Erwerb von Gedächtnisinhalten

Acquisition of Memories (Kap. 6)
Lerning and Memory an Integrated Approach
Second Edition 2000
JOHN R. ANDERSON

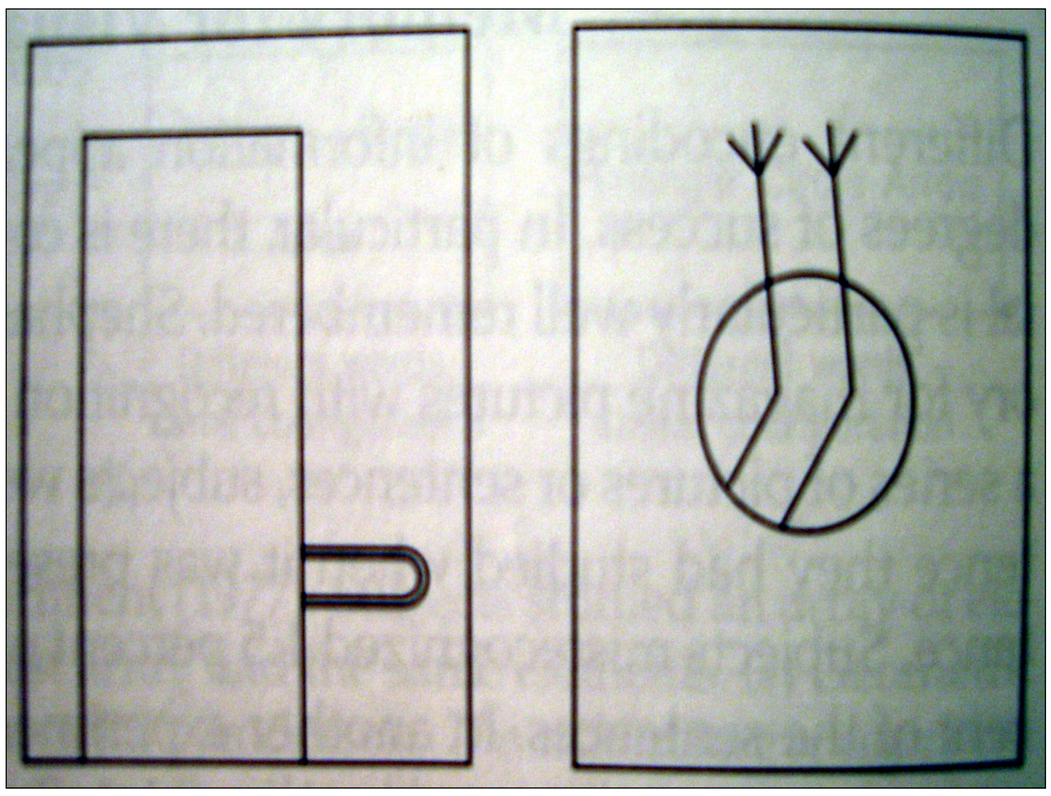
Fachbereich: Allgemeine Psychologie - WS 05/06
Seminar: Lernen und Gedächtnis – Gruppe B
Leitung: Dr. Knut Drewing
Referent: Jens v. Lindeiner
Datum: 19. Januar 2006

Einleitung

Drei Stufen zu Gedächtnisinhalten:

– Erwerb **(Enkodierung / Akquisition)**:
  - Funktionale Perspektive: Was beeinflusst gute Erinnerung?
  - Strukturelle Perspektive: Wie erdenken wir Veränderungen in der Anordnung von Erinnerungen

– Speicherung **(Behalten, Aufrechterhaltung, Re-Konsolidierung)**
– Abrufen (Auffinden, Wiedergabe)



Gliederung

Stufen der Erinnerung
Übung und Gedächtnisspurenstärke
– Potenz -Gesetz des Lernens
– *(Wiederholung + Konditionierung)*
– Langzeit Potenzierung (LTP)
– Aussagekraft einer Power-Funktion
Elaborierte Verarbeitung im Gehirn
– Erzeugungs- (Generation) Effekt
– Elaboration Gedächtnisspurenstärke
– Zufälliges gg. absichtliches Lernen
Auswirkungen für Pädagogik

Struktur der Gedächtnisinhalte:
– Memory records
– Associate Priming
– Chunks + Chunking
– Repräsentation von Wissen
– Erinnerungen für visuelle Infos
– Effekte von Bildhaftigkeit
– Bedeutungshaltige Erinnerungen v. Sätzen
– Unterschiedlicher Verfall von Infos
– Kintsch‘s Propositional-Theorie
– Bransford & Franks Studien (1971)
Zusammenfassung

Gedächtnisdarstellung bei Tieren:
– *Sequentielles Gedächtnis von Tauben*
– *Repräsentationsstruktur von Primaten*

Übung und Gedächtnisspurenstärke

- Anderson (1981): Übung - Gedächtnisleistung?
  Lernen von 20 Paar-Assoziationen (Hund – 3), 7 Lerndurchgänge, Reproduktion nach jedem Durchgang, AV: Fehler, Abrufzeit
- Fehlerreduktion durch Erhöhung d. Lern-Anzahl
- Auch nach erfolgreicher Wiedergabe verbessert sich die Leistung durch weiteres Üben.
- Mit zunehmender Anzahl d. Lerndurchgänge nimmt benötigte Zeit bis zur Wiedergabe der korrekten Antwort ab.

-> Abruf als Maß für Spurenstärke: Lernkurven reflektieren die Stärkezunahme einer Gedächtnisspur.

-> Übung (Benutzung) steigert Gedächtnisspur-Stärke

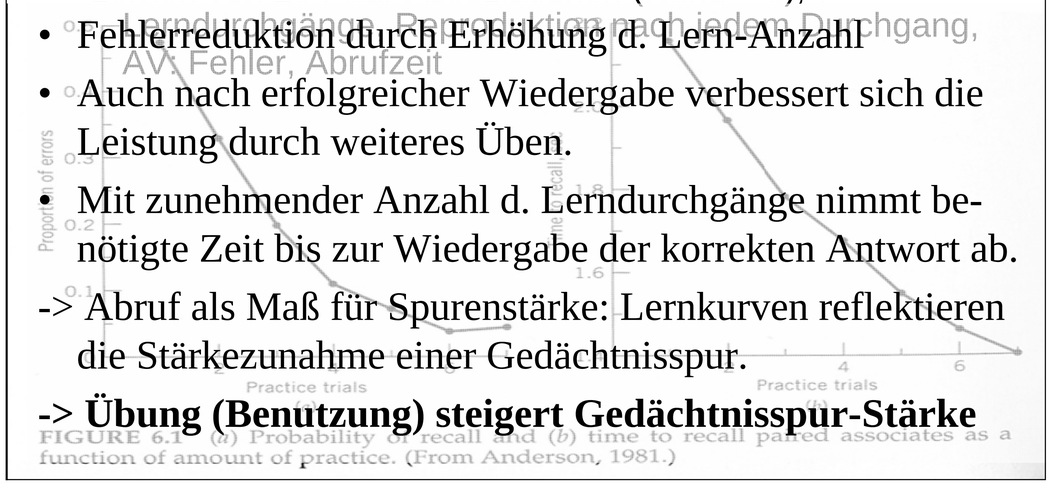
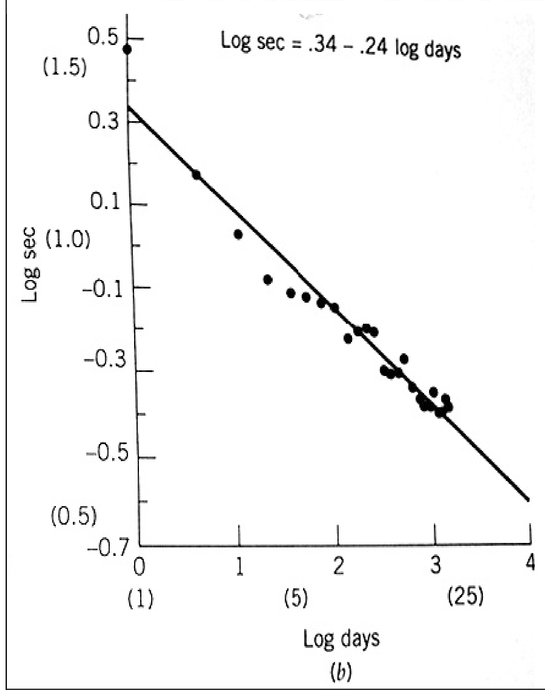


FIGURE 6.1 (a) Probability of recall and (b) time to recall paired associates as a function of amount of practice. (From Anderson, 1981.)

Übung und Gedächtnisspurenstärke

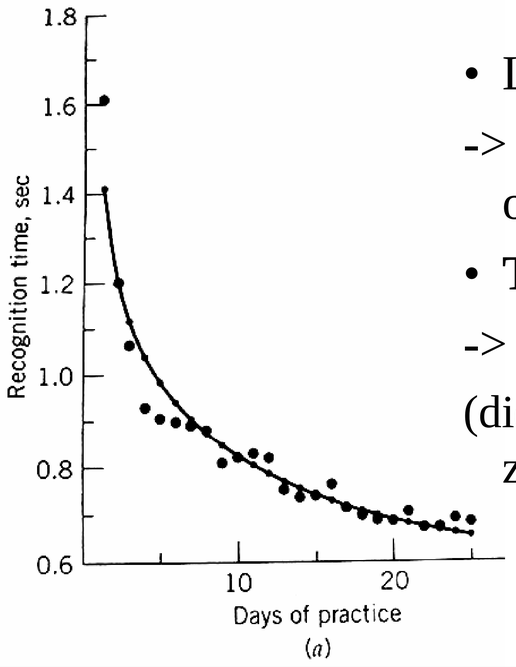
- Pirolli & Anderson (1985):
  untersuchten den Übungseffekt auf die Wiedererkennungszeiten.
- Design: Vpn lernten 15 Sätze z.B. „Der Matrose erschoss den Frisör“ und übten diese 25 Tage je 2 h
- Ergebnis:
  - Wiedererkennungszeiten sanken auf die Hälfte.
  - Verbesserung wurde mit zunehmender Übung geringer.

Potenz-Gesetz des Lernens



- Allen Lernkurven liegt ähnliche mathematische Formel zu Grunde
- Lineare Beziehung zwischen log. Übungstagen und log Zeit:
- **log T= .34 - .24 log P**
- T= in Sek.Zeit für Wiedererkennung
- P= Anzahl der Übungstage

Potenz-Gesetz des Lernens



- Log-Gleichung zurück

-> umgeformt in die originale Skalierung:

- **$T = 1{,}40\ P^{-0{,}24}$**

-> **Potenz-Funktion**

(die Übungsanzahl: P wird zur Potenz erhoben)

Potenz-Gesetz des Lernens

Newell + Rosenbloom (1981):

- Fast alle Lern-Funktionen sind Power-Funktionen

-> Potenzgesetz der Übung (= power law of learning):

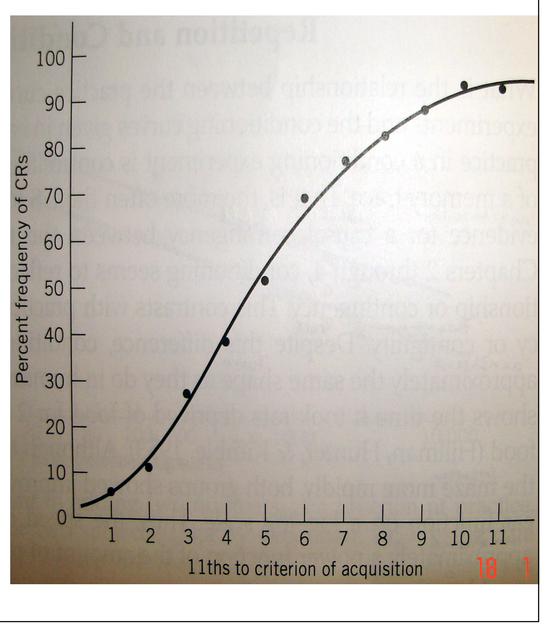
-> lineare Beziehung zw. Log. Wiedererkennungszeit und Log. Übung (Skalen werden so Komprimiert!)

-> Negativ beschleunigte Lernkurven: immer geringer werdende Verbesserung

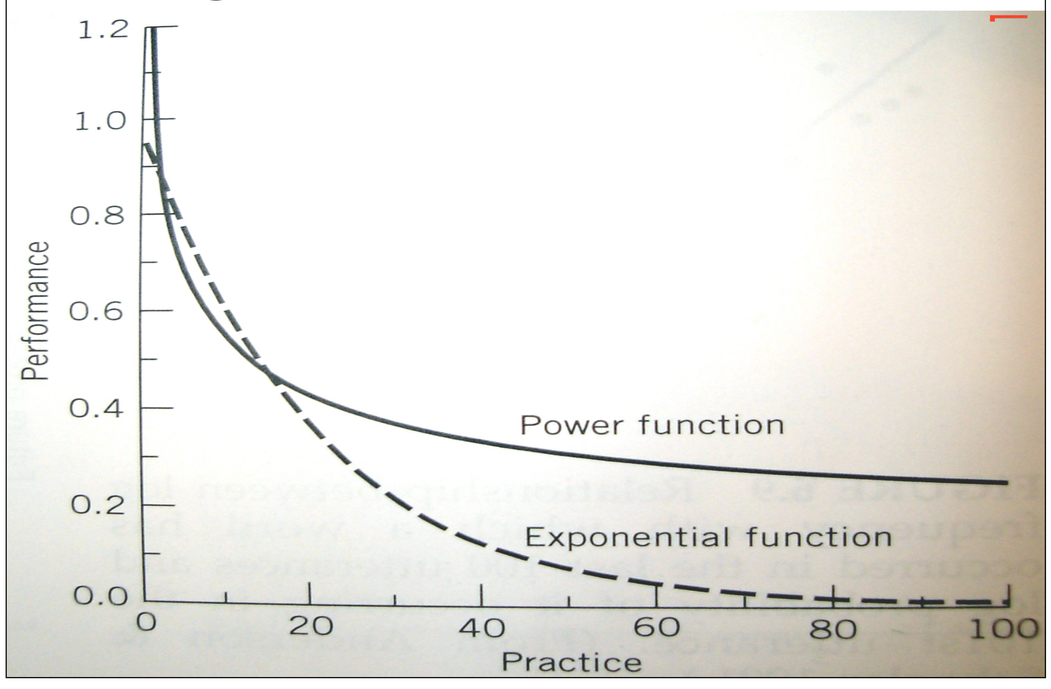
-> Erinnerungsdauer wächst als Power-Funktion von Übung und spiegelt sich wieder in abhängigen Messungen der Erinnerungszeit oder Fehlerrate

Wiederholung und Konditionierung

- Lernkurven bei Menschen: Linear
- Konditionierungskurven bei Tieren: S-Form (wenig – viel – wenig) Konditionierung beansprucht einen Einführungsprozess bevor das inhalts-orientierte Lernen beginnen kann



Aussagekraft einer Power-Funktion



Langzeit Potenzierung (LTP)

- LTP wird im Hippokampus + Kortikal-Bereichen geformt
- Barnes (1979): Messung des EPSP (= Excitatory postsynaptic potential) bei Ratten. Dann über 11 Tage bei Stimulierung des Hippocampus

-> Anstieg des EPSP wird bei zunehmenden Übungstagen geringer (vgl. negativer Verfall); Potenzfunktion

- Neuronale Aktivität ändert sich ebenso wie Leistung durch Übung
- Langzeit Potenzierung und Wahrscheinlichkeit der Wiederholung im Umfeld sind beides Power-Funktionen der Häufigkeit der Beanspruchung.

Elaborierte Verarbeitung im Gehirn

(„Elaboration“ = Bearbeiten der Info beim Einspeichern)

- Bekerian & Baddeley (1980):
  - BBC Radio, neue Wellenlänge
  - Vpn: mehr als 25x/Tag für mehrere Wochen diese Info
  - Sehr mäßige Behaltensleistung (nur 25%)
  - -> Bloße Präsentation der Info reicht für Lernerfolg nicht aus!
- Craik & Lockharts „ Depth of Processing Theory“

  Je sorgfältiger und bedeutungsbezogener die Information beim Einspeichern bearbeitet wird, desto besser ist die Gedächtnisleistung

-> Nicht nur wie oft etwas gelernt wird beeinflusst die Stärke einer Gedächtnisspur, sondern auch WIE es gelernt wird!

Erzeugungs- (Generation) Effekt

Slamecka & Graf (1978):

Generieren vs. semantische Analyse?

- Gruppe A: Selbst erzeugen:
  Synonym (z.B. sea: o____) oder
  Reimwort (z.B. save: c___)
- Gruppe B: nur lesen der Wortpaare:
  Synonym (z.B. sea - ocean) oder
  Reimwort (z.B. save - cave)
- Rekognitionstest für das zweite Wort

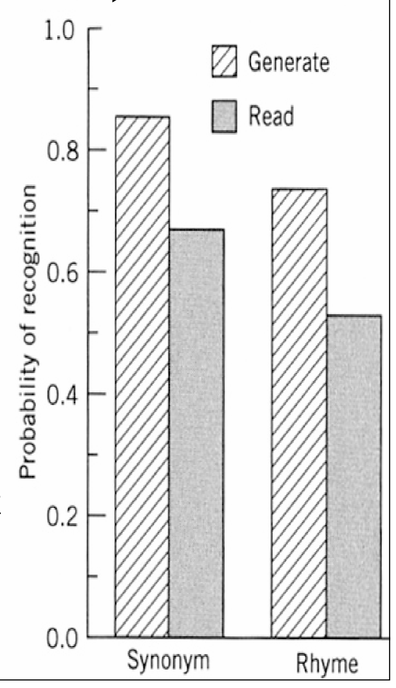


FIGURE 6.11 Probability of recognition as a function of type of elaboration and whether it was generated or read. (From Slamecka & Graf, 1978, experiment 2.)

Erzeugungs-Effekt - Erklärungen

- Slamecka & Graf (1978):
  - Synonyme werden besser als Reime behalten
    (Synonyme auch besser als Sprech-Rhythmus).
  - Selbst erzeugte Wörter besser als Gelesene erinnert
  - **Selbst erdachte Synonyme werden am besten gelernt**
  - Auch Bilden von Sätzen aus Wörtern (Bobrow & Bower, 1969)
- Anderson & Reder (1979):
  - Erzeugung (Elaboration) führt zu weiteren Abruf-„Routen“.
- Hirshman & Bjork (1988):
  - Erzeugung verstärkt die Enkodierung der Merkmale, die beide Reize miteinander verbindet.

Elaboration u. Gedächtnisspurstärke

Bradshaw &Anderson (1982): Ausarbeitung – Dauerhaftigkeit

- Elaboration = Mehr als nur Anstieg der Spurenstärke?
- Aufgabe: Lernen von Sätzen über Berühmtheiten z.B. „Mozart machte eine lange Reise von München nach Paris.“
- Gruppe A: Nur dieser Zielsatz
- Gruppe B: Zusätzliche Sätze mit kausalem Bezug (z.B. „Mozart verließ Mün., um einer romantischen Verwicklung zu entgehen.“)
- Wiedergabetest: nach 1 Woche
- Abrufzeit: Maß für Spurenstärke (kürzer = Zunahme GSS)

Elaboration u. Gedächtnisspurstärke

- Gruppe B kann den 1. Satz besser abrufen als Gruppe A
- Aber: Rekognitionszeit (trace strength) gleich, aber Wiedergabeleistung bei Elaboration besser.
- Gruppe B hat durch die Zusatzinformation lediglich weitere Möglichkeiten sich an den 1. Satz zu erinnern

-> neue Abrufpfade durch Elaboration

	Single Sentence Alone	Multiple Elaborating Sentences
Percentage of recall	62%	73%
Recognition time	1.81 sec	1.89 sec

Elaboration u. Gedächtnisspurstärke

GSS und Elaboration sind verschiedene Aspekte, die jedoch zusammenwirken können um das Gedächtnis zu verbessern:

-> Gedächtnisspurstärke bezieht sich auf das Speichern eines Gedächtnisinhalts.

-> Elaboration schafft zusätzliche Wege, um diese Inhalte leichter abzurufen.

Zufälliges gg. absichtliches Lernen

Hyde & Jenkins (1973): Wichtig das Lernabsicht besteht?

- UV1: Bearbeitungsaufgabe (Elaboration) Liste mit 24 Worten sortieren nach angenehm + e/g enthalten?
- UV2: Instruktion (Absichtlichkeit) eine von 2 Gruppen
  - Incidental: keine Info ü/ Test (Gelerntes also zufällig)
  - Intentional: Info ü/ Test Gedächtnisleistung

- Angenehme Wörter besser wiedergegeben.
- Kaum Unterschiede in der Reproduktion!
- Enkodieren: Nicht die Absicht, sondern Elaboration ist entscheidend!
- **Das Erinnerungssystem verschlüsselt die Erfahrungen einer Person egal ob eine Lernintention vorlag.**

Auswirkungen für Pädagogik

- Kernaussagen:
  - „Practice makes perfect.“ Übung macht den Meister ;-)
  - Entscheidend, wie zu speichernde Information enkodiert wird.
- Thomas & Robinson (1972): Lernstrategie PQ4R
  - Preview: Überblick verschaffen
  - Question: Fragen zu einzelnen Abschnitten stellen
  - Read: sorgfältig lesen
  - Reflect: nachdenken und Antworten auf Fragen finden
  - Recite: Bezug zum Text nehmen
  - Review: Ergebnisse/ Hauptaussagen des Textes
- **Aktive Auseinandersetzung mit Texten: Fragen stellen und Antworten finden sind effektive Wege.**

Struktur der Gedächtnisinhalte

Hintergrund: Lern-Muster für Affen, Sakai & Miyashita (1991)

Langzeit (Dauerhafte) Erinnerungen werden in verschiedenen Kortikalgebieten gespeichert, die dann die verschiedenen Info-Typen verarbeiten:

- **aktiv- bearbeitete Informationen sind im präfrontalen Kortex**
- **Permanente Gedächtnisinhalte sind in „superioreren“ Kortexregionen**
- **Verbale und visuelle Infos in unterschiedlichen Gehirnarealen**

abstrakte Darstellung von Langzeiterinnerungen

- **Erinnerungen = Memory records**
- **Speicherung als Einträge (records) im LZG**
- **Ein record setzt sich aus vielen Elementen zusammen**
- **Verschiedene records können u.a. aus gleichen Elementen zusammengesetzt sein.**
- **Die Elemente dienen beim Abruf des memory records als Hinweisreiz („cue“):**
  - **Cues aktivieren die assoziierten Einträge**
  - **Cues: External (Umgebung) o. internal (Denken) aktivierbar**
  - **Aktivste Einträge: Bewusstsein (Arbeitsgedächtnis)**
- **Langzeiterinnerungen bestehen aus einer Anzahl von Records., die aktiviert werden können.**

Priming

Balota & Lorch (1986): Lexikalische Entscheidungsaufgabe

- Wörter: lexikalisch (milk) & nicht- lexikalisch (milc)
- Variation: schnellste Entscheidung, wenn „cow“ + „milk“
  - 1. Reiz (prime): keine Reaktion
  - 2. Reiz: Wort vs Nichtwort-Entscheidung (z.B. milk vs. milc)
  - AV: Reaktionszeit auf Reiz 2 + UV: Beziehung 1. zu 2. Reiz
    cow + milk (positives Priming) cow + cot (neutral)
  - Ergebnis: RZ (positiv) < RZ (neutral)
- **Prime (cue) aktiviert best. Einträge vor, so dass d. Reaktion auf diese Einträge rascher erfolgt -> assoziatives Priming.**
- **Priming ist die Erleichterung der Infoverarbeitung, die durch eine kontextbedingt erhöhte Zugänglichkeit von (Langzeit-) Gedächtnisinhalten erklärt werden kann.**

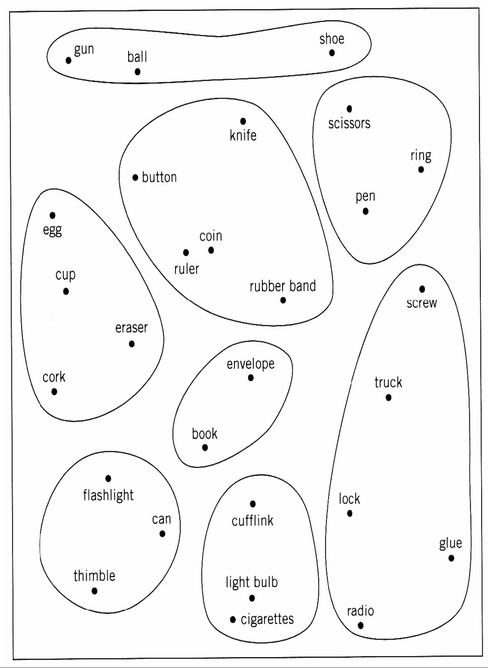
Chunking

- **Chunking = Kapazitätserweiterung durch Aufteilen in kleinere Einheiten („chunks“) oder 'Zusammenfassen von kleineren Informationseinheiten zu einer Einheit (Chunk)**
- **Infos beim Enkodieren in Einheiten (chunks) zerlegen**
- **Chunks bestehen aus etwa 3 Untereinheiten**
- Johnson (1970):
  - Darbietung von Info als Chunks durch visuelle Trennung
    - z.B. DRQNSLWCF -> DRQ + NSL + WCF
  - Chunks werden nach dem alles-oder-nichts Prinzip wiedergegeben
- (Chunking auch für Schachpositionen)

Chunking

McNamara et al. (1989):

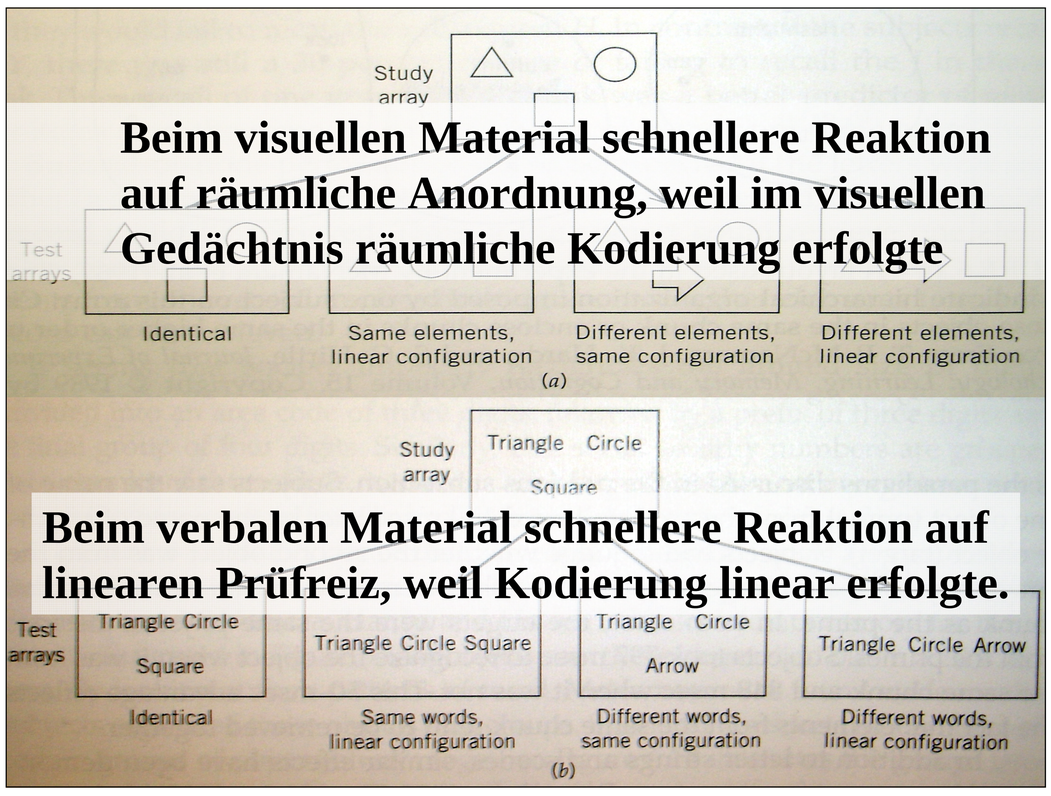
- Chunking auch für räumliche Anordnung v. Objekten
- 28 Objekte auf einem 6x6 m Areal ausgebreitet
- Abruf: Organisation der Objekte in bestimmten Gruppen
- Priming-Exp.: RZ schneller, wenn Prime und Zielreiz aus einem Chunk.



Wissens-Repräsentation

(= In welchem „Format“ Dinge abgespeichert sind)

- Für unterschiedliche Infos werden verschiedene Gedächtnis-Kodes verwendet.
- Bower (1972), Paivio (1971): **„Dual-code theory“** Unterschiedliche Verarbeitung resultiert aus spez. Enkodierungscodes (memory codes) für visuelles & für verbales Material
  - **Visuelle Dinge: Räumlicher Kode (2 o. 3 D), Bildergleich**
  - **Verbale Dinge: Kode in linearer Struktur (gespeichert als Silben, Sätze)**

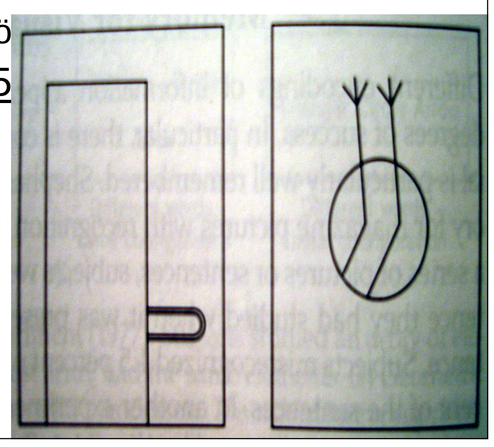


Beim visuellen Material schnellere Reaktion auf räumliche Anordnung, weil im visuellen Gedächtnis räumliche Kodierung erfolgte

Beim verbalen Material schnellere Reaktion auf linearen Prüfreiz, weil Kodierung linear erfolgte.

Erinnerungen für visuelle Infos

- **Menschen haben eine besonders gute Erinnerung an eigene Interpretationen von bildlichen Dingen.**
- Shepard (1967): Fehlerrate Bilder 1,5% - Sätzen 11,8%
  - Rekognition bei Bilder viel hö
- Bower, Karlin, Dueck (1975
  - Droodles:
  - Gruppe A: ohne Erklärung
  - Gruppe B: mit Beschreibung
- Zwerg spielt Posaune in Telefonzelle
- kleiner Vogel, von einer Schlange gefangen wurde



Erinnerungen für visuelle Infos

Mandler & Ritchey (1977): Rekognitionstest

- Distraktorbilder unterscheiden v. Original a):
  - in physikalischem Detail (b) oder
  - semantischem Aspekt (c)

- **Ergebnis:**
  - **Bild (b) nur zu 60 % als falsch identifiziert**
  - **Bild (c) aber zu 93 % als falsch identifiziert**

-> Erinnerung vor allem an die semantische Bedeutung visueller Infos

Effekte von Bildhaftigkeit

Bower (1972):

- 20 Paar-Assoziationen (z.B. Hund - Fahrrad)
- Zwei Bedingungen (UV):
  - Exp.-Bed.: Visuelle Vorstellung über Interaktion der beiden Items, z.B. Hund fährt Rad
  - Kontroll-Bed.: Nur das Wort-Paar lernen
- Ergebnis:
  - 75% Abruf in Exp.Bed., aber nur 45% in Kontroll-Bed.

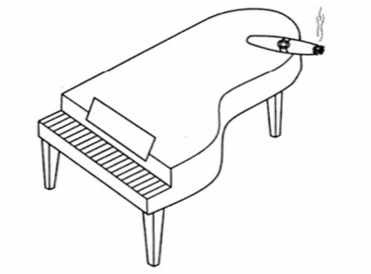
-> Imagery verbessert Gedächtnis!

TABLE 6.3 *Mean Percentage of Recall in Wollen, Weber, and Lowry (1972)*

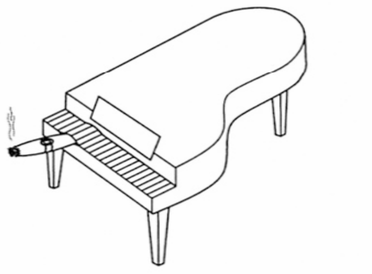
	Bizarre	Nonbizarre
Interacting	74%	73%
Noninteracting	34%	39%

-> Elaboration & räumlicher Kode

Interaktive Bilder helfen sich zu erinnern. Manchmal sind bizarre Bilder hilfreicher, weil unverwechselbar!



Interacting, nonbizarre



Interacting, bizarre

Enkodierung von Sätzen (Texten)

Anderson (1974): Rekognitionsaufgabe verschiedener Aktiv- oder Passivsätze. Versuchsbedingung mit Alternativen:

1. The missionary shot the painter. (Original)
2. The painter was shot by the missionary (Bedeutung+ Struktur-)
3. The painter shot the missionary. (Bedeutung -, Struktur+)
4. The missionary was shot by the painter (Bedeutung-, Struktur-)

Ergebnis: Zurückweisung von 3. & 4. relativ leicht, aber Differenzierung von 1. oder 2 schwierig.

-> **Die Bedeutung eines Satzes (Semantik), aber nicht die genauen Formulierungen (exakter Klang bzw. visuelle Struktur).**

Unterschiedlicher Verfall von Infos

Gernsbacher (1985): Rekognitionstest mit gespiegelten Bildern um semantische Unterscheidung auszuschließen.

- 10 sec. später Test: 79 % korrekte Antworten
- Test nach 10 min.: 57 % korrekte Antworten

- Starker Abfall bei Rekognition auf sensorischer Basis.
- **Menschen enkodieren wohl zunächst viele wahrnehmungs-bezogene Details, vergessen diese aber auch schnell.**
- **Erinnerungsvermögen an die Inhalte der Bilder blieb auch nach längerem Zeitabstand groß.**

Unterschiedlicher Verfall von Infos

Anderson (1974): *Experiment 2. Teil:*

- Unterscheidung gehörter Sätze:
  1. The missionary shot the painter. (Original)
  4. The missionary was shot by the painter (Bedeutung-, Struktur-)
- Ergebnis: Unmittelbar: 98% -> nach 2 min.: 96%

-> Gleich gut bei sensorischen & semantis. Diskriminierung

  1. The missionary shot the painter. (Original)
  2. The painter was shot by the missionary (Bedeutung+ Struktur-)

- Ergebnis: Sofort: 99% -> nach 2 min.: 56% (Mitte 50%)

-> schnelleres Vergessen der sensorischen Info.

-> Erinnerungsvorteil semantischer Infos (Bedeutung) gg. sensorischen Informationen (exakte Struktur).

Propositional-Theorie

Kintsch (1974): Propositional-Theorie (für Texte)

- **Proposition: Fasst die abstrakte Idee hinter Sätzen**
  -> Kleinste Wissenseinheit, die noch als wahre oder falsche Aussage formuliert werden kann!
- Beispiel: „Lincoln, who was president during a bitter war, freed the slaves.“
- Propositionen: 1. Lincoln was president during a war.
  2. The war was bitter.
  3. Lincoln freed the slaves.

-> Verbale Infos werden in Form semantischer Propositionen (records) im Gedächtnis behalten (repräsentiert); dies erklärt d. schnellen Verlust wahrnehmungsbezogener Details.

Propositional-Theorie

Bransford & Franks (1971):

- Wenn wir umfangreiche, sprachliche Mitteilungen hören, tendieren wir dazu diese in Form von den einfachsten Aussagen ab zu speichern.

  Die Ameisen in der Küche aßen die Marmelade.

  -> Präpositionen: (Ameisen,in, Küche) (essen, Ameisen, Marmelade)

  Aber auch:

  In der Küche aßen die Ameisen die Marmelade.

  -> Präpositionen: (Ameisen,in, Küche) (essen, Ameisen, Marmelade)
- **Schon nach kurzer Zeit keine Unterscheidung mehr möglich, welcher Satz gelernt wurde, weil nur die Propositionen dauerhaft behalten werden.**

Zusammenfassung

- Erinnerungsdauer wächst als Power-Funktion von Übung und spiegelt sich wieder in abhängigen Messungen der Erinnerungszeit oder Fehlerrate (Fast alle Lern-Funktionen sind Power-Funktionen)
- Aber negativ beschleunigte Lernkurven: immer geringer werdende Verbesserung

- Erwerb (Enkodierung / Akquisition): Übersetzung eintreffender Reiz-Energie in einen einzigartigen neuralen Code, den das Gehirn verarbeiten kann

Zusammenfassung

- Zu speichernde Material (Lernstoff) wird beim Enkodieren in **Chunks** zerlegt oder zusammengefasst (-> Kapazitätserweiterung).
- Qualität der **Enkodierung**:
  - abhängig von Anzahl der Lerndurchgänge („Stärkung“ von Einträgen)
  - weitgehend nicht von Absicht sich etwas zu merken bestimmt
  - hängt von der **Elaboration** (Schaffung zusätzlicher Abrufrouten)

Zusammenfassung

- Für die Gedächtnisleistung ist aber auch:
  - die Art der Wissensrepräsentation (unterschiedliche Vergessensraten) entscheidend.
  - Schlechte Gedächtnisleistung geht häufig auf Vergessen oder Abrufprobleme zurück!
  - Für das Merken reicht Wiederholung nicht aus, sondern die Infos müssen auch verarbeitet werden!

Zusammenfassung

- Verbale und visuelle Infos sind im Gedächtnis über **memory records** enkodiert.
  - Diese Erinnerungen setzen sich aus vielen Elementen zusammen.
  - Der Abruf von memory records erfolgt über **cues** (Hinweisreize).
- Prime (cue) aktiviert best. Einträge vor, so dass die Reaktion auf diese Einträge rascher erfolgt:

-> **assoziatives Priming**.

Zusammenfassung

- Visuelles und verbales Material wird im Gedächtnis unterschiedlich enkodiert (visuelles Material = räumlich; verbales Material = linear)
- Gedächtnisleistung für visuelles Material ist größer als für verbales Material.
- Bei visuellen und verbalen Informationen wird semantische Info länger behalten als die sensorische.
- Verbale Infos sind im Gedächtnis **propositional** repräsentiert; d.h. die abstrakte Idee hinter Sätzen (kleinste Wissenseinheit, die noch als wahre oder falsche Aussage formuliert werden kann)!

Zusammenfassung

- Einfacheres Lernen ;-)
  - Aktive Auseinandersetzung mit Texten
  - Fragen stellen und Antworten finden
  - besonders gute Erinnerung an eigene Interpretationen von bildlichen Dingen.
  - Selbst erdachte Synonyme werden am besten gelernt

Gedächtnisdarstellung anderer Lebewesen

Andere Lebewesen verschlüsseln Informationen in fortlaufende und räumliche (Verhaltens-) Muster:

- Roberts (1984):
  Raten lernen die Position von Gegenständen im Raum genauso gut wie Menschen.
- Terrace (1984):
  Tauben lernen spezifische Pick-Frequenzen.
- Premac & Premac (1984):
  Primaten scheinen eine sequentielle und Aussage-Darstellung zu haben.

Taube‘s sequentielles Gedächtnis

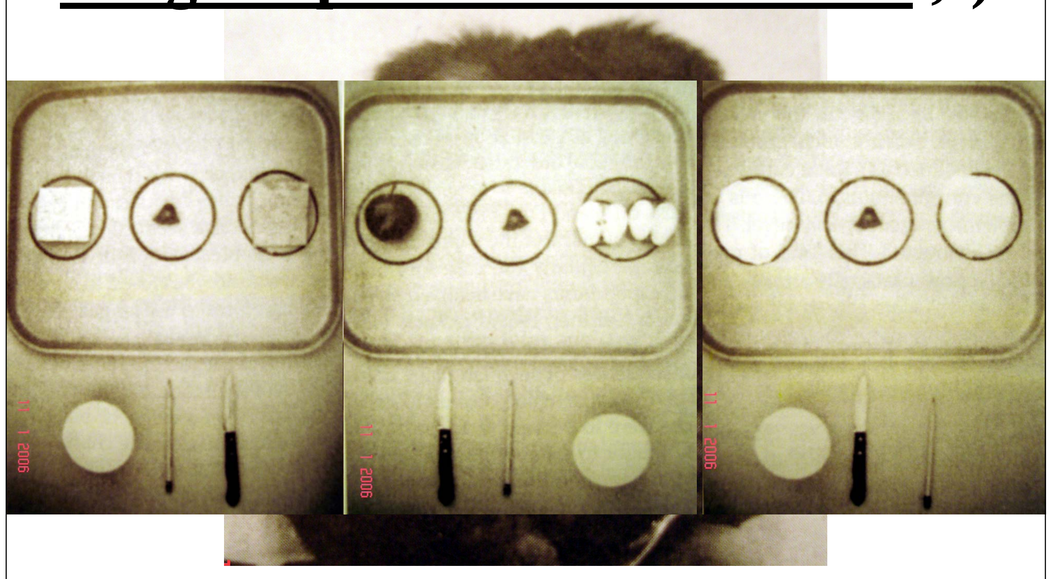
- 4 Tasten: **rot**, **weiß**, **blau**, **grün**
- Bestimmte Tastenkombination = Futter
  - **grün** -> **rot** -> horizontaler Balken = Futter
  - **rot** -> **grün** -> horizontaler Balken = Futter
  - Alle anderen Möglichkeiten -> kein Futter

-> Funktioniert egal wie Tasten angeordnet sind!

-> Tauben können sich an sequentielle Struktur von Ereignissen erinnern u. agieren auf solche Erinnerungen!

- Menschen zu selben Verhaltenssequenzen fähig sind, aber erinnern nicht auf die selbe Weise:
  - Mensch speichern viel verbal!
  - Menschl. Erinnerung: stärkste an erste, dann letzte, dann Mittlere
  - Tauben: Erinnerung an letzte am besten + alles andere gleich!

Affige Repräsentationsstruktur ;-)



Primaten scheinen eine sequentielle und Aussage-Darstellung zu haben, ähnlich der der Menschen!