

# Grundlagen der Mensch-Computer Interaktion

## 3. Kapitel *Der Mensch*

- Ein- und Ausgabe: Wahrnehmung und Handeln
  - Wahrnehmung: Modalitäten der Wahrnehmung
    - Visuelle Wahrnehmung
- Gedächtnis
- Verarbeitung von Information & Informationsnutzung

## Der Mensch

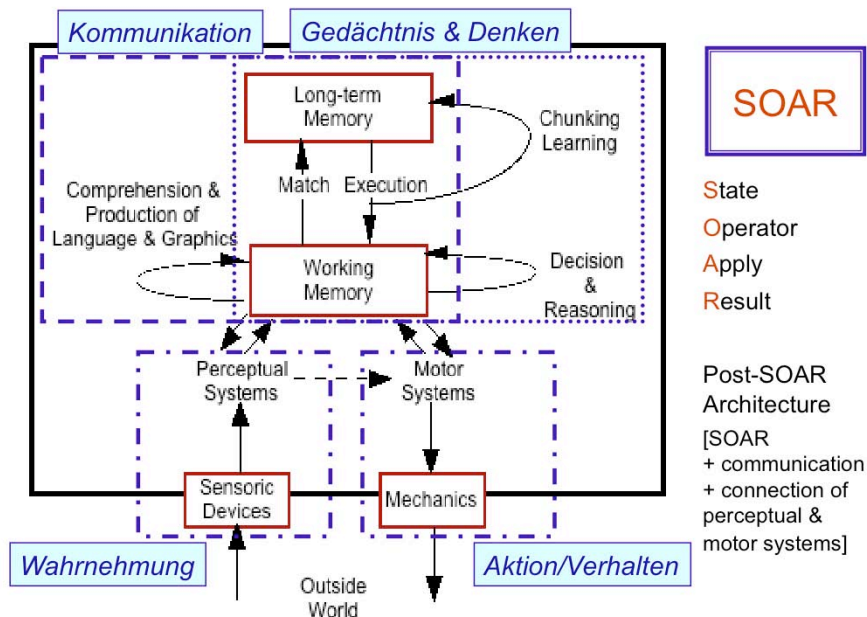
- Ein- und Ausgabe von Information
  - visuell, auditorisch, haptisch, durch Bewegung
- Gedächtnis: das Speichern und Abrufen von Information
  - sensorisches, Arbeitsgedächtnis / Kurzzeitgedächtnis, Langzeitgedächtnis
- Verarbeitung und Nutzung von Information
  - Schliessen, Problemlösen, Wissen vs. Fertigkeiten, Fehler
- Emotion ⇔ Informationsverarbeitung
- Individuelle Unterschiede

Dix, A., Finlay, J., Abowd G. & Beale, R. (2004). Human-Computer Interaction, 3rd edition, Prentice Hall.

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

3 – 2

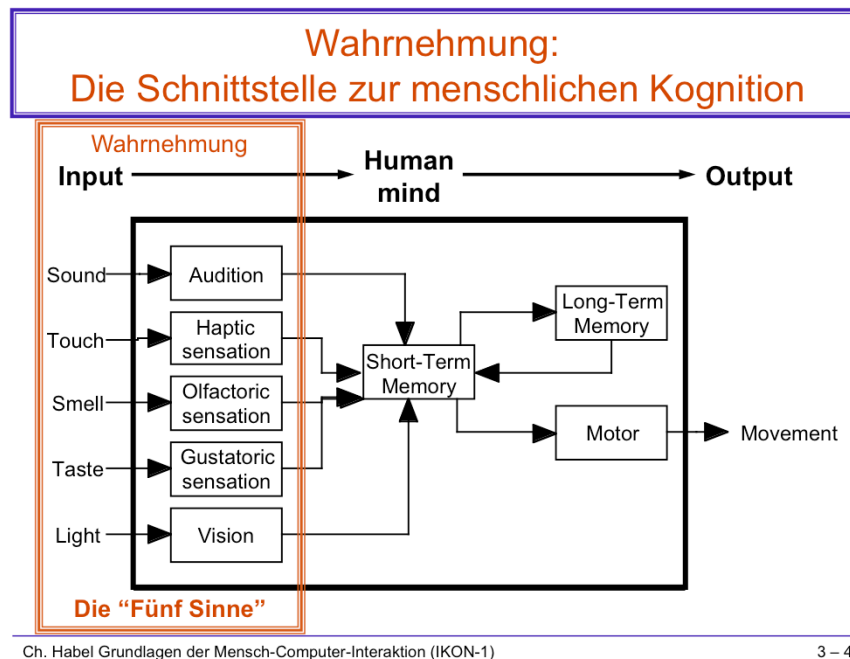
Die Gliederung dieser Folie sowie des gesamten Kapitels korrespondiert zu Chapter 1 „The human“ des von uns empfohlenen Lehrbuches:  
Dix, A., Finlay, J., Abowd G. & Beale, R. (2004). Human-Computer Interaction, 3rd edition, Prentice Hall.



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

3 – 3

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



- Diese Abbildung ist eine Erweiterung der auf der Folie „Rekursive Dekomposition“ (2-16) dargestellten Abbildung [Fig. 2.3.6 in Palmer, Stephen E. (1999). *Vision Science. Photons to Phenomenology*. Cambridge, MA: MIT-Press. (p. 75)].
- Nach einer ausführlichen, exemplarischen Einführung in die visuelle Wahrnehmung wird in diesem Kapitel ein Überblick über weitere Modalitäten der Wahrnehmung gegeben.

## Modalitäten der Wahrnehmung (1)

Die Sinne	Sinnesorgan	Modalität	Typen der Interaktion
Sehen	Auge	visuell	distal
Hören	Ohr	auditiv	distal
Fühlen	Haut	tactil, haptisch	angrenzend
Riechen	Nase	olfactorisch	distal
Schmecken	Zunge	gustatorisch	angrenzend, intern
Temperatursinn	Haut	thermisch	(distal), angrenzend
Bewegungssinn	Muskeln, Gelenke, Sehnen	kinesthetisch, sensormotorisch	angrenzend, intern
Gleichgewichtssinn	Innenohr	vestibular	angrenzend, intern

Die **fünf Sinne** werden schon bei Aristoteles (384–323 v.Chr.) wissenschaftlich diskutiert. [περι ψυχης / *Über die Seele*]

Integration der **fünf Sinne** in einem gemeinsamen Sinn („common sense“).

- Aristoteles nimmt einen „gemeinsamen Sinn“ (common sense) an, in dem die Sinneseindrücke integriert werden.
- In der Vorlesung fokussieren wir auf die Wahrnehmung (und somit die Sinne) des Menschen. Bei Tieren sind weitere Sinnesmodalitäten vorhanden, die auch technisch durchaus interessante Erkenntnisse bringen, z.B. die „Ultraschall-Raumwahrnehmung“ von Fledermäusen, oder „Elektrorezeptoren“ bei Fischen.
- Die Thematik von Modalitäten und Integration von Modalitäten wird im Department-Leitthema „Multimodale Informationsverarbeitung“ bearbeitet.  
Lehrveranstaltungen zur Multimodalen Informationsverarbeitung gibt es in den Bereichen „Mensch-Computer-Interaktion“ und „Intelligente Systeme und Robotik“.

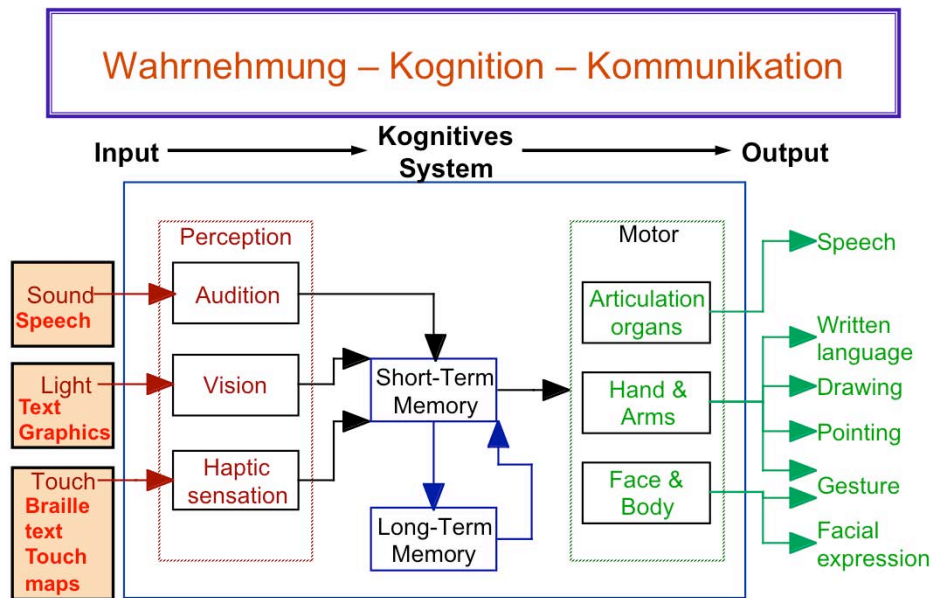
## Modalitäten der Wahrnehmung (2)

Die Sinne	Sinnesorgan	Modalität
Sehen	Auge	visuell
Hören	Ohr	auditiv
Fühlen	Haut	tactil, haptisch
Riechen	Nase	olfactorisch
Schmecken	Zunge	gustatorisch
Temperatursinn	Haut	thermisch
Bewegungssinn	Muskeln, Gelenke, Sehnen	kinesthetisch, sensormotorisch
Gleichgewichtssinn	Innenohr	vestibular

<ul style="list-style-type: none"> <li>Relevant für die <b>Kommunikation</b> → Mensch-Computer-Interaktion / human computer interaction</li> <li>Relevant für die <b>Lokalisation</b> und <b>Bewegung</b> im Raum → autonome Agenten / Roboter</li> </ul>
---

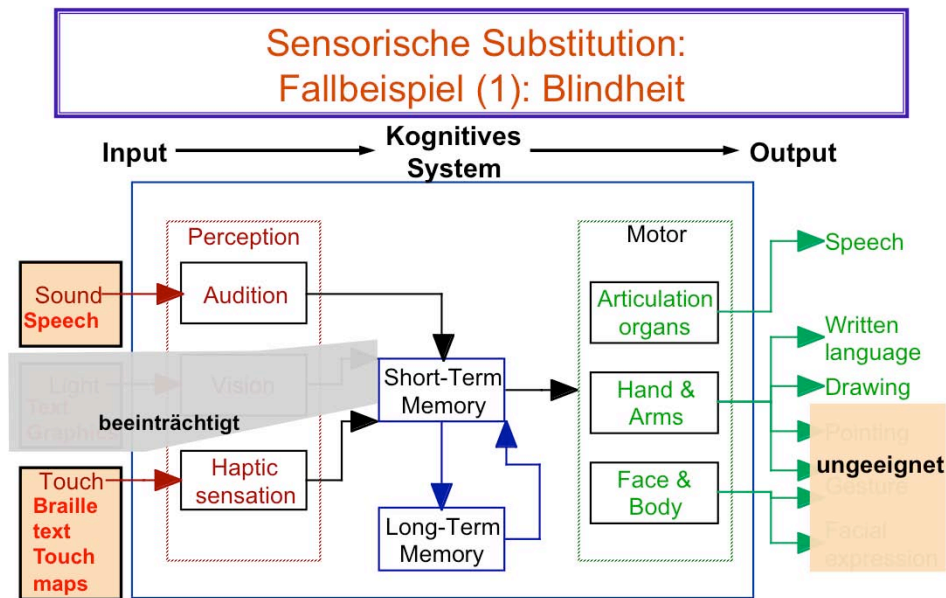
- In der menschlichen Kommunikation spielen die Perzeption – und somit die sensorischen Modalitäten – eine herausragende Rolle. (Vgl. auch die folgende Architektur-Folie 3-7).
- Sprache – ausführlicher wird dies im Abschnitt „Kommunikation“ behandelt – wird primär über zwei Wahrnehmungskanäle aufgenommen, den auditiven Kanal für gesprochene Sprache und den visuellen Kanal für geschriebene Sprache. Aber auch bei der Verarbeitung gesprochener Sprache ist visuelle Wahrnehmung wichtig, nämlich für die Einbeziehung der Gesten und der Mimik der Sprachproduzenten.
- Der Einsatz anderer sensorischer Modalitäten – auch unter dem Begriff „Sensorische Substitution“ behandelt – ist insbesondere dann wichtig, wenn Wahrnehmungsschwierigkeiten auftreten, z.B.,
  - Bei Störungen oder dem Fehlen der visuellen Wahrnehmung (Blindheit) kann der Tastsinn für das Lesen in Braille-Schrift eingesetzt werden.
  - Bei Störungen oder dem Fehlen der auditiven Wahrnehmung kann die „gesprochene Sprache“ durch „Gebärdensprache“ ersetzt werden, also eine Sprache die motorisch produziert und visuell rezipiert wird.
- In der Mensch-Computer-Interaktion kommt neben dem visuellen und dem auditiven Kanal auch der Motorik grosse Bedeutung zu: haptische Eingabe durch Maus und „Werkzeuge fürs Zeichnen“. Der Gleichgewichtssinn ist insbesondere bei Interaktion in dynamischen virtuellen Welten wichtig (-> virtual-reality sickness, ähnlich zur Seekrankheit)



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

3 – 7

- In dieser Abbildung werden sensorische Modalitäten unter der Perspektive, wie sie in der Kommunikation eingesetzt werden, betrachtet.
- Die linken Spalten / Module (rot) betreffen die Wahrnehmungsmodalitäten im Hinblick auf sprachliche und graphische Kommunikation
- Die rechten Spalten / Module (grün) betreffen motorische Aktivitäten und deren Resultate im Hinblick auf Beiträge zur Kommunikation.

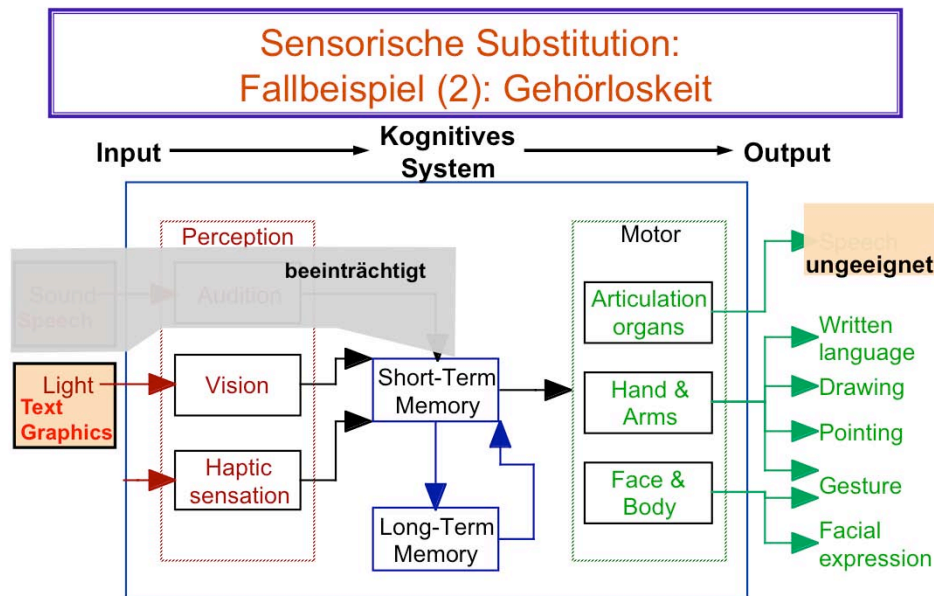


Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

3 – 8

- Die Überdeckungen / Abschattungen dieser Graphik (aufbauend auf 3-7) betrifft einige Möglichkeiten sensorischer Substitution in der sprachlichen (oder graphischen) Kommunikation von Blinden (oder stark Sehbehinderten)
  - Die visuelle Wahrnehmung ist beeinträchtigt
  - Hören (gesprochene Sprache) und
  - Haptische / taktile Wahrnehmung: Lesen von Braille-Schrift oder das Ertasten von graphischer / bildhafter Repräsentation, etwa bei sogenannten taktilen Karten. [Diese Klasse von externen Repräsentationen wird in später unter der Themenstellung "multimodale Kommunikation" erläutert.]

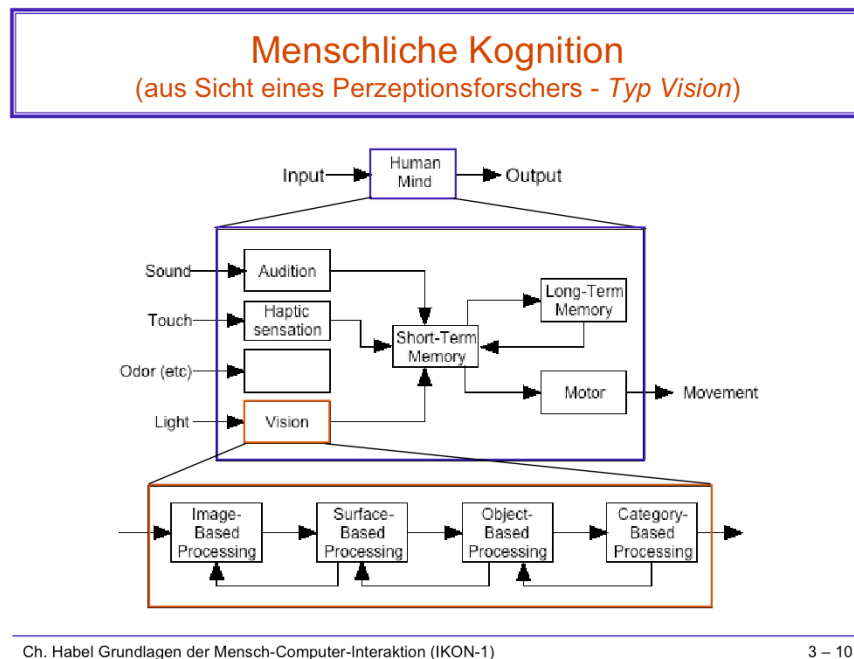




Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

3 – 9

- Die Überdeckungen / Abschattungen dieser Graphik (aufbauend auf 3-7) betrifft einige Möglichkeiten sensorischer Substitution in der sprachlichen Kommunikation von Gehörlosen.
  - Die auditive Wahrnehmung ist beeinträchtigt, d.h. gesprochene Sprache kann nicht erfolgreich verarbeitet werden.
  - Die Produktion gesprochener Sprache ist daher - häufig - ebenfalls extrem eingeschränkt.
  - Kommunikation erfolgt über "Gebärdensprache", z.B. DGS (Deutsche Gebärdensprache) oder ASL (American Sign Language).  
An der Universität Hamburg gibt es das *Institut für Deutsche Gebärdensprache und Kommunikation Gehörloser*  
<http://www.sign-lang.uni-hamburg.de/>



- Abbildung nach Figure 2.3.6 in Palmer, Stephen E. (1999). *Vision Science. Photons to Phenomenology*. Cambridge, MA: MIT-Press. (p. 75)
- Vgl. auch die SOAR-Architektur (Folie SOAR, 2–15)
- In dieser Abbildung ist – in der zweiten Verfeinerungsebene – auf die visuelle Wahrnehmung fokussiert worden.
- Palmers Blick auf die menschliche Kognition ist von seinen Forschungsschwerpunkten, Wahrnehmung und Motorik, geprägt. Daher werden alle „Output-Kanäle“ als Bewegung dargestellt. Dies ist – aus einer sehr basalen – Perspektive möglich:
  - Sprache wird gesprochen (Motorik der Artikulationsorgane) oder schriftlich (Handbewegung) verwendet.
  - Gestik und Mimik basieren auf Motorik.
  - Handlung, die nach aussen wirkt, ist stets mit Bewegung verbunden.

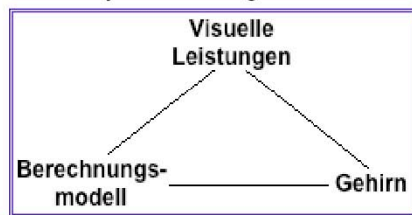
## Visuelle Wahrnehmung als Paradigma der Wahrnehmungsforschung

- Die visuelle Wahrnehmung ist die am besten untersuchte Modalität der Wahrnehmung  
Einige Gründe hierfür:
  1. Visuelle Wahrnehmung ist wichtig
  2. Visuelle Wahrnehmung gibt grundsätzliche Erkenntnisse für die Wahrnehmung im Speziellen und die Kognitions- und Hirnforschung im Allgemeinen
  3. Visuelle Wahrnehmung kann sehr gut an Tieren untersucht werden.

- Zu 1:
  - Die Bedeutung der visuellen Wahrnehmung für unser tägliches Leben, mag jede(r) versuchen, durch eigene Introspektion einzuschätzen. Der gegenwärtige Trend zur „Visualisierung“ der Information und des Zugangs zur Information (→ Internet) kann als ein Indiz dafür angesehen werden, dass den visuellen Kommunikationskanälen in Zukunft noch grössere Bedeutung zukommen wird. Dies bedeutet aber auch, dass es noch dringlicher wird, dass die Informatik Wege bereitstellt, um den Menschen, die in ihrer visuellen Wahrnehmungsfähigkeit eingeschränkt sind, ein Zugang zu den „visualisierten Informationen“ über andere Wahrnehmungskanäle ermöglicht wird.
  - Als biologisch-neurologisches Argument: Schätzungen aus dem Bereich der neurowissenschaftlichen Forschung gehen davon aus (vgl. Palmer 1999; p. 24), dass mehr als 50% des Kortex von Makaken (einer Primatenart, die in den Neurowissenschaften intensiv untersucht wird), an der visuellen Wahrnehmung beteiligt ist.
- Zu 3:
  - Die experimentelle Forschung zur visuellen Wahrnehmung von Tieren kann mit Methoden durchgeführt werden, die an Menschen nicht eingesetzt werden. [→ ethische Gesichtspunkte sind von jedem/r zu bedenken, der/die experimentelle Forschung mit Menschen und/oder Tieren durchführt.]
  - Andererseits: Menschliche Versuchspersonen können den ExperimentatorInnen sagen, was sie sehen, die Reaktion von Tieren ist nur aus dem Verhalten erschliessbar.

## Gehirnareale und kognitive Leistungen

- Die zentralen Fragen der funktionalen Neuroanatomie:
  - Welche Areale tragen durch welche Teilleistungen zu einem kognitiven Prozess bei?
  - Wie interagieren die Areale bei der Bearbeitung einer Aufgabe, z.B. bei der Objekterkennung?
- Visuelle Leistungen, z.B.: Objekterkennung, visuelle Illusionen, ...
- Funktionale Dekomposition der visuellen Wahrnehmung:
  - Vier Stufen der visuellen Wahrnehmung (Palmer)
  - Die Basisprozesse der Wahrnehmung
- Funktionale Architektur des Gehirns
  - Neuronale Informationsverarbeitung



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

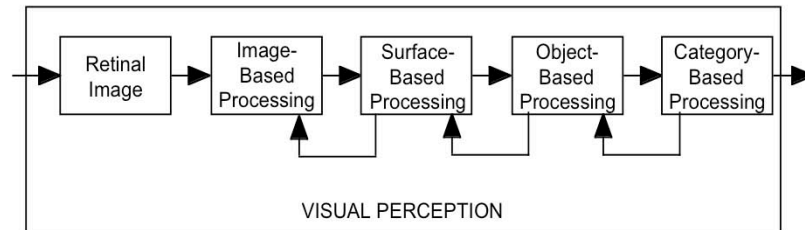
3 – 12

- Die funktionale Neuronanatomie betrifft die Frage „Wie und wo werden kognitive Leistungen durch das Gehirn hervorgebracht?“
  - Einerseits ist eine neuronale Verortung von gewissen Funktionalitäten in spezifischen Gehirnarealen möglich.
  - Andererseits gibt es Leistungen / Phänomene, bei denen mehrere Basisfunktionalitäten zusammen wirksam sein müssen, um die Gesamtfunktionalität (um die es sich gerade dreht) erbringen zu können.
- Die Frage nach der Lokalisierung von kognitiven oder perzeptiven Leistungen kann unter drei verschiedenen Sichtweisen untersucht werden:
  - kognitive & perzeptive Leistungen/Prozesse
  - neuronale Grundlage & Gehirn
  - Berechnungsmodell
- Die Moduln, die sich unter diesen Sichtweisen für spezifische Leistungen ergeben, sind dann:
  - Neuronenverbunde, Areale im Gehirn
  - Funktionale Moduln der Kognition, Leistungen und Subleistungen
  - Komponenten von Berechnungsmodellen
- Die Untersuchung der visuellen Wahrnehmung gibt grundlegende Einsichten in die Beziehungen zwischen Gehirn und Kognition, die sich – zum Teil – über den Bereich der visuellen Wahrnehmung hinaus auf andere Bereiche der Wahrnehmung und andere Bereiche der Kognition übertragen lassen.

Grundlagen der  
Mensch-Computer Interaktion  
3. Kapitel  
*Der Mensch*

- Ein- und Ausgabe: Wahrnehmung und Handeln
  - Modalitäten der Wahrnehmung - Überblick
    - Visuelle Wahrnehmung
- Gedächtnis
- Verarbeitung von Information & Informationsnutzung

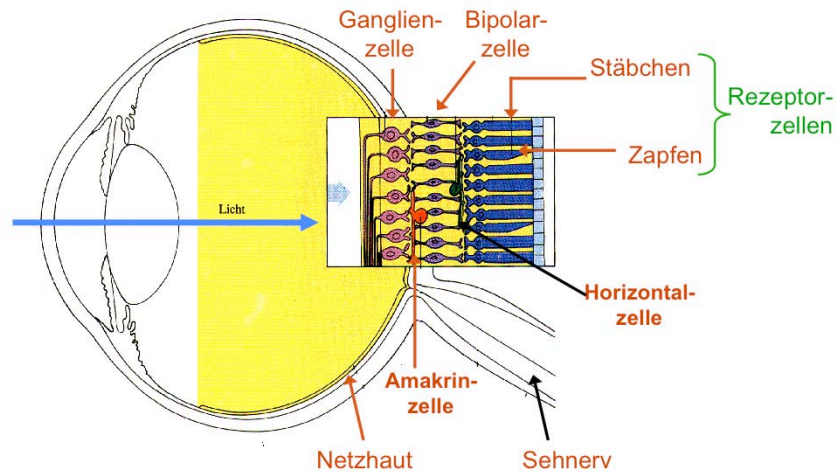
## Vier Stufen der visuellen Wahrnehmung



- **Retinal image:** 2-D Projektion der Umwelt
- **Image based processing:** Erkennen von Bildatomen, z.B. Kanten
- **Surface based processing:** 2-D-Primitive: Regionen,...
- **Object based processing:** 3-D-Primitive,
- **Category based processing:** Erkennen, Beziehung zum Wissen

- Die Darstellung folgt Palmers 4-Stufen-Modell (vgl. Palmer99; Überblick: p. 85–92) Abbildung nach Palmer99, p.85.
- Die Verarbeitungsstufen sind durch die Repräsentationen, die durch die jeweilige Stufe aufgebaut werden, charakterisiert:
  - Ausgehend vom retinalen Bild, d.h. der Projektion externer Reize auf der Retina, werden im ersten Schritt Kanten und Linien erkannt. D.h. das Resultat dieses Schritts bilden Konturen, wobei die durch Konturen gebildeten Regionen noch keine eigenständigen Objekte der Wahrnehmung sind.
  - Im zweiten Schritt werden Regionen gebildet. Darüber hinaus wird hierbei Tiefeninformation eingesetzt, um die 3-D-Orientierung von 2-D-Regionen zu ermitteln.
  - Im dritten Schritt werden aus 3-D-Repräsentationen des Gesehenen erzeugt, die die Grundlage der Objekterkennung bilden.

## Das Auge



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

3 – 15

- Literatur zum Auge:  
Hubel, David H. (1989). *Auge und Gehirn*. Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft - Verlagsgesellschaft. [Kapitel 3: p. 43–65]
- Abbildung aus:  
Hubel, David H. (1989). p. 46
- Die Retina (genauer: folgende Folie) empfängt Licht (d.h. Wellen einer gewissen Frequenz) und leitet hieraus resultierende Information in andere Teile des Gehirns weiter.
  - Die Retina ist eine dünne, mehrlagige Schicht spezifischer Zellen (vergrößert dargestellt im Ausschnitt)
  - Von den retinalen Zellen wird die Information über den Sehnerv aus dem Auge heraus geführt.
- Beachten Sie, dass das Licht andere Zellschichten durchläuft, bevor es auf die Rezeptorzellen, die Stäbchen und Zapfen fällt.

## Die Retina (Netzhaut)

- Die Retina ist ein Teil des Gehirns
  - Dicke der Retina: ca. 0,25 mm
- **Funktion** (Grobbeschreibung)
  - Das einfallende Licht durchstrahlt die Retina; die lichtsensitiven Zellen (Rezeptorzellen) liegen auf der hinteren Seite der Retina.
  - Die vorderste Schicht der Retina „sammelt“ die Information und leitet sie über die Fasern des Sehnervs weiter.
- Neurontypen in der Retina:
  - **Rezeptorzellen** (Zapfen & Stäbchen); ca. 125 Millionen je Auge
  - Bipolar-, Amakrin- Horizontalzellen
  - Ganglienzellen; ca. 1 Million je Auge
- Fovea:
  - Bereich grösster Schärfe  $2^\circ$  (Foveola:  $0,5^\circ$ )

- Diese Folie ist die textuelle Erläuterung und Zusammenfassung zu den beiden vorangehenden Folien.
- Ganglienzellen bilden die Zellebene, von der die retinal verarbeitete Information – über den Sehnerv – in weitere Hirnregionen geleitet wird.
  - ➔ Integration der Information von Sensorzellen durch Interneurone. (wird später in diesem Kapitel erläutert)
- Aufgrund der Verschaltungsstruktur (Dichte) wird in jeder Ganglienzelle die Information einer grossen Anzahl von Rezeptorzellen berücksichtigt.
 

Die Rezeptoren, die Informationen an eine Ganglienzelle liefern, werden als das Rezeptive Feld dieser Ganglienzelle bezeichnet.
- Unterschiedliche Verschaltungen können unterschiedliches Verhalten der Ganglienzellen hervorbringen.
- Fovea ist der Bereich der Retina, mit der grössten Dichte an Zapfen. Darüber hinaus sind in diesem Bereich von ca. 0,5mm Durchmesser keine anderen Neuronen (Nicht-Rezeptorzellen) den Rezeptorzellen vorgelagert, d.h. das Licht trifft direkt auf die fovealen Rezeptorzellen.
 

(Diese „Konstruktion“ ist nur in einem sehr kleinen Bereich möglich.)
- Aufgrund des kleinen Winkels maximaler Schärfe ergibt sich die Notwendigkeit, beim „genauen Betrachten“ von Objekten, durch Augenbewegung (Sakkaden) die Aussenwelt zu skannen.



## Rezeptorzellen

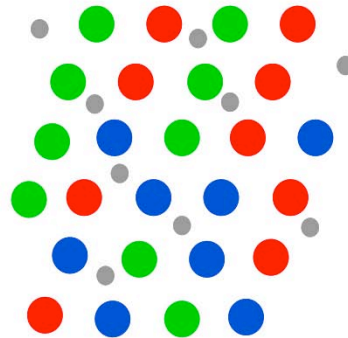
### ■ Rezeptorzellen

#### ■ Zapfen (cone)

- reagieren nur auf helles Licht, farbempfindlich (3 Typen: blau, grün, rot)
- hohe Dichte im Zentrum, geringe Dichte in der Peripherie
- ermöglichen eine hohe Auflösung / Schärfe (Details)

#### ■ Stäbchen (rod)

- funktionieren nicht bei starkem Licht (ermöglichen Sehen bei Dämmerung / Nacht)
- geringere Auflösung / Schärfe
- nicht im Zentrum, hohe Dichte in der Peripherie



- Zwei Typen von Rezeptorzellen:
  - Zapfen, die für die Farbwahrnehmung grundlegend sind, und
  - Stäbchen, die eine weniger detaillierte aber auch unter spärlichen Lichtbedingungen robuste Wahrnehmung sicherstellen.
  - Die Stäbchen und Zapfen sind in der Retina nicht so symmetrisch / systematisch angeordnet, wie es in der Abbildung durchgeführt wurde.
- Das System der unterschiedlichen Rezeptorzellen ist ein Beispiel für das Prinzip der Spezialisierung im Bereich sensorischer Neurone.

## Grösste Sehschärfe

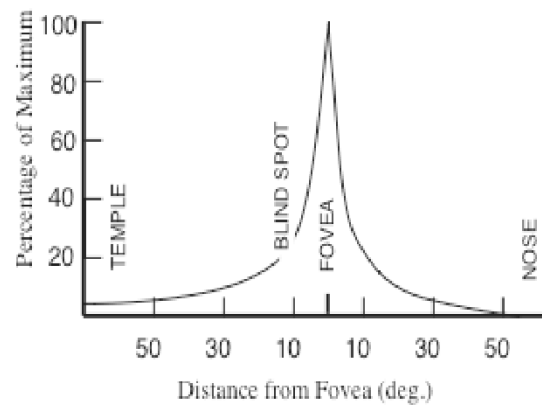


12 pt.

- 1° Sehwinkel:  
(normaler) Leseabstand von 30 cm bei 12 pt. Schriftgrösse
  
- Die Darstellungsgrösse, speziell die Schriftgrösse, muss dem Betrachtungsabstand angepasst werden:
  - gedruckte Präsentation
  - Bildschirm
  - Projektion mit Videoprojektor

- Die Abbildung veranschaulicht einen Sehwinkel von 1° bei normalem Leseabstand (Auge - Objekt, hier die Zeichenkette „12 pt“) von 30 cm bei 12 pt. Schriftgrösse
- Bei jeglicher Präsentation von Schrift muss der Sichtabstand der Betrachter berücksichtigt werden.
- Grössere Bildschirme werden normalerweise mit einem Leseabstand von mehr als 30cm betrachtet, so dass die Schriftgrösse 12 pt gegebenenfalls nicht mehr ausreichend ist.  
(-> Automatische Anpassung von Schrift auf Webseiten bei grösseren Fenstern.)

## Verteilung der Sehschärfe

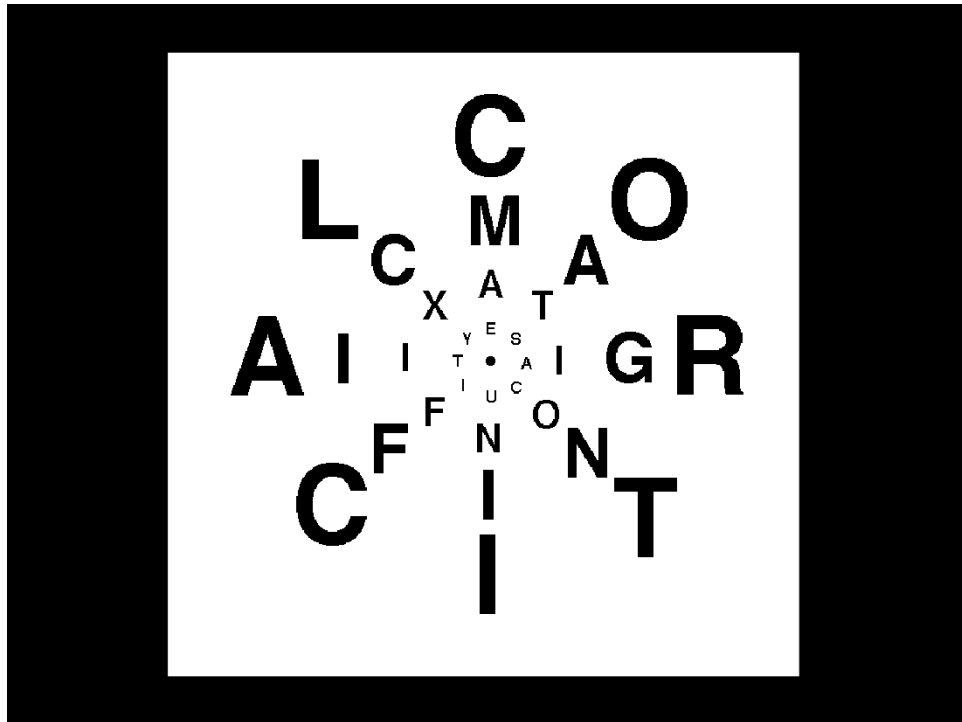


Ware (2004), Figure 2.18

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

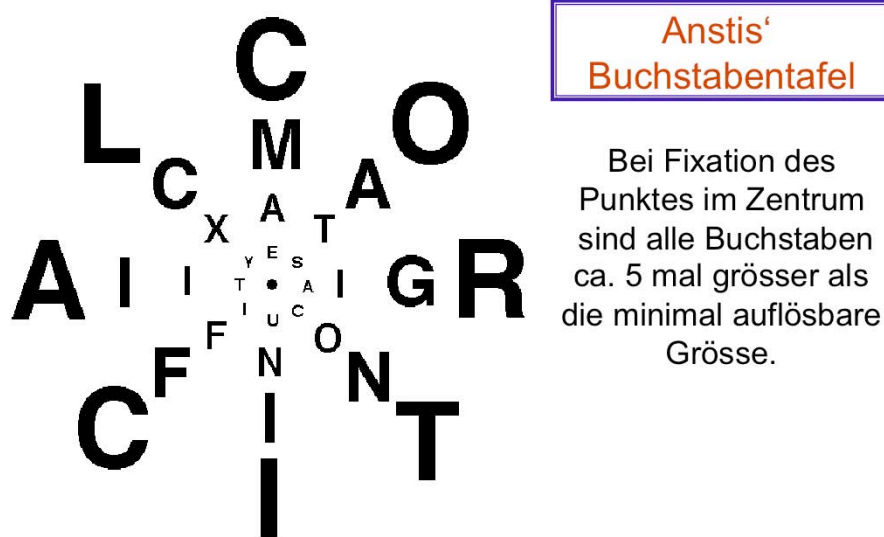
3 – 19

- Ware, Colin (2004) Information Visualization: Perception for design. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann. (2nd Edition); Figure 2.18 (p. 51)



Reproduziert aus: Ware, Colin (2004) Information Visualization: Perception for design. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann. (2nd Edition); Figure 2.19 (p. 52)

- Die hier dargestellte *Buchstaben-Tafel* wurde von Anstis (1974) entwickelt.  
Anstis, S.M. (1974). A chart demonstrating variations in acuity with retinal position. *Vision Research*, 14. 589–592.



Ware (2004), Figure 2.19

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

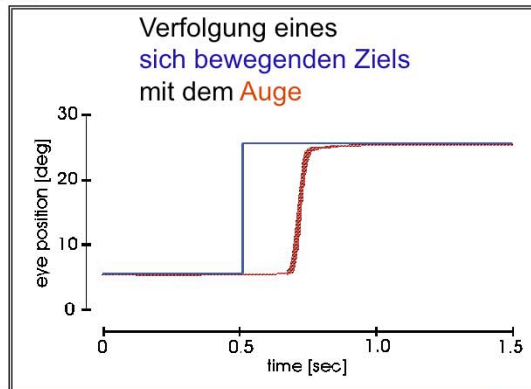
3 - 21

- Bei Fixation des Punktes im Zentrum sollten alle Buchstaben mit „gleich scharf“ wahrgenommen werden können.
- Die hier dargestellte Buchstaben-Tafel wurde von Anstis (1974) entwickelt, um die Sehschärfe in unterschiedlichem (Winkel-) abstand von der Fovea zu messen.  
Anstis, S.M. (1974). A chart demonstrating variations in acuity with retinal position. Vision Research, 14. 589–592.
- Für die Gestaltung von Bildschirmoberflächen ist aus diesen Befunden u.a. die folgende Konsequenz zu ziehen: Wenn Benutzer auf einen Bereich des Bildschirms fokussieren, so muss andere, gleichzeitig relevante Information, z.B. Lage des Help-bottons, die beträchtlich ausserhalb des fovealen Bereichs ist, grösser dargestellt werden.
- Reproduziert aus: Ware, Colin (2004) Information Visualization: Perception for design. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann. (2nd Edition); Figure 2.19 (p. 52)

## Saccadische Augenbewegungen

Der geringe Bereich maximaler Sehschärfe (→Fovea) macht es notwendig, die Umwelt durch Sequenzen von Fixationen wahrzunehmen.

- 2 bis 5 Saccaden pro Sekunde
- Planung und Durchführung einer Saccade benötigt 150–200 ms
- hohe Geschwindigkeit: bis zu 900° pro Sek.
- betrifft statische und dynamische Szenen



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

3 – 22

- Zu Augenbewegungen / Blickbewegungen siehe Palmer99 p.520–531

## Exkurs Blickbewegungsanalyse

- Experimentalmethode
- Blickbewegung als Interaktion mit dem Computer

## Blickbewegungsmessung

- Aufzeichnung des raum-zeitlichen Verlaufs der Blickbewegungen
  - hoher Berechnungsaufwand: Blickbewegung muss in das Urbild (Stimulus) integriert werden.
  - Problem: Blickbewegung vs. Kopf- / Körperbewegung
- Anwendungsbereiche
  - Blickverhalten „Indiz für kognitive Prozesse“
    - Lesen & Verstehen von Texten
    - Betrachten & Verstehen von Bildern / Graphiken
    - Bereiche der Aufmerksamkeit / Interessen
  - Interaktion mit dem Computer



## Blickbewegungsmessung: Technik

- statische Messvorrichtung: hohe Genauigkeit vs. wenig Komfort für Versuchspersonen
- dynamisch (head-mounted): geringere Genauigkeit, aber natürlichere Versuchsbedingungen
- Beobachtung der Pupillen, z.B. Kamera am Computerbildschirm



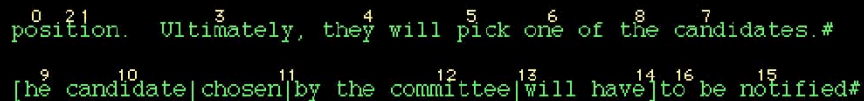
Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

3 – 25

- linke Abbildung: © Trueswell Eyetracking Reading Lab, located in the Department of Psychology at the University of Pennsylvania
- rechte Abbildung: <http://www.tobii.com/>  
Tobii ist ein Entwickler und Produzent für – in Computerbildschirmen integrierte – Blickbewegungsmessungsapparaturen, die in der Wissenschaft und in der praktischen Anwendung eingesetzt werden.

## Anwendungen von Blickbewegungsmessungen

- experimentelle Technik:  
Psychologie, Benutzerforschung (HCI)

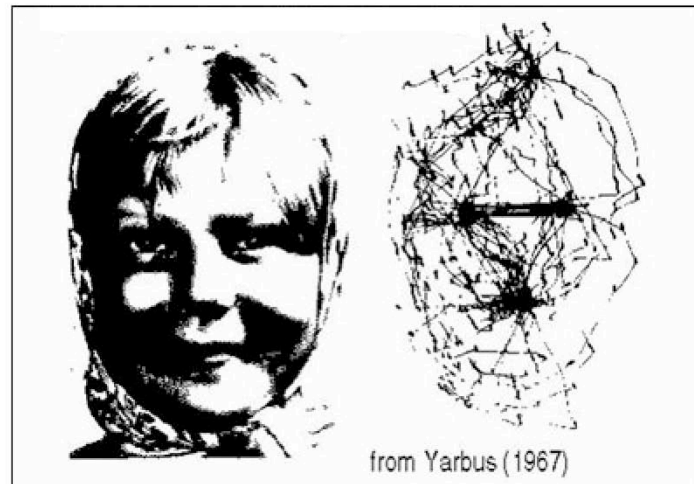


position. Ultimately, they will pick one of the candidates.#  
[he candidate|chosen|by the committee|will have|to be notified#

- Leseforschung
- Blickbewegung als Instrument der Mensch-Computer-Interaktion
  - als Mittel für Personen mit stark eingeschränkter Motorik: Ersatz für taktile Maus
  - als Mittel zur Beschleunigung der taktilen Interaktion:  
Die Blickbewegung lässt erkennen, welche Menüspalte mit der Maus geöffnet werden soll.

- Abbildung: © Trueswell Eyetracking Reading Lab, located in the Department of Psychology at the University of Pennsylvania
- In der Abbildung sind durch die hochgestellten Zahlen Fixationspunkte beim Lesen eines Textes kodiert.  
Zu sehen ist u.a., dass
  - „Rücksprünge“ stattfinden
  - manche Wörter gar nicht fixiert werden

## Scan paths (Pfade der Blickbewegung)



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

3 – 27

- Zu Blickbewegungen siehe Palmer99 p.528– 531
- Yarbus, A.L. (1967). Eye movement and vision. Plenum Press: New York.
- Fixationen, die im rechten Teil der Abbildung dargestellt sind, fokussieren die Kontur des Kopfes / Gesichts und die „charakteristischen Merkmale“ (features): Augen, Nase, Mund.

## Scan-path Experiment Aufgabenstellung: Verstehen multimodaler Dokumente

**STOCKS & BONDS**  
**Dow Jones Index Hits a New High, Retracting Losses**  
By VIKAS BAJAJ  
Published: October 4, 2006

The best-known measure of the stock market, the Dow Jones industrial average of 30 major stocks, rose 0.46 percent yesterday to squeak past a closing high that was set in January 2000 amid a technology-driven market boom.

**New High for the Dow**  
Punches high  
Dow Jones  
11,727.34

In contrast to those heady days, though, investors and market professionals are greeting the current rally with more relief than euphoria, noting that the broader stock market has yet to find its way back to previous highs.

"I am happy that it has now happened so that we can move onto something else," said Liz Ann Sonders, chief investment strategist at Charles Schwab.

Stocks have been climbing without fanfare since late in July, bolstered by a decline in energy prices and by mounting signs that the Federal Reserve will not raise interest rates again this year.

Source: Bloomberg Financial Markets

**İKONOMİ (ECONOMY)**  
**TSEC Endeksi Yeni Zirveye Ulaştı, Kayıplar Geri Alındı**  
Mucit Zeynep

Tayvan Menkul Kıymetler Borsası'nda (TSEC) en çok işlem gören 30 hisse senedinin bulunduğu olan TSEC-33 endeksi dün yüzde 0.6 yükseldi ve 14 Ocak 2007'de teknoloji şirketlerinin jaguarı kazarması ile ulaştığı 1725.98 puanı tarihi zirvesi ni geçerek yeni rekor kırıp ve 1730.34 puanı ile kapattı.

**TSEC'de Yeni Zirve**

Ankara'da geçtiğimiz haftanın sonuna kadar yatırımcılar ve piyasacılar, yeni z trendi piyasaya genel ne yazık ki zaman zaman alacakları baskılarla, mevcut zelliği çoktan çok rahatsız edilecek şekilde karşıladılar.

"Huang Hazel Menkul Değerler'den yatırım stratejileri uzmanı Chen Zhenhui "N'eye de çekilecek olduğu için mutiyum ve artık başka işlere dörebiliriz" dedi.

"Kısa dönem için, son Temmuz ayıncı ben de çokli olmamıştı, önceki piyasasındaki cıvılda ve "Büyük Merkez Bankası'nın faizler yükseltmeyeceği" etkisi etkili oldu.

Dünya'da yükselen teknolojiye paralel hareket etmekteyiz. Yine de 4 düğümle ham petrolün galcır yatırımların Mart ayından sonra ilk defa bu seviyeye gerilemesi oldu.

2000'de ve o dönemdeki yıllarda, ralli bilgisayar ve elektronik ürünlerin teknoloji ile olan ilişkisi talep ve fiyatların yükselişi yeni bir röngeyi yaratmıştı. Zaten teknolojiye baskı gelmişti. Son birkaç ayda rallinin de daha fazla maddeleri var. ekonominin 33'de cıvı ve enflasyonun 11'i ni dağıtma da bir işaretler.

[http://www.nytimes.com/2006/10/04/business/04stox.html?\\_r=1&p...](http://www.nytimes.com/2006/10/04/business/04stox.html?_r=1&p...)

### Untersuchung zum Verstehen multimodaler Dokumente, bestehend aus Text & Informationsgraphik.

- Die linke Hälfte zeigt ein Text-Graphik-Dokument der Internet-Ausgabe der New York Times, den wir (Habel & Acartürk) für die Analyse von Verstehens- und Produktionsprozessen verwenden.

Habel, Christopher & Acartürk, Cengiz (2007). On reciprocal improvement in multimodal generation: Co-reference by text and information graphics. In I. van der Sluis, M. Theune, E. Reiter & E. Krahmer (eds.) Proceedings of the Workshop on Multimodal Output Generation (MOG 2007). 25. – 26. January, 2007. Aberdeen, United Kingdom. 69–80.

- Die rechte Hälfte zeigt ein von Cengiz Acartürk für Experimente erstelltes Text-Graphik-Dokument (mit türkischem Text), das strukturell dem NYT-Dokument entspricht.
- Diese und die beiden folgenden Folien sind Bestandteil des Dissertationsprojektes von Cengiz Acartürk, das im Graduiertenkolleg CINACS am Arbeitsbereich Wissens- und Sprachverarbeitung durchgeführt wird.

**Scan-path Experiment  
Verstehen multimodaler  
Dokumente  
(Fortsetzung)**

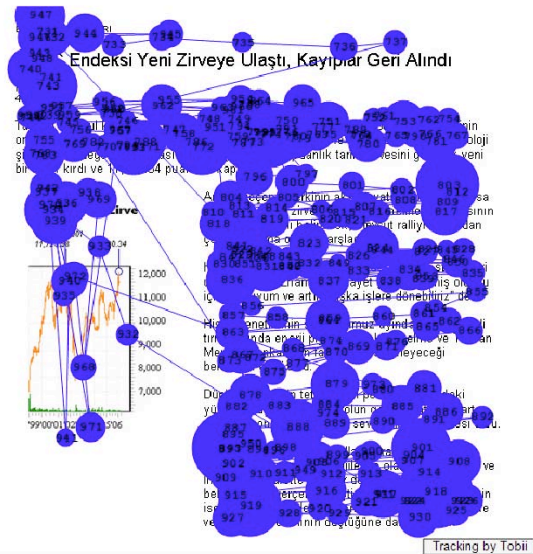


Abb. © Cengiz Acartürk, Univ. Hamburg

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

3 – 29

- Scan-path Experiment ( Cengiz Acartürk)
  - Die Darstellung visualisiert einerseits die Pfade und andererseits die Fixationsdauer (an den jeweiligen Regionen des Blickfeldes)
  - Für die Darstellung der Blickbewegungssequenzen werden andere Visualisierungsmethoden verwendet.
  - Die zentrale Fragestellung der Untersuchungen sind die Interaktionen zwischen Prozessen des Sprachverstehens (gelesener Text) und des Verstehens von “statistischen” Informationsgraphen (Liniengraphen, Balkendiagrammen, etc.)
    - Anwendung u.a. die Entwicklung von Designprinzipien für Informationsgraphen und Tools zur Erstellung von Informationsgraphen .

**Scan-path Experiment  
Verstehen multimodaler  
Dokumente  
(Fortsetzung)**

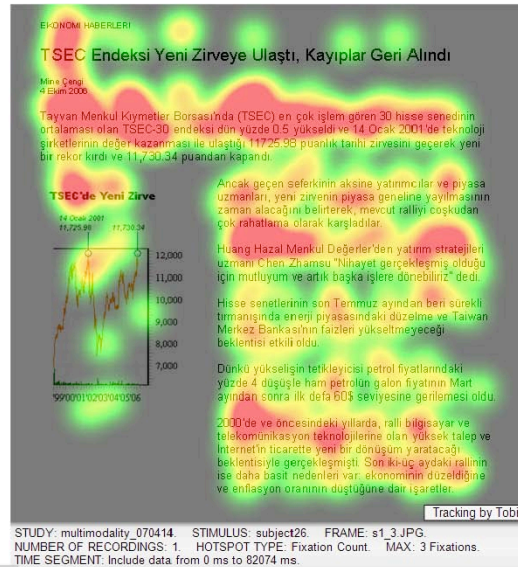


Abb. © Cengiz Acartürk, Univ. Hamburg

- Scan-path Experiment ( Cengiz Acartürk)
  - Die Darstellung (sogenannte “hot spot” Darstellung) visualisiert ausschliesslich die Fixationsdauer an den jeweiligen Regionen des Blickfeldes.



## EyePoint System



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

3 – 31

- Das hier vorgestellte System EyePoint ermögliche es, durch die Blickfixation Elemente auf dem Bildschirm “auszuwählen” und dann durch Betätigung von Tasten Aktionen zu veranlassen. Hierdurch kann Mausbewegung & Mausklicken durch Blicken und Tastendruck ersetzt werden.  
EyePoint ist sowohl für NutzerInnen mit Beeinträchtigung der Hand- und Armmotorik (u.a. “Maus-Arm”) als auch mit dem Ziel der Beschleunigung der Handhabung entwickelt worden.
- Using EyePoint - progressive refinement of target using look-press-look-release action. The user first looks at the desired target. Pressing and holding down a hotkey brings up a magnified view of the region the user was looking in. The user then looks again at the target in the magnified view and releases the hotkey to perform the mouse action. (Bildunterschrift der Originalabbildung) aus
- Manu Kumar, Gaze-enhanced User Interface Design, Dissertation submitted to Stanford University for the degree of Doctor of Philosophy, May 2007.  
Kumar\_PhDiss\_2007.pdf
- Kumar, M., Paepcke, A., and Winograd, T. EyePoint: Practical Pointing and Selection Using Gaze and Keyboard, CHI: Conference on Human Factors in Computing Systems. San Jose, CA. 2007  
KumarPaepckeWinograd\_2007.pdf

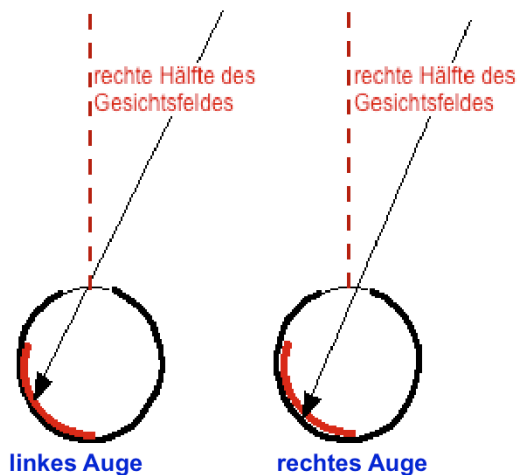
## Visuelle Wahrnehmung

- Visuelle Wahrnehmung als Paradigma der Wahrnehmungsforschung
- Funktionale Komponenten der visuellen Wahrnehmung
  - Das Auge / Die Augen
    - Fovea, Schärfe und Saccaden
    - Blickbewegungen: Analyse & Interaktion
  - Lokale & globale Verarbeitung
    - Kantendetektion
    - Farbwahrnehmung
  - Von Linien über Regionen zur 3D-Wahrnehmung und Objekterkennung

- Der folgende Abschnitt dient insbesondere dazu, am Beispiel der frühen visuellen Perzeption wichtige Grundprinzipien der Informationsverarbeitung durch neuronale Systeme zu erläutern.



## Das Gesichtsfeld

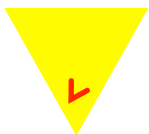


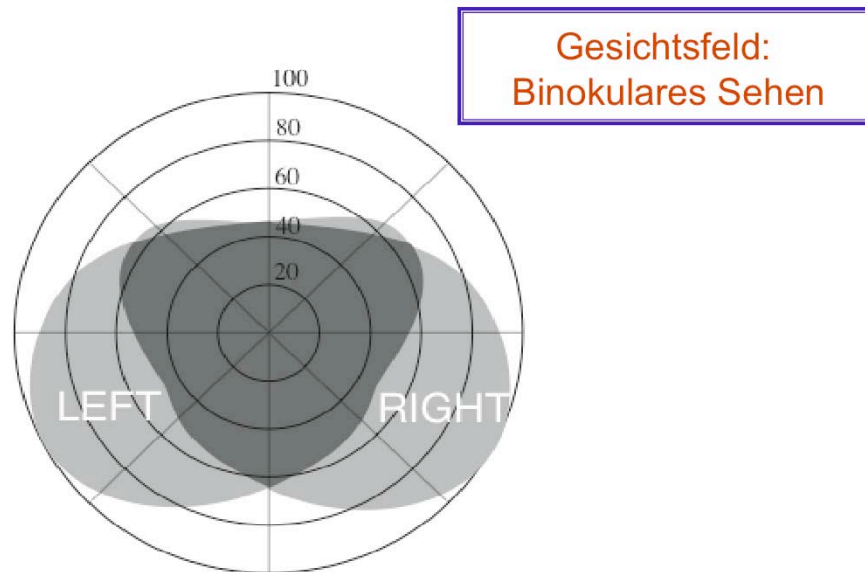
- Das Gesichtsfeld des rechten Auges beträgt:
  - nach rechts ca. 100°
  - nach oben ca. 60°
  - nach unten ca. 75°
  - nach links ca. 60°

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

3 – 33

- Nachdem bisher nur die Informationsverarbeitung innerhalb eines Auges (bzw. durch einen kleinen Teil eines Auges) angesprochen wurde, wird jetzt die Frage der Verarbeitung durch zwei Augen einbezogen.
- Ein Objekt in der Welt (wenigstens dann, wenn es sich im Gesichtsfeld der Betrachterin befindet), wird – im Normalfall – Lichtsignale für Rezeptoren in beiden Augen bereitstellen.
  - Für jedes der beiden Augen ist daher von einem Gesichtsfeld und dementsprechend von einer rechten (und linken) Hälfte des Gesichtsfeldes auszugehen.
  - Der Winkelbereich des Gesichtsfeldes lässt sich dadurch „beobachten“, das man/frau den Arm soweit bewegt, bis z.B. die Spitze des Zeigefingers nicht mehr sichtbar ist. (Keine Kopfbewegung und möglichst keine Augenbewegung durchführen!)
  - Die Asymmetrie des Gesichtsfeldes (bzgl. eines Auges) ergibt sich aus der nicht-symmetrischen Struktur des Schädels (Nase, Schädelknochen).
  - Das Gesichtsfeld (*field of vision*) mit einem Winkelbereich von ca. 160° horizontal und 135° vertikal darf nicht verwechselt werden mit dem Bereich grösster Schärfe (ca. 0,5° – 2,0°, je nachdem, ob Fovea oder Foveola als „Bezugsobjekt“ verwendet werden). Vgl Folie „Die Retina“.





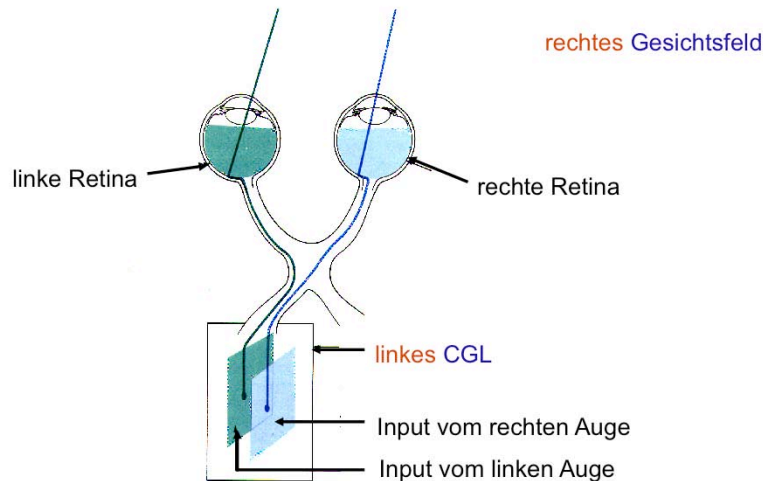
Ware (2004), Figure 2.17

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

3 – 34

- Ware, Colin (2004) Information Visualization: Perception for design. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann. (2nd Edition); Figure 2.17 (p. 50)
- Stereosehen / binokulares Sehen ist im Nahbereich von besonderer Wichtigkeit: Nahbereich  $\approx$  Bereich der Manipulation (im eigentlichen Sinne): handhaben

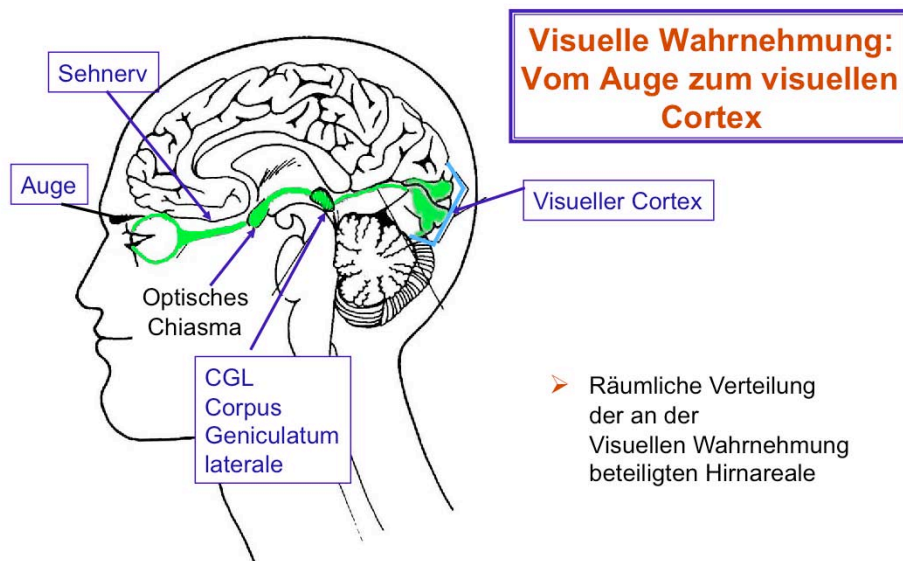
## Von der Retina zum Corpus geniculatum laterale



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

3 – 35

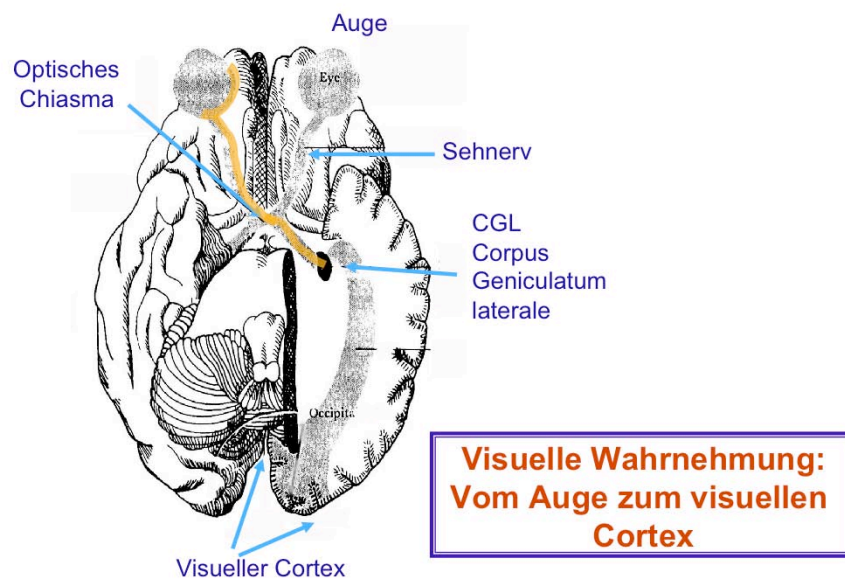
- Abbildung aus:  
Hubel, David H. (1989). *Auge und Gehirn*. Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft - Verlagsgesellschaft. (p. 76)
- Die Lage des optischen Chiasma und des CGL ist in den Folien 3-36, 3-37 abgebildet.
- Im CGL werden die Informationen aus beiden Augen „zusammengeführt“.
  - Informationen aus dem **rechten Gesichtsfeld** werden zum **linken CGL** geführt, die des linken Gesichtsfeldes zum rechten CGL.
  - Die Informationen aus den beiden Augen werden nicht integriert. Die von den beiden Augen aktivierten CG L-Zellen bilden separate, aber benachbarte Schichten.
- Entsprechende „chiastische Informationswege“ finden sich auch bei anderen sensorischen Kanälen, z.B. bei der auditiven Wahrnehmung.  
Siehe z.B.  
Lindsay, Peter H. & Norman, Donald A. (1977). *Human information processing*. New York: Academic Press. (2<sup>nd</sup> edition) p. 240ff.



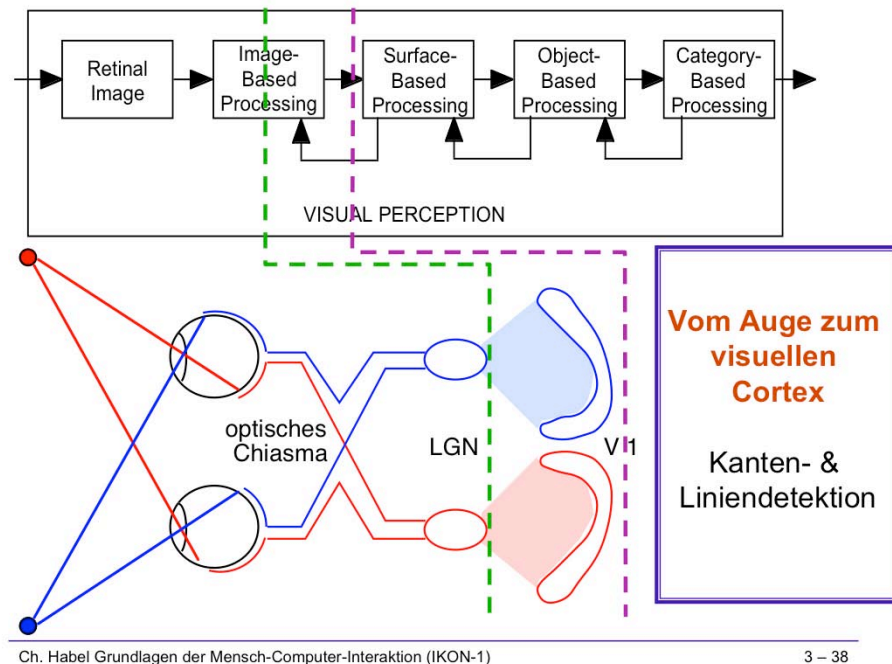
Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

3 – 36

- Abbildung aus:  
Lindsay, Peter H. & Norman, Donald A. (1977). *Human information processing*. New York: Academic Press. (2<sup>nd</sup> edition) p. 73.
- Abgebildet ist hier die seitliche Ansicht der Nerven- & Gehirnbereiche der frühen visuellen Wahrnehmung.
- LGN = *Lateral geniculate nucleus* ist die im englischen verwendete Abkürzung für die aus dem lateinischen abgeleitete Abkürzung CGL *corpus geniculatum laterale*, im Deutschen auch *seitlicher Kniehöcker* genannt.



- Abbildung aus:  
Lindsay, Peter H. & Norman, Donald A. (1977). *Human information processing*. New York: Academic Press. (2<sup>nd</sup> edition) p. 73.
- Abgebildet ist hier die Aufsicht auf die Nerven- & Gehirnbereiche der frühen visuellen Wahrnehmung. Deutlich erkennbar ist die Überkreuzung der Sehbahnen (*Chiasma* vom griechischen chi, X).



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

3 – 38

- Die untere Abbildung kombiniert Aspekte von Figure 3-1 und Figure 3-2 aus Bruce, Vicki ; Green, Patrick R. & Georgeson, Mark A. (1996). *Visual Perception - Physiology, Psychology and Ecology*. 3rd edition. Hove, UK: Psychology Press. p. 44f.
- Die neuronalen Prozesse der Kanten- & Liniendetektion werden im nächsten Abschnitt des Kap. 3 angesprochen.