

Grundlagen der Allgemeine Psychologie 1  
LMU Wintersemester 2012/13  
Dozenten: Thomas Stoffer & Heiner Deubel

Janosch Maier

6. Februar 2013

Bilder entstammen – soweit nicht anders angegeben – dem Skript zur Vorlesung <http://www.psy.lmu.de/exp/teaching/courses/index.html>

# Inhaltsverzeichnis

<b>I Gedächtnis</b>	<b>5</b>
<b>1 Gedächtnispsychologie</b>	<b>5</b>
1.1 Merkmale von Gedächtnis . . . . .	5
<b>2 Historie</b>	<b>6</b>
2.1 Ebbinghaus, Bartlett: Zwei komplementäre Ansätze . . . . .	6
2.1.1 Erweitertes Assoziationsexperiment . . . . .	6
2.1.2 Bartletts Ansatz . . . . .	6
2.1.3 Reproduktives vs. Rekonstruktives Erinnern . . . . .	6
2.1.4 Kognitives Schema . . . . .	6
2.1.5 Klassifikation von Erinnerungsfehlern (nach Bartlett) . .	7
2.1.6 Resümee . . . . .	7
2.2 Kognitive Wende: Informationsverarbeitungsansatz der Kogniti- ven Psychologie . . . . .	7
2.2.1 Informationsverarbeitungsansatz . . . . .	7
2.2.2 Messung von Informationsverarbeitungsprozessen . . . . .	7
<b>3 Sensorisches Gedächtnis</b>	<b>8</b>
3.1 Visuelles / Ikonisches Gedächtnis . . . . .	8
3.2 Echoisches Gedächtnis . . . . .	8
3.2.1 Kategorische Informationen . . . . .	8
3.2.2 Funktion der sensorischen Speicherung . . . . .	8
<b>4 Kurzzeit- bzw. Arbeitsgedächtnis</b>	<b>9</b>
4.1 Klassische Untersuchungen zum Kurzzeitgedächtnis . . . . .	9
4.2 Speicherdauer . . . . .	9
4.3 Speicherkapazität . . . . .	9
4.4 Kodierung . . . . .	9
4.5 Vergessen . . . . .	9
4.5.1 Interferenztheorie . . . . .	10
4.5.2 Reitman . . . . .	10
4.5.3 Abruf gespeicherter Informationen . . . . .	10
4.6 Arbeitsgedächtnis von Baddeley . . . . .	11
4.6.1 Kurzzeitgedächtnis kein einheitlicher Speicher . . . . .	11
4.6.2 Komponenten des Arbeitsspeichers . . . . .	11
4.6.3 Phonologische Schleife . . . . .	11
4.6.4 Visuell-räumlicher Notizblock . . . . .	11
4.6.5 Episodischer Puffer . . . . .	12
4.6.6 Zentrale Exekutive . . . . .	12
<b>5 Ein- vs. Multispeichermodell</b>	<b>13</b>
5.1 Strukturelle vs. funktionelle Erklärung . . . . .	13
5.2 Multispeichermodell von Atkinson und Shiffrin . . . . .	13
5.2.1 Trennungargumente . . . . .	13
5.2.2 Kontrollprozesse . . . . .	13
5.2.3 Gründe für Trennung von Kurz- & Langzeitgedächtnis . .	14

5.3	Konzeption für ein Einspeichermodell . . . . .	14
5.3.1	Verarbeitungstiefe . . . . .	14
5.3.2	Überprüfung des Modells . . . . .	14
5.3.3	Elaboration . . . . .	15
5.4	Einspeichermodell nach Shiffrin . . . . .	15
5.5	Multispeicher- oder Einspeichermodell . . . . .	15
<b>6</b>	<b>Langzeitgedächtnis</b>	<b>16</b>
6.1	Episodische vs. semantische Gedächtnisinhalte . . . . .	16
6.1.1	Gründe für Unterscheidung . . . . .	16
6.2	Episodisches Langzeitgedächtnis . . . . .	16
6.2.1	Kein Zugriff auf Information . . . . .	16
6.2.2	Abruf durch Rekonstruktion . . . . .	16
6.3	Semantisches Langzeitgedächtnis . . . . .	17
<b>II</b>	<b>Wahrnehmung und Motorik</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>Einführung</b>	<b>18</b>
7.1	Definition Visuelle Wahrnehmung . . . . .	18
7.2	Andere Wahrnehmungswelten . . . . .	18
7.3	Aspekte visueller Wahrnehmung . . . . .	18
7.3.1	Bottom-Up-Prozess? . . . . .	18
7.3.2	Wahrnehmung veridikal? . . . . .	18
7.3.3	Konstruktive Wahrnehmung . . . . .	19
<b>8</b>	<b>Der Gestalttheoretische Ansatz</b>	<b>20</b>
8.1	Gestaltgesetze . . . . .	20
8.1.1	Gruppierung . . . . .	20
8.1.2	Figur und Grund . . . . .	20
8.2	Kritik . . . . .	20
<b>9</b>	<b>Farbwahrnehmung</b>	<b>21</b>
9.1	Funktionen . . . . .	21
9.2	Eigenschaften . . . . .	21
9.3	Dreifarbentheorie . . . . .	21
9.3.1	Psychophysik: Additive Farbmischung . . . . .	21
9.3.2	Physiologie: 3 Rezeptortypen . . . . .	21
9.4	Gegenfarbentheorie . . . . .	21
9.4.1	Psychophysik: Nachbilder, Gegenfarben . . . . .	21
9.4.2	Physiologie: Gegenfarbentzellen . . . . .	22
9.5	Kombination beider Mechanismen . . . . .	22
9.6	Farbenfehlsichtigkeit . . . . .	22
9.6.1	Fehlsichtigkeit an Rezeptoren . . . . .	22
9.6.2	Cerebrale Achromatopsie . . . . .	22
9.7	Wahrnehmungskonstanzen: Form, Helligkeit, Farbe . . . . .	23
9.7.1	Helligkeitskonstanz . . . . .	23
9.7.2	Farbkonstanz . . . . .	23

<b>10 Tiefen- &amp; Größenwahrnehmung</b>	<b>24</b>
10.1 Tiefenwahrnehmung	24
10.1.1 Okulomotorische Tiefenkriterien	24
10.1.2 Monokuläre Tiefenkriterien	24
10.1.3 Bewegungsinduzierte Tiefenkriterien	24
10.1.4 Binokuläre Tiefenwahrnehmung: Stereoskopisches Sehen	24
10.1.5 Wirksamkeitsbereiche	25
10.2 Größenwahrnehmung	25
10.2.1 Größenkonstanz	25
10.2.2 Geometrisch-optische Größentäuschungen	25
<b>11 Bewegungswahrnehmung</b>	<b>26</b>
11.1 Funktionen der Bewegungswahrnehmung	26
11.2 Verschiedene Arten von Bewegung	26
11.3 Bewegungsdetektoren	26
11.4 Das Apertur-Problem der Bewegungswahrnehmung	26
11.5 Biological Motion	26
11.6 Das Korrespondenzproblem der Bewegungswahrnehmung	27
11.7 Fortbewegung in der Umwelt, optischer Fluss	27
11.8 Bewegung verstehen: Intuitive Physik	27
11.9 Reafferenzprinzip	27
<b>12 Form- &amp; Objektwahrnehmung</b>	<b>28</b>
12.1 Probleme der Objektwahrnehmung	28
12.2 Gestaltpsychologie	28
12.3 Elementare Merkmale in der Wahrnehmung	28
12.3.1 Tetone: Präattentive und attentive Verarbeitung	28
12.3.2 Merkmalssuche	28
12.3.3 Features: Merkmalsintegrationstheorie	29
12.4 Objekterkennung	29
12.4.1 Prinzipien der Objekterkennung: Template Matching & Feature Analysis	29
12.4.2 Erkennen anhand elementarer Teilkörper	30
12.4.3 Blickwinkelabhängige Theorien	30
12.5 Gesichtererkennung	30
12.6 Aufmerksamkeit & Objekterkennung	30
<b>13 Blickbewegungen</b>	<b>31</b>
13.1 Auge & Augenmuskeln	31
13.2 Typen von Augenbewegungen	31
13.2.1 Stabilisierung des Blicks während Eigenbewegungen	31
13.2.2 Verschiebung der Blickrichtung	31
13.2.3 Mikrobewegungen bei Fixation	32

## Teil I

# Gedächtnis

## 1 Gedächtnispsychologie

Allgemeine Psychologie:

- **Wahrnehmung, Gedächtnis**, Lernen, Denken, Sprache, Motorik, Motivation, Emotion
- Erklärung von Handlungssteuerung ohne Ansätze der Entwicklungs-, Sozial- & Persönlichkeitspsychologie

### 1.1 Merkmale von Gedächtnis

- Kognitives System, welches Erfahrungen später zur Verfügung stellt
- System: Besteht aus Teilsystemen (visuell, semantisch, phonetisch, prozedural)
  - Sensorisches Gedächtnis
  - Kurzzeitgedächtnis
  - Langzeitgedächtnis
- Kodierung / Dekodierungsoperationen
- Handlungssteuerung

## 2 Historie

### 2.1 Ebbinghaus, Bartlett: Zwei komplementäre Ansätze

#### 2.1.1 Erweitertes Assoziationsexperiment

- Lernphase vor Reproduktionsphase
- Variation von Lernaufwand, Zeitlicher Abstand zwischen Lernen / Reproduktion
- Sinnlose Silben
- Geschwindigkeit Bildung / Vergessen von Assoziationen
- Fragestellung: Lineare / Nichtlineare Beziehung beim Lernen?  $\Rightarrow$  Linear, ABER nur bei sinnlosen Silben. Sonst Negativ Beschleunigt
- Behaltensleistung zeitabhängig?  $\Rightarrow$  Nichtlinear. Vergessen am Anfang sehr viel stärker.
- Generalisierung wegen Vereinfachung nicht möglich

#### 2.1.2 Bartletts Ansatz

- Untersuchung entsprechend sozialer Realität
- Speicherung von Bedeutung
- Kettenreproduktion / Wiederholte Reproduktion / Beiläufiges Lernen
- Auswendiglernen ineffizient

#### 2.1.3 Reproduktives vs. Rekonstruktives Erinnern

- Erinnerungsfehler nicht nur Vergessen sondern auch Veränderung / Hinzufügen von Informationen
  - Selektive Verzerrung von Gedächtnisinhalten
- $\Rightarrow$  Rekonstruktives Erinnern
- Aktivierung des richtigen Kognitiven Schemas für sinnvolle Reproduktion

#### 2.1.4 Kognitives Schema

- Hierarchische Struktur
- Voreinstellungen (Hohe Wahrscheinlichkeit, dass Information zutreffend)
- Variablen (Verschiedene Alternativen)
- Rekonstruktives Erinnern (Auffüllen von Gedächtnislücken mit sinnvollen Informationen des kognitiven Schemas)

### **2.1.5 Klassifikation von Erinnerungsfehlern (nach Bartlett)**

- Auslassungen (Uneinsichtige Teile)
- Rationalisierungen (Uneinsichtige Teile)
- Dominante Einzelheiten (Inhaltliche Neuorientierung)
- Transformation von Einzelheiten (Unaussprechliche Teile)
- Transformation der Reihenfolge (Unstimmige Reihenfolge)
- Bedeutung von Einstellungen (Ausschmückung nach Einstellung des Erzählers)

### **2.1.6 Resümee**

- Integration beider Richtungen nötig!

## **2.2 Kognitive Wende: Informationsverarbeitungsansatz der Kognitiven Psychologie**

### **2.2.1 Informationsverarbeitungsansatz**

- Einheitlicher metatheoretischer Rahmen (Ebbinghaus + Bartlett + neue Theorien)
- Funktionsanalyse:
  - Merkmalsanalyse
  - Sensorisches Gedächtnis
  - Selektive Aufmerksamkeit
  - Arbeitsgedächtnis
  - Langzeitgedächtnis
- Interne Operationen (Codierung, ...)
- Zeitlicher Ablauf (Paralleler, Serieller Ablauf)
- Repräsentationen

### **2.2.2 Messung von Informationsverarbeitungsprozessen**

- Leistungsparameter: Güte (Fehlerquote), Zeit (Reaktionszeitmethode)

## 3 Sensorisches Gedächtnis

### 3.1 Visuelles / Ikonisches Gedächtnis

- Verarbeitung von visuellen Reize braucht Zeit  $\Rightarrow$  Speicherung nötig
- Phänomen der visuellen Persistenz: Reizspur überdauert mind. 100 ms (Segner 1740)
- Schwarzer Kreis auf weißem Grund – Pause – Kreis  $\Rightarrow$  Kreis bleibt sichtbar bei ca. 250ms Pause (Haber & Standing 1969)

$\Rightarrow$  Sensorisches Gedächtnis für Sinnesmodalitäten

- Ikonischer Speicher (Sterling)
  - Buchstabenmatrix für 50ms: Gesamtbericht 4-5 Buchstabenmatrix
  - Nach Darbietung der Matrix: Ton teilt mit, welche Zeile reproduziert werden soll (Teilbericht) – Wenn alle Zeilen korrekt dargeboten werden können  $\Rightarrow$  Alle Zeilen werden wahrgenommen
  - Länge des Speichers: Verzögerung des Tonsignals – Teilberichtsvorteil bei ca. 500ms

### 3.2 Echoisches Gedächtnis

- Vpn hört 3 Listen von Buchstaben (links, rechts, beide Ohren)
- Teilberichtsvorteil bis zu 2s Verzögerung (pysische Merkmale nötig)

#### 3.2.1 Kategorische Informationen

- Kein Teilberichtsvorteil, wenn Unterscheidung durch Kategorien (Buchstaben, Zahlen)
- Problem: Gesamtbericht en block  $\rightarrow$  Merikle: 3 Ziffern (Gesamtbericht, Teilbericht Ziffern, Teilbericht Buchstaben)  $\Rightarrow$  Teilberichtsvorteil: Physikalische Unterscheidung von Buchstaben und Ziffern möglich

#### 3.2.2 Funktion der sensorischen Speicherung

- Sakkadische Unterdrückung. Keine Informationsaufnahme (funktionelle Blindheit) bei Blickbewegung
- Aufrechterhaltung der Information vor der Sakkade bis Blickbewegung abgeschlossen
- Gemeinsame Verarbeitung von mehreren Phonemen (2-5ms bei Zischlauten, 400-500ms bei Vokalen) – Koartikulation
- Töne können keine Einheit bilden, wenn Abstand größer als 4-5s (Psychische Präsenzzeit)



## 4 Kurzzeit- bzw. Arbeitsgedächtnis

### 4.1 Klassische Untersuchungen zum Kurzzeitgedächtnis

- Begrenzte Kapazität ( $7 \pm 2$  Einheiten)
- Kurze Speicherdauer (Alles vergessen nach ca. 15s)
- Wiederholen (Rehearsal)
- Rekodieren (Chunking)
- Bewusstsein, Zentrale Aufmerksamkeit

### 4.2 Speicherdauer

- Brown-Peterson-Paradigma: Wann werden Inhalte vergessen, wenn innerliches Memorieren ausgeschlossen (Zwischenaufgabe) ist?
- Peterson & Peterson: 3 Konsonanten für 2s dargeboten. Dreistellige Zahl, laut Rückwärts in Dreierschritten zählen. Signal zur Reproduktion (zw. 3 und 18s)
- Asymptotisch bei ca. 15s Gedächtnisspanne

### 4.3 Speicherkapazität

- Gedächtnisspanne
- $7 \pm 2$  Einheiten bei bekannten Inhalten
- $4 \pm 1$  Einheiten bei unbekanntem Inhalten
- Brown-Peterson-Paradigma: Variation der Anzahl der Items

### 4.4 Kodierung

- Einheiten unterschiedlicher Länge
- Kodierung z.B. in visuelle Vorstellung
- Rekodierung in zusammengefasste Einheiten (Chunking)

### 4.5 Vergessen

- Theorie der Spurenerfalls: Verblässen der Gedächtnisspur (Bei ca. 40s)
- Interferenztheorie: Söreinflüsse
- Vorgänge können gleichzeitig Ursache sein

### 4.5.1 Interferenztheorie

Hauptmechanismus des Vergessens

- Proaktive Hemmung (Interferenz durch vorhergegangene Ereignisse)
  - Keppel/Underwood: Kein Vergessen im ersten Versuch (40s Speicherung). Vergessen stärker in späteren Versuchen
  - Diskriminationshypothese: Unterscheidung bei Reproduktion schwierig, wenn viele ähnliche Gedächtnisinhalte
  - Schwierigkeiten beim Abruf: 4 Durchgänge mit leicht unterschiedlichen Kategorien. Hinweist auf die Experimentalgruppe auf Kategorisierung vor letztem Abruf.
- Retroaktive Hemmung (Interferenz durch nachfolgende Ereignisse)
  - 16 Ziffern vorgelesen. Prüfziffer genannt. Reproduktion der Ziffer unmittelbar nach Prüfziffer
  - Variation der Position, Darbietungsgeschwindigkeit (Ausschluss des Spurenerfalls)
  - Reproduktion einfach, wenn Prüfziffer am Ende

### 4.5.2 Reitman

- Zwischenaufgabe: Erkennen von Tönen in Rauschen. Bezahlung für Entdecken der Töne (Keine Interferenz!)
- Vpn, die Memorieren erkennen weniger Töne. Ausgeschlossen von Versuch
- Vergessen nach 15s zwischen 12% und 15% (Spurenerfalls)  $\Rightarrow$  80% Verwechslungsfehler

### 4.5.3 Abruf gespeicherter Informationen

- Serielle Suche?
  - Sternberg: 1 bis 6 Ziffern gleichzeitig dargeboten. Später dargebotene Ziffer aus Suchliste? AV: Reaktionszeit
  - Item nicht vorhanden: Längere Reaktionszeit, je länger die Suchliste (Erschöpfende Suche)
  - Item vorhanden: Sich selbst beendende Suche / Erschöpfende Suche

$\Rightarrow$  Erschöpfende Suche: Vergleich 40ms, Entscheidung 400ms

- Kritik:
  - Erklärung durch Parallele Suche: Aufteilung der Verarbeitungskapazität auf alle Gedächtnisinhalte
  - Übungseffekt: Gut trainierte Vpn sind gleich schnell, unabhängig von Listenlänge  $\Rightarrow$  Übung führt zu paralleler Suche
  - Serieller Positionseffekt nicht erklärbar: Suche an letzter Stelle schneller

- Wiederholungseffekt nicht erklärbar: Mehrfach vorkommende Items haben kürzere Reaktionszeit
  - Modell der Bekanntheitssuche
    - Annahme/Ablehnung bei niedriger, hoher Bekanntheit (Spurenstärke)
    - Sonst: Serielle Durchmusterung
    - Serieller Positionseffekt  $\Rightarrow$  Hohe Bekanntheit
    - Übungseffekt  $\Rightarrow$  Steigert Bekanntheit der Items
    - Wiederholungseffekt  $\Rightarrow$  Höhere Bekanntheit
- $\Rightarrow$  Modell der Bekanntheitssuche

## 4.6 Arbeitsgedächtnis von Baddeley

### 4.6.1 Kurzzeitgedächtnis kein einheitlicher Speicher

- Verbale Aufgabe
  - Verbale Zusatzaufgabe  $\Rightarrow$  Beeinträchtigung
  - Visuelle Zusatzaufgabe  $\Rightarrow$  Keine Beeinträchtigung
- $\Rightarrow$  Speicher für phonetische und visuelle Kodierungen

### 4.6.2 Komponenten des Arbeitsspeichers

- Phonologische Schleife
- Visuell-räumlicher Notizblock
- Episodischer Puffer (Integration zu einheitlichem Speicher  $\rightarrow$  Klassisches Kurzzeitgedächtnis)  $\Rightarrow$  Objektrepräsentation
- Zentrale Exekutive (Steuerung – Exekutive Funktionen)

### 4.6.3 Phonologische Schleife

- Speicherung akustischer Informationen (auch gelesene Texte, Subvokalisation)
- Speicherdauer 2s
- Kapazität: Phonologische Codes, die innerhalb von 2s ausgesprochen werden können
- Wortlängeneffekt: Weniger lange Wörter können gespeichert werden.

### 4.6.4 Visuell-räumlicher Notizblock

- Verarbeitung visueller Wahrnehmung
- Kapazität: 4-5 Einheiten
- Räumliches Problemlösen

#### **4.6.5 Episodischer Puffer**

- Integration der Kodierungen
- Chunking
- Kapazität:  $7 \pm 2$  Einheiten

#### **4.6.6 Zentrale Exekutive**

- Koordination
- Prioritäten
- Handlungsplanung

## 5 Ein- vs. Multispeichermodell

### 5.1 Strukturelle vs. funktionelle Erklärung

- Einspeicher: Unterschiedliches Einspeichern (Funktionelle Erklärung)
- Multispeicher: Verschiedene Systeme (Strukturelle Erklärung)

### 5.2 Multispeichermodell von Atkinson und Shiffrin

- Sensorisches Gedächtnis
- Arbeitsgedächtnis
- Langzeitgedächtnis

#### 5.2.1 Trennungsargumente

1. Kapazität
2. Speicherdauer
3. Vergessen
4. Kodierung
5. Struktur der Information
6. Abruf

	<b>Abruf</b>	<b>Struktur der Information</b>	<b>Art der Informationskodierung</b>	<b>Vergessen</b>	<b>Speicherdauer</b>	<b>Kapazität</b>
<b>Sensorisches Gedächtnis</b>	<i>aufmerksamkeitsgesteuerte selektive Entnahme</i>	<i>Organisation entspr. den Gestaltgesetzen</i>	<i>physische Merkmale</i>	<i>Spurenzerfall; Auslöschung durch Maskierung</i>	<i>min. 250 ms visuell; max. 4-5 s auditiv</i>	<i>unbegrenzt</i>
<b>Kurzzeitgedächtnis</b>	<i>parallele Suche und / oder serielle Suche</i>	<i>zeitliche Listenstruktur</i>	<i>überwiegend phonetisch; kategorial</i>	<i>Spurenzerfall Interferenz</i>	<i>15-20 s; ohne Interferenz 1 Min.</i>	<i>7± 2 , 4±1 Einheiten</i>
<b>Langzeitgedächtnis</b>	<i>automatische Aktivierungsausbreitung</i>	<i>Bedeutungsrelationen / Netzwerk</i>	<i>semantisch; Bedeutungs- und Regelrepräsentationen</i>	<i>Verlust von Abrufhinweisen; Hemmung</i>	<i>unbegrenzt</i>	<i>unbegrenzt</i>

Abbildung 1: Verschiedene Gedächtnisspeicher

#### 5.2.2 Kontrollprozesse

- Memorieren (Wiederholen)
- Rekodierung
- Kodierung

### 5.2.3 Gründe für Trennung von Kurz- & Langzeitgedächtnis

- Neurophysiologische Argumente
  - Erregungskreise im Kurzzeitgedächtnis: Neuronengruppen, die sich gegenseitig Aktiv halten
  - Konsolidierung: Gedächtnisspuren weniger anfällig für Interferenzen, bei eingelegten Pausen

## 5.3 Konzeption für ein Einspeichermodell

Verarbeitungstiefe vs. Elaboration

### 5.3.1 Verarbeitungstiefe

- Verarbeitungstiefe (Levels of Processing)
  - Einheitliches Gedächtnissystem (Funktionelle Erklärung)
  - Verschieden Kodierungsmodi auf unterschiedlichen Verarbeitungsebenen (Tiefe: Methaphorisch)
  - Sequenzielle Analyse und Kodierung
    1. Strukturell
    2. Phonetisch
    3. Semantisch
  - Unterschiede in der Haltbarkeit von Spuren durch unterschiedliche Kodierungsoperationen

⇒ Je weiter Verarbeitung fortschreitet (dauert länger), desto tiefer ist das Verständnis (stabilere Gedächtnisspur)

### 5.3.2 Überprüfung des Modells

- Orientierungsaufgaben-Paradigma
  - Orientierungsaufgabe: Kodierung auf genau einer Ebene (Wort in Großbuchstaben, Reim, Passt das Wort in ...) ⇒ Inzidentelles Lernen (Keine Lernabsicht)
  - Behaltenstest (Wiedererkennen der Wörter)

⇒ Wiedererkennung bei semantischer Orientierungsaufgabe am höchsten (Nicht von allen Tests bestätigt!)

  - \* Wiedererkennung setzt semantische Kodierung voraus
  - \* Reim-Wiedererkennungstest ähnliches Ergebnis wie semantischer Wiedererkennungstest ⇒ Diskrepanz zwischen Kodierung bei Orientierung und Behaltenstest
  - \* Stroop-Test!

### 5.3.3 Elaboration

- Elaboration
  - Behalten nicht von Verarbeitungstiefe sonder Elaboriertheit der Kodierung abhängig
  - Elaboration: Zusammenhang neuen Materials mit bereits vorhandenem Wissen
  - Elaboriertheit unabhängig von „Verarbeitungsebene“
  - Operationalisierung: Wort im Satzkontext
  - Organisation: Beziehung zwischen Einheiten
- Erklärung von Elaboriertheit
  - Distinktive Bedingung: Ungewöhnliche Aussprache ⇒ Bessere Gedächtnisleistung
  - Nicht-Distinktive Bedingung: Normale Aussprache
- Erklärung der Verarbeitungstiefe: I.A. wird semantisch kodiert

### 5.4 Einspeichermodell nach Shiffrin

Temporäre Aktivierung von Neuronengruppen mit unterschiedlicher Speicherdauer

Problem: Geringe Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses ⇒ Aktivieren benötigt Zeit; Aktivität lässt mit der Zeit nach; Internes Memorieren ist begrenzender Faktor

### 5.5 Multispeicher- oder Einspeichermodell

- Mindestens zwei Speicher (Kurzzeit/Langzeit) durch neurophysische Erkenntnisse

## 6 Langzeitgedächtnis

### 6.1 Episodische vs. semantische Gedächtnisinhalte

- Episodische Inhalte – Kontextbezogen (räumlich, zeitlich)
- Semantische Inhalte – Kontextlos

#### 6.1.1 Gründe für Unterscheidung

- 70er Jahre: Hauptsächlich episodischer Inhalt untersucht
- Kein Aufschluss über Verstehen von Sprache, Kognitive Handlungssteuerung, ...

### 6.2 Episodisches Langzeitgedächtnis

#### 6.2.1 Kein Zugriff auf Information

- „Auf der Zunge Liegen“ – I.d.R. kein Vergessen, sondern nur kein Zugriff auf Inhalte
  - Definition seltener Begriffe
  - Erinnern an Aspekte des Wortes, ohne an das Wort zu erinnern (Anfangsbuchstabe, Reim, Silbenanzahl)
- Abrufhinweise
  - Listen mit Wörtern: Freie Reproduktion / Hinweisreiz: Kategorien der Wörter
- Affektiv induziertes Vergessen
  - Abrufhilfe nicht erfolgreich, bei affektbesetzten Erlebnissen (Freud: Verdrängung)
  - 1. Liste: Apfel → Baum, 2. Liste: Apfel → Frucht (+ Elektroschock)
  - Apfel → Baum schlecht reproduzierbar
- Enkodierungsspezifitätsprinzip
  - Assoziationsstärke zwischen Hinweis und Reaktion kaum bedeutung
  - Abrufhinweis muss beim Lernen verknüpft werden
- Jeder Reiz als Abrufhinweis?
  - Kontextübereinstimmung: Raum Lernen/Reproduzieren
  - Mentaler Kontext auch möglich

#### 6.2.2 Abruf durch Rekonstruktion

- Wiedergabe von episodischer Information durch Rekonstruktion
- Geschichte über ein Paar + Information Paar getrennt/geheiratet ⇒ Verfälschen der Geschichte
- Experiment: Autounfall: aufeinander trafen/krachten



### **6.3 Semantisches Langzeitgedächtnis**

Laut Prof. Stoffer nicht Klausurrelevant im WS2012/13

## Teil II

# Wahrnehmung und Motorik

## 7 Einführung

### 7.1 Definition Visuelle Wahrnehmung

- Summe der Prozesse zum Wissensgewinn über externe Objekte/Ereignisse
- Ermöglicht zielgerichtetes Handeln, Überleben, Reproduzierung
- Informationsquelle ist Licht

### 7.2 Andere Wahrnehmungswelten

- Ultraschall
- Elektroortung
- Magnetsinn

### 7.3 Aspekte visueller Wahrnehmung

- Intersubjektiv vergleichbar
- Informationsverarbeitungsansatz (Aktiver Prozess)
- Abbildung der 3-dimensionalen Welt auf 2-dimensionaler Retina

#### 7.3.1 Bottom-Up-Prozess?

- Nein: Vorwissen wird verwendet
- Subjektive Wahrheit

#### 7.3.2 Wahrnehmung veridikal?

- Klares Fenster in die Welt? Nein. Mehrere Objekte können gleiches Netzhautabbild erzeugen  $\Rightarrow$  Inverses Problem
- Visuelle Illusion
  - Müller-Lyer-Illusion
  - Ponzo-Illusion (Hypothese über Entfernung von Objekten)
  - Ebbinghaus-Illusion
  - Pickel oder Dellen? (Hypothese: Licht kommt von oben) / Hell oder Dunkel
  - Mehrdeutige Objekte (Multistabil)
- Häufig Information nicht vollständig
- Wahrnehmungsapparat Fehlkonstruktion, aber erscheint perfekt

- Rezeptoren nach hinten gerichtet
  - Blinder Fleck
  - Inhomogene Retina
  - Farbsehen beschränkt auf zentralen Retinabereich
  - Optische Abberationen (Abbildungsfehler)
  - 2 Dioptrien Unterschied in rot / blau berechnung
  - Ständige Retinabewegung aufgrund von Sakkaden
  - Wahrnehmung benötigt retinal Stabilität
- Wahrnehmung basiert auf unsicherer, unvollständiger, verzerrter Information
  - Erzeugung eines Modells der Welt
  - Sensorische Information liefert Hypothesen über Zustand externer Welt
  - Aktive Suche nach Information: Fehlgeleitete Hypothesen können Fehler in der Wahrnehmung erzeugen

### **7.3.3 Konstruktive Wahrnehmung**

- Wahrnehmung erzeugt Hypothesen über physikalische Realität
- Wahrscheinlichkeitsprinzip: Beste Hypothese zu sensorischer Wahrnehmung
- Nutzung aller verfügbaren Informationsquellen
- Weitere Belege
  - Visuelle Ergänzung (von unterbrochenen objekten)
  - Unmögliche Objekte (Versuch, Objekte als normale Objekte wahrzunehmen)

## 8 Der Gestalttheoretische Ansatz

„Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile“

### 8.1 Gestaltgesetze

- Regeln, was wahrgenommen wird
- Wahrnehmungsorganisation

#### 8.1.1 Gruppierung

- Prägnanz / Gute Gestalt (Struktur so einfach, wie möglich)
- Gesetz der Ähnlichkeit (Ähnliche Dinge in Gruppen geordnet)
- Gestaltgerechte Linienfortsetzung
- Nähe (Nahe Dinge erscheinen zusammengehörig)
- Gemeinsames Schicksal (Gleiche Richtung erzeugt zusammengehörigkeit)
- Gesetz der Bedeutung / Vertrautheit (Gruppen, wenn Dinge vertraut sind / Bedeutung haben)

#### 8.1.2 Figur und Grund

- Wichtig, um Objekte Wahrzunehmen
- Figur
  - Dinghafter, Leichter zu Erinnern
  - Räumlich vor Hintergrund
  - Konturen gehören zu Figur
  - Symmetrische, Konvexe, Horizontale/Vertikale Objekte, Kleine Flächen, Hoher Kontrast, Vorwissen/Bedeutung
- Hintergrund
  - Ungeformt
  - Erstreckt sich hinter Figur
- Gleichzeitige Wahrnehmung von Figur & Hintergrund nicht möglich

### 8.2 Kritik

- Erklärung nur im Nachhinein, an passenden Beispielen, Falsche Vorhersagen
- Keine objektiven Kriterien für Einfachheit / Gestaltgerechtigkeit
- Multistabile Wahrnehmungsphänomene
- Keine Aussage über Verarbeitungsprozesse

## 9 Farbwahrnehmung

### 9.1 Funktionen

- Segmentierung von Objekten
- Objektidentifikation
- Signalwirkung
- Symbole: Interkulturell verschieden: Grün (Fruchtbarkeit, Heilige Farbe, Ruhig, Heilend)

### 9.2 Eigenschaften

- Farbton (Spektrale Zusammensetzung)
- Intensität (Helligkeit)
- Sättigung (Weißanteil)
- Achromatische Farben: Weiß, schwarz, grau
- Chromatische Farben: Rot, gelb, grün, blau
- $\sim 2.000.000$  verschiedene Farben unterscheidbar
- Psychologische Eigenschaft (Physikalische Eigenschaften + Neuronale Prozesse)
- Additive vs. Subtraktive Farbmischung
- $L = I \cdot R$  (Licht = Beleuchtung  $\cdot$  Reflektanz)  $\Rightarrow$  Farbkonstanz problematisch

### 9.3 Dreifarbentheorie

#### 9.3.1 Psychophysik: Additive Farbmischung

- Farbvergleichsexperimente: Alle wahrnehmbaren Farben durch Mischung dreier Farben herstellbar (Metamere: physikalisch verschieden, perzeptuell gleich)
- Young-Helmholtz-Dreifarbentheorie: Drei Rezeptortypen für verschiedene Spektren

#### 9.3.2 Physiologie: 3 Rezeptortypen

- 3 verschiedene Zapfensegmente für Blau, Grün, Rot

### 9.4 Gegenfarbentheorie

#### 9.4.1 Psychophysik: Nachbilder, Gegenfarben

- Bestimmte Wahrnehmungsphänomene nicht mit Dreifarbentheorie erklärbar: rot/grün Blindheit
- Adaption / Nachbild: Rot/Grün, Blau/Gelb, Schwarz/Weiß

#### 9.4.2 Physiologie: Gegenfarbentellen

- Gegenfarbentellen: Rot/Grün, Blau/Gelb, Schwarz/Weiß
- Verstärken Unterschiede zwischen Farben
- Verstärkte Unterscheidungsfähigkeit für verschiedene Wellenlängen

### 9.5 Kombination beider Mechanismen

- 1. Stufe: Dichromatische Rezeptoren – Zapfen
- 2. Stufe: Ganglienzellen der Gegenfarbtheorie – Stäbchen

### 9.6 Farbenfehlsichtigkeit

#### 9.6.1 Fehlsichtigkeit an Rezeptoren

- Anormale Trichromaten: z.B. Farben leicht verschoben
- Dichromaten: Subdominanter Gendefekt auf X-Gen  $\Rightarrow$  Ein Zapfen für eine bestimmte Wellenlänge fehlt
  - Protanopie: Rotgrünblindheit 1
  - Deutanopie: Rotgrünblindheit 2
  - Tritanopie: Blaugelbblindheit (selten)
- Monochromaten: Keine Funktionsfähigen Zapfen – Nur Helligkeit (der Stäbchen), Intensität einer Wellenlänge kann „alle Farben“ erzeugen
- Bestimmung von Farbfehlsichtigkeit: Ishara-Tafeln (Feld mit 42)

#### 9.6.2 Cerebrale Achromatopsie

- Zentrale Störung der Farbwahrnehmung
- Erworben (Schlaganfall, Verletzungen)
- Farbenfehlsichtigkeit im Gehirn (V4 im visuellen Kortex) – Zentraler Ausfall des Farbsehens
- Ausprägungen:
  - Zentrale Achromatopsie: Kein Farbsehen
  - Fehlerhaftes Farbwissen: Kann Farbe diskriminieren, weiß nicht, ob Farbe zu Objekt passt
  - Farbanomie: Sprachliche Bezeichnung für Farbe nicht möglich
  - Getrenntes visuelles / verbales Wissen: Kann Fragen nach Farben beantworten, aber nicht auf richtig- / falschfarbige Objekte zeigen

## 9.7 Wahrnehmungskonstanzen: Form, Helligkeit, Farbe

- Formkonstanz: Identifikation von Objekten
- Größenkonstanz: Kleinere Abbildungen größer wahrgenommen
- Helligkeitskonstanz
- Farbkonstanz

### 9.7.1 Helligkeitskonstanz

- Wahrgenommene Farbe unabhängig von Beleuchtung
- Luminanz = Beleuchtung · Reflektanz
- Problem: Unendlich Wertepaare (Reflektanz, Beleuchtung) können zu Luminanz führen
- Mechanismen:
  - Berücksichtigung von Relationen – Verhältnisprinzip: Verhältnis der Helligkeiten ist unabhängig von der Helligkeit der Lichtquelle
  - Schatten
  - Wahrgenommene Beleuchtung

### 9.7.2 Farbkonstanz

- Gleiche wahrgenommene Farbe, bei unterschiedlichen Lichteverhältnissen
- Problem: vgl. Helligkeitskonstanz
- Mechanismen:
  - Farbadaption
  - Gedächtnisfarbe
  - Umfeld (Relationen)

## 10 Tiefen- & Größenwahrnehmung

### 10.1 Tiefenwahrnehmung

- Problem: 2D Projektion auf Retina
- Lösung: Mehrfache Tiefenkriterien – Nutzung aller verfügbaren Informationen

#### 10.1.1 Okulomotorische Tiefenkriterien

- Konvergenz: Konvergenzwinkel der Augen
- Akkomodation: Scharfstellen durch Veränderte Brechkraft der Augenlinse

#### 10.1.2 Monokuläre Tiefenkriterien

- Verdecken von Objekten
- Relative Größe im Blickfeld
- Relative Höhe im Blickfeld
- Atmosphärische Perspektive (unschärfe, verblassen)
- Gewohnte Größe
- Lineare Perspektive (Schienen / Straßen)
- Texturgradient (Größe der Textur)
- Tiefe aus Schatten

#### 10.1.3 Bewegungsinduzierte Tiefenkriterien

- Bewegungsparallaxe (Unterschiedliche Bewegungsrichtung von Objekten bei Fixation) / Bewegungsgradienten (Unterschiedliche Geschwindigkeiten vorbeiziehender Objekte bei Bewegung)
- Zu- / Aufdecken

#### 10.1.4 Binokuläre Tiefenwahrnehmung: Stereoskopisches Sehen

- Geringfügig unterschiedliche Bildausschnitte in beiden Augen
- Visuelles System betimmt Unterschied: „Querdisparation“
- Panoramasehen vs. Tiefenwahrnehmung: Nur Möglich bei überlappendem Blickfeld
- Korrespondierende und disparate Netzhautpunkte
- Horopter: Kreis durch Augen und Fixationspunkt: Alle Punkte auf Horopter sind korrespondierend (Gleicher Abstand auf Netzhaut) – Theoretischer / Empirischer Horopter



- Stereopsis: Objekte, die nicht auf dem Horopter liegen werden auf disparate Netzhauptpunkte abgebildet  $\Rightarrow$  Querdasparationswinkel (Information für relative Tiefe)
- Gekreuzte / Ungekreuzte Disparität bei näheren / weiter entfernten Objekten
- Korrespondenzproblem: Zuordnung der Objektteile der Augenbilder
- Auswertung der Disparität: Verschiebung von Punkten in Zufallsstereogramm  $\Rightarrow$  Schweben

#### **10.1.5 Wirksamkeitsbereiche**

- Nahe Entfernung: Größe, Verdecken, Konvergenz, Bewegung, Disparität
- Mittlere Entfernung: Größe, Verdecken, Bewegung, Disparität, Höhe
- Weite Entfernung: Größe, Verdecken, Höhe, Perspektive

## **10.2 Größenwahrnehmung**

### **10.2.1 Größenkonstanz**

- Problem der inversen Optik (selbes Retina-Abbild bei unterschiedlichen Objekten)
- Größenabschätzung nur möglich, wenn Entfernung bekannt
- Emmertsches Gesetz: Wahrgenommene Größe eines Nachbilds hängt von der Entfernung der Fläche ab, auf der es erscheint

### **10.2.2 Geometrisch-optische Größentäuschungen**

- Größentäuschung entsteht durch Fehleinschätzung der Entfernung
- Amescher Raum
- Mondtäuschung: Abgeflachtes Himmelsgewölbe, Kleine Objekte in der Umgebung, Perspektive, Farbe
- Müller-Lyersche Täuschung (Ecken, gehen von uns weg / zeigen zu uns hin)
- Ponzo-Täuschung (Bahnlinien)
- Table-Top Illusion / Shepard-Illusion

## 11 Bewegungswahrnehmung

### 11.1 Funktionen der Bewegungswahrnehmung

- Aufmerksamkeit
- Information über Gestalt / Hintergrund-Unterscheidung
- Verfolgen / Greifen / Fangen
- Abschätzung der Eigenbewegung

### 11.2 Verschiedene Arten von Bewegung

- Bewegung eines Lichtpunktes
- Fluss bei Eigenbewegung
- Scheinbewegung (Stroboskop, Wasserfalltäuschung, Induzierte Bewegung – Bahnhof)

### 11.3 Bewegungsdetektoren

- Problem: Messen von Bewegungsgeschwindigkeit
- Definition:  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
- Reichardt-Detektor (Verzögerter Neuronenweg von Rezeptoren zu Multiplikator. Feuert, wenn alle Signale gleichzeitig ankommen, Differenzbildung der Multiplikatoren für Links- und Rechtsbewegung)
- Neuronen empfindlich für jeweils eine Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit

### 11.4 Das Apertur-Problem der Bewegungswahrnehmung

- Sichtfeld einer Zelle extrem eingestellt
- Problem: Bewegungsrichtung einer Kante in einem Ausschnitt des Darbietungsfeldes ist uneindeutig
- Einzelner Detektor nicht ausreichend!
- Bewegung ergibt sich erst aus mindestens 2 Feldausschnitten unterschiedlicher Orientierung (Adelson & Movshon)
- Bewegungsvektor bestimmt durch Schnitt der Einschränkungslinien
- Gesamttrichtung der Bewegung ist Zusammenfassung von wahrgenommenen Bewegungskomponenten

### 11.5 Biological Motion

- Erkennung von Personenbewegung anhand von Lichtpunkten
- Lippenbewegung wichtig für Sprechverstehen (McGurk-Effekt)
- Bauchrednereffekt

## **11.6 Das Korrespondenzproblem der Bewegungswahrnehmung**

- Bewegungswahrnehmung erfordert Zuordnung aufeinanderfolgender Bilder
- Funktioniert auch bei komplexen Bildern
- Teilweise nicht-eindeutige Lösung  $\Rightarrow$  Heuristische Regeln
  - Kürzester Weg
  - Trägheit
  - Aufdecken und Verdecken
  - Starrheit
- Wagenradillusion
- Maggie Schiffrar: Wissen, welche Bewegungen möglich sind

## **11.7 Fortbewegung in der Umwelt, optischer Fluss**

- Optischer Fluss zur Schätzung der Eigenbewegung
- Stabilisierung im Raum (Stehen / Gehen)
- Eigene Zellen für verschiedene Bewegungen (MST-Neurone)

## **11.8 Bewegung verstehen: Intuitive Physik**

- Erwartete Bewegung unterscheidet sich von realer Bewegung

## **11.9 Reafferenzprinzip**

- Unterscheidung von selbst-induzierter und echter Bewegung durch Vergleich von vorhergesagter und wirklicher Bewegung

## 12 Form- & Objektwahrnehmung

### 12.1 Probleme der Objektwahrnehmung

- 3D vs. 2D Retina
- Was gehört zu was: Wahrnehmungsorganisation
- Blickwinkel, Verdeckung, Beleuchtung, Entfernung ( $\Rightarrow$  Formkonstanz)
- Orientierung, Größe, Position
- (Wieder-)Erkennen / Klassifikation

### 12.2 Gestaltpsychologie

Siehe Kapitel 8

### 12.3 Elementare Merkmale in der Wahrnehmung

#### 12.3.1 Tetone: Präattentive und attentive Verarbeitung

- 2 Stufen (Keine Aufmerksamkeit benötigt vs. Aufmerksamkeit benötigt)
- Textone als Elementarmerkmale (Präattentiv erkennbar)
- Höhere Merkmale nur attentiv und seriell unterscheidbar

#### 12.3.2 Merkmalsuche

- RT unabhängig von Anzahl der Distraktoren (set size)  $\Rightarrow$  Pop-Out effekt (Automatische, parallele Suche)
- Pop-Out-Merkmale
  - Orientierung
  - Krümmung
  - Farbe
  - Bewegung
  - Geschlossenheit
  - Farbe, Heligkeit
  - Tiefe (Binokular)
  - Schatten / Schattierung
- Konjunktion von Eigenschaften (Konjunktionssuche: Kombination zweier Eigenschaften)
  - RT linear abhängig von Anzahl der Distraktoren
  - Steigung zeigt Zeit, die ein Distraktor zur Verarbeitung benötigt
  - Steigung(Nicht verfügbar) = 2 · Steigung(Verfügbar)  $\Rightarrow$  Abbrechende Suche
- Segmentierung nur durch Single-Features, nicht durch Konjunktionen

### 12.3.3 Features: Merkmalsintegrationstheorie

1. Präattentive Stufe: Analyse in Elementarmerkmale (parallel, automatisch)
2. Attentive Stufe: Verknüpfen von Elementarmerkmalen (seriell, aktiver Prozess)  $\Rightarrow$  Attention Spotlight
3. Objektdatei
4. Objekterkennung
5. Nicht beachtete Objekte nicht gebunden (free floating)
6. Nichtbeachtete Objekte: Illusorische Konjunktion
  - Bei kurzer Darbietungsdauer ( $\frac{1}{5}$  Sekunden): Überzufällig häufig falsche Verknüpfungen (Farbe, Form)

### 12.4 Objekterkennung

- (Wieder)Erkennen durch Gedächtnisvergleich
- 2 Theorien der internen Repräsentation:
  - Viewpoint-Dependent
  - Viewpoint-Independent

#### 12.4.1 Prinzipien der Objekterkennung: Template Matching & Feature Analysis

- Template Matching
  - Direkter Vergleich mit Gedächtnisvorlage
  - Problem: Konstanzleistung (Größen-, Verschiebungs-, Orientierungsinvarianz)  $\Rightarrow$  Transformationen / Normierung
  - Problem: Verschiedene Ausprägung
- Feature Analysis
  - Feature Maps / Strukturelle Beschreibungen: Besteht aus Satz von Propositionen
  - Repräsentation von charakteristischen Eigenschaften (unabhängig von Größe, Orientierung, ...)
  - Objekt-zentriert

### 12.4.2 Erkennen anhand elementarer Teilkörper

- Repräsentation von Objekten als Anordnung von elementaren Teilkörper
- Geone mit nicht-zufälligen Eigenschaften (unabhängig von Beobachterposition)
  - Kollinearität
  - Parallelität
  - Symmetrie
  - Gekrümmtheit
  - Kreuzungspunkte
- Erkennen unabhängig von Beobachterposition möglich
- Segmentierung anhand von Konkaven Objektlinien (Konvexe Objektteile ergeben ein Objekt)

### 12.4.3 Blickwinkelabhängige Theorien

- Reaktionszeit bei Erkennungsaufgabe abhängig von Blickwinkel
- Prototypische / Kanonische Ansichten (Reaktionszeit am geringsten)
- Viewpoint-dependent object recognition
  - Wenige prototypische Ansichten gespeichert
  - objekterkennung durch Interpolation zwischen gespeicherten Eigenschaften oder Rotation

⇒ Aktuelle Sichtweise: Parallele Repräsentation von strukturellen Beschreibungen und Blickwinkel-abhängigen Repräsentationen

## 12.5 Gesichtererkennung

- Große soziale Bedeutung
- Gesichtsausdruck → Affektiver Zustand
- Gesichtererkennung holistisch (Gesamtkonfiguration wichtig)
- Prosopagnosie (bei Patienten): Unfähigkeit, Gesichter zu erkennen, bei normaler Objekterkennung ⇒ Spezialisiertes System für Gesichtererkennung?

## 12.6 Aufmerksamkeit & Objekterkennung

- Visuelle Aufmerksamkeit nötig für Objekterkennung
- Change blindness / Inattention blindness bei fehlender Ausrichtung / Ablenkung der Aufmerksamkeit

## 13 Blickbewegungen

### 13.1 Auge & Augenmuskeln

- Belickbewegung durch 6 paarige Augenmuskeln (in 3 Freiheitsgraden)
- 5 Typen von Blickbewegungen mit speziellen Funktionen

### 13.2 Typen von Augenbewegungen

#### 13.2.1 Stabilisierung des Blicks während Eigenbewegungen

- Voraussetzung für scharfes Sehen
- Stabilisierung der Blickrichtung
- Vestibulo-okulärer Reflex (VOR)
  - Ältestes Blickwegungssystem
  - ca. 15 ms Reaktionszeit
  - Auch bei großen Blicksprüngen
  - Reflexive Kompensation von Bewegungen durch Gegenbewegung des Auges
  - Rezeptoren im Innenohr messen Drehbeschleunigung in 3 Richtungen
  - Sacculus und Utriculus messen Linearbeschleunigung (z.B. Schwerkraft)
- Optokinetik
  - Phylogenetisch Spätere Entwicklung
  - Große Bewegung des Blickfeldes
  - Optokinetischer Nystagmus („Eisenbahn-Nystagmus“)
- Torsionsbewegung des Auges
  - Rotationsbewegung des Auges um foveale Blickrichtung
  - Vestibulär oder optokinetisch induziert

#### 13.2.2 Verschiebung der Blickrichtung

- Inhomogenität der visuellen Verarbeitung
  - Stark abnehmende Rezeptorendichte
  - Visuelles Auflösungsverhalten nimmt in der Peripherie rasch ab
  - Foveale Information wichtig für Objektsehen
- Sakkaden
  - Zielgerichtet, ruckartige Bewegungen
  - Sehr häufig: 3-4 Sakkaden pro Sekunde
  - Einzige willkürliche Blickbewegung

- Quasi-ballistisch (ohne visuelle Kontrolle)
- Ruckartig
- Kurz (0.05 sec bei 10°)
- Präzise (Fehler < 10%, systematisches „Unterschießen“)
- Sakkadengenerierung im Gehirn
  - \* Hohe Beschleunigung & Bremsen
  - \* Puls-Sprung-Innervation
- Fixation auf informationstragende Strukturen (Abhängig von Vorwissen, Einstellung, Aufgabenstellung)
- Unterdrückung der Wahrnehmung während Sakkaden (Sakkaden im Spiegel nicht sichtbar) ⇒ Unterdrückung von Verschmieren
- Ursachen: u.A. Maskierung
- Glatte Folgebewegung des Auges
  - Verfolgung eines bewegten Objektes (Catch-up Sakkade, <30° pro Sekunde)
  - Erfordert bewegtes Objekt
  - Antizipatorische Komponenten (Abschätzen des Objektes, da visuelle Verarbeitung Zeit benötigt)
- Vergenzbewegungen (nicht-konjugiert)
  - Bewegung beider Augen in unterschiedliche Richtungen

### 13.2.3 Mikrobewegungen bei Fixation

- Korrigierend
- Evtl. Verhinderung von Ausbleichen der retinalen Rezeptoren
- Lagsame Driftbewegung
- Schnelle Mikrosakkaden
- Tremor