

Grundlagen der Mensch-Computer Interaktion

4. Kapitel

Der Mensch

- Ein- und Ausgabe: Wahrnehmung und Handeln
 - Wahrnehmung: Modalitäten der Wahrnehmung
- Gedächtnis & Denken
 - Interaktion: Wahrnehmung – Denken – Handeln
 - Repräsentationelle Modalitäten
 - Denken & Problemlösen
 - Gedächtnis: Leistungen & Begrenzungen
 - Typen / Arten des Gedächtnisses

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

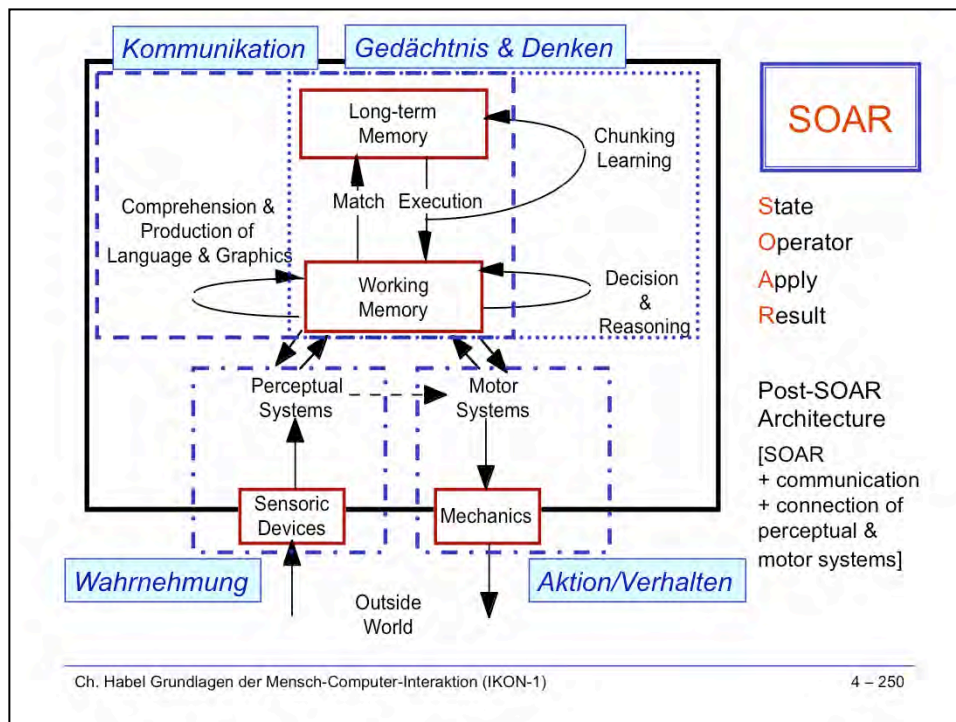
4 – 248

- Die hier aufgeführten Unterpunkte für den Abschnitt “Gedächtnis & Denken” beziehen sich auch die zentralen Sichtweisen auf das Thema, die im weiteren vorgestellt werden. Der lineare, zeitliche Ablauf in der Vorlesung weicht hiervon ein wenig ab, da einige Phänomene und Fragestellungen mehrfach angesprochen werden,

Denken und Gedächtnis: Eine Einleitung

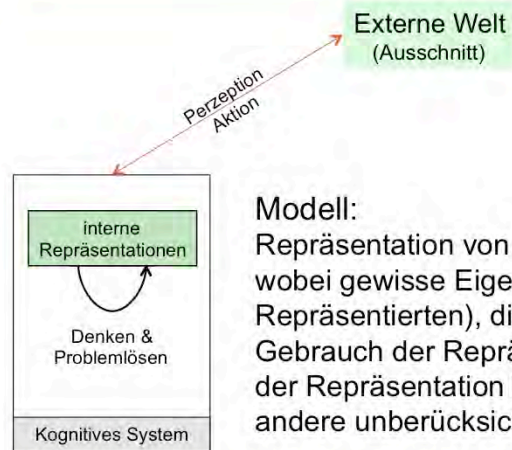
- "..., thinking involves mentally representing some aspects of the world ... and manipulating these representations or beliefs so as to yield new beliefs, where the latter may be used in accomplishing some goal."
[Smith, 1995]
- "... Memory is the repository of many of the beliefs and representations that enter into thinking, and the retrievability of these representations can limit the quality of our thought."
[Smith, 1990]

- Smith, Edward E. (1990). Thinking: Introduction. In Daniel. H. Osherson & Edward E. Smith (eds.), *Thinking. An Invitation to Cognitive Science* 3. (pp. 1). Cambridge, MA.: MIT-Press.
- Smith, Edward E. (1995). Thinking: Introduction. In Edward E. Smith & Daniel. H. Osherson (eds.), *Thinking. An Invitation to cognitive science, Vol. 3.* (pp. xi–xii). Cambridge, MA: MIT-Press. (2nd edition.)
- Denken und Problemlösen kann durch Prozesse, die über Repräsentationen operieren, modelliert werden.
In dieser Hinsicht besteht eine wichtige Korrespondenz zwischen natürlichen Prozessen des Denkens und Problemlösens, wie sie von KognitionswissenschaftlerInnen untersucht werden, und künstlichen Prozessen des Problemlösens, wie sie von InformatikerInnen entworfen werden.
- Gedächtnisforschung betrifft die kurz- und langfristige Speicherung von Wissensinhalten und die Frage nach dem Format der Repräsentationen.
Beide Problem- und Phänomenbereiche des Gedächtnisses beim Menschen geben wichtige Hinweise für die Speicherung in Systemen der Informatik.



- Diese Folie wurde im Verlauf des Kap. 4 schon mehrfach verwendet. Im hier beginnenden Abschnitt wird der Gesichtspunkt „Gedächtnis“ relevant.

Perzeption – Kognition – Aktion

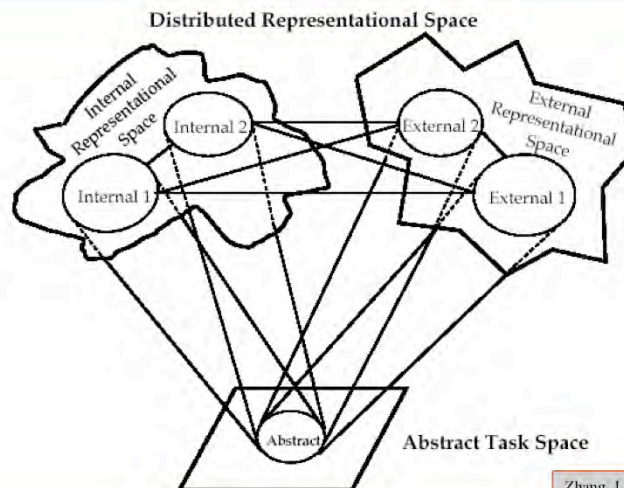


Modell:

Repräsentation von etwas, wobei gewisse Eigenschaften / Aspekte (des Repräsentierten), die für den intendierten Gebrauch der Repräsentation wichtig sind, in der Repräsentation berücksichtigt sind, und andere unberücksichtigt bleiben können.

- Im folgenden einleitenden Abschnitt „Repräsentationelle Modalitäten“ wird die Rolle von Repräsentationen für die menschliche Kognition und für das Problemlösen an einigen Beispielen erläutert.

Verteilte Repräsentationen – verteiltes Problemlösen



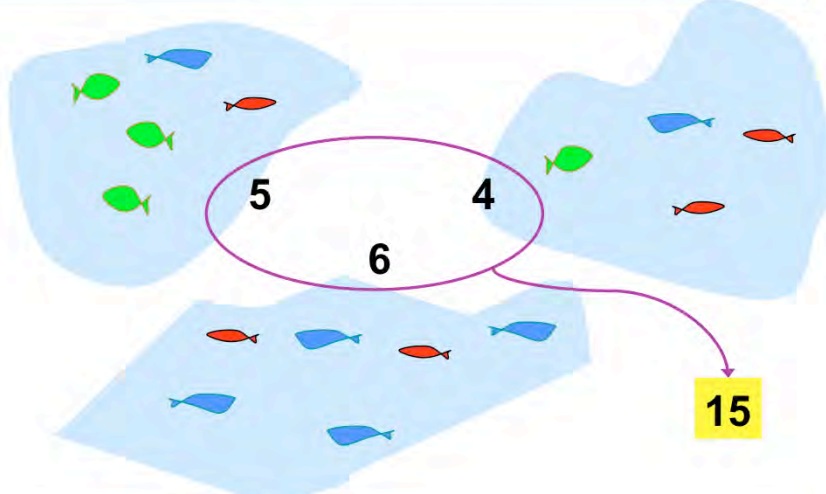
Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

4 – 252

Zhang, J. & Norman, D. A. (1994). Representations in distributed cognitive tasks. *Cognitive Science*, 18, 87-122.

Externe Repräsentationen sind die Basis für das Lösen vieler komplexer Probleme. Dies gilt insbesondere für kooperative, interaktive Problemlösung durch mehrere Agenten, seien es Menschen oder Computer. → MCI

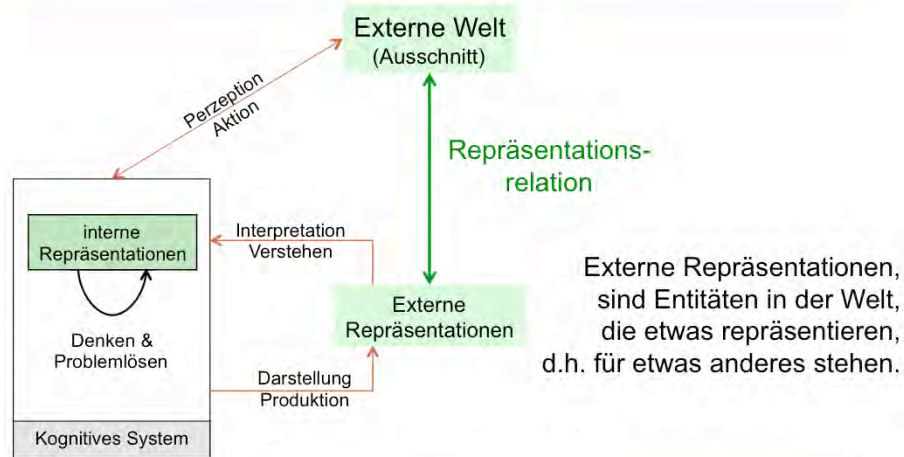
Wie viele Fische sind in den Teichen?



Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1) 4 – 253

- Für jeden der drei Teich kann die „Anzahl der Fische“ (so lange sie sich nicht zu schnell bewegen) durch *subitizing* [vgl. Foliensatz: IKON1-Wahrnehmung(3)] ermittelt werden.
- Für die Beantwortung der Frage (im Titel dieser Folie) muss gezählt bzw. gerechnet werden.
Diese Prozesse erfordern „abstrakte Repräsentationen“ und Berechnungsprozesse, die auf diesen Repräsentationen basieren.

Interne Repräsentationen vs. Externe Repräsentationen



Anzahl erkennen, zählen, rechnen

- **Zahlkonzepte**, d.h. interne Repräsentationen die über Gegebenheiten in der Welt abstrahieren,
 - sind die Voraussetzung für die Bestimmung von Anzahlen, unabhängig davon, ob die Anzahl durch Subitizing oder durch Zählen erfolgt,
 - sind die Voraussetzung dafür, dass wir uns Anzahlen merken können (Abspeicherung im Gedächtnis),
 - sind die Grundlage dafür, dass wir mit Anzahlen „operieren“, d.h. rechnen, können.
 - Dieses gilt für *mentale Arithmetik* und für *Rechnen mit Papier und Bleistift*.
- interne Repräsentationen vs. externe Repräsentationen

Exkurs: Allgemeine Repräsentationstheorie

Repräsentationssituation

- repräsentierte Welt (Repräsentandum) \mathcal{W}_1
 - Aspekte, die modelliert werden (Struktur)
- repräsentierende Welt (Repräsentation) \mathcal{W}_2
 - Aspekte, die modellieren (Struktur)
- Korrespondenz (Repräsentationsabbildung) ρ
 - $\rho: \mathcal{W}_1 \rightarrow \mathcal{W}_2$

Keine Isomorphie

- (Un-) Vollständigkeit
- Detailliertheit, Genauigkeit, Exaktheit, ...

Palmer (1978)

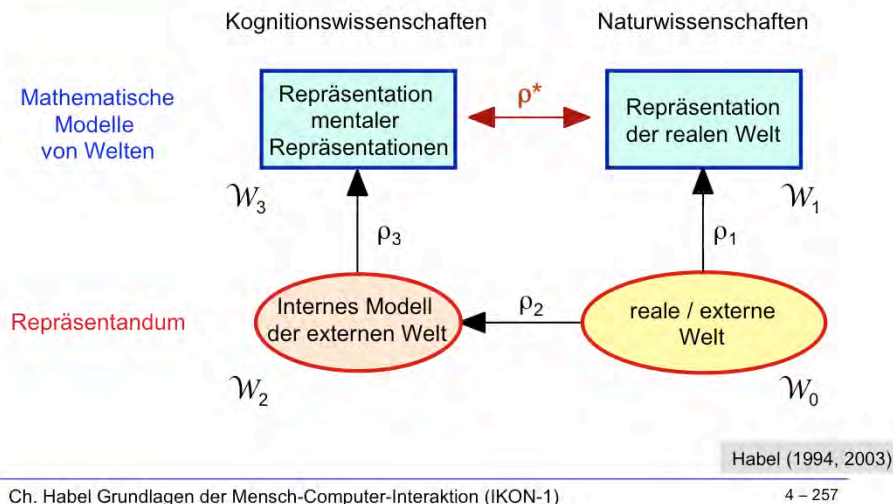
Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

4 – 256

Stephen Palmer, dessen Buch in vorangegangenen Vorlesungen zur Visuellen Wahrnehmung häufig herangezogen wurden, hat eine *Repräsentationstheorie* entworfen, um die Beziehung zwischen Perzeption (Wahrnehmung) und Kognition (Denken & Problemlösen) systematisch beschreiben und untersuchen zu können.

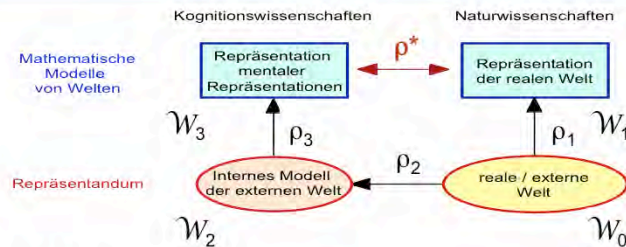
- Palmer, Stephen E. (1978). Fundamental aspects of cognitive representations. In E. Rosch & B. Lloyd (Eds.), *Cognition and categorization* (pp. 259–303). Hillsdale, NJ.: Erlbaum.

Formale Modelle in den Wissenschaften



- Aus der Perspektive der Kognitionswissenschaft, aber auch aus der der Forschung zu Mensch-Maschine-Interaktion, spielen die internen Modelle, die Menschen über die Welt aufbauen, eine besondere Rolle. Also die Welten vom Typ \mathcal{W}_2 .
- Die Forschung der Naturwissenschaften führt zu Modellen / Repräsentationen der realen Welt, die im Schaubild durch \mathcal{W}_1 dargestellt sind.
- Die Kognitionswissenschaften wiederum haben die Modellierung der menschlichen Wahrnehmung und des Denkens zum Gegenstand. Daher werden kognitionswissenschaftliche Modelle entwickelt (Typ \mathcal{W}_3), die Modelle von internen Modellen (Typ \mathcal{W}_2) beinhalten.
- Hieraus ergibt sich keine Notwendigkeit anzunehmen, dass die Modelle des Typs \mathcal{W}_1 die gleiche Struktur aufweisen, wie die des Typs \mathcal{W}_2 . Andererseits sind die strukturellen Beziehungen zwischen \mathcal{W}_1 und \mathcal{W}_2 – hier durch ρ^* bezeichnet – aber relevant, wenn die Frage, wie interne Modelle des Menschen aufgebaut sind.
- Abb. Entspricht Fig. 1 aus: Habel, Christopher (1996). Representations as basis of cognitive processes. In Görz, Günther & Hölldobler, Steffen (Eds.) *KI-96: Advances in Artificial Intelligence*. (pp. 99–101). Berlin: Springer-Verlag.
- Habel, Ch. (1994). Discreteness, Finiteness, and the Structure of Topological Spaces. In C. Eschenbach, Ch. Habel & B. Smith (Eds.): *Topological Foundations of Cognitive Science. Papers Workshop at the FISI-CS, Buffalo, NY. July, 1994*.
- Habel, C. (2003). Representational commitment in maps. In M. Duckham, M. F. Goodchild & M. Worboys (eds.), *Foundations of Geographic Information Science*. (pp. 69–93). London: Taylor & Francis.

Formale Modelle in den Wissenschaften



Fokus auf W_1 :

Ergänzung / Unterstützung der menschlichen Leistung
Informationssysteme, Expertensysteme, Planungshilfen

Fokus auf W_3 :

Nachvollziehen der menschlichen Leistung
Kommunikation, Schnittstellen, Robotik, Kognitionswissenschaft

Einige Formen externer Repräsentationen

- Externe Repräsentationen werden für die Bearbeitung komplexerer Aufgaben verwendet, z.B.
 - Berechnungen
 - Analyse und Verstehen komplexer Zusammenhänge durch die Verwendung von Graphen und Diagrammen
 - Routenplanung durch die Verwendung von Karten
- Menschliche Kommunikation basiert auf internen Repräsentationen (Ideen / Inhalten) und verwendet
 - Sprache: gesprochen, geschrieben, durch oder mit Gesten,
 - Depiktionen: Graphiken, Bilder, Karten, ...
 - Gesten, Mimik,

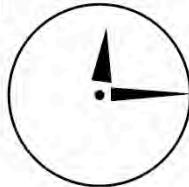
➤ Repräsentationelle Modalitäten

- Repräsentationelle Modalitäten sind eine relevante Konzeption innerhalb des Forschungs- und Anwendungsbereichs Mensch-Computer Interaktion.

Repräsentationen der Uhrzeit

Zwei Arten von Uhren – Zwei Arten von Repräsentationen

■ Analog



■ Digital



■ Zeitbeschreibungen

■ 12 Uhr 15

absolut

■ Viertel nach 12

relativ

Uhren sind eine wichtige Klasse Kognitiver Artefakte (vgl. Kap. 1)

Einige der hier in der Vorlesung vorgestellten Überlegungen sind angeregt durch

Bock, Kathryn; Irwin, David E.; Davidson, Douglas J. & Levelt, Willem J.M. (2003). Minding the Clock. *Journal of Memory and Language*, 48. 653–685.

Verwendung der Uhr – Wissen über Uhrzeit

- Wieviel Uhr ist es?

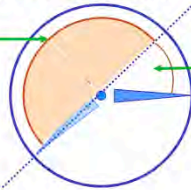
Jetzt



1 1 3 8

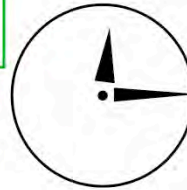
- Wieviel Zeit vergeht bis ...?

Etwas mehr als
eine halbe Stunde



$$22 + 15 = 37$$

Dann



1 2 1 5

Zeitbeschreibungen

- Unterschiedliche Fragestellungen
 - „wieviel Uhr ist es jetzt“,
 - „wieviel Zeit vergeht, bis...“
 - „wieviel Zeit ist vergangen, seit...“
- Typen von Zeitbeschreibungen:
 - 9 Uhr 25 fünf Minuten vor halb zehn
 aber nicht fünfundzwanzig Minuten nach neun
 - 9 Uhr 40 zwanzig vor zehn
 aber kaum zehn nach halb zehn

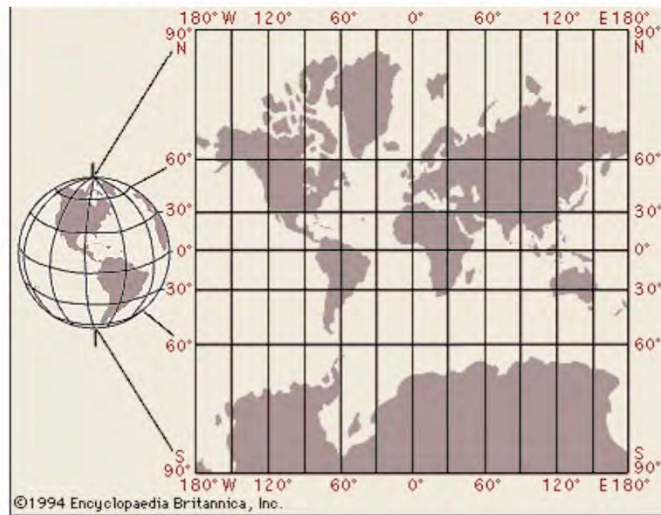
Bock, Kathryn; Irwin, David E.; Davidson, Douglas J. & Levelt, Willem J.M. (2003). Minding the Clock. *Journal of Memory and Language*, 48. 653–685.

geben auch eine detaillierte Übersicht über sprachspezifische Systeme der Zeitbeschreibung.

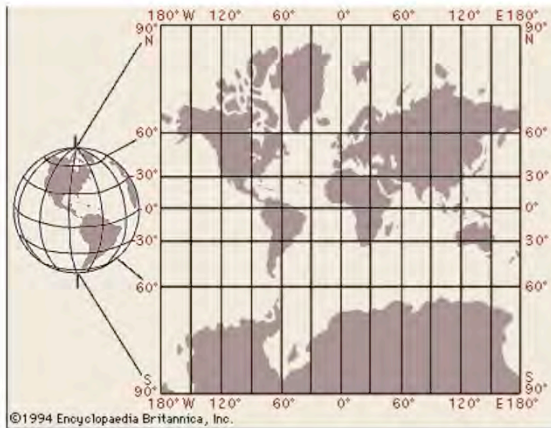
Der zentrale Untersuchungsgegenstand der Arbeit von Bock et al. ist der Prozess des „Versprachlichens“ der visuell wahrgenommenen Darbietung einer Urzeit (unter den beiden oben erläuterten Repräsentationsformen) und dabei der Zusammenhang zwischen der *digital* - *analog* Dichotomie bei der Repräsentation und den Beschreibungsarten *absolut* und *relativ* (siehe die vor-vorige Folie).

Karte und Globus

zwei analoge Repräsentationen der geographischen Welt



Karte und Globus (2)



Karte

- 2D Repräsentation der Erdoberfläche

Globus

- 3D Repräsentation der Erde

Topologische Abbildung von Karten auf die Oberfläche eines Globus

- ① $180^\circ\text{W} = 180^\circ\text{O}$
→ Zylinder
- ② Beides, 90°N und 90°S , besteht aus je einem Punkt → Doppelkegel

- Doppelkegel (double cone) ist im Abschnitt Farbwahrnehmung erläutert worden.
- Obwohl die Erde – annähernd eine Kugel ist – und somit unter der Sichtweise der Geometrie ‚vollkommen symmetrisch‘ ist, besitzen die Nord-Süd-Richtung und die Ost-West-Richtung komplett unterschiedliche Ordnungseigenschaften.
 - Nord-Süd-Orientierung: linear & beschränkt
 - Ost-West-Orientierung: zyklisch

Globus

3D Objekt vs. 2D-Oberfläche eines 3D Objekts



Lösen Sie das folgende Problem intuitiv, d.h. ohne zu rechnen.

Visualisieren einen Globus mit ca. **2.5 m Durchmesser** (Standardhöhe eines Wohnraums).

Imaginieren Sie nun ein (Miniatur-) Flugzeug auf dem Flug von Hamburg nach Kapstadt.

Wie gross ist die ‚**Flughöhe**‘ (Abstand zur Oberfläche des Globus)?

United States Geological Survey's
(USGS) Earth Resources
Observation Systems (EROS) Data
Center, Sioux Falls, SD

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

3 – 265

- edc.usgs.gov/about/tour/tour.html

Zur Visualisierungsaufgabe

Abschätzung der Grössenverhältnisse auf der Basis von gerundeten Werten:

Erddurchmesser \approx 12 500 km

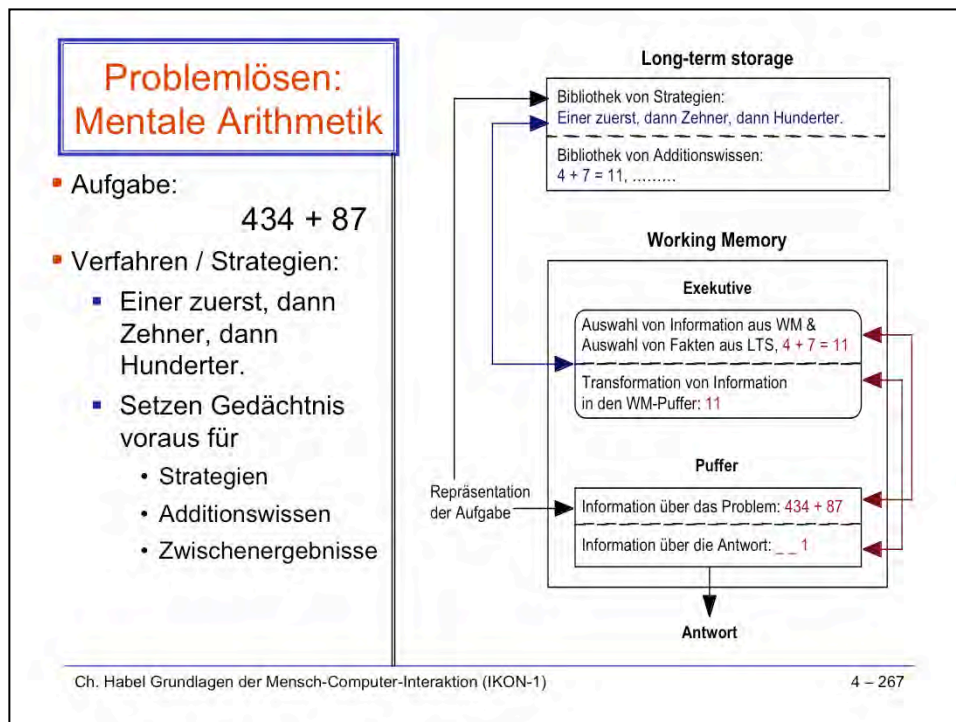
Globus 2,5 m

Flughöhe (real): 10 000 m

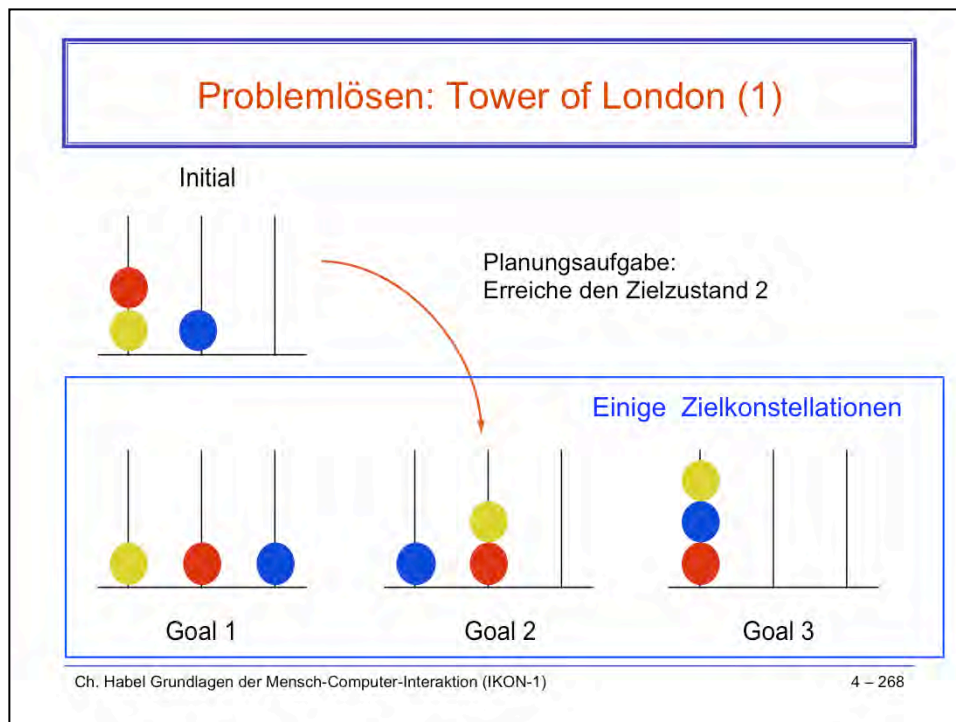
Denken und Gedächtnis: Problemlösen

- "..., thinking involves mentally representing some aspects of the world ... and manipulating these representations or beliefs so as to yield new beliefs, where the latter may be used in accomplishing some goal."
[Smith, 1995]
- "... Memory is the repository of many of the beliefs and representations that enter into thinking, and the retrievability of these representations can limit the quality of our thought."
[Smith, 1990]

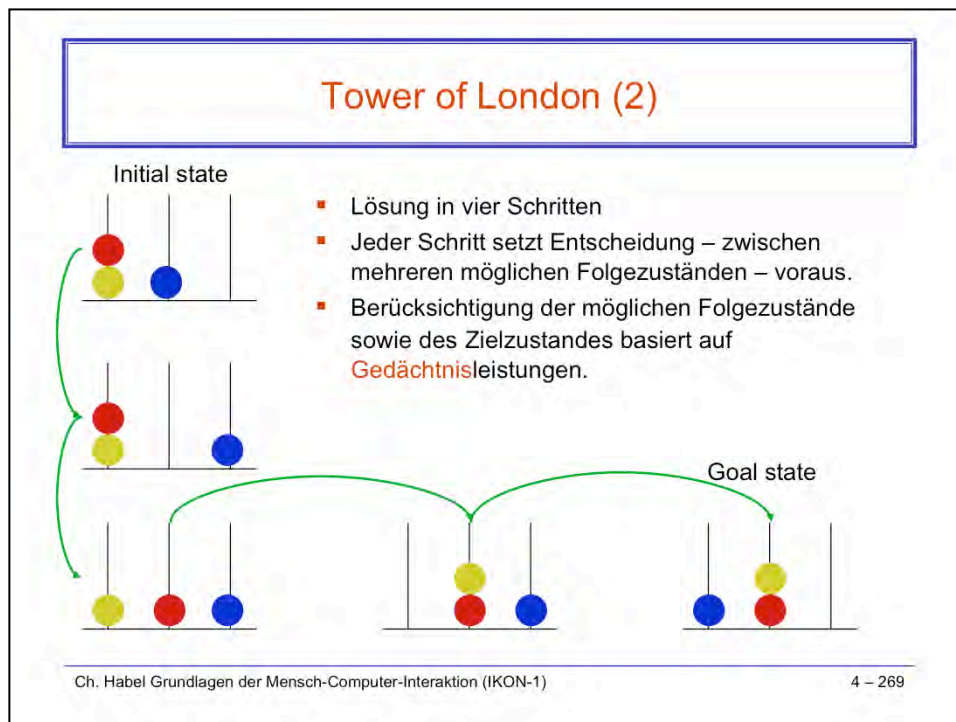
- Smith, Edward E. (1990). Thinking: Introduction. In Daniel. H. Osherson & Edward E. Smith (eds.), *Thinking. An Invitation to Cognitive Science* 3. (pp. 1). Cambridge, MA.: MIT-Press.
- Smith, Edward E. (1995). Thinking: Introduction. In Edward E. Smith & Daniel. H. Osherson (eds.), *Thinking. An Invitation to cognitive science, Vol. 3.* (pp. xi–xii). Cambridge, MA: MIT-Press. (2nd edition.)
- Denken und Problemlösen kann durch Prozesse, die über Repräsentationen operieren, modelliert werden.
In dieser Hinsicht besteht eine wichtige Korrespondenz zwischen natürlichen Prozessen des Denkens und Problemlösens, wie sie von KognitionswissenschaftlerInnen untersucht werden, und künstlichen Prozessen des Problemlösens, wie sie von InformatikerInnen entworfen werden.
- Gedächtnisforschung betrifft die kurz- und langfristige Speicherung von Wissensinhalten und die Frage nach dem Format der Repräsentationen.
Beide Problem- und Phänomenbereiche des Gedächtnisses beim Menschen geben wichtige Hinweise für die Speicherung in Systemen der Informatik.



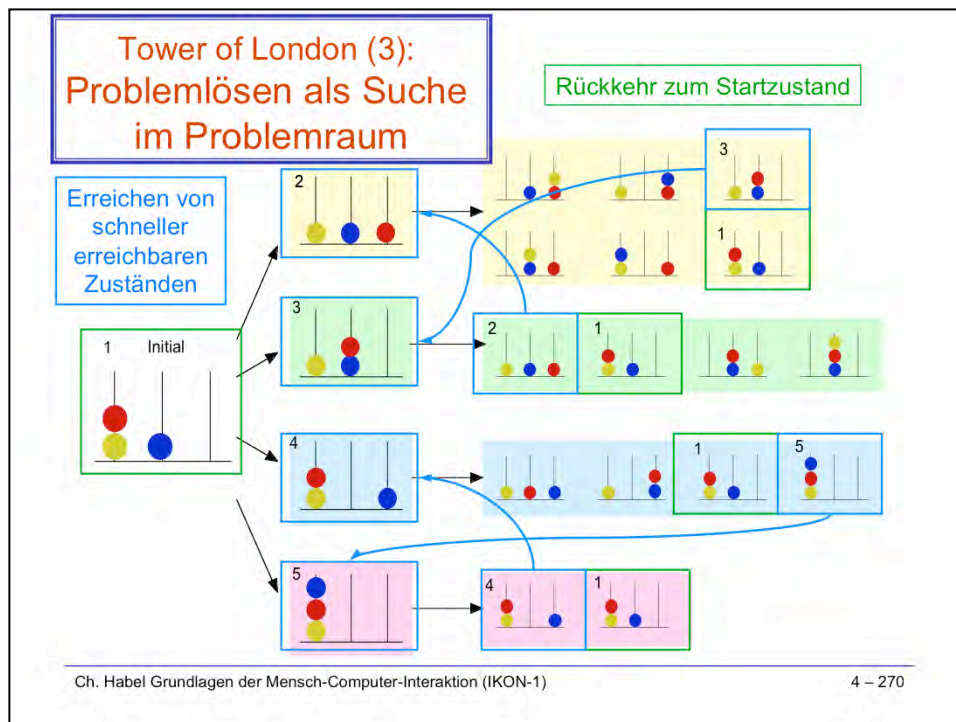
- Abbildung nach:
Jonides, John (1995). Working memory and thinking. In Edward E. Smith & Daniel. H. Osherson (eds.), *Thinking. An Invitation to cognitive science*, Vol. 3. (pp. 215–265). Cambridge, MA: MIT-Press. (2nd edition.) p. 221
- Was hat Problemlösen mit Gedächtnis zu tun?
Beispiel: Lösen einer Rechenaufgabe durch „Kopfrechnen“
 - Es wird generelles Wissen über die Methoden / Verfahren der Arithmetik, hier speziell der Addition, eingesetzt.
 - Benötigt wird Wissen über das „Additionsverhalten“ von Zahlen, in anderen Worten, die Additionstabeln. (entsprechend für andere Aufgaben, die Multiplikationstabeln, das „ein mal eins“)
 - ➔ Long-term storage – Langzeitgedächtnis
 - Zwischenergebnisse müssen gespeichert werden.
 - ➔ Working memory – Arbeitsgedächtnis
- Beim kooperativen, interaktiven Problemlösen, z.B. beim menschlichen Problemlösen unter Verwendung von Computersystemen, spielt die Gedächtniskapazität des Menschen eine zentrale Rolle für die Gestaltung derartiger interaktiver Systemumgebungen.



- Zum Thema Problemlösen vgl.
Holyoak, Keith J. (1995). Problem solving. In Edward E. Smith & Daniel. H. Osherson (eds.), *Thinking. An Invitation to cognitive science*, Vol. 3. (pp. 267–296). Cambridge, MA: MIT-Press. (2nd edition.)
- Problemlösen als „Manipulation von internen Repräsentationen“ wird hier am Beispiel des „Tower of London“ erläutert.
Ein ähnliches – in der Informatik / Künstlichen Intelligenz – häufig als Beispiel verwendetes Problem sind die „Türme von Hanoi“.
- Tower of London:
Material: Drei verschieden-farbige Kugeln (gelb, rot, blau), die auf Stäbe gesteckt werden können. Verwendet werden drei Stäbe in einer Reihe, die durch ihre Anordnung unterschieden werden können. (Die hier vorgestellte Version verwendet drei Stäbe gleicher Länge; andere Versionen verwenden drei Stäbe unterschiedlicher Länge, und zwar von-links-nach-rechts entweder monoton abfallender oder monoton zunehmender Länge. Durch diese Massnahme kann die Individualisierung der Stäbe auf ein leicht wahrnehmbares Merkmal, die Länge, zurückgeführt werden.
Aufgabe: Eine Aufgabe ist beschrieben durch einen Startzustand, d.h. eine Startkonfiguration, und eine Zielkonfiguration. Für die Problemlösung darf jeweils nur eine Kugel bewegt werden. Sie muss nach Wegnahme von einem Stab auf einem anderen Stab platziert werden.



- Die obige Abbildung zeigt einen Lösungsweg, d.h. eine Problemlösung, vom Startzustand zum Zielzustand (hier Goal-2 der vorangegangenen Folie).
- Die Konzeption „Problemlösen als Weg vom Startzustand zum Zielzustand“ geht auf Newell & Simon zurück (siehe auch: Kap. 2 „Geschichte des Informationsverarbeitungsparadigmas“)
 - Newell, Allen; Shaw, J. C.; Simon, Herbert A. (1958). Elements of a theory of human problem solving. *Psychological Review*, 65. 151-166.
 - Newell, A. & Simon, H. (1972). Human Problem Solving. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Im vorliegenden Fall handelt es sich um eine Lösung in vier Schritten. Bei jedem Schritt muss der Problemlöser eine Entscheidung zwischen mehreren möglichen Folgezuständen treffen. Genauer, es steht die Entscheidung an, welche Kugel bewegt werden soll, und auf welchem der beiden anderen Stäbe sie platziert werden soll.
- Das Arbeitsgedächtnis wird hierbei in mehrfacher Hinsicht beansprucht:
 - Der Zielzustand muss erinnert werden. (Es macht keinen Sinn eine Problemlösung zu versuchen, wenn man nicht mehr weiß, was eigentlich das Problem, d.h. das Ziel, war.)
 - Die Einbeziehung des Zielzustandes ist Voraussetzung dafür, dass eine Lösungsstrategie verfolgt werden kann.
 - Es ist wichtig zu wissen, d.h. zu erinnern, ob schon einmal die gleiche Zustandskonstellation untersucht wurde. (Vermeidung von Schleifen);



Die Abbildung zeigt den Suchraum für das auf der letzten Folie dargestellte Problem in der Tiefe 2.

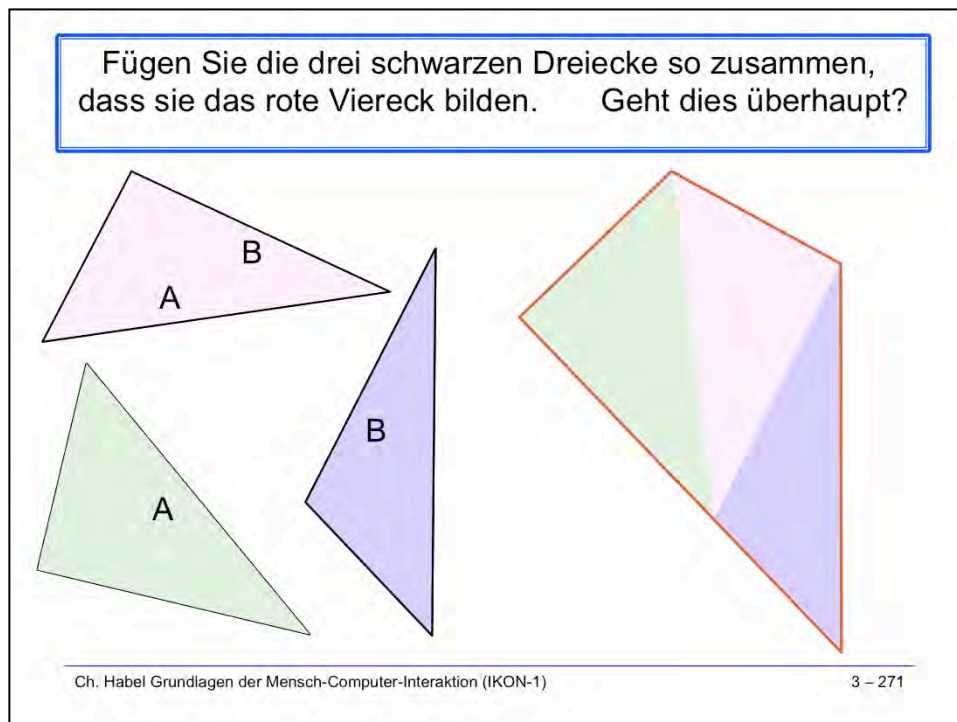
- Die zweite Spalte enthält alle möglichen Nachfolgekonstellationen zum Startzustand. (Auswahl zwischen zwei Kugeln, die bewegt werden können, wobei jeweils zwei Positionen zur Verfügung stehen. → vier mögliche Folgezustände.) Die Konstellationen sind in der Abb. durch Indizes gekennzeichnet.

- Die dritte Spalte enthält die möglichen Folgezustände nach zwei Schritten. Jede Block (gekennzeichnet durch Schattierung) enthält alle direkten Folgestände bzgl. des in der Spalte 2 dargestellten Zustandes.

Durch den zweiten Schritt können jeweils auch Zustände erreicht werden, die auch schon durch einen anderen ersten Schritt hätten erreicht werden können. Ausserdem ist es immer möglich, im zweiten Schritt zum Startzustand zurückzukehren.

- Das Wiedererkennen schon einmal gesehener Zustände ist für die Vermeidung von Schleifen notwendig.
- Die Fähigkeit, Zustände, die nach einem Schritt entstehen werden, mit solchen, die nach zwei Schritten entstehen würden, vergleichen zu können, ist die Basis von Strategien.

→ Arbeitsgedächtnis wird eingesetzt.



Die Aufgabe:

Fügen Sie die drei schwarzen Dreiecke so zusammen, dass sie das rote Viereck bilden. Geht dies? Drehungen und Spiegelungen sind zulässige Bewegungen.

Als Hilfe: Die durch Buchstaben gekennzeichneten Kanten, sollen zusammengefügt werden.

Entsprechende Aufgaben werden häufig bei ‚Intelligenztests‘ verwendet. Die Aufgabe erfordert „Räumliches Denken“ und belastet das visuelle Gedächtnis (hierauf wird in diesem Kapitel noch ausführlich eingegangen werden).

Fazit: Problemlösen und Gedächtnis

- Problemlösen kann als **Suche im Problemraum** angesehen werden.
- Gedächtnisleistungen bei der Suche im Problemraum:
 - Merken / **Erinnern des Zielzustands** (zielgerichtetes Suchen)
 - Merken / **Erinnern von Zwischenzuständen** (notwendig für exhaustives Suchen / Vermeiden von Schleifen)
- Eventuell **Verwendung von externen Repräsentationen** um die Gedächtnisbelastung zu verringern.
 - Aber: umfangreiche externe Repräsentationen erfordern ebenfalls Gedächtnisaufwand.
 - Beim Design von Schnittstellen ist stets die Frage der menschlichen Gedächtnisbelastung zu berücksichtigen!

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

4 – 273

- Die hier dargestellte Perspektive aufs Problemlösen, sieht Problemlösen als Suche im Problemraum.
 - Der Problemraum ist der Raum aller möglichen Nachfolgezustände der Ausgangssituation.
 - Eine Problemlösung ist dann ein Pfad im Problemraum, der vom Startzustand (Ausgangssituation) zum Zielzustand führt.
 - Die in den drei vorangegangenen Folien verwendete Darstellung veranschaulicht den Problemraum für das Tower-of-London Problem.
- Shallice (1982) hat die Tower-of-London Aufgabe verwendet, um die Planungs- und Problemlösungsfähigkeiten von Patienten mit unterschiedlichen Hirnschädigungen zu untersuchen. Die Befunde von Shallice sprechen dafür, dass bei diesem Typ von Planungs-aufgaben für erfolgreiches Problemlösungsverhalten einerseits gute Erinnerungsleistungen im Bereich des Arbeitsgedächtnisses benötigt werden und andererseits die Bestimmung von Teilzielen und deren Reihenfolge für den Erfolg ausschlaggebend ist.
- Literatur:
 - Shallice, T. (1982). Specific impairment of planning. *Proceedings of the Royal Society, Series B*, 298, 199-209.
 - Holyoak, Keith J. (1995). Problem solving. In Edward E. Smith & Daniel. H. Osherson (eds.), *Thinking. An Invitation to cognitive science*, Vol. 3. (pp. 267–296). Cambridge, MA: MIT-Press. (2nd edition.)
- In der MCI ist es wichtig, dass die Benutzer in ihrem Gedächtnisleistung nicht überfordert werden: Wenn Computer zur kooperativen Problemlösung

Gedächtnis

- Sensorische Speicher / Sensorisches Ultrakurzzeitgedächtnis
 - Ikonisches Gedächtnis
- Kurzzeitgedächtnis – Arbeitsgedächtnis
 - Prozesse
 - Repräsentationsformate im Arbeitsgedächtnis
- Langzeitgedächtnis
 - Semantisches & episodisches Gedächtnis
 - Konzepte & Kategorien
 - Objektmodelle: Basis der Objekterkennung
 - Prototypen

Literatur zum gesamten Abschnitt *Gedächtnis*

- Smith, Edward E. & Osherson, Daniel N. (eds.) (1995). *An invitation to cognitive science. Thinking. Vol. 3*. Cambridge, MA: Bradford. (Second edition.)
- Baddeley, Alan (1990). *Human Memory: Theory and Practice*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Bjork, Elizabeth Ligon & Bjork, Robert A. (eds.) (1996). *Memory. Handbook of perception and cognition*. San Diego: Academic Press.

Vertiefende Literatur zu sensorischen Speichern:

- Massaro, Dominic W. & Loftus, Geoffrey, R. (1996). Sensory and perceptual storage. In Bjork, Elizabeth Ligon & Bjork, Robert A. (eds.), *Memory. Handbook of perception and cognition*. (pp. 67–99). San Diego: Academic Press.

Überblick über den Abschnitt *Gedächtnis*

- Sensorische Speicher sind spezifische „Gedächtniskomponenten“, die während der Informationseingabe über die sensorischen Kanäle tätig sind. (vgl. die Konzeption des Mehr-Komponenten Modells von Atkinson & Shiffrin)
- Das Arbeitsgedächtnis ist die zentrale Gedächtniskomponente in der Kognition. Hier wird die Information, die aus der direkten, aktuellen Wahrnehmung stammt, mit Vorwissen (aus dem Langzeitgedächtnis)

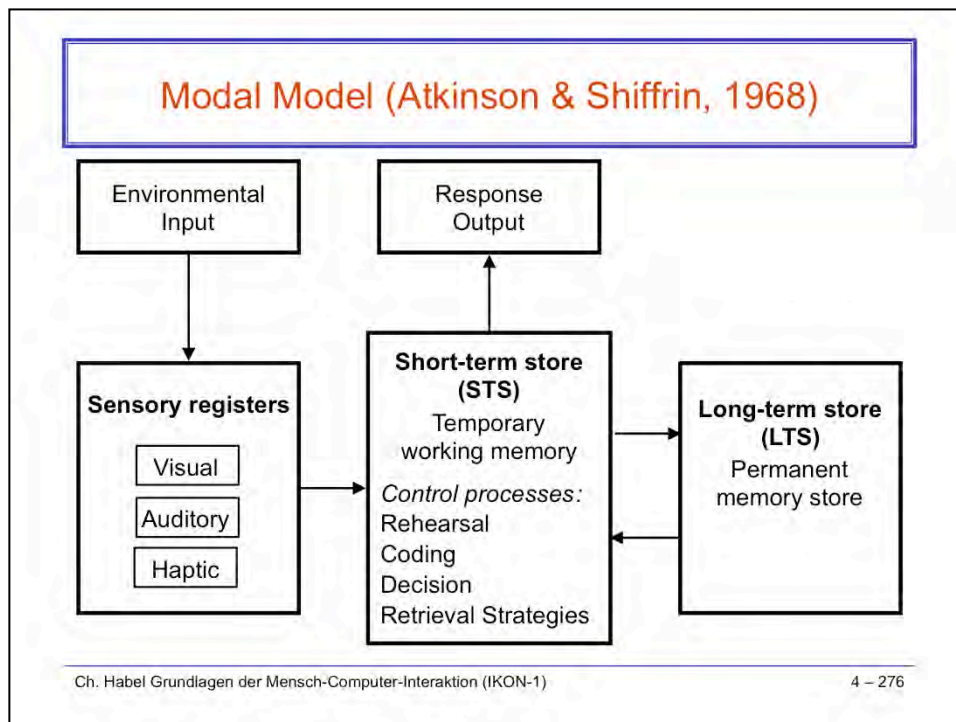
Gedächtnis und Kognitive Prozesse eine erste Übersicht

- sensorisches Gedächtnis
 - Zwischenspeicherung sensorischer Reize, insbesondere visuelle und auditive Eindrücke
 - Gedächtnisdauer: < 200 – 400 msec
- Kurzzeitgedächtnis / Arbeitsgedächtnis
 - Aktiv beteiligt an der Durchführung kognitiver Prozesse: Sprachverarbeitung, Denken, Problemlösen
 - Gedächtnisdauer: < 15 – 20 sec
 - Kapazität: „7 ± 2“
- Langzeitgedächtnis
 - Bereitstellung des Hintergrundwissens: semantisches, episodisches und autobiographisches Gedächtnis
 - Gedächtnisdauer: (nahezu) unbegrenzt
 - Kapazität: (nahezu) unbegrenzt

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

4 – 275

- Die psychologische Vorstellung des „nahezu unbegrenzten“ Langzeit-Gedächtnisses ist mit der informatischen Vorstellung der Speicherplatzbeschränkungen nur schwer in Einklang zu bringen. Hierbei sollte zuerst einmal berücksichtigt werden, dass aus kognitionswissenschaftlicher Sichtweise, *Vergessen* als Zugriffsproblem charakterisiert werden kann, und nicht als Löschen von Gedächtnisinhalten aufgefasst wird.
- Massive Kapazitätsrestriktionen werden in der Kognitionswissenschaft für den Bereich des Arbeitsgedächtnisses angenommen. Die oben aufgeführte Beschreibung „7±2“ bezieht sich auf einen sehr einflussreichen Aufsatz von George Miller (1956), auf den etwas später in dieser Vorlesung eingegangen wird.

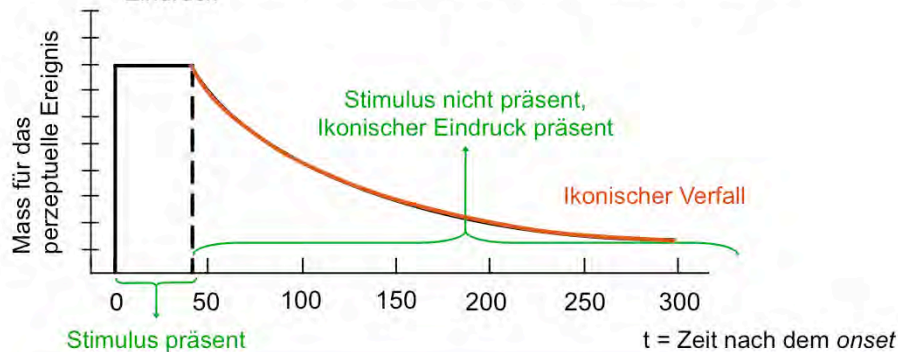


- Atkinson, R.C. & Shiffrin, R.M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K.W. Spence (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*. (pp. 89–195). New York: Academic Press.
Baddeley, Alan (1990). *Human Memory: Theory and Practice*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. Pp. 59–64.
- Mit dem Mehr-Komponenten Modell von Atkinson & Shiffrin wird eine Gedächtnisarchitektur vorgeschlagen, die sich in ähnlicher Form in zahlreichen späteren Ansätzen wiederfindet, z.B. auch in der SOAR-Architektur, die auch innerhalb der Informatik sehr einflussreich ist (vgl. Kap.2 & die früheren Abschnitte von Kap. 4).
Aufgabe für die Nachbereitung: Machen Sie sich die Beziehung des hier abgebildeten Modells von Atkinson & Shiffrin zur SOAR Architektur klar!

Ikonisches Gedächtnis

■ Das Phänomen:

- Der Eindruck – selbst sehr kurzer – visueller Reize dauert länger an als der Reiz selbst.
Z.B. Lichtreiz (10–40 msec.) führt zu etwa 300 msec. visuellem Eindruck



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

4 – 277

Das Phänomen:

- Wenn Versuchspersonen (VPen) ein visueller Reiz kurzer Dauer *präsentiert* wird (das Diagramm bezieht sich auf einen Reiz von 40 msec), so hinterlässt dieser Reiz bei den VPen einen sehr viel längeren *Eindruck*.
- Die VPen sollen z.B. durch Tastendruck anzeigen, wann sie den präsentierten Reiz nicht mehr sehen.

Zum Diagramm:

- *Onset* ist hier der Zeitpunkt, zu dem die Präsentation des Reizes beginnt.
- Auch 200 msec nach dem Onset (also 160 msec nach Ende der Präsentation) haben viele VPen den Eindruck, dass noch immer der Reiz präsent ist.
- Das Diagramm integriert Messdaten über eine grössere Anzahl von VPen und eine längere Folge von Reizen. Die Reaktionszeiten (Verzögerungen) bis zum Tastendruck sind berücksichtigt.

Abbildung nach:

Massaro, Dominic W. & Loftus, Geoffrey, R. (1996). Sensory and perceptual storage. (p. 72).

Einige (vereinfachende) Annahmen über das Ikonische Gedächtnis

- Erste mentale Repräsentation für visuelle Information
- Grosse Kapazität
- Zerfällt sehr schnell
- Enthält Information visueller aber nicht kategorialer Natur
- Kann durch konkurrierende Reize gestört / zerstört werden.

- Welche Funktion hat ein ikonisches Gedächtnis?
 - ➔ Kurzzeitige Zwischenspeicherung bei Verarbeitungsschwierigkeiten im perzeptuellen oder konzeptuellen Bereich.
 - (Funktionale Erklärungen dieser Art sind – meist – kontroverse und nur schwer begründbare Hypothesen.)

Literatur:

- Massaro, Dominic W. & Loftus, Geoffrey, R. (1996). Sensory and perceptual storage. In Bjork, Elizabeth Ligon & Bjork, Robert A. (eds.), *Memory. Handbook of perception and cognition*. (pp. 67–99). San Diego: Academic Press.
- Das in der vorangehenden Folie erläuterte Phänomen spricht dafür, dass die Wahrnehmung – hier die visuelle Perzeption – nicht alleine eine direkte „Durchschaltung“ von Information in die späteren Verarbeitungskomponenten darstellt. Vielmehr scheint eine kurzfristige Speicherung von – gewissen – ikonischen Reizen vorzuliegen.
 - Die hier geschilderten Effekte – kurzer Reiz (< 40 msec) zeigt Wirkung im sensorischen Speicher (bis zu mehreren hundert msec) – weist darauf hin, dass bei der Gestaltung von Bildschirm-darstellungen (Präsentationen) auch schon der Phase des Aufbaus der Präsentation Aufmerksamkeit gewidmet werden muss: BenutzerInnen werden eventuell perzeptuell / kognitiv aktiv und somit belastet, selbst wenn noch keine relevante Information präsentiert wird.
 - ➔ Vorsicht / Zurückhaltung im Hinblick auf aufwendige Graphiken und Bilder.

Ikonisches Gedächtnis: Kapazität / Informationsgehalt (1)

Sperling (1960)

Basisversuch

- Präsentation einer 3 x 4 Buchstabenmatrix
- Präsentationsdauer 50 msec
- Anschliessend Präsentation einer weissen Fläche

Literatur:

- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs*, 74, no 498. 1–29.
- Massaro, Dominic W. & Loftus, Geoffrey, R. (1996). Sensory and perceptual storage.
- Baddeley, Alan (1990). *Human Memory: Theory and Practice*. (pp. 14ff)

Ikonisches Gedächtnis: Kapazität / Informationsgehalt (2)

- Versuch 1: Recall: 4 – 5 Buchstaben. Sperling 1960)
- Versuch 2:
 Versuchspersonen sollen die **Buchstaben einer Reihe** erinnern (ohne vorher zu wissen, welche es sein wird.)
 Nach der Präsentation wird durch einen Ton (*hoch, mittel, tief*) die Instruktion für die zu erinnernde Reihe gegeben.
 Recall: im Mittel 3 Buchstaben.

hoch	H	M	K	Q
mittel	Z	A	T	W
tief	X	D	B	S

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

4 – 283

Literatur:

- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs*, 74, no 498. 1–29.
- Massaro, Dominic W. & Loftus, Geoffrey, R. (1996). Sensory and perceptual storage.
- Baddeley, Alan (1990). *Human Memory: Theory and Practice*. (pp. 14ff)

Zum Sperling-1960-Versuch:

- Durch Versuch-1 wird ein Hinweis darauf erhalten, wie viele Items ohne weitere Zusatzbedingungen erinnert werden.
 (Größenordnung: 7 ± 2 ; vgl. Miller: dritter Abschnitt dieser Vorlesung);
 4 - 5 von 12 Buchstaben, ergibt eine „Gedächtnisleistung“ von etwa 30–40%.
- Versuch-2: Die Erinnerungsleistung ist sehr hoch, wenn dabei berücksichtigt wird, dass im Mittel 3 von 4 Buchstaben ($\approx 75\%$) erinnert werden.
- Interpretation der Befunde: Die VPen sind – unmittelbar nach der Präsentation – in der Lage, im ikonischen Gedächtnis die Buchstaben der spezifizierten Zeile „abzulesen“.

Ikonisches Gedächtnis: Kapazität / Informationsgehalt (3)

- Weitere Versuche im Sperlingparadigma: Kriterienwechsel
blaue Buchstaben (+), grosse Buchstaben (+), Vokale (–)

H	M	K	Q
Z	A	T	W
X	D	B	S

H	m	K	q
z	A	t	W
X	d	b	S

E	M	U	Q
Z	A	T	Y
I	D	B	O

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

4 – 284

Literatur:

- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs*, 74, no 498. 1–29.
- Massaro, Dominic W. & Loftus, Geoffrey, R. (1996). Sensory and perceptual storage.
- Baddeley, Alan (1990). *Human Memory: Theory and Practice*. (pp. 14ff)

Zum Sperling-1960-Versuch:

- Versuch-3: Die VPen sind – unmittelbar nach der Präsentation – in der Lage, im ikonischen Gedächtnis die Buchstaben der spezifizierten Zeile „abzulesen“.
Dies funktioniert nur bei visuellen Hinweisen (beachten Sie, dass gerade dies dafür spricht, dass ein spezifisch ikonisches Gedächtnis eingesetzt wird), z.B. Farbe oder Grösse der Buchstaben, jedoch nicht, wenn nicht-visuelle Eigenschaften, etwa Vokalhaftigkeit, für die Spezifikation verwendet wird.

Ikonisches Gedächtnis – Visuelles Kurzzeitgedächtnis (1)

- Ausgangsfragen:
 - Komplexität der Entitäten im ikonischen Gedächtnis / visuellen STM
 - Dauer der Speicherung im ikonischen Gedächtnis
 - „Was passiert nach dem ikonischen Gedächtnis?“
 - Konzepte (Buchstaben) vs. Visuelle Eindrücke
- Untersuchungen mit Zufallsmustern unterschiedlicher Komplexität (Phillips, 1974)
 - 50 % der Rastermatrizen sind schwarz bzw. weiss
 - Paar von Testitems: identisch oder Abweichung in einem Feld
 - zwischen Präsentation des Stimulus und der des Testitems Maskierung von unterschiedlicher Dauer.

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

4 – 285

Literatur zu *Ikonisches Gedächtnis – Visuelles Kurzzeitgedächtnis*.

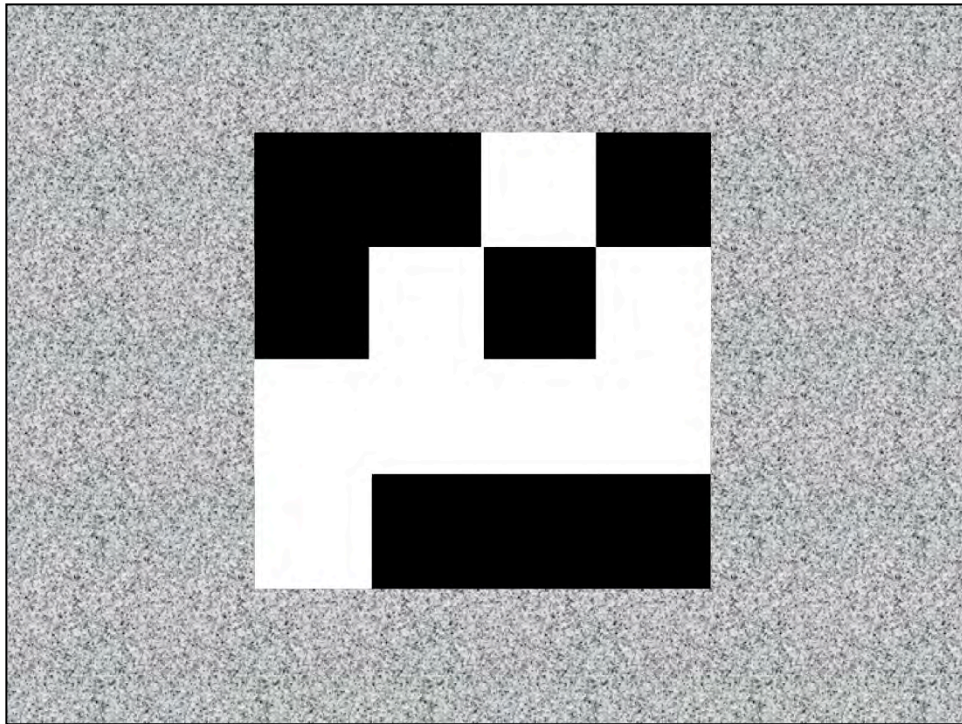
- Baddeley, Alan (1990). *Human Memory: Theory and Practice*. p. 18ff
- Phillips, W.A. (1974). On the distinction between sensory storage and short-term visual memory. *Perception and Psychophysics*, 16. 283–290.

Das Experiment von Phillips (1974):

- Die Versuchspersonen sehen – kurz nacheinander – zwei Matrizen, bestehend aus jeweils zur Hälfte schwarzen und weissen Zellen.
 - Die Testpaare bestehen entweder aus zwei Präsentationen der gleichen Matrix oder aus zwei Matrizen, die sich in genau einer Zellenposition unterscheiden.
 - Zwischen den beiden Präsentationen sehen die Versuchspersonen eine „Maske“, d.h. einen „zufalls-verrauschten Stimulus“.
 - Variiert werden (1) die Zeitdauer zwischen den Präsentationen, (2) die Anzahl der Zellen je Matrix.

Phillips' Raster-Matrizen Experimente

- Sie werden gleich zwei Serien von jeweils drei Paaren von Raster-Matrizen sehen:
- Notieren Sie bitte für jedes Paar, ob es sich bei den beiden Elementen des Paares um dieselbe Matrix handelt (=) oder um verschiedene Matrizen (\neq).
- Die Testpaare sind durch ein Fokussierungssitem getrennt.



- Dies ist ein Beispiel aus der Demonstration der Philips' Rastermatrizen $6 \times 6 = 36$ Felder

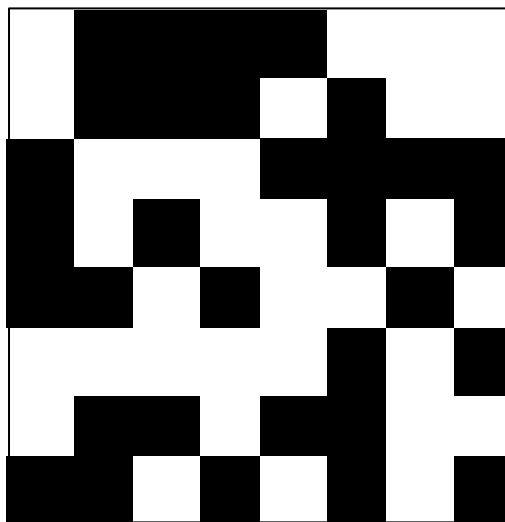
Phillips' Raster-Matrizen Experimente

- Sie werden gleich noch einmal zwei Serien diesmal von jeweils zwei Paaren von Raster-Matrizen sehen:
- Notieren Sie bitte für jedes Paar, ob es sich bei den beiden Elementen des Paares um dieselbe Matrix handelt (=) oder um verschiedene Matrizen (\neq).
- Die Testpaare sind durch ein Fokussierungssitem getrennt.

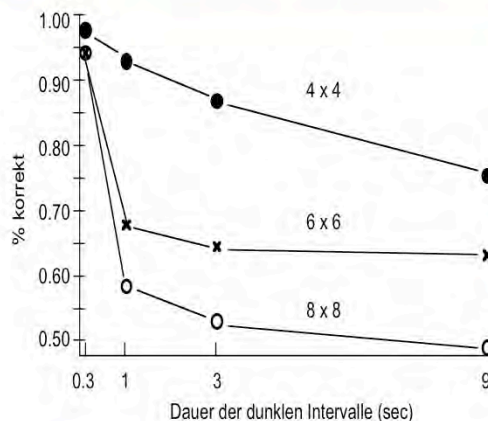
Zur Demonstration der Phillips' Raster-Matrizen Experimente

- Präsentationszeit der Stimuli: 0,3 sec
- Beim Übergang von der ersten zur zweiten Serie wurde das Interstimulusintervall variiert:
 - Serie 1: 0,5 sec Serie 2: 4,0 sec
- In der dritten und vierten Serie werden als Stimuli 8 x 8 Raster-Matrizen verwendet:
 - Serie 3: 0,5 sec Serie 4: 4,0 sec

- Zur Demonstration hier eines der in der Vorlesung gezeigten Items



Ikonisches Gedächtnis – Visuelles Kurzzeitgedächtnis (Zusammenfassung)



- Ikonisches Gedächtnis kann komplexere Muster speichern.
- Im Ultrakurzbereich (Übergang ikonisch - STM) geringer Einfluss der Komplexität
- Flackern vs. Veränderung
- Nach ca. 9 sec. tritt Stabilität ein.
- Bei benennbaren Reizen (z.B. Buchstaben etc.) tritt Stabilität schon etwa nach 2 sec. ein.

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

4 – 313

- Abbildung nach:
Phillips, W.A. (1974). On the distinction between sensory storage and short-term visual memory. *Perception and Psychophysics*, 16. p. 284.

Interpretation der Befunde:

- Die hohe Diskriminationsleistung im ultrakurzen Bereich (0,3 msec) weist darauf hin, dass das ikonische Gedächtnis auch komplexe Muster speichern kann. (Höhere Komplexität / Anzahl an Items, als im Sperling-Experiment verwendet wurde.)
- Bei Unterbrechungszeiten von etwa 9 sec. (und mehr) tritt keine weitere Verringerung der Unterscheidungsleistung auf. (Stabilität).
- Bei kurz präsentierten, benennbaren Reizen, etwa Buchstaben, tritt Stabilität schon nach ca. 2 sec. auf. (Versuchsmaterial: gleicher Buchstabe aber verschiedene Ausprägungen, etwa „gerade“ gegen „kursiv“, etc.). Diese spricht dafür, dass der nicht-ikonische Bereich des Kurzzeitgedächtnisses, der „bedeutungstragende“ Einheiten bearbeitet, nach ca. 2 sec. das ikonische Gedächtnis bzw. das visuelle Kurzzeitgedächtnis in seiner Wirkung überlagern kann.

Sensorische Speicher: Zusammenfassung

- Auditorischer Speicher
 - „echoic memory“ zeigt ähnliches Verhalten
 - Ist grundlegend für die Sprachwahrnehmung
- Fazit für die Mensch-Computer-Interaktion:
 - Kurzzeitige Reize werden nicht nur wahrgenommen, sondern spielen über die Wahrnehmungszeit hinaus eine Rolle in der kognitiven Verarbeitung.
 - ➔ Technische Randbedingungen bei der Konstruktion von Bildschirmen & Projektoren
 - ➔ Aufbau von Graphiken etc. auf dem Bildschirm insbesondere bei Nutzung der Internet

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

4 – 314

- Das sogenannte „echotische Gedächtnis“ des auditiven Kanals ist grundlegend für die Wahrnehmung gesprochener Sprache.
- Auch andere sensorische Kanäle, etwa der haptische verfügen ähnliche sensorische Speicher.
- Die „Bildfrequenz“ von Bildschirmen und Präsentationsprojektoren führt zu kurzzeitigen Veränderungen der präsentierten Vorlagen. (60 Hz \approx 16,6 msec)
Auch die Leistungsfähigkeit von Videokarten kann sich auf den Aufbau von Bildern auswirken. Dies ist beim Design und der Realisierung von Präsentation zu berücksichtigen.

Gedächtnis

- Sensorische Speicher / Sensorisches Ultrakurzzeitgedächtnis
 - Ikonisches Gedächtnis
- Kurzzeitgedächtnis – Arbeitsgedächtnis
 - Prozesse
 - Repräsentationsformate im Arbeitsgedächtnis
- Langzeitgedächtnis
 - Semantisches & episodisches Gedächtnis
 - Konzepte & Kategorien
 - Objektmodelle: Basis der Objekterkennung
 - Prototypen

Typen von Gedächtnisprozessen

- **Enkodierung** (encoding):
Enkodierungsprozesse bestimmen welche eingehende Information in welcher Art und Weise im Gedächtnis gespeichert wird. (Voraussetzung für die spätere Wiedererinnerung)
- **Speicherung** / Behalten (storing)
- **Zugriff** auf das Gedächtnis (retrieval)
 - **Recall**: Reproduktion von Gedächtnisinhalten
 - **Recognition**: Wiedererkennung von Bekanntem
- **Erinnern vs. Vergessen**

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

4 – 316

- Enkodierung: Eingehende Information muss in ein geeignetes *Format* gebracht werden, bevor es im Gedächtnis *gespeichert* wird. So wird etwa die Frage diskutiert werden, ob bzw. unter welchen Gegebenheiten Information in bildhafter Art und Weise gespeichert wird.
- Die Speicherung als solches betrifft Prozesse des *Ablegens* von Information in einer Weise, dass später wieder auf diese Information zugegriffen werden kann.
- Beim Zugriff auf das Gedächtnis werden in der Gedächtnispsychologie insbesondere zwei Modi des Zugriffs, bzw. zwei Modi unter denen Erinnerungsleistungen getestet werden, unterschieden: Recall und Recognition:
 - Recognition-Leistungen werden z.B. benötigt, wenn wir Personen wiedererkennen. (Hierbei ist es z.B. nur selten notwendig, diese Personen uns auch Vorstellen zu können.)
 - Recall-Leistungen werden z.B. gebraucht, wenn wir aktiv mit Gedächtnisinhalten umgehen wollen, z.B. wenn wir eine Telefonnummer erinnern, um ein Telefonat durchzuführen.
- Die Beziehung von und einige Unterschiede zwischen Recognition und Recall werden am Beispiel von Wortlisten-Experimenten im weiteren Verlauf dieser Vorlesung angesprochen. .

Gedächtnis Reproduktion – Wiedererkennung

- Im Alltag:
 - Telefonnummer erinnern vs. Gesicht wiedererkennen
 - Aktiver vs. Passiver Wortschatz in einer Fremdsprache
- Im Experiment: Präsentation von Stimuli („items“)
 - Recall-Experiment:
 - Welche, wieviele der präsentierten Entitäten werden unter welchen Bedingungen von der Testperson reproduziert?
 - Recognition-Experiment:
 - Welche, wieviele der präsentierten Entitäten werden unter welchen Bedingungen von der Testperson als vorher präsentierte Entitäten wiedererkannt?

- Das schlichte Wiedererkennen von Telefonnummern wird nur in recht wenigen Problemstellungen relevant sein; wie müssen in der Lage sein, wichtige Telefonnummern aufgrund von bestimmten „Such- / Abspeicherungskriterien“ zu erinnern.
- Im Gegensatz hierzu werden wir sehr viel seltener vor der Aufgabe stehen, uns eine Person (genauer das Gesicht einer Person) vorzustellen, als diese Person – aufgrund ihres Gesichts – wiederzuerkennen, d.h. zu wissen, wer uns gegenüber steht.
- Die beiden unterschiedlichen Erinnerungsleistungen / Erinnerungsprozesse werden auch durch unterschiedliche Typen von Erinnerungsexperimenten getestet.

Wortlisten-Erinnerung

Wortlistenexperimente sind ein prototypischer Fall für Gedächtnisexperimente:

- Den Versuchspersonen (VPen) werden Sequenzen von Wörtern – etwa des Deutschen – präsentiert.
 - Akustische Präsentation vs. Visuelle Präsentation
- Typen von Aufgaben-Bedingungen
 - Free Recall / freies Reproduzieren von Items:
Aufschreiben – in beliebiger Reihenfolge!
 - Recognition/ Wiedererkennen
Bewertung der Testitems (aus einer 2. Liste) darauf, ob sie in der Liste der Lernitems (1. Liste) enthalten waren.

- Die Präsentation kann akustisch (gesprochene Sprache) oder visuell (in regelmässigen zeitlichen Abständen wird ein Wort in der Mitte eines Computerbildschirms präsentiert) erfolgen.

Wortlisten-Experiment (1)

Die Aufgabenstellung für die VersuchsteilnehmerInnen

- Nach diesen Erläuterungen wird Ihnen eine Liste von Wörtern auf der Projektionsfläche präsentiert.
- Der Beginn der Präsentation wird Ihnen durch einen Count-down angekündigt.
- Konzentrieren Sie sich bitte auf die Wörter, machen Sie keine Notizen.
- Nach der Präsentation werden Sie ein Signal erhalten. Anschliessend schreiben Sie bitte auf ein Blatt Papier alle Wörter der präsentierten Wortliste.
- Sie haben hierfür 30 Sekunden Zeit. Bitte beenden Sie das Aufschreiben nach dieser Zeit.

- In der Vorlesung folgt hier die Demonstration von vier Wortlistenexperimenten, bei denen den VorlesungsteilnehmerInnen jeweils 20 Lernitems präsentiert werden.
- Die Lernitems, mit denen in den folgenden Folienausdrucken Wortlistenexperimente erläutert illustriert werden, sind NICHT mit den Beispielen der Vorlesung IDENTISCH. (Anderenfalls würde das Durchführen einer derartigen Demonstration keinen Sinn machen.)
- Da die in der Vorlesung zur Demonstration verwendeten Folien im Skript fehlen, ergeben sich Lücken in der Paginierung (fehlende Folienzahlen).

Wortlisten-Experiment (2)

Die Aufgabenstellung für die VersuchsteilnehmerInnen

- Nach diesen Erläuterungen wird Ihnen eine Liste von Wörtern auf der Projektionsfläche präsentiert.
- Der Beginn der Präsentation wird Ihnen durch einen Count-down angekündigt.
- Konzentrieren Sie sich bitte auf die Wörter, machen Sie keine Notizen.
- Nach der Präsentation werden Sie eine **zweite Liste von Wörtern** sehen. Schreiben Sie bitte auf ein Blatt Papier alle Wörter dieser zweiten Liste, die Ihnen auch **in der ersten Präsentation** gezeigt wurden.
- Sie haben hierfür 30 Sekunden Zeit. Bitte beenden Sie das Aufschreiben nach dieser Zeit.

Wortlisten-Experiment (3)

Die Aufgabenstellung für die VersuchsteilnehmerInnen

- **Wie beim ersten Wortlisten-Experiment**
- Nach diesen Erläuterungen wird Ihnen eine Liste von Wörtern auf der Projektionsfläche präsentiert.
- Der Beginn der Präsentation wird Ihnen durch einen Count-down angekündigt.
- Konzentrieren Sie sich bitte auf die Wörter, machen Sie keine Notizen.
- Nach der Präsentation werden Sie eine Aufgabe gestellt bekommen, die Sie in der vorgegebenen Zeitphase bearbeiten sollen.
- Anschliessend schreiben Sie bitte auf ein Blatt Papier alle Wörter der präsentierten Wortliste.
- Sie haben hierfür 30 Sekunden Zeit. **Bitte** beenden Sie das Aufschreiben nach dieser Zeit.

„Gute vs. weniger gute Wortlisten“

- Auswahl der Wörter beeinflusst das Resultat des Experiments:
 - Versuchsmaterial sollte ausgewogen / homogen sein:
 - Sprachliche Eigenschaften, z.B. Silbigkeit (Anzahl der Silben), Vokal-Konsonant-Muster, Wortart (nur Wörter einer Wortklasse)
 - Bedeutungsähnlichkeiten / -unterschiede
 - Häufigkeit der Verwendung
 - Für die Erstellung geeigneter Sequenzen greifen PsychologInnen auf spezifische Datenbasen / Wortverzeichnisse zurück, in denen u.a. die Häufigkeiten und andere relevante Faktoren aufgeführt sind.

- Die Auswahl der Wörter in der Wortliste ist für das Resultat des Experiments sehr relevant. Das Versuchsmaterial muss im Hinblick auf zahlreiche Kriterien ausgewogen / homogen sein. Dies betrifft u.a.:
 - Die sprachlichen Eigenschaften, z.B. Silbigkeit (Anzahl der Silben), Vokal-Konsonant-Muster, Wortart (nur Wörter einer Wortklasse)
 - Häufigkeit der Verwendung
- Für die Erstellung geeigneter Sequenzen greifen PsychologInnen auf spezifische Datenbasen / Wortverzeichnisse zurück, in denen u.a. die Häufigkeiten und andere relevante Faktoren aufgeführt sind.
- Die in dieser Vorlesung als Beispiele verwendeten Wortlisten sind nicht auf der Basis derartiger Verzeichnisse erstellt worden.

Zur Demonstration von Wortlistenexperimenten in der Vorlesung

Alle in der Vorlesung vorgestellten Experimente erfolgen mit visueller Präsentation.

- Experiment Wortlisten-Erinnerung (1)
 - Es wird freies Reproduzieren getestet.
 - Anzahl der korrekt erinnerten Wörter \approx Mass für die Erinnerungsleistung
- Experiment Wortlisten-Erinnerung (2)
 - Recognition / Wiedererkennung von Lernitems in einer Liste von Testitems.
 - Die Liste der Testitems besteht zur Hälfte aus Elementen der Lernliste (korrekte Antwort: JA) und zur Hälfte aus neuen Items.

Wortlisten-Erinnerung (1) vs. Wortlisten-Erinnerung (2)

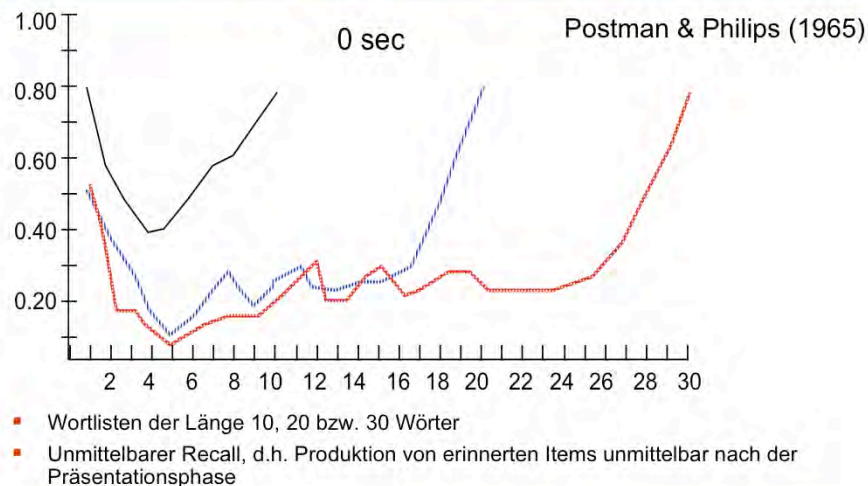
- Im Experiment Wortlisten-Erinnerung (1) wird freies Reproduzieren getestet. D.h. die VPen, d.h. die TeilnehmerInnen der Vorlesung haben die Aufgabe, Im Anschluss an das Vorlesen der Items, alle Wörter, die sie erinnern aufzuschreiben. Die Anzahl der korrekt erinnerten Wörter kann dann als Mass für die Erinnerungsleistung gesehen werden.
 - Im Experiment Wortlisten-Erinnerung (2) wird den Versuchspersonen im Anschluss an die Lernitems eine Liste von Testitems präsentiert (gleicher Präsentationsmodus). Die VPen entscheiden, welche der Testitems in der Liste der Lernitems enthalten waren.
 - Die Liste der Testitems besteht zur Hälfte aus Elementen der Lernliste (korrekte Antwort: JA) und zur Hälfte aus neuen Items (auf der Folie: blau, kursiv; korrekte Antwort: NEIN).
 - Bei den JA-Antworten ist es relevant (siehe Folien zum Recency & primacy effect am Ende dieser Vorlesung), an welcher Position in der Lernliste (früh vs. spät) ein Wort präsentiert wurde. (Die Position in der Lernliste ist als ihre Platzziffer – in Klammern – gekennzeichnet.
 - Über den Unterschied Recall (Reproduzieren) vs. Recognition (Wiedererkennen) hinaus sind weitere Parameter / Variablen des Versuchs nicht einheitlich:
 - Geschwindigkeit: Liste 1 wurde schneller präsentiert als Liste 2
 - Art des Wortmaterials: Silbigkeit, Länge, Bedeutung
- Vergleiche zur Variation der Versuchsparameter Folie:3-281

Parameter bei Wortlistenexperimenten

- Art der Items
 - Anzahl der Items
 - Art und Geschwindigkeit der Präsentation
 - Art des Tests / Typ des Retrievals
 - Typen von Störungen
- Unterschiede / Übereinstimmungen in den Gedächtnisleistungen können nur dann aussagekräftig sein, wenn die Veränderung der Variablen kontrolliert werden.

- Geschwindigkeit der Präsentation: Hier zeigt sich üblicherweise, dass die Versuchspersonen in beiden Modi (Recall – Recognition) eine geringere Gedächtnisleistung aufweisen.
- Typ des Retrievals: Recall vs. Recognition
- In den Experimenten der Vorlesung (Listenerinnerung 1 vs. Listenerinnerung 2) wurden gleichzeitig mehrere Variable verändert. Daher ist aus einer besseren oder schlechteren Erinnerungsleistung nicht erkennbar, welches der „Grund“ für die unterschiedliche Leistung ist.
Insbesondere kann es auch passieren, dass sich die Variablen in ihrer Wirkung „aufheben“, d.h., dass keine signifikanten Leistungsunterschiede erkennbar sind.

Argumente gegen ein einheitliches Gedächtnis: recency & primacy effect (1)



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

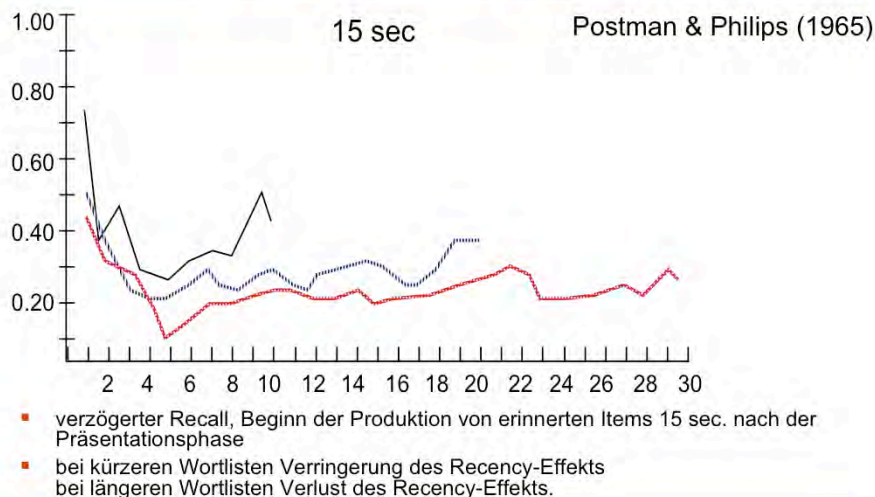
4 – 342

- Literatur:
Postman, L. & Phillips, L.W. (1965). Short-term temporal changes in free recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 17. 132–138.
Baddeley, Alan (1990). *Human Memory: Theory and Practice*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. Pp. 52–54.

Das Postman & Phillips - 1995 -Experiment:

- Getestet wurden Listen der Länge 10, 20, 30 mit unmittelbarem Recall (0 sec zeitlicher Abstand zwischen Präsentation der Lernitems und Beginn der Recalls).
 - Die „Erinnerungskurven“ weisen eine U-Form auf, mit maximalem Recall für die ersten und die letzten Items der Lernliste. (primacy effect – recency effect),
 - Dieser Versuch ist sehr gut repliziert, d.h. er ist häufig unter gleichen bzw. ähnlichen Versuchsbedingungen durchgeführt worden, wobei die Grundstruktur der Resultate bestätigt wurden.
- ➔ Interpretation der Befunde: Die letzten Items werden besonders gut erinnert, weil der „Eindruck noch frisch“ ist, die ersten werden besonders gut erinnert, weil zu Beginn der Lernphase die Aufmerksamkeit auf wenige Items konzentriert ist.

Argumente gegen ein einheitliches Gedächtnis: recency & primacy effect (2)



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

4 – 343

- In einem zweiten Durchgang haben Postman & Philips den Recall verzögert (um 15 sec.), d.h. nicht unmittelbar nach der Lernphase mit der Recallphase begonnen:
 - Der Recency-Effekt verschwindet bei längeren Listen vollkommen und verringert sich bei kurzen Listen erheblich.
- ➔ Interpretation der Befunde: Die Pause zwischen Lernphase und Recall lässt auch bei den späten Items eine Verschlechterung der Erinnerungsleistung eintreten. Die Ursachen für den Primacy-Effekt werden durch die Pause nicht beeinflusst.
- Die Befunde von Postman & Philips belegen u.a. auch, dass schon bei sehr kurzen Zeitspannen grosse Unterschiede in der Erinnerungsleistung auftreten können.
- Die Unterschiede in der Gedächtnisleistung, die durch Verzögerungen von wenigen Sekunden (hier 15 sec) entstehen können, sind z.B. in der Gestaltung von Schnittstellen zu berücksichtigen. (→ Verzögerung beim Aufbau von Bildschirmseiten können die Erinnerungsleistungen, die von den BenutzerInnen bei der Bearbeitung einer Aufgabe benötigt werden, erheblich beeinträchtigen.
- Die ersten und letzten Einträge in einer ausklappbaren Menüleiste/-

Zwei-Komponenten Modelle des Gedächtnis

- hohe Aktivations
 - gut-gelernte Entitäten, „an die wir gegenwärtig denken“
 - Entitäten, die gerade enkodiert werden/wurden
 - Arbeitsgedächtnis (WM)
- „Short-term memory“ ist ein dem „Arbeitsgedächtnis“ ähnliches Konzept.
- geringe Aktivations
 - gut-gelernte Erinnerungen, „an die wir gegenwärtig nicht denken“
 - Entitäten, die (momentan) nicht erinnert werden
 - Long-term memory (LTM)
- Inhalt des LTM kann (normalerweise) reaktiviert werden.
- zusätzliche „sensorische Speicher“

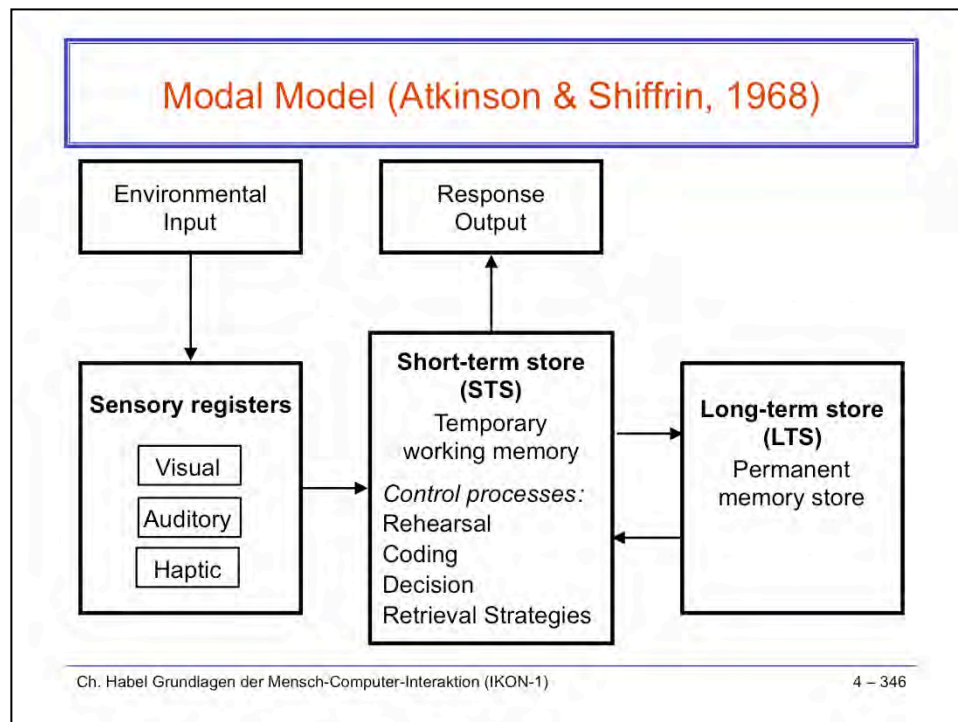
- Zahlreiche experimentelle Untersuchungen haben dazu geführt, dass seit den 50-er-/60-er-Jahren (des 20. Jahrhunderts) in der Gedächtnispsychologie davon ausgegangen wird, dass das Gedächtnis verschiedene Komponenten besitzt.
- Eine hierbei relevante Unterscheidung betrifft das Konzept der Aktivations, welches zur Unterscheidung in Arbeitsgedächtnis und Langzeit-Gedächtnis korrespondiert.
- Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass es spezifische Speicher für die Sensorik gibt, das *sensorische Gedächtnis*, das zu Beginn dieses Abschnitts behandelt wurde.

Die hier skizzierten Annahmen und Fragestellungen werden im weiteren detailliert behandelt werden.

Gedächtnis und Kognitive Prozesse Übersicht & Zwischenstand

- sensorisches Gedächtnis
 - Zwischenspeicherung sensorischer Reize, insbesondere visuelle und auditive Eindrücke
 - Gedächtnisdauer: < 200 – 400 msec
- Kurzzeitgedächtnis / Arbeitsgedächtnis
 - Aktiv beteiligt an der Durchführung kognitiver Prozesse: Sprachverarbeitung, Denken, Problemlösen
 - Gedächtnisdauer: < 15 – 20 sec
 - Kapazität: „7 ± 2“
- Langzeitgedächtnis
 - Bereitstellung des Hintergrundwissens: semantisches, episodisches und autobiographisches Gedächtnis
 - Gedächtnisdauer: (nahezu) unbegrenzt
 - Kapazität: (nahezu) unbegrenzt

- Wir werden jetzt zuerst das Konzept des Arbeitsgedächtnisses behandeln.



- Zur Erinnerung. Siehe oben!

Short term memory – Working memory

- Zentrale „Komponente“ des Gedächtnis
 - zwischen **sensorischen Speichern**
 - und **Langzeitgedächtnis**
 - umfasst
 - Information aus den sensorischen Kanälen
 - Aktivierte Teile des permanenten Gedächtnisses (LTM)
- ➔ Grundlage für höhere kognitive Prozesse
- **Kurzzeitgedächtnis** vs. **Arbeitsgedächtnis**
 - Unterschiedliche Fokussierung:
Gedächtnisspanne vs. Funktion

Literatur zum Arbeitsgedächtnis:

- Baddeley, Alan (1990). *Human Memory: Theory and Practice*. (chap. 4 – 5)
- Baddeley, Alan (1986). *Working Memory*. Oxford: Oxford University Press
- Jonides, John (1995). Working memory and thinking. In Edward E. Smith & Daniel. H. Osherson (eds.), *Thinking. An Invitation to cognitive science, Vol. 3*. (pp. 215–265). Cambridge, MA: MIT-Press. (2nd edition.)
- Nairne, James S. (1996). Short-term / Working memory. In Bjork, Elizabeth Ligon & Bjork, Robert A. (eds.), *Memory. Handbook of perception and cognition*. (pp. 101–126). San Diego: Academic Press.
- Miyake, Akira & Shah, Priti (eds.) (1999). *Models of Working Memory*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis betreffen im wesentlichen die gleiche „Komponente des Gedächtnisses“, fokussieren jedoch unterschiedliche Aspekte.

Aktivierung & Gedächtnis: Die Basiskonzepte

- STM / WM \approx aktivierter/aktiver Bereich des Gedächtnisses
 - aktiv / aktiviert vs. nicht-aktiviert / weniger aktiv
 - ➔ Kapazitätsbeschränkung des Arbeitsgedächtnisses
- Gedächtnisspuren (memory traces / activity traces)
 - Aktivitätsmuster zum / im Langzeitgedächtnis
 - Integration von zwei Sichtweisen:
 - Funktionale Sichtweise der kognitiven Psychologie
 - Prozessuale Sichtweise der Neurowissenschaft
 - ➔ Korrespondiert zu Bindungen zwischen Entitäten in Prozessen und Entitäten im „Datenbestand“

Literatur zu Aktivierung & Gedächtnis:

- Nairne, James S. (1996). Short-term / Working memory. In Bjork, Elizabeth Ligon & Bjork, Robert A. (eds.), *Memory. Handbook of perception and cognition*. (pp. 101–126). San Diego: Academic Press.
- Der Unterschied zwischen Kurzzeitgedächtnis und Langzeitgedächtnis wird heute nicht mehr als ein Unterschied im Hinblick auf den *Ort* der Gedächtnisinhalte angesehen, sondern als einen Unterschied in der *Aktivierung*.
Die beschränkte Kapazität des Arbeitsgedächtnis ist unter dieser Perspektive als Beschränkung in der Fähigkeit, Aktivierungen durchzuführen bzw. aufrecht zu erhalten zu sehen.

Kapazität des Gedächtnisses und Vergessen

- Vergessen:
 - Kurzzeitgedächtnis ist nicht-permanent (transient)
 - Aktivierung der Gedächtnisentitäten kehrt zurück auf eine Ebene geringere Aktivität (*baseline*)
 - Grundannahme:
Zerfall (*decay*) der Aktivierung ist eine Funktion der Zeit.
 - Aber: es gibt auch weitere Einflüsse für eine Veränderung der Aktivierungsspuren.
- Behalten:
 - Das Arbeitsgedächtnis kann Behaltensspanne verlängern.
- Behalten & Vergessen ist aufgabenabhängig

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

4 – 349

- Aktivierungen bleiben nicht einfach bestehen; Aktivierungen müssen aufrecht erhalten werden.
Dieser Gesichtspunkt ist zentral für das Baddeleysche Modell des Arbeitsgedächtnis, das im nächsten Abschnitt dieses Kapitels vorgestellt wird. (→ *Phonologische Schleife, Spatial Visual Sketchpad*)

Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Chunking

- **Chunking:**
 - Bilden von bedeutungstragenden bzw. bekannten Mustern von Information
 - Aufbau von informationellen Komplexen
 - *chunk* \approx *Klumpen, Brocken,*
- **Chunking Experimente von George Miller:**
 - The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. (1956)
 - Wechsel von der behavioristischen zur kognitiven Psychologie
 - Untersuchungsgegenstand: „limits of immediate memory“

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

4 – 350

- Miller, George A. (1956). The Magical Number Seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63. 81–97.
Dieser Aufsatz ist eine der meist zitierten psychologischen Publikationen der letzten 50 Jahre; er ist wesentlich für die sogenannte „kognitive Wende“ in der Psychologie.
- Der Kern der *chunking*-Idee beruht auf der Erkenntnis, dass die Bündelung von Information zu grösseren Einheiten die Gedächtnisleistung erhöht, insbesondere wenn die dabei gebildeten Komplexe einen Inhalt (eine Bedeutung) besitzen.
So ist die Zahl 11092001 schwerer zu erinnern, als das Datum 11.09.2001. (Statt einer achtstelligen Ziffernfolge wird ein Komplex aus drei Einheiten behandelt. Zusätzlich kann bei der dritten Einheit sogar eine Verkürzung erreicht werden: 11.09.01. Darüber hinaus können besondere Daten, in diesem Fall durch die Bezeichnung *nine-eleven* bezeichnet werden.
- Der Untersuchungsgegenstand der Millerschen Experimente betraf die Frage, welchen derartige Komplexe auf die Erinnerungsleistung im unmittelbaren zeitlichen Kontext der Präsentation von Items haben.

Millers klassisches Chunking Experiment (2)

■ Items

- bedeutungslose Items vs. bedeutungstragende Items

Pseudowörter vs. Wörter

- Pseudowörter folgen den Prinzipien der Phonologie und Morphologie der entsprechenden Sprache, sind aber nicht Bestandteil des Lexikons (\approx mögliche Wörter)
- Silbenanzahl der Wörter bzw. Pseudowörter
- Listenlänge

Chunking Experiment: Beispiele für Itemlisten

- bedeutungslose vs. bedeutungstragende
 - DAK JIR GOP BIF
 - PID LUM FAM GUN WOT TEB
- bedeutungstragende Items
 - Haus Tor Weg Ball Baum Hut
 - Sprung Stock Zaun Lauf Preis Rad Loch
Reis See
 - Amerika Reisewetter Geologie
 - Demokratie optimistisch Bundestagswahl
gegensätzlich domestiziert Fussballtorwart

Millers chunking-Experimente

- Den Versuchspersonen werden Wortlisten präsentiert (sequentielle Darbietung). Die Aufgabe besteht darin, die Listen in umgekehrter Reihenfolge zu wiederholen.
(Vgl. hierzu auch die zeitlich späteren Experimente von Postman & Phillips (1965); primacy – recency effect; in der Vorlesung zu Beginn des Abschnittes ‚Kurz-Zeit-Gedächtnis‘ behandelt.)
- Variiert wurden u.a. die Länge der Wortlisten sowie die Länge und Art der einzelnen Wörter (Items).
Beispiele auf dieser und der folgenden Folie.
- Zu beachten ist, dass die korrekte Wiederholung der gesamten Wortliste (in umgekehrter Reihenfolge) erfordert, dass die VP am Ende der Wiederholung den Anfang der Präsentation erinnert.

Millers klassisches Chunking Experiment (3)

■ Resultate

unproblematisch	problematisch
4 x bedeutungslos	6 x bedeutungslos
6 x einsilbig	9 x einsilbig
4 x viersilbig	6 x viersilbig

■ Folgerungen:

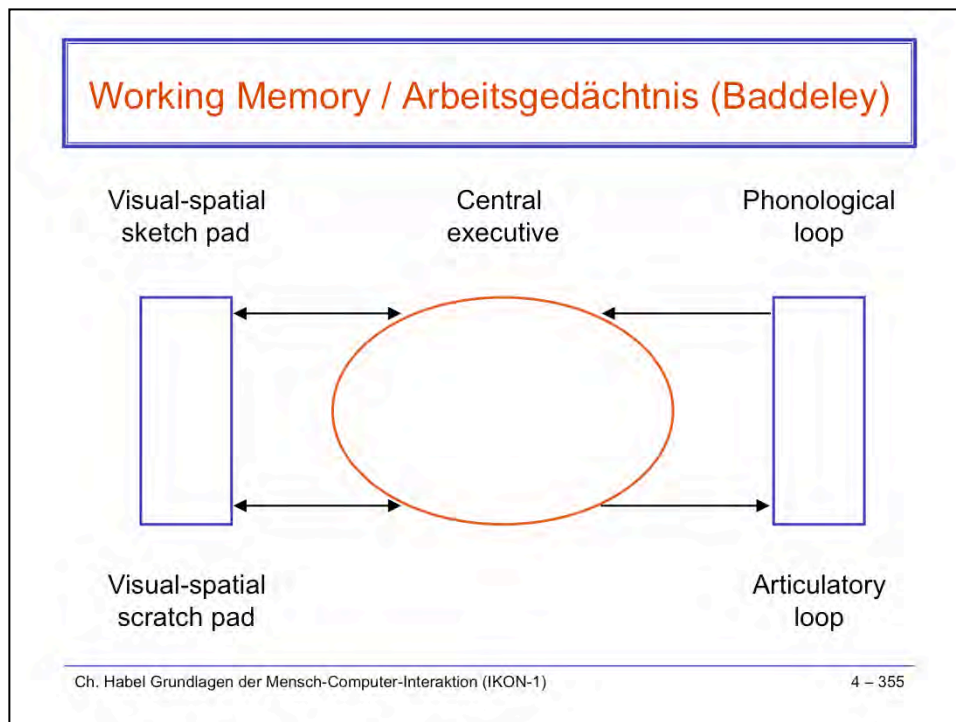
- bedeutungstragende Einheiten (chunks) stellen die gedächtnisrelevanten Einheiten dar.
- Das STM ist begrenzt: "7±2"

- Die Resultate zeigen, dass
 - Bedeutungshaftigkeit der Wörter eine wesentliche Verbesserung der Erinnerungsleistung erzielt.
 - die Silbenanzahl (und hiermit verbunden die Wortlänge), also ein phonologischer / morphologischer Aspekt, die Erinnerungsleistung beeinflusst.
 - Die Anzahl der Items, die unter entsprechenden Bedingungen erinnert werden können, liegt bei 7 ± 2 . Dieser Bereich ist weitgehend unabhängig von der Art der Items.
- ➔ Diese Befunden, die eigentlich der Intuition entsprechen sollten, werden häufig bei der Benennung von Adressen, Dateinamen etc. nicht berücksichtigt. Also: Auch die Vergabe von gut-erinnerbaren Namen ist ein Aspekt der Benutzerfreundlichkeit.

Millers klassisches Chunking Experiment (4)

- Probleme / Fragen:
 - Ebenen von chunks:
 - Buchstaben, Silben, Wörter,
 - Begriffe / Konzepte
 - Was macht Einheiten eingehender Information für das STM zu chunks?
 - Ein weiteres Beispiel:
Die Vorlesung „IKON-1: Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion“ findet donnerstags statt.
 - chunk-Haftigkeit wird insbesondere durch das LTM festgelegt.

- Das Kurzzeitgedächtnis (im Sinne von G. Miller) betrifft einen Zeitraum von – im Mittel – ca. 15 – 25 Sekunden. Nach dieser Zeitspanne ist eine Erinnerung an die Wortlisten (einschliesslich Reihenfolge) sehr fehlerhaft.
Im folgenden Abschnitt der Vorlesung wird im Zusammenhang der Konzeption der „phonologischen Schleife“ (innerhalb des Baddeleyschen Modells) näher auf Gedächtnisleistungen im Bereich des Arbeitsgedächtnisses eingegangen.



- Das gegenwärtig wohl einflussreichste funktionale Modell des Arbeitsgedächtnisses wurde von Alan Baddeley und MitarbeiterInnen entwickelt.

Baddeley, Alan & Hitch, Graham (1974). Working memory. In G. Bower (ed.), *Recent Advances in Learning and Motivation*, vol. VIII. (pp. 47–90). New York: Academic Press.

Baddeley, Alan (1986). *Working Memory*. Oxford: Oxford University Press

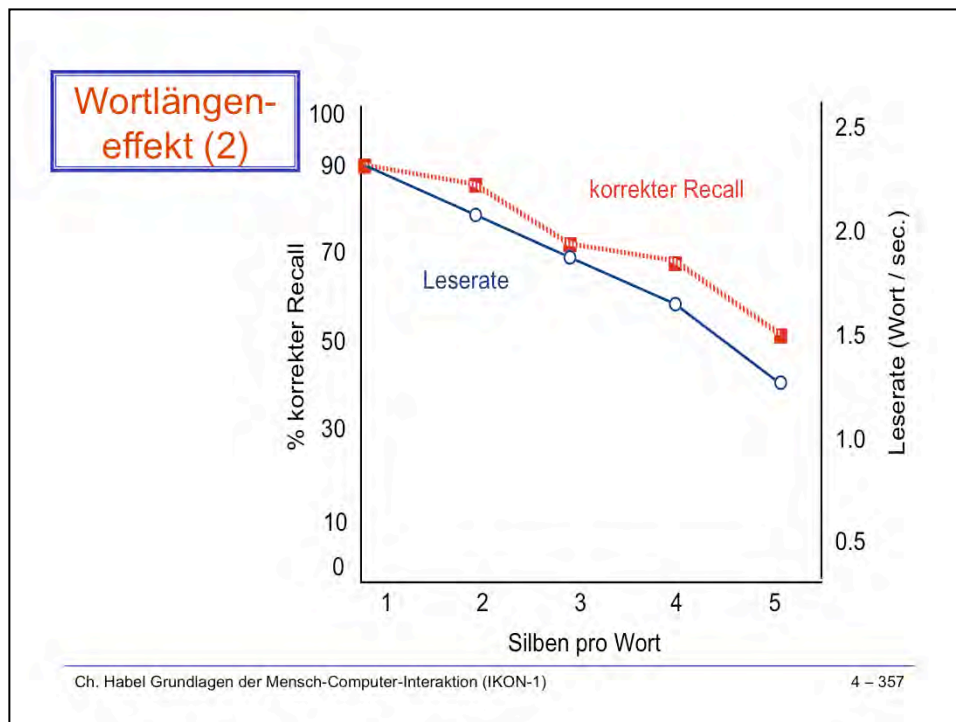
Nairne, James S. (1996). Short-term / Working memory. In Bjork, Elizabeth Ligon & Bjork, Robert A. (eds.), *Memory. Handbook of perception and cognition*. (pp. 101–126). San Diego: Academic Press.

- In diesem Modell wird davon ausgegangen, dass durch eine zentrale Kontrolleinheit Gedächtnisprozesse zusammengeführt werden und insbesondere auch die Aufmerksamkeit gesteuert wird. Hier wird Information aus dem Langzeitgedächtnis und den sensorischen Bereichen integriert. Ausserdem gibt es Subsysteme, die darauf spezialisiert sind, spezifische – insbesondere modalitätsspezifische – Aufgaben zu bearbeiten, und die Ergebnisse an die zentrale Exekutive zurückzugeben. Im Vordergrund der Untersuchungen stehen zwei Subsysteme, die phonologische Schleife und das „Visuo-spatial sketch-pad“, die im weiteren erläutert werden.

Phonologische Schleife: Der Wortlängeneffekt (1)

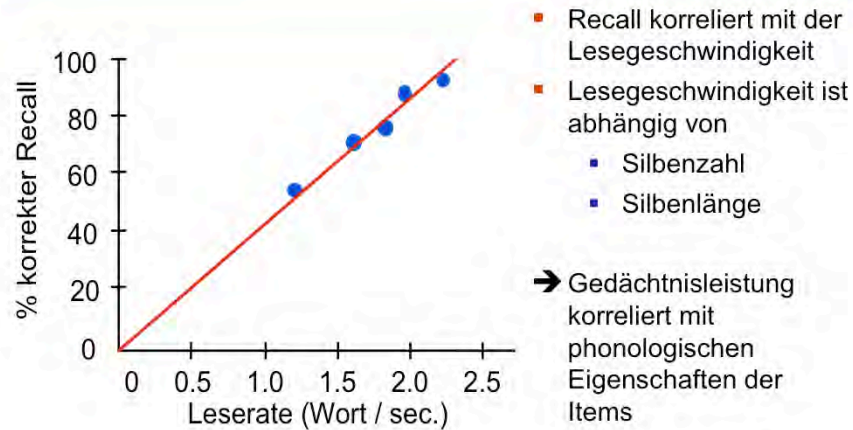
- Einfluss von Silbigkeit & Wortlänge
[Baddeley, Thomson & Buchanan 1975]
- Tests mit Wortlisten unterschiedlicher Silbigkeit, z.B.
 - Chad Burma Greece Cuba Malta
 - Czechoslovakia Somaliland Nicaragua Afghanistan Yugoslavia
- korrekter Recall (im Mittel) von
 - 4.17 Items aus Liste 1
 - 2.80 Items aus Liste 2

- Baddeley, A.D.; Thomson, N. & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14. 575–589.
- Die von Baddeley, Thomson & Buchanan durchgeführte Untersuchung bestätigt die Befunde früherer Experimente, insbesondere auch der von G. Miller.
Die Zielsetzung dieser Untersuchung ist, die Gründe bzw. die innere Systematik der Einflussgrößen Silbigkeit und Wortlänge zu erkennen.
- Zum Wortlängeneffekt:
Baddeley, Alan (1990). *Human Memory: Theory and Practice*. (pp. 74 ff.)



- Abbildung nach
Baddeley, Alan (1990). *Human Memory: Theory and Practice*.
(p. 75)
- Die Abbildung zeigt eine hohe Korrelation zwischen der
Gedächtnisleistung (korrekter recall) und der Leserate. Diese
Korrelation ist in der Abbildung auf der nächsten Folie dargestellt.

Wortlängeneffekt (3)



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

4 – 358

- Abbildung nach
Baddeley, Alan (1990). *Human Memory: Theory and Practice*.
(p. 75)
- Die Lesegeschwindigkeit ist sowohl von der Anzahl der Silben als auch der Länge (sowie Komplexität) der Silben abhängig. Somit kann eine Beziehung zwischen Gedächtnisleistung und phonologischen Eigenschaften der Items angenommen werden.

Artikulatorische Schleife – Phonologische Schleife

Zwei Komponenten:

- Phonologischer Speicher ≈ „inneres Ohr“
 - Ohne weitere Aktivität zerfällt Information in 1 – 2 Sekunden
 - Artikulatorische Kontrolle ≈ „innere Stimme“
 - Auffrischung der Aktivierung durch subvokale Artikulation und „rehearsal“.
-
- Artikulatorische Unterdrückung:
 - Störung von Gedächtnisleistungen durch vokale oder subvokale Artikulation
 - Störung durch verbale Distraktoren

- Innerhalb der hier diskutierten Subkomponente des Arbeitsgedächtnisses, kommen zwei Aspekte zum Tragen:
 - zum einen die Speicherung von Information auf der Basis ihrer phonologischen Repräsentation → „inneres Ohr“
 - zum anderen die Notwendigkeit die Aktivierung aufrecht zu erhalten, durch eine „innere Artikulation“ / „innere Stimme“.
(vgl. Folie „Aktivierung & Gedächtnis“ in dieser Vorlesung).
- Vorsicht: Die Bezeichnungen „inneres Ohr“ und „innere Stimme“ sind als Metaphern zu verstehen.
- Entsprechend zu den beiden Sichtweisen werden daher die beiden Bezeichnungen *Artikulatorische Schleife – Phonologische Schleife* nebeneinander verwendet. „Schleife“ deswegen, weil durch die innere Artikulation der Gedächtnisinhalt aufrecht erhalten wird, um dann im nächsten „Durchgang“ wieder vor dem Verfall geschützt werden zu können. Hierdurch, d.h. durch innere Artikulation, kann die Gedächtnisspanne, d.h. die Zeitspanne des sich Erinnernkönnens, bewusst verlängert werden (z.B. Merken einer Telefonnummer: vom Notizbuch zum Wählen.)
- Die Wirkungsweise dieser Komponente kann insbesondere durch verbale Distraktoren (konkurrierende Aufgaben sprachlicher Art) untersucht werden. Müssen VPen etwa zwischen Präsentation und Recall einen Text vorlesen, sinkt die Gedächtnisleistung im Bereich sprachlichen Materials

Funktion der phonologischen Schleife

- Sprachverarbeitung
 - Sprachverstehen
 - Lesen
 - Erwerb des internen Lexikons
- Denken & Problemlösen
 - Rechnen
 - Schlussfolgern
- Konsequenzen für die Mensch-Maschine-Interaktion
 - Wichtige Benennungen sollten bedeutungstragend und phonologisch einfach sein.
 - Artikulatorische / phonologische Störungen vermeiden!

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

4 – 361

- Die Phonologische Sprache ist sowohl bei der Sprachverarbeitung als auch beim Denken und Problemlösen wirksam.
- Die Interaktion von verbalen Aufgaben mit gewissen Gedächtnisleistungen sollte im Bereich von Mensch-Computer-Interaktion, d.h. bei der Gestaltung multimedialer / multimodaler Systeme, sorgfältig berücksichtigt werden.
So ist auditiver Input nur dann hilfreich, wenn nicht gleichzeitig die phonologische Schleife in andere Prozesse involviert ist.

Visuelles Gedächtnis: Brooks-Experiment (1)

- Buchstaben ansehen, und dann aus dem Gedächtnis die folgende Aufgabe durchführen:
- Beginnend mit der linken unteren Ecke im Uhrzeigersinn vorgehen.
- Klassifikation der Ecken:
 - JA, wenn es eine oberste oder unterste Ecke ist,
 - NEIN, wenn es eine andere (mittlere) Ecke ist.
- Jede Ecke nur einmal!



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

4 – 362

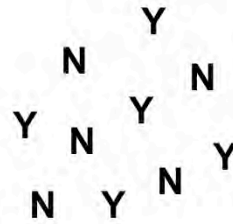
- Jonides, John (1995). Working memory and thinking. In Edward E. Smith & Daniel. H. Osherson (eds.), *Thinking. An Invitation to cognitive science, Vol. 3.* (pp. 215–265). Cambridge, MA: MIT-Press. (2nd edition.) pp. 242 ff.
- Brooks, L. R. (1968). Spatial and verbal components of the act of recall. *Canadian Journal of Psychology*, 22, 349–368.

Zum Experiment:

- Die Abbildung zeigt einen Buchstaben (beispielhaft Z).
- Versuchspersonen sollen die Eckenbeschreibung aus dem Gedächtnis durchführen.
- Die Zeichenkette zeigt, wie die korrekte Antwort-Folge ist.

Visuelles Gedächtnis: Brooks-Experiment (3)

- Zwei Antwortmodi:
 - **Verbale Antwort**,
d.h. Sprechen
(ähnlich zur Vorlesung)
 - **Non-verbale Antwort**,
zeigen auf Buchstaben
- Schnellere und bessere Antworten bei verbaler Antwort.



- Der Versuch wurde mit zwei verschiedenen Modi der Antwortgenerierung durchgeführt, verbal und non-verbal (zeigen auf einen Buchstaben innerhalb eines Musters von Buchstaben; Abb. rechts).
 - Die verbalen Antworten waren schneller und weniger fehlerhaft.

Visuelles Gedächtnis: Brooks-Experiment (4)

Zum Vergleich: Verbale Aufgabe

- Die gleichen Antwortmodi
- Klassifiziere die Worte eines (erinnerten) Satzes im Hinblick auf Nomen vs. Nicht-Nomen.

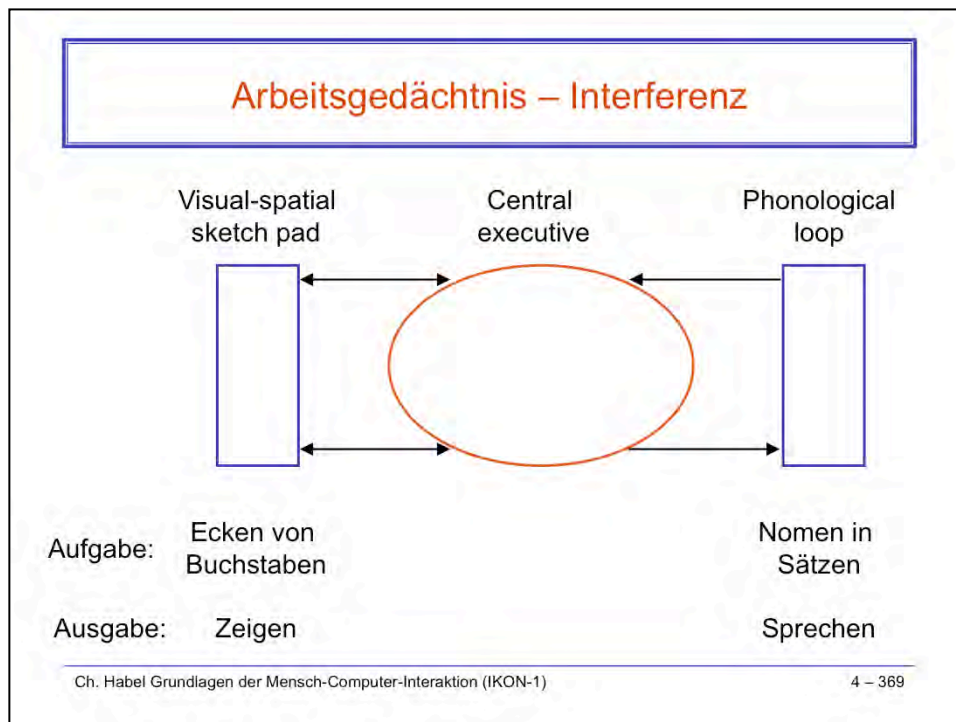
A bird in the hand is not in the bush.
 N J N N J N N N N J

- Schnellere und bessere Antworten bei non-verbaler Antwort
- ➔ **Interferenz** zwischen **Gedächtnis** – **Problemlösung** – **Ausgabe** innerhalb einer Modalität.
- ➔ Performanzgewinn bei Separierung der Modalitäten!

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

4 – 368

- Im Vergleich zur ersten Aufgabe wurde eine verbale Aufgabe durchgeführt (s.o.), in der im Gedächtnis die Wörter eines Satzes im Hinblick auf Ihre Wortarten, genauer auf die Zugehörigkeit zur Klasse der Nomen, klassifiziert werden mussten.
 Beispiel: A bird in the hand is not in the bush.
 Antwort: N Y N N Y N N N N Y
 - Hier sind die non-verbalen Antworten schneller und weniger fehlerhaft.
- Interpretation der Befunde: Es findet eine Interferenz zwischen den beiden Aufgabentypen *Problemlösung* im Arbeitsgedächtnis und *Präsentation* der Antwort statt. Die Gedächtnisleistung ist im Fall der Buchstabenaufgabe visuell, im Fall der Wortartenklassifikation verbal. Die Antwortmodalitäten enthalten im non-verbalen Fall ebenfalls einen visuellen Anteil.
 Sind beide Aufgaben vom gleichen Typ, so findet eine Beeinträchtigung der Leistung statt.
- ➔ Derartige Beeinträchtigungen sollten bei der Gestaltung von Schnittstellen vermieden werden.



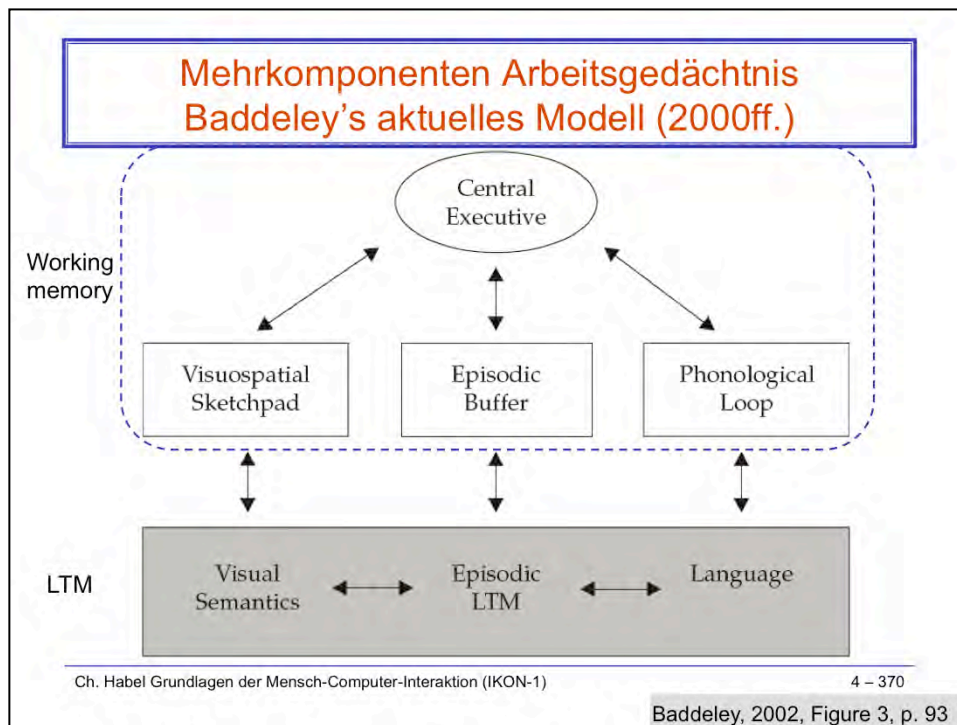
Zum Baddeleyschen Modell:

Baddeley, Alan & Hitch, Graham (1974). Working memory. In G. Bower (ed.), *Recent Advances in Learning and Motivation*, vol. VIII. (pp. 47–90). New York: Academic Press.

Baddeley, Alan (1986). *Working Memory*. Oxford: Oxford University Press.

Jonides, John (1995). Working memory and thinking. In Edward E. Smith & Daniel. H. Osherson (eds.), *Thinking. An Invitation to cognitive science*, Vol. 3. (pp. 215–265). Cambridge, MA: MIT-Press. (2nd edition.) pp. 242 ff.

Bei der Lösung einer Brooks-Aufgabe muss die *Zentrale Exekutive* die beiden Aufgaben der Problemlösung bzw. Ausgabe den Subsystemen zur Verarbeitung “übergeben”. Sind beide Aufgabe von gleicher Art, d.h. betreffen sie die gleiche Modalität, können Interferenzen eintreten. Andererseits, wenn die Aufgaben verschiedene Modalitäten betreffen, können verschiedene Komponenten – getrennt voneinander – Aufgaben bearbeiten.



- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4. 417-423.
- Baddeley A. D. (2002) Is working memory still working? *European Psychologist*, 7. 85-97.
[Reprinted from American Psychologist; 56 (11): 851-64.]

Gedächtnis und Kognitive Prozesse Übersicht & Zwischenstand

- sensorisches Gedächtnis
 - Zwischenspeicherung sensorischer Reize, insbesondere visuelle und auditive Eindrücke
 - Gedächtnisdauer: < 200 – 400 msec
- Kurzzeitgedächtnis / Arbeitsgedächtnis
 - Aktiv beteiligt an der Durchführung kognitiver Prozesse: Sprachverarbeitung, Denken, Problemlösen
 - Gedächtnisdauer: < 15 – 20 sec
 - Kapazität: „7 ± 2“
- Langzeitgedächtnis
 - Bereitstellung des Hintergrundwissens: semantisches, episodisches und autobiographisches Gedächtnis
 - Gedächtnisdauer: (nahezu) unbegrenzt
 - Kapazität: (nahezu) unbegrenzt