jahre liefert die Grundlage für die Informatik und das Informationsverarbeitungsparadigma durch die Entwicklung eines wohldefinierten Konzepts der Berechnung.
- Die Folge dieser mathematischen Grundlagenforschung ist die Entwicklung genereller, programmierbarer Computer in den USA in der Kooperation von Elektroingenieuren und Logikern.
- Die Verwendung von Logik als Grundlage der Beschreibungen des Nervensystems erfolgt in der Kooperation von Biologen und Logikern.
 - McCulloch, Warren & Pitts, Walter (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. Bulletin of Mathematical Biophysics, 5. 115-133.
 - Auch Turing und von Neumann haben zahlreiche Arbeiten zu natürlichen Informationssystemen vorgelegt.
- Kybernetik: Entwicklung einer (ersten) interdisziplinären Gruppierung zur Erforschung genereller Prinzipien der Informationsverarbeitung.
 - Primär beteiligte Disziplinen: Mathematik, Physik, Elektrotechnik, Biologie
 - Die Bezeichnung Kybernetik verschwindet in den USA in den 50er Jahren in der Konkurrenz mit Computer Science.
 - Kybernetik bleibt eine „europäische Erscheinung“ (insbesondere Osteuropa.)

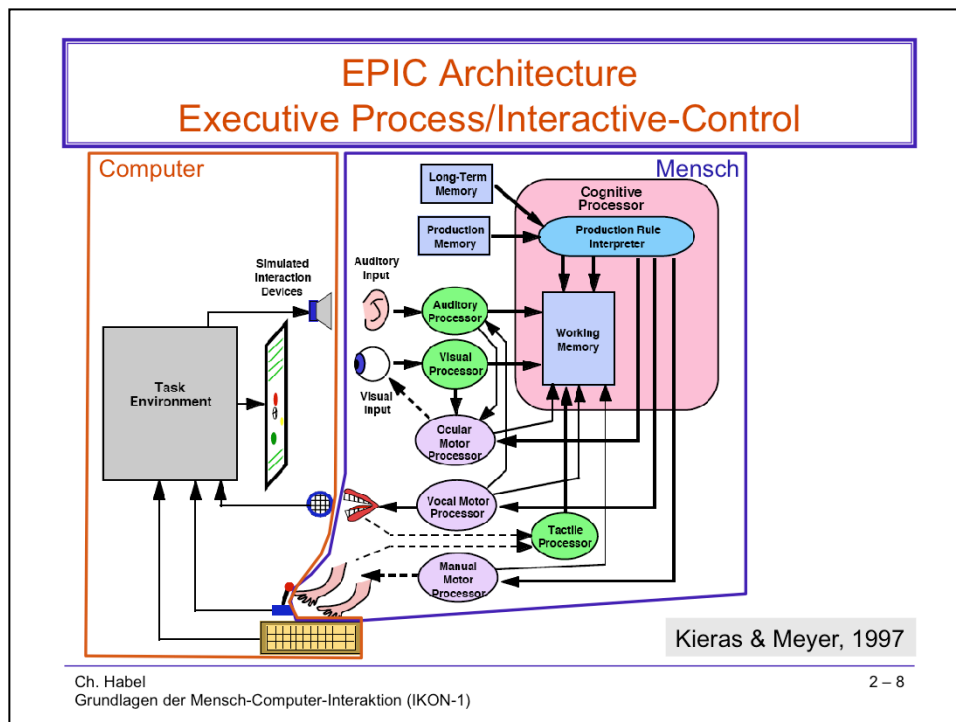
Geschichte des Informationsverarbeitungsparadigmas (2)

- 1956:
 - Dartmouth-Conference: Einführung des Begriffs „Artificial Intelligence“. (McCarthy, Minsky, Newell, Shannon, Simon)
 - Noam Chomsky: „Three Models for the Description of Language“ begründet die „Generative Grammatik“.
 - George Miller „The Magical Number Seven“: Beginn der Kognitiven Psychologie
- 1950er – 1970er: Informatik wird zu einer wissenschaftlichen Disziplin
- 1970er: Cognitive Science auf dem Weg zu einer eigenständigen wissenschaftlichen Disziplin (in den USA)
- 1980er: Human-Computer-Interaction als eigenständige Teildisziplin der Informatik
- 1990er: Autonome Agenten: Integration von Künstlicher Intelligenz, Softwaretechnik und Theoretischer Informatik.
- 2000er: Robotik & virtuelle Agenten werden als neue Form von selbständig handelnden Assistenten entworfen und realisiert.

- Ab Mitte der 50er Jahre Entwicklung einer Kognitionswissenschaft:
 - Primär beteiligte Disziplinen: Informatik, Logik, Psychologie, Linguistik, Neurowissenschaften, Philosophie, Anthropologie
- Einige zentrale Veröffentlichungen (der Startphase):
 - Chomsky, N. (1956). Three Models for the description of language. In I.R.E. Transactions on Information Theory II 2-3. (pp. 113-124).
 - Miller, G. A. (1956). The Magical Number Seven, plus or minus two. some limits on our capacity for processing information. Psychological Review 63, 81–97.
 - Newell, A. & Simon, H. (1972). Human Problem Solving. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
 - McCarthy, J. (1958). Programs with common sense. In Proceedings of the Symposium on the Mechanization of Thought Processes. (pp. 77-84). (repr. in: M. Minsky (Ed.). Semantic Information Processes. Cambridge, MA: MIT-Press.)
 - McCarthy, J. (1960). Recursive functions of symbolic expressions and their computation by machine. Part I. Communications of the ACM. 3, 184–195.
- Wichtige Konferenzreihen (im Hinblick auf IKON-1-Inhalte):
 - International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), seit 1969
 - Cognitive Science Conference (CogSci) seit 1980
 - Human Factors in Computing Systems (ACM-CHI), seit 1983



- **Mensch-Computer Kooperation: Problemlösen unter Verwendung des Computers als kognitives Artefakt**
 - Die Fähigkeiten des Computers müssen auf die Fähigkeiten des Menschen angepasst werden.
 - Der Mensch sollte durchschauen können, was das System in der gemeinsamen Problemlösung tut. (Internes Modell des Systems.)
 - Die Kommunikation zwischen Mensch und Computer muss funktionieren.
- ➔ Die Cartoon-ähnliche Abbildung (rechts) ist aus:
 Card, S. K.; Moran, T. P., & Newell, A. (1983). *The psychology of human-computer interaction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.



- Kieras, D. & Meyer, D.E. (1997). An overview of the EPIC architecture for cognition and performance with application to human-computer interaction. *Human-Computer Interaction.*, 12, 391-438.
- Kieras, D.E., Wood, S.D., & Meyer, D.E. (1997). Predictive engineering models based on the EPIC architecture for a multimodal high-performance human-computer interaction task. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction.* 4, 230-275.
- Meyer, D. E., & Kieras, D. E. (1997). A computational theory of executive control processes and human multiple-task performance: Part 1. Basic Mechanisms. *Psychological Review*, 104, 3–65.
- Meyer, D. E. & Kieras, D. E. (1997). A computational theory of executive control processes and human multiple-task performance: Part 2. Accounts of Psychological Refractory-Period Phenomena. *Psychological Review.* 104, 749–791.

Grundlagen der Mensch-Computer Interaktion

Mensch

↔
Mensch-Computer-Interaktion

Computer / System

↑

Aufgaben-/
Problembereich

↓

Mensch-Computer Interaktion setzt Kenntnisse,

- „wie der Mensch funktioniert“, d.h. Kenntnisse der Kognition, Perzeption, Motorik, ... des Menschen,
- über Ein- und Ausgabeschnittstellen von Informatiksystemen / technischen Systemen
- über Prozesse der Interaktion zwischen Mensch und Computer,

voraus.

Inhalte und Lernziele der Vorlesung

- Vermittlung von Grundkenntnissen im Hinblick auf die Facetten *Mensch*, *Computer* und *Interaktion*.
- Einblick in die interdisziplinäre Arbeitsweise & Methodik des Gebietes MCI.

Ch. Habel
Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

2 – 9

- Einblick in die interdisziplinäre Arbeitsweise & Methodik des Gebietes MCI
 - Dies betrifft insbesondere die „Nachbarfächer“: Psychologie im Allgemeinen, und für spezifische Fragestellung Linguistik, Erziehungswissenschaften, ...

„wie der Mensch funktioniert“

- Prozesse

- der **Kognition**
Denken (Folgern, Probleme lösen, ...), Kommunizieren (Sprache, Gestik, Graphik,...), Gedächtnis
- der **Perzeption** / Wahrnehmung
Sehen, Hören, Fühlen, Tasten, ...
- der **Motorik**
Fortbewegung, Greifen, ...
- **Eigenschaften, Beschränkungen der Prozesse, z.B.**
 - zeitlich, im Hinblick auf Kapazität, ...

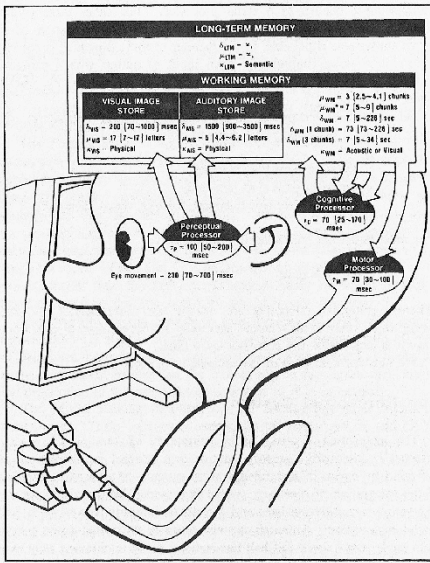


Figure 2.1. The Model Human Processor—memories and processors.

Card, Moran & Newell 1983

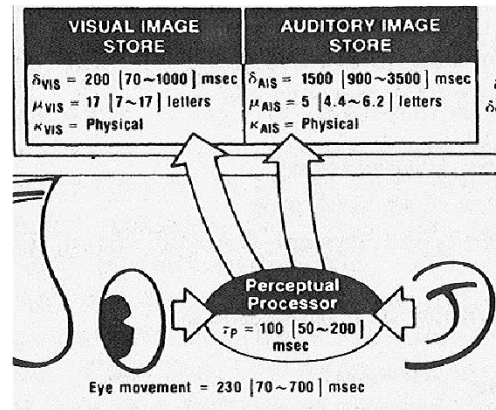
Ch. Habel
Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

2 – 10

- Die Perspektive „Gedächtnis“ ist orthogonal zu der hier (auf dieser Folie) eingenommen Prozess-Perspektive.
- ➔ Introspektion ist keine gute Analysestrategie, Befragung und insbesondere Experimentelle Überprüfung.
- ➔ Die Cartoon-ähnliche Abbildung (rechts) ist aus:
Card, S. K.; Moran, T. P., & Newell, A. (1983). *The psychology of human-computer interaction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

„wie der Mensch funktioniert“ (2) Leistungen & Beschränkungen

- Ikonisches Gedächtnis / Visual Image Store
 - decay / Verfall: δ
„Halbwertszeit“ 200 msec
Intervall [90 – 1000] msec
 - Kapazität / memory capacity: μ
Messgröße: *Buchstaben*
 - Augenbewegungen / gaze
 - typische Dauer (Planung & Durchführung): 230 msec
Intervall [70 – 700] msec
- Die Angaben sind nicht generalisierbar. Sie beziehen sich jeweils auf spezifische Mess- & Versuchsanordnungen sowie (Aufgabenstellungen).



Card, Moran & Newell 1983

Ch. Habel
Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

2 – 11

- Mit dieser Detailbetrachtung wird nur ein kleiner Ausschnitt der Fragestellungen / Prozesse (vgl. die vorangehende Folie) erläutert, die systematisch untersucht und berücksichtigt werden müssen.
- ➔ Card et al. verweisen für die verschiedenen in der Abbildung aufgeführten „Performanzangaben“ auf Arbeiten anderer Wissenschaftlern, die entsprechende Phänomene experimentell untersucht haben. In späteren Vorlesungen werden wir exemplarisch auf entsprechende Fragestellungen und Untersuchungen detaillierter eingehen.
- ➔ Abb: Ausschnitt aus Fig. 2.1 in Card, S. K.; Moran, T. P., & Newell, A. (1983). *The psychology of human-computer interaction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

„wie der Mensch funktioniert“ (3)

Leistungen & Beschränkungen

- Ikonisches Gedächtnis / Visual Image Store
 - decay / Verfall: δ
„Halbwertszeit“ 200 msec
Intervall [90 – 1000] msec
 - Kapazität / memory capacity: μ
Messgröße: *Buchstaben*
- Augenbewegungen / gaze
 - typische Dauer (Planung & Durchführung): 230 msec
Intervall [70 – 700] msec
- Die Angaben sind nicht generalisierbar.
 - Sie beziehen sich jeweils auf spezifische Mess- & Versuchsanordnungen sowie (Aufgabenstellungen).
 - Es gibt – zum Teil – erhebliche Unterschiede, sowie innerhalb von Individuen also auch zwischen Individuen.
- Menschen sind in vielen Bereichen nur – sehr – eingeschränkt in der Lage, Leistungsgrenzen durch Training oder Anpassung zu verändern.

Ch. Habel
Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

2 – 12

- innerhalb von Individuen also auch zwischen Individuen \approx intraindividuell vs. interindividuell
- Derartige „Leistungsbereiche“ müssen beim Design von Schnittstellen berücksichtigt werden!

➔ Abb: Ausschnitt aus Fig. 2.1 in
Card, S. K.; Moran, T. P., & Newell, A. (1983). *The psychology of human-computer interaction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Kognitive Architekturen - Kognitive Modelle

■ Kognitive Architekturen

- sind Theorien der Module und Prozesse, auf denen (menschliche) Kognition basiert
- fokussieren auf Funktion / Verhalten (nicht auf die „biologische Ausstattung“)
- ermöglichen die Entwicklung kognitiver Modelle realisiert durch spezielle Programmiersprachen / Repräsentationsformalismen (Soar, ACT-R, EPIC)
- integrieren Grundlagenforschung und Anwendungen (MCI)

■ Kognitive Modelle

- sind Computer Programme, die menschliches Verhalten bei der Lösung kognitiver Aufgaben simulieren
- ermöglichen qualitative und quantitative Vorhersagen über Benutzerverhalten in der Mensch-Computer-Interaktion

- Die kognitionsnahen Bereiche von Perzeption & Motorik werden meist ebenfalls INNERHALB von Kognitiven Architekturen behandelt.
- Ritter, Frank E.; Baxter, Gordon D.; Jones, Gary & Young, Richard M. (2000). Supporting Cognitive Models as Users. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*. 7. 141–173.
- Olson, Gary M. & Olson, Judith S. (2003). Human-Computer Interaction: Psychological Aspects of the Human Use of Computing. *Annual Review of Psychology*, 54. 491-516.
- Im Bereich HCI werden kognitive Modelle u.a. in Anwendungsfeldern verwendet, in denen die Untersuchung „echter Benutzer“ kostspielig, zeitaufwendig und risikoreich ist, z.B. Luft- und Raumfahrt, Medizintechnik (einschliesslich Operationstechnik / -unterstützung). In solchen Feldern werden kognitive Modelle für die **ersten** Phasen der Systementwicklung eingesetzt, um die - notwendigen - Untersuchungen mit „echten Benutzern“ erst in der Endphase der Entwicklung – und dann mit reduziertem Aufwand – durchzuführen.

Informationsverarbeitung: Eingabe – Berechnung – Verhalten

Eingabe 1: Im Wahrnehmungsfeld des Agenten A, der in einem Auto vor einer Ampel steht, findet eine Veränderung der Lichtsignale statt.

Verhalten 1: Der Agent führt Handlungen durch, so dass das Auto beschleunigt.



Eingabe 2: Im Wahrnehmungsfeld des Agenten A, der sich in einem Auto einer Ampel nähert, findet eine Veränderung der Lichtsignale statt.

Verhalten 2: Der Agent führt Handlungen durch, so dass das Auto anhält.



➤ Verstehen des Wahrgenommenen führt zu Verhalten.

Ch. Habel
Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

2 – 14

- Die zentrale Frage der Kognitions- und Neurowissenschaften ist: Welche internen Prozesse des kognitiven und perzeptiven Systems führen dazu, dass „äussere Reize“ dazu führen, dass ein gewisses Verhalten des Agenten auftritt.

Bis in die 50-er Jahre des 20. Jhd. wurden in der Psychologie überwiegend Beziehungen zwischen äusseren Reizen (stimuli) und darauf folgenden Verhaltensreaktionen (response) untersucht.

- Diese Richtung der Psychologie wird als Behaviorismus / behavioristische Psychologie bezeichnet.
- Chomsky und Miller (vgl. Folie 2–5) sind zwei der einflussreichsten Wissenschaftler im Übergang vom Behaviorismus zur kognitiven Psychologie und Kognitionswissenschaft.

Ebenen der Informationsverarbeitung (David Marr, 1982)

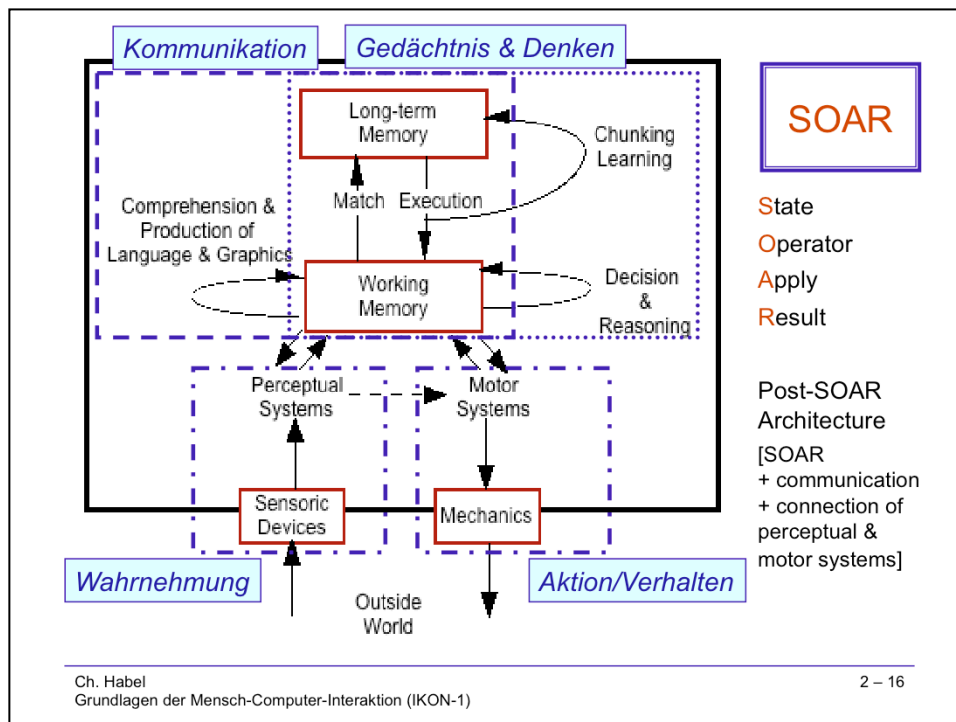
- **computational level**
 - betrifft die Bedingungen (constraints) an die **Abbildung von Eingabe- zu Ausgabeinformationen**
 - Was wird berechnet?
- **representational / algorithmic level**
 - betrifft die **Repräsentationsformate** der Eingabe- und der Ausgabeinformation sowie die Algorithmen, die die abstrakte Abbildung (des computational levels) realisieren
 - Wie wird berechnet?
- **implementational / physical level**
 - betrifft die **Realisierung der Repräsentationen und Algorithmen** auf konkreter "Hardware", d.h. durch ein physikalisches System
 - Wie ist der Algorithmus aktuell implementiert?

Ch. Habel
Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

2 – 15

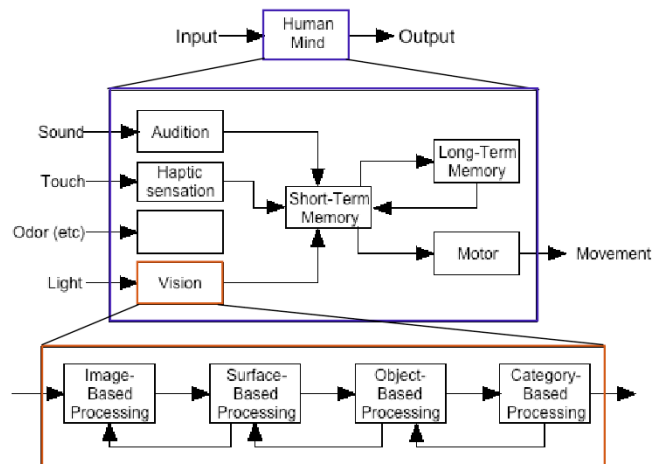
- Marr, David (1982). *Vision*. New York: W.H. Freeman
- Erläuterungen zu Marrs Ansatz finden sich u.a.in:
 - Kosslyn, Stephen M. (1994). *Image and Brain*. Cambridge, MA.: MIT-Press.
 - Palmer, Stephen E. (1999). *Vision Science. Photons to Phenomenology*. Cambridge, MA: MIT-Press.
- Die von Marr angesprochenen Ebenen der Informationsverarbeitung beziehen sich auf natürliche und künstliche Systeme.
- Wird etwa das Verhalten oder Fehlverhalten eines technischen Systems untersucht, so sind die Marrschen Ebenen ebenfalls grundlegend.
 Situation: Bei gegebenen Eingabewerten wird (durch ein System) ein falsches Resultat geliefert, d.h. es wird nicht $F(x)$ berechnet.
 Warum?
 - Im System wurde eine andere Funktion realisiert. (z.B. eine inadäquate Approximation von F).
 - Der Algorithmus zur Berechnung von F ist nicht korrekt.
 - Die Hardware / Basissoftware ist nicht dazu in der Lage, den Algorithmus korrekt zu realisieren.

Kombinationen der Fehlerquellen sind möglich.



- Die hier dargestellte SOAR-Architektur ist ein Beispiel für eine „Kognitive Architektur“, d.h. für ein formales Modell der menschlichen Kognition und Perzeption [andere kognitive Architekturen werden in Veranstaltungen des 3. Bachelor-Studienjahres und im Masterstudium behandelt werden]. SOAR wurde von Alan Newell (und MitarbeiterInnen) entwickelt, um das Verhalten natürlicher kognitive Systeme zu beschreiben und zu erklären, und, um leistungsfähige künstliche Systeme entwerfen und realisieren zu können..
 - Lehman, Jill Fain; Laird, John E. & Rosenbloom, Paul (1998). A gentle introduction to Soar: An architecture for human cognition. In Scarborough, Don & Sternberg, Saul (eds.), *An invitation to cognitive science: Methods, models, and conceptual issues. Vol 4.* (pp. 211–251). Cambridge, MA: MIT-Press.
 - Laird, John E. , Newell, Alan & Rosenbloom, Paul S. (1987). SOAR: An architecture for general intelligence. *Artificial Intelligence*, 33. 1–64.
 - Newell, Allen (1990). *Unified theories of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Die obige Abbildung, die in ähnlicher Form in den oben genannten Publikationen zu SOAR zu finden ist, zeigt die zentrale Stellung verschiedener Typen des Gedächtnisses in kognitiven Prozessen.
 - Die Interaktion des Systems findet über Ein- bzw. Ausgabe vermittelt der Sensorik und Mechanik statt.
 - Die relevanten internen Prozesse stellen Transformationen / Verarbeitungen von Gedächtnisinhalten (internen Repräsentationen) dar.
 - Kritik: C.H.: Die ursprüngliche SOAR-Architektur vernachlässigt die Aspekte der Kommunikation. Daher ist hier eine eigene Komponente für Verstehen und Generieren von Sprache, Graphiken etc. eingeführt. Der „akustische“ Teil der sprachlichen Kommunikation muss dabei in der klassischen SOAR-Konzeption als spezielle Wahrnehmung aufgefasst werden.
- In den Teilen der VORLESUNG (IKON-1), die die Grundlagen natürlicher Informationsverarbeitung betreffen, werden insbesondere die drei Bereiche *Wahrnehmung*, *Gedächtnis & Denken* und *Kommunikation* – jeweils in Blöcken von anderthalb bis zwei Vorlesungen behandelt werden.
- Verhalten kann – häufig – direkt beobachtet werden, und ist deswegen als „Hinweis“ (Evidenz) für nicht direkt beobachtbare kognitive und perzeptive Prozesse relevant.

Rekursive Dekomposition: Menschliche Kognition (aus Sicht eines Perzeptionsforschers)



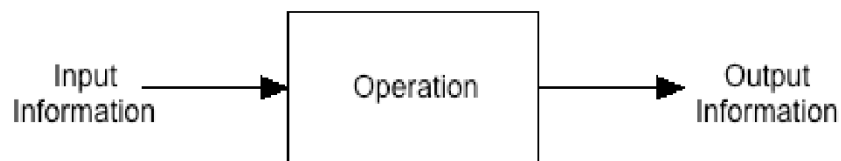
Ch. Habel
Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

2 – 17

- Abbildung nach Figure 2.3.6 in Palmer, Stephen E. (1999). *Vision Science. Photons to Phenomenology*. Cambridge, MA: MIT-Press. (p. 75)
- Vgl. auch die SOAR-Architektur (Folie SOAR, 2–16)
- In dieser Abbildung ist – in der zweiten Verfeinerungsebene – auf die visuelle Wahrnehmung fokussiert worden.
- Palmers Blick auf die menschliche Kognition ist von seinen Forschungsschwerpunkten, Wahrnehmung und Motorik, geprägt. Daher werden alle „Output-Kanäle“ als Bewegung dargestellt. Dies ist – aus einer sehr basalen – Perspektive möglich:
 - Sprache wird gesprochen (Motorik der Artikulationsorgane) oder schriftlich (Handbewegung) verwendet.
 - Gestik und Mimik basieren auf Motorik.
 - Handlung, die nach aussen wirkt, ist stets mit Bewegung verbunden.

Black box Analyse

- Mentale Prozesse können als Informationsverarbeitungsprozesse spezifiziert werden:
 - *Eingabeinformation* wird durch eine *Operation* (gegebenenfalls durch eine komplexe Operation bestehend aus elementaren Operationen) in *Ausgabeinformation* überführt, das wiederum zu *Verhalten/Aktion* führt.
 - Ausgabeinformation & Verhalten / Aktionen sind beobachtbar.
 - Black box diagrams:

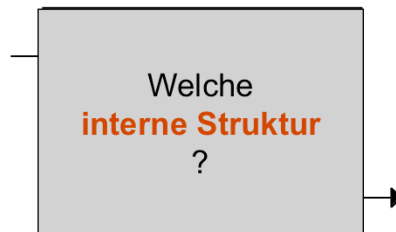


Ch. Habel
IKON-1: Grundlagen natürlicher Informationsverarbeitung (2)

2 – 18

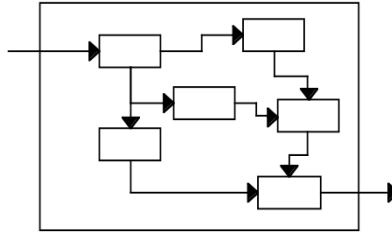
- Vgl. Folie 2–16 (SOAR-Architektur): Überlegen Sie sich, wie „outside world“ und das „kognitive System“ (in der Abb. durch den schwarzen Rahmen dargestellt), zu den in dieser Abbildung verwendeten Elementen korrespondieren.
- Behaviorismus vs. Kognitive Sichtweise
 - Zentrale Frage: Inwieweit ist es möglich, die interne Struktur von Mentalen Prozessen wissenschaftlich zu erschliessen?

Die Methode der rekursiven Dekomposition (1)



- Zur rekursiven Dekomposition vgl.:
Palmer, Stephen E. (1999). *Vision Science. Photons to Phenomenology*. Cambridge, MA: MIT-Press.

Die Methode der rekursiven Dekomposition (1)

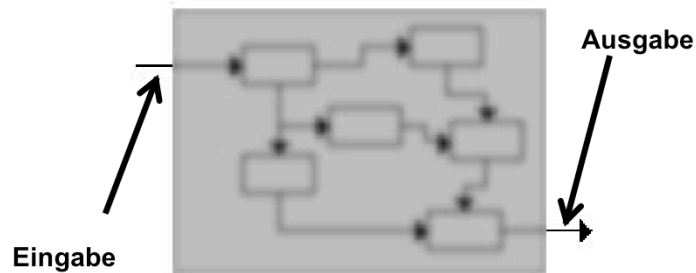


- Komplexe Entitäten (Systeme, Ereignisse, Prozesse) können in Komponenten zerlegt werden.
 - Dekomposition von Ebene i zu Ebene $i+1$ eröffnet den Blick in die Komponenten (black boxes) der höheren Ebene.
 - Die Funktion einer Komponente der Ebene i wird charakterisiert durch Subkomponenten der Ebene $i+1$ und durch informationelle Beziehungen / Interaktionen zwischen diesen Subkomponenten.

- Zur rekursiven Dekomposition vgl.:
Palmer, Stephen E. (1999). *Vision Science. Photons to Phenomenology*. Cambridge, MA: MIT-Press.

Die Methode der rekursiven Dekomposition (2)

- Wie lässt sich das Innere einer *black box* erkunden ?
Empirisch: durch Experiment und Beobachtung:
 - Welche Ausgabe erfolgt bei welcher Eingabe?
 - Verhaltensunterschiede bei Eingabe- / Ausgabepaaren



Ch. Habel
IKON-1: Grundlagen natürlicher Informationsverarbeitung (2)

2 – 21

- Evidenz aus Experiment und Beobachtung geht in die Modellbildung und Simulation ein.
 - Modellbildung ohne empirische Basis ist Spekulation.
- Experimente sollen auf der Basis von Modellen entworfen und durchgeführt werden.
 - ➔ Deduktive Methode: Experiment als Überprüfung von Theorien.

Untersuchung von Input-Output-Verhalten „Reverse Engineering“



- Was passiert im Inneren der Komponente?
 - Operation: Vermutlich Multiplikation
 - Algorithmus: Alternative Realisierungen möglich:

Echte Multiplikation

$(2,2) \rightarrow 2 * 2 \rightarrow 4$

$(2,4) \rightarrow 2 * 4 \rightarrow 8$

$(4,2) \rightarrow 4 * 2 \rightarrow 8$

vs. Multiplikation als mehrfache Addition

$(2,2) \rightarrow 2 + 2 \rightarrow 4$

$(2,4) \rightarrow 2 + 2 + 2 + 2 \rightarrow 8$

$(4,2) \rightarrow 4 + 4 \rightarrow 8$
- Typen von Evidenz:
 - Zeitverhalten
 - Fehlerverhalten

Ch. Habel
IKON-1: Grundlagen natürlicher Informationsverarbeitung (2)

2 – 22

- Die Analyse der Input-Output-Paare lässt nur in (sehr) beschränktem Umfang Schlüsse auf die durch das System realisierte Operation (-> computationelle Ebene) zu.
 - Vgl. Aufgabe: Bildungsgesetz einer Folge zu erkennen:
 - Faustregel: „Je mehr Eingabe-Ausgabe-Paare bekannt sind, desto eher gelingt es, die durch das System realisierte Operation / Funktion zu erkennen.“
- Das Erschliessen des Algorithmus, d.h. der prozessualen Eigenschaften der Realisierung, ist nicht auf der ausschliesslichen Basis von Eingabe-Ausgabe-Paaren möglich. Hier müssen prozessuale Kriterien einbezogen werden, z.B.
 - Zeitverhalten
 - Speicherplatzverhalten
 - Fehlerverhalten

Erwerb von Additionsfähigkeiten bei Vorschulkindern

- Aufgabe: $2 + 4$ (vs. $4 + 2$)
- 1. Phase: Weiterzählen vom ersten Summanden
 $2 + 4 \rightarrow 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6$
 $\quad \quad \quad = 2 + 1 \quad = 2 + 2 \quad = 2 + 3 \quad = 2 + 4$
 Problem: Erfordert Aufmerksamkeit: Kontrolle über Stand der Bearbeitung
 $4 + 2 \rightarrow 4 \quad 5 \quad 6$
 $\quad \quad \quad = 4 + 1 \quad = 4 + 2$
 geringerer Zeitbedarf, weniger fehleranfällig
- 2. Phase: Weiterzählen mit automatischem Beginn bei der grösseren Zahl
- 3. Phase: Abruf des Ergebnisses

Ch. Habel
IKON-1: Grundlagen natürlicher Informationsverarbeitung (2)

2 – 23

- Ein empfehlenswertes Buch über Kognition & Zahlen & Mathematik, in dem die hier angeführten Phasen des Erwerbs der Addition erläutert wird, ist:

Dehaene, Stanislas (1997). *The number sense – How the mind creates mathematics*. New York: Oxford University Press.

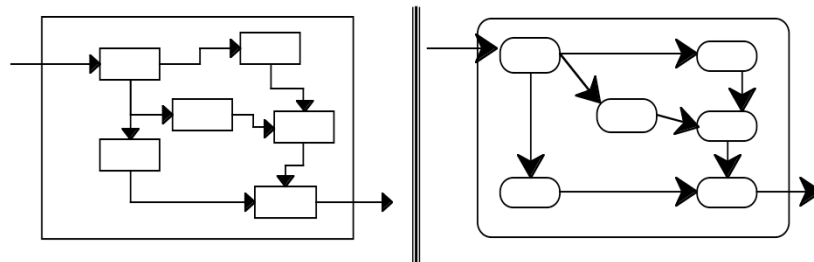
(es gibt mittlerweile auch eine deutsche Übersetzung)

zum obigen Beispiel: chapt. 5: *Small heads for big calculations*.

Die Methode der rekursiven Dekomposition (3)

■ Modellbildung und Simulation

- Verhaltensgleichheit bei formalen Modell (bzw. künstlichen System) und natürlichem System wird als **Evidenz** für Strukturähnlichkeit gesehen.
- Annahme der Strukturähnlichkeit ist stets an Art und Detaillierung der Dekomposition gebunden.



Ch. Habel
IKON-1: Grundlagen natürlicher Informationsverarbeitung (2)

2 – 24

- Wird eine Computersimulation / Computermodellierung (vgl. 2-13) einer kognitiven Leistung vorgenommen, so wird – kein vernünftiger Mensch – ohne explizite zusätzliche Gründe irgendeine Strukturähnlichkeit zwischen
 - Hardware und Gehirn
 - Basisprozeduren der verwendeten Programmiersprache und Basisprozessen der menschlichen Kognition annehmen
 annehmen.
- Mit anderen Worten:
Computersimulationen beanspruchen Aussagekraft im Hinblick auf die modellierten kognitiven Leistungen nur bis zu einer gewissen Detaillierungsebene der funktionalen Dekomposition.

Grundlagen der Mensch-Computer Interaktion

2. Kapitel

- Informatik / MCI
 - ⇔ natürliche Informationsverarbeitung
- Architektur informationsverarbeitender Systeme
- Ebenen der Informationsverarbeitung
- Kapitel 3: „Der Mensch“
 - Menschliche Informationsverarbeitung:
Wahrnehmung, Gedächtnis, Problemlösen,
Kommunikation