

Grundlagen der Mensch-Computer Interaktion

3. Kapitel

Neurowissenschaftliche & Neuroinformatische Grundlagen

- Neurone und neuronale Systeme
 - Informationsfluss in neuronalen Systemen
Aufbau und Funktionsweise von neuronalen Systemen (im Grossen)
 - Natürliche und künstliche Neurone
Aufbau und Funktionsweise von neuronalen Systemen (im Kleinen)

- Literatur zu den neurowissenschaftlichen Grundlagen:
 - Churchland, Patricia (1986). *Neurophilosophy*. Cambridge, MA: MIT Press.
[im weiteren abgekürzt als Ch86]
 - Churchland, Patricia & Sejnowski, Terrence J. (1992). *The Computational Brain*. Cambridge, MA: MIT Press.
[im weiteren abgekürzt als C&S92]
- Einleitender Überblick über die Vorlesungsabschnitte zu *Nervensystem & Gehirn, Neuronalen Systeme, Neuronale Berechnung*:
- Das Gehirn und das Nervensystem bilden das physische System, auf dem Kognition und Perzeption bei Tieren und beim Menschen, also natürliche Informationsverarbeitung, basiert.
In dieser Vorlesung werden die – für die Beziehung zwischen natürlicher und maschineller Informationsverarbeitung – wichtigsten Eigenschaften, Prinzipien und Leistungen dieses komplexen Systems behandelt.

Nervensystem & Gehirn

- Nervensystem:
 - CNS (central nervous system)
 - Gehirn
 - Rückenmark
 - PNS (peripheral nervous system)
- Das menschliche Gehirn
 - Masse (Gewicht) / Volumen: ≈ 1500 gr. / $\approx 1,7$ l
 - Anzahl der Neuronen: $10^{12} - 10^{13}$
 - Energieverbrauch (bei physischer Ruhe): 20 % der Sauerstoffzufuhr
- Nervensystem des Rückenmarks
 - Axonlänge bis zu 1000 mm

- PNS (der Teil des Nervensystems, der nicht das CNS, d.h. Gehirn und Rückenmark umfasst): sensorische Rezeptoren der Haut, Nerven zur Steuerung der Muskeln.
- Das menschliche Gehirn hat etwa 2% der Körpermasse, aber etwa 20% des Energieverbrauchs. (-> „sehr aktives Organ“)

Literatur: Ch86 p 37 ff / C&S92 p 51,

Descartes 1664

Reflexbewegung

- sensorische Wahrnehmung
- Weiterleitung zum Gehirn
- **Verarbeitung im Gehirn**
- Rückleitung über die Nerven
- Bewegung der Muskeln



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

3 – 3

- Abbildung aus: Churchland, Patricia (1986). *Neurophilosophy*. Cambridge, MA: MIT Press. (p. 17)
- *Traité de l'homme*. Paris 1664. Engl. Ausgabe: *Treatise on Man*, trans. by Thomas Steele Hall (1972);
- René Descartes (1596-1650)
 - Französischer Mathematiker (-> Begründer der Analytische Geometrie: „cartesische Koordinaten“), Wissenschaftler und Philosoph („Vater der modernen Philosophie“)
- Die bei Descartes beschriebenen Schritte der Verarbeitung, die dazu führen, dass auf einen Hitzereiz (hier am Fuss) ein Reflex (Zucken, automatisches Zurückziehen des Fusses) erfolgt, beinhalten Verarbeitungswege, wie sie auch in der modernen Analyse von Perzeption und Aktion angenommen werden.

Neurone: Typen & Aufgaben

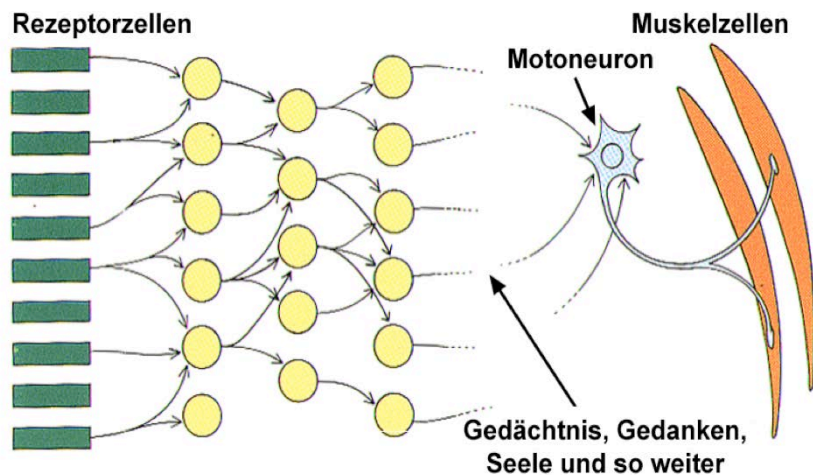
- **Sensor-Neurone**
 - setzen physikalische Signale (Licht, mechanische Deformation, etc.) oder chemische Signale in elektrische Signale um.
 - **Afferente Neurone** (afferre – herbeitragen)
- **Motor-Neurone**
 - enden in den Muskeln, wo sie Kontraktionen auslösen
 - **Efferente Neurone** (efferre – wegtragen)
- **Interneurone**
 - „vermitteln zwischen Neuronen“.
- Spezialisierung von Neuronen (Arbeitsteilung) ist bei niederen Lebewesen wenig(er) ausgeprägt.

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

3 – 4

- Sensor-Neurone und Motor-Neurone (auch als Motoneurone bezeichnet) bilden die *Schnittstellen* zwischen dem Nervensystem und der Umwelt. Es handelt sich um z.T. hoch-spezialisierte Neurone (vgl. die Folie „Spezialisierung der Rezeptorzellen“ in diesem Kapitel)
- Interneurone sind weniger spezialisiert. Durch sie werden komplexe Leistungen der Informationsverarbeitung im Gehirn hervorgebracht. (Details in diesem Kapitel und in Kapitel 4).

Neurone: Von der Wahrnehmung zur Bewegung

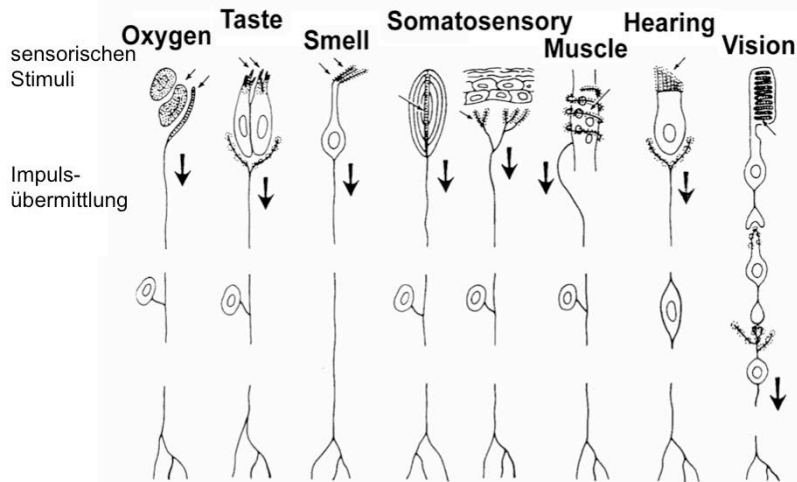


Ch. Habel | Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

3 – 5

- Abbildung aus:
Hubel, David H. (1989). *Auge und Gehirn*. Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft - Verlagsgesellschaft. (p. 34)
- Anmerkung C.H.:
Die Darstellung von David Hubel spiegelt insbesondere in der Beschreibung „Gedächtnis, Gedanken, Seele und so weiter...“ die wissenschaftliche Orientierung des Autors wider:
Für ihn stehen Perzeption und Motorik im Zentrum der Neurowissenschaften.
Dieses sind die Bereiche der natürlichen Informationsverarbeitung (Kognition & Perzeption), die mit den Methoden der biologisch-orientierten Neurowissenschaften sehr exakt untersucht werden können.
- Im Gegensatz hierzu entziehen sich Phänomene des Gedächtnis und des Denkens in sehr viel stärkerem Masse der Untersuchung mit neurobiologischen Mitteln (trotz der Erfolge im Bereich der bildgebenden Verfahren; siehe Kap. 2).
- Überlegen Sie sich, wie diese Darstellung (nach David Hubel) zu Komponenten der SOAR-Architektur (Kap. 2) korrespondiert.

Sensor-Neurone Spezialisierung der Rezeptorzellen



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

3 – 6

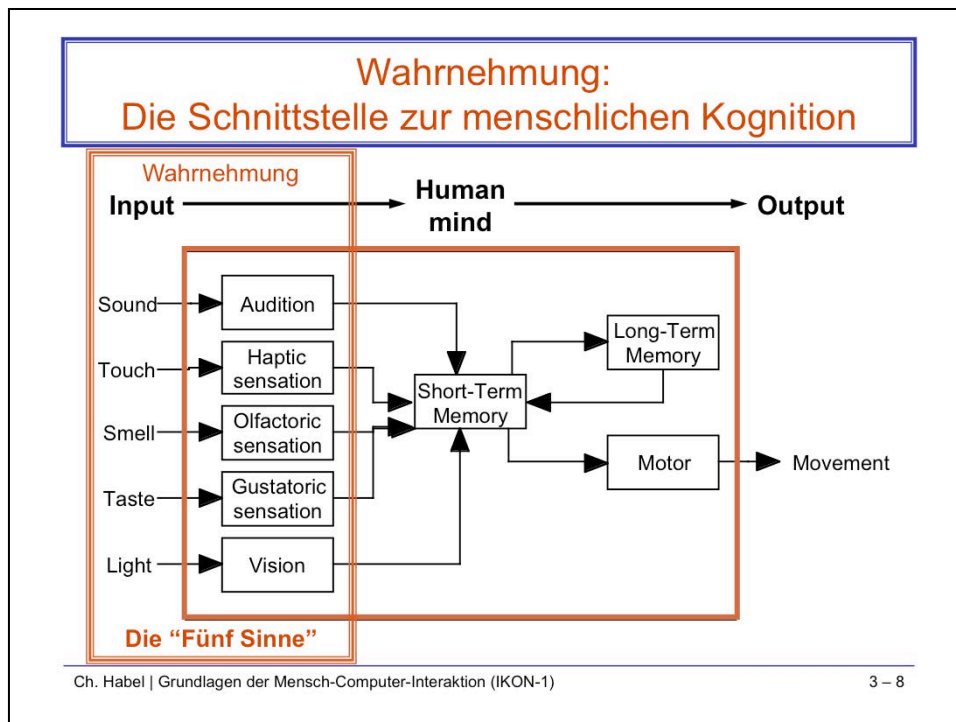
- Abbildung aus Churchland, Patricia & Sejnowski, Terrence J. (1992). *The Computational Brain*. Cambridge, MA: MIT Press. (p. 143)
- Grosse Pfeile verweisen auf den Bereich, in dem Impulsübermittlung stattfindet.
Kleine Pfeile betreffen den Bereich, in dem die sensorischen Stimuli wirken.
- Weiteres zu sensorischen Modalitäten findet sich in späteren Vorlesungen zur Wahrnehmung und Multimodalität.

Neurone: Funktionsweise

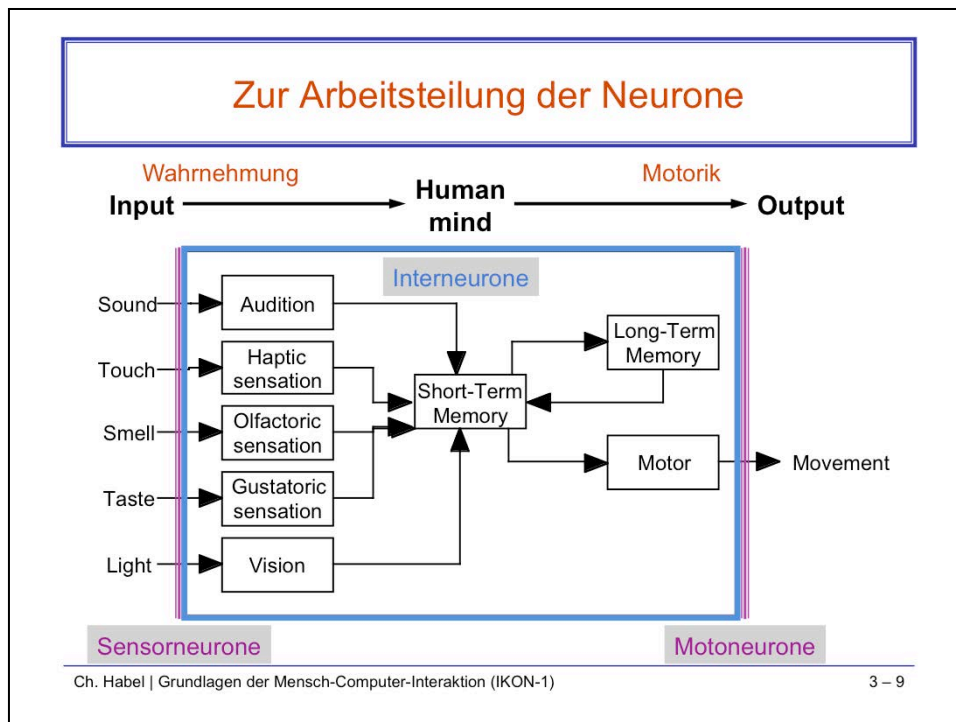
Die funktionelle Aufgabe von *Interneuronen*:

- *Integration* von Eingabe-Aktivität (Eingabe-Information)
- *Weiterleitung* der integrierten Eingabe-Aktivität (= Ausgabe-Aktivität / Ausgabe-Information) an andere Neurone.
 - Sensorneurone erhalten ihre Eingabeaktivität nicht von anderen Neuronen.
 - Motoneuronen leiten ihre Ausgabeaktivität nicht an andere Neurone weiter.
 - *Integration* und *Weiterleitung* basieren auf biochemischen Prozessen.

- Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden – fast ausschliesslich – Interneurone betrachtet. Sie sind dafür verantwortlich, dass aus der Eingabeinformation (z.B. der sensorischen Information) Ausgabeinformation berechnet wird.
- Die Informationsverarbeitung innerhalb eines individuellen Neurons ist verhältnismässig einfach. Erst durch die Interaktion (Verschaltung) einer Vielzahl von Neuronen in einem neuronalen System werden komplexe Berechnungsleistungen hervorgebracht.
- Die Informationsverarbeitung durch Neurone innerhalb komplexer neuronaler Systeme kann – im Hinblick auf die Prinzipien derartiger Prozesse – als "Vorbild" für die Informationsverarbeitung in künstlichen Neuronalen Netzen dienen. (Hierzu mehr im weiteren Verlauf dieses Kap.)
- Die biologischen Grundlagen der Informationsweiterleitung (biochemische Prozesse) werden in dieser Vorlesung nicht behandelt, da sie für die Informatik gegenwärtig von untergeordneter Bedeutung ist.



- Diese Abbildung ist eine Erweiterung der auf der Folie „Rekursive Dekomposition“ (Kap. 2) dargestellten Abbildung Figure 2.3.6 in Palmer, Stephen E. (1999). *Vision Science. Photons to Phenomenology*. Cambridge, MA: MIT-Press. (p. 75).
- Weiteres zu sensorischen Modalitäten findet sich in den Kapiteln zu Wahrnehmung und Multimodalität.



- SOAR-Architektur (Kap 2.)
- Aufgabe für die Nachbearbeitung: Machen Sie sich klar, welche Bereiche der SOAR-Architektur über welchen Typen von Neuronen realisiert sind.

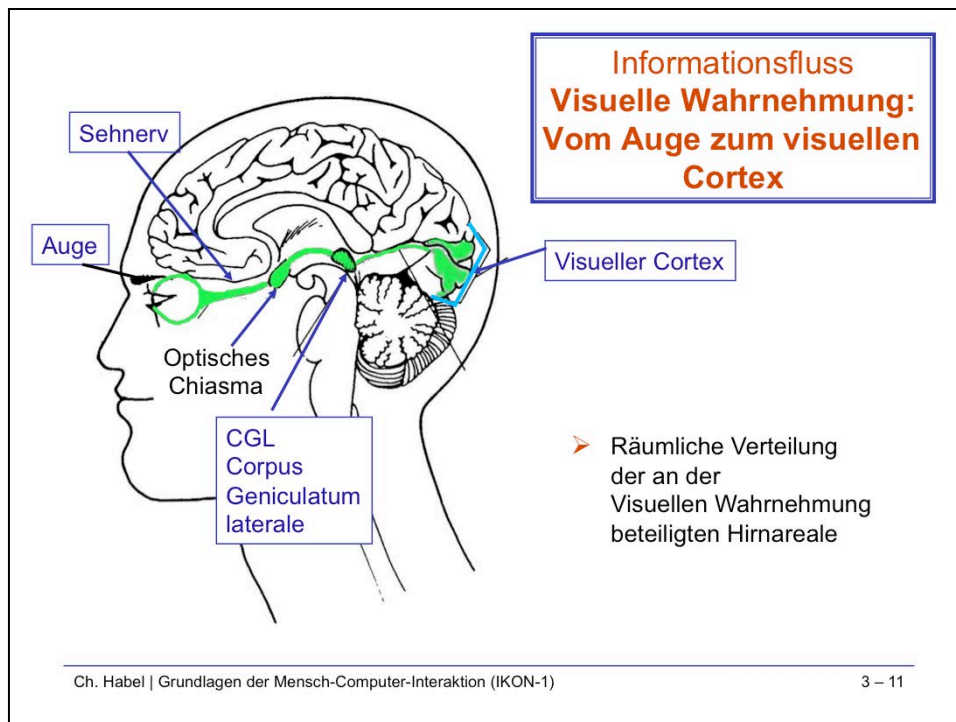
Informationsfluss in neuronalen Systemen: Gehirnareale und ihre Funktionalität

- „Spezialisierung“ von Regionen“
 - ≈ gewisse Gehirnareale sind an der Erbringung gewisser kognitiver Leistungen massgeblich beteiligt.
 - ist bei allen Tieren zu finden (bei höheren in stärkerem Masse)
 - ist ein „large grain feature“ von Regionen, d.h.
 - Basiert auf statistischen Verteilungen von Zellverhaltens-eigenschaften
 - Nicht alle Zellen einer „spezialisierten Region“ bearbeiten die entsprechende Aufgabe
 - Die Grenzen zwischen Regionen sind unscharf. Insbesondere existieren – in gewissem Umfang – individuelle Unterschiede.
 - Trotz Ausbildung von Spezialisierung liegt – in gewissem Umfang – eine *Plastizität des Gehirns* vor.

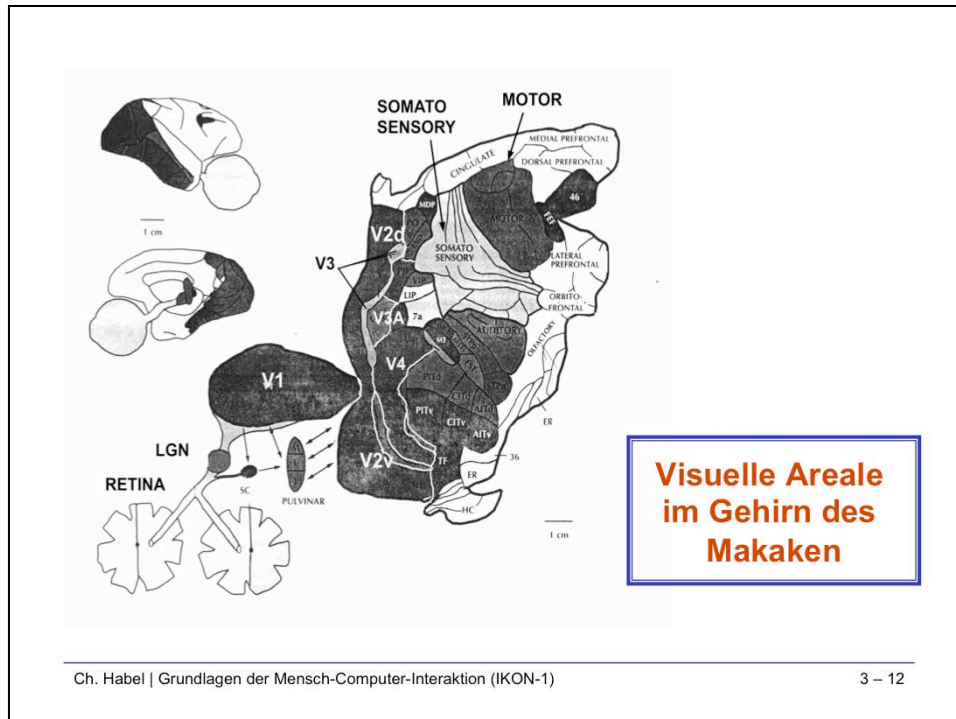
Ch. Habel | Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

3 – 10

- Vgl. C&S92, p. 50
- Plastizität betrifft die Eigenschaft des Gehirns, dass in gewissem Umfang Neuronen bzw. Neuronenverbunde die Aufgaben anderer Neuronen übernehmen können. [Relevant auch im Bereich der Prothetik]
- Die Zuweisung einer Funktionalität zu einem Gehirnareal darf nicht so verstanden werden, als ob
 - alle Neurone dieses Areals ausschliesslich an der Erbringung der entsprechenden Leistung tätig sind,
 - nur in diesem Areal die Erbringung der entsprechenden Leistung erfolgt.
- Hinweise auf die Funktionalität eines Gehirnareals ergeben sich insbesondere
 - aus der Untersuchung von Schädigungen (Läsionen) des Gehirns: Wenn beim Vorliegen einer Läsion eines Areals X die Funktion Y gestört ist, so kann dies – mit gewissen Einschränkungen – als Evidenz dafür angesehen werden, dass im Areal X für die Funktionalität Y relevante Verarbeitung durchgeführt wird.
 - aus der Untersuchung mittels von *Bildgebenden Verfahren*. (vgl. Kap. 2) und EEG
- Plastizität betrifft die Eigenschaft des Gehirns, dass in gewissem Umfang Neuronen bzw. Neuronenverbunde die Aufgaben anderer

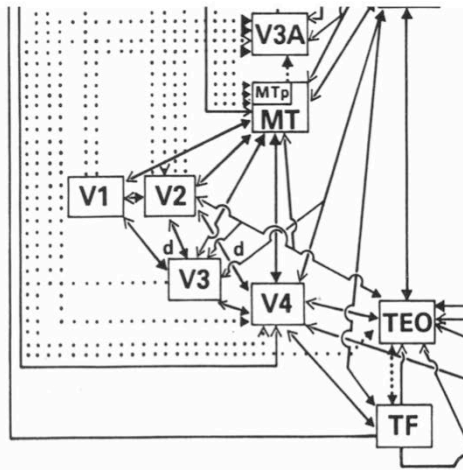


- Abbildung aus:
Lindsay, Peter H. & Norman, Donald A. (1977). *Human information processing*. New York: Academic Press. (2nd edition) p. 73.
- Abgebildet ist hier die seitliche Ansicht der Nerven- & Gehirnbereiche der frühen visuellen Wahrnehmung. (Im 4. Kap. werden die Phasen der visuellen Wahrnehmung detaillierter vorgestellt.)
- 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.
- Vgl. die Vorstellung Galls (Kap. 3), der die Areale für Form, Grösse und Farbe, also solche, die basal für die visuelle Wahrnehmung sind, jedoch in unmittelbarer Nachbarschaft des Auges angesiedelt hat. Gall nahm an, dass Funktionalitäten des Denkens und Wahrnehmens, jeweils in homogenen, kleinen Bereichen des Gehirns lokalisierbar sind.



- Abbildung aus:
Kosslyn, Stephen M. (1994). *Image and Brain*. Cambridge, MA.: MIT-Press. (p. 67).
Original in: van Essen, D.C.; Anderson, C.H. & Felleman, D.J. (1992). Information processing in the primate visual system: An integrated systems perspective. *Science*, 255. 419–423.
- Innerhalb des *visuellen Kortex* ist eine grosse Anzahl von spezifischen Bereichen gefunden worden, in denen Teilfunktionalitäten angesiedelt werden können. Bezeichnet werden diese häufig durch V (für visuell) und einen kennzeichnenden Index, etwa V1, V2,...
Größenordnung (Anzahl der Areale; nach Kosslyn 94): 32.
- Anmerkungen C.H.:
 - Die genaue Anzahl und die Charakterisierung der Areale ist weiterhin in der Diskussion.
 - Die hier genannte Anzahl betrifft die Spezies der Makaken; dies ist eine Affenart, deren visuelles System durch die Neuro-biologie besonders intensiv untersucht wurde und wird. Inwieweit die Resultate auf den Menschen übertragen werden können, ist ebenfalls Gegenstand aktueller Forschung.

Verbindungen zwischen den Arealen des visuellen Cortex

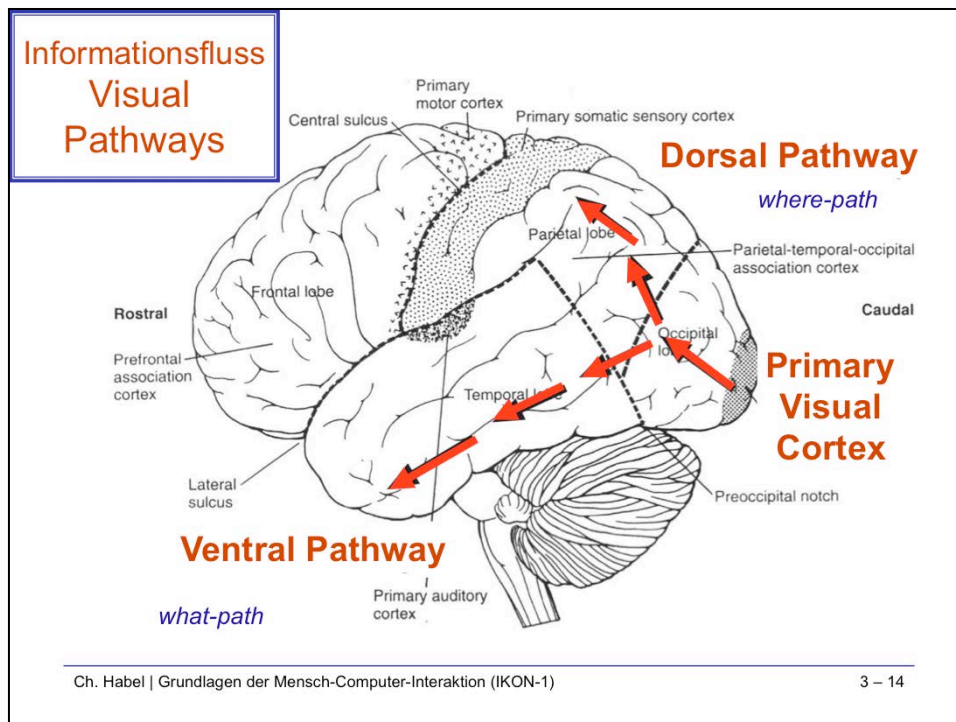


- Modellierung empirischer Befunde über die Aktivationsausbreitung (Informationsfluss) im Gehirn von Makaken
- Ähnliche Grundstruktur beim Menschen
- neuroinformatische Verschaltungsanalyse

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

3 – 13

- Ausschnitt einer Abbildung aus:
Kosslyn, Stephen M. (1994). *Image and Brain*. Cambridge, MA.: MIT-Press. (p. 67).
Original in: Distler, C.; Boussaoud, D.; Desimone, R. & Ungerleider, L.G. (1993). Cortical connections of inferior temporal area TEO in Macaque monkeys. *Journal of Comparative Neurology*, 334. 125–150.
- Die hier dargestellten Verbindungen stellen eine neuroinformatische Verschaltungsanalyse dar.



- Bearbeitung einer Abbildung aus:
Palmer, Stephen E. (1999). *Vision Science. Photons to Phenomenology*. Cambridge, MA: MIT-Press. p. 26. [abgek.: P99]
- Der Konzeption der *Visual Pathways* folgend spaltet sich die visuelle Perzeption/Kognition – anschliessend an die Verarbeitung im visuellen Kortex – in zwei Pfade auf, die aufgrund ihrer Lage als *dorsaler Pfad* und als *ventraler Pfad* bezeichnet werden.
 - Der dorsale Pfad führt in den Bereich des somato-sensorischen Kortex, in dem auch die taktilen / haptischen Wahrnehmungen verarbeitet werden.
 - Der ventrale Pfad führt in den Temporallappen, in dem auch Teile der „begrifflichen Verarbeitung“ durchgeführt werden.
- Aufbauend auf Arbeiten von Ungerleider & Mishkin (1982) werden die beiden Pfade häufig als *where-path* und *what-path* bezeichnet. Der dorsale *where-path* ist dieser Konzeption nach für die Lokalisierung von Objekten, der ventrale *what-path* für die Identifizierung von Objekten zuständig. (Vgl. P99, p.38f)
- Eine alternative Interpretation der beiden Verarbeitungspfade findet sich bei Goodale (vgl. auch Kapitel 4).
Goodale, Melvyn A. (1995). The cortical organization of perception and visuomotor control. In Kosslyn, Stephen M. & Osherson, Daniel N. (eds). *An invitation to cognitive science. Visual cognition*. Vol. 2. (pp. 167–213) Cambridge, MA: Bradford, MIT-Press.

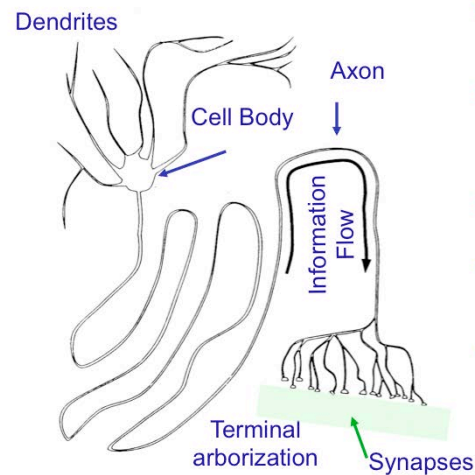
Grundlagen der Mensch-Computer Interaktion

3. Kapitel

Neurowissenschaftliche & Neuroinformatische Grundlagen

- Neurone und neuronale Systeme
 - Aufbau und Funktionsweise von neuronalen Systemen
 - Informationsfluss in neuronalen Systemen
 - Aufbau und Funktionsweise von Neuronen und neuronalen Systemen (im Kleinen)
 - Natürliche Neurone
 - Künstliche neuronale Netze

Generic biological neuron



- **Dendriten** sammeln Informationen von anderen Neuronen
- **Zellkörper** integriert die – von den Dendriten – eingehenden Signale und konvertiert diese zu Ausgabesignalen
- Das **Axon** leitet das Ausgabesignal weiter
- In den **Terminalen** findet eine Konversion in chemische Signale statt.
- **Synapsen** sind der Bereich zwischen Terminalen eines Neurons und Dendriten eines anderen Neurons.

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

3 – 16

- Abbildung aus:
Anderson, James A. (1998). Learning arithmetic with a neural network: Seven times seven is about fifty. In Scarborough, Don & Sternberg, Saul (eds.), *An invitation to cognitive science. Methods, models, and conceptual issues. Vol. 4.* (pp. 255–299). Cambridge, MA: MIT-Press, Bradford. (p. 258)
- Synapsen bilden also den Bereich, in dem die Informationsübermittlung von einem Neuron zu einem anderen Neuron – durch biochemische Prozesse – stattfindet.

Informationsverarbeitung in Neuronen

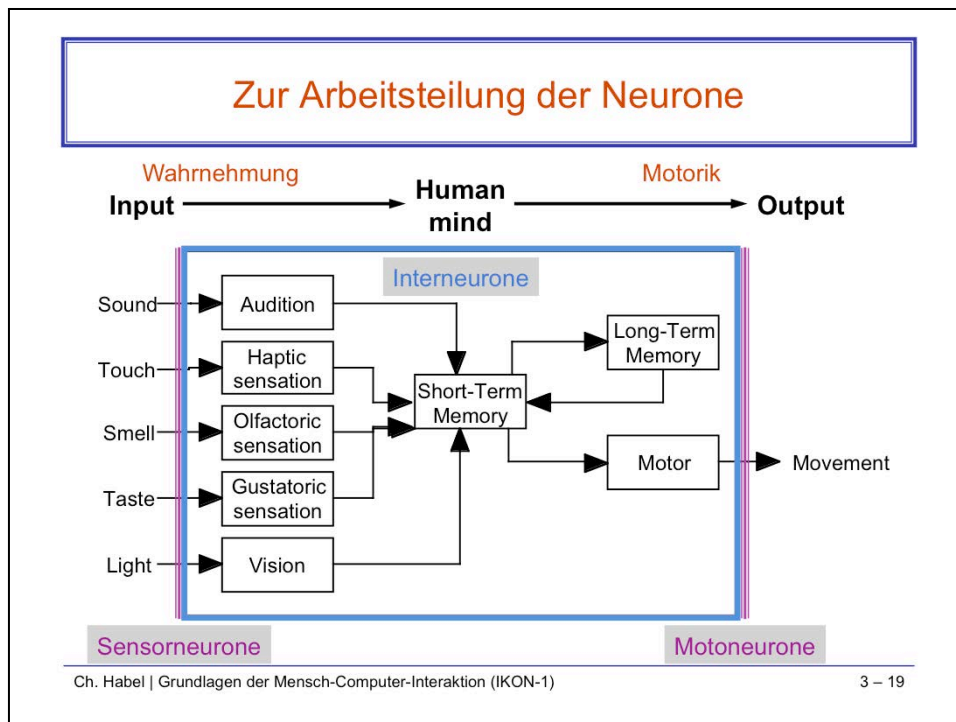
- Eingabe in ein Neuron ist analog („kontinuierlich“)
- Ausgabe eines Neurons wird als diskret angesehen („all-or-none“)
 - *Elektrische Potentiale, feuern von Neuronen, Nervenimpulse, Spikes*
- Ausgabe erfolgt, wenn ein Schwellwert (*threshold*) überschritten ist.
 - Ausgabe ist ein Prozess mit zeitlicher Ausdehnung.
- Zwei Arten von Synapsen (Konnektionen zwischen Neuronen)
 - **Exzitatorische:** Das empfangende Neuron wird mit grösserer Wahrscheinlichkeit feuern.
 - **Inhibitorische:** Das empfangende Neuron wird mit geringerer Wahrscheinlichkeit feuern.

- Die Formulierung „Ausgabe eines Neurons ist diskret“ ist nur unter einer von der Zeit abstrahierenden Perspektive gerechtfertigt:
 - Die Ausgabe eines Neurons erfolgt durch das „Aussenden“ von elektrischen Impulsen (spikes), häufig als „feuern des Neurons“ bezeichnet.
 - Neurone feuern bei Aktivierung durch andere Neurone nicht einen Impuls, sondern eine Serie (ein Muster) von Impulsen. (Darüber hinaus können Neurone auch im „Ruhezustand“ Impulse aussenden.)
 - Die all-or-none Eigenschaft der Ausgabe bezieht sich auf das Produzieren von Impulssequenzen (im Gegensatz zu Einzelimpulsen in grösserem zeitlichen Abstand).
- Synapsen stellen die Beziehung / Verbindung / Relation / Konnektion zwischen Neuronen her. Insofern ist es sinnvoll, von „inhibitorischer Konnektion“ bzw. „exzitatorischer Konnektion“ zwischen zwei Neuronen zu sprechen.
- In künstlichen Neuronalen Netzen wird – üblicherweise – eine Diskretisierung der Informationsweitergabe realisiert, d.h. es werden Systemtakte angenommen, in denen jeweils diskrete Nachrichten (Information) von einem Neuron an andere Neurone weitergeleitet werden.

Künstliche Neuronale Netze

- Systeme / Modellierungen der Informatik (Neuroinformatik), die auf Prinzipien der Informationsverarbeitung in Nervensystemen basieren.
- Perspektiven auf Neuronale Netze:
 - **Entwicklung leistungsfähiger Systeme** für spezifische Aufgaben,
z.B. Mustererkennung
 - **Modellierung** natürlicher neuronaler Systeme
 - Diese Forschungsrichtung beginnt mit den Arbeiten von McCulloch & Pitts (1943)
 - Zentraler Forschungsbereich der *Cognitive Neuroscience*

- Der folgende Abschnitt über künstliche neuronale Netze) basiert auf Anderson, James A. (1998). Learning arithmetic with a neural network: Seven times seven is about fifty. In Scarborough, Don & Sternberg, Saul (eds.), *An invitation to cognitive science. Methods, models, and conceptual issues. Vol. 4.* (pp. 255–299). Cambridge, MA: MIT-Press, Bradford.
- Lehrveranstaltungen zu Neuronalen Netzen am Dept. Informatik:
 - Bachelor- & Master-Studiengang**
 - Wahlpflichtfach des Bachelorstudiengangs: Grundlagen der Wissensverarbeitung (GWV) behandelt in einigen Kapiteln den Einsatz Neuronaler Netze
 - Wahlpflichtfächer des Masterstudiums (auch im Bachelor-Studium wählbar): Multidimensionale und multimodale Signale (MMS), Algorithmisches Lernen (AL)
 - Vertiefungsgebiet ‚Intelligente Systeme & Robotik‘ des Masterstudiengangs



- SOAR-Architektur (Kap 2.)
- Aufgabe für die Nachbearbeitung: Machen Sie sich klar, welche Bereiche der SOAR-Architektur über welchen Typen von Neuronen realisiert sind.

Konnektivität von Neuronen

- Menschliches Nervensystem:
ca. 10^{12} Neurone und 10^{15} Synapsen
 - Mittlere Anzahl der Synapsen je Neuron: $10^3 - 10^5$
- Neuronale Verbindungen im Cortex:
Jedes Neuron ist etwa mit 3% der Neuronen verbunden, die in der 1 mm^2 Nachbarschaft liegen.
 - spärliche Verbindungen in der Nachbarschaft
 - Verbindungen zu anderen Zellklassen
 - *Vorwärts- und Rückwärtsprojektionen*

Vgl. hierzu: Churchland & Sejnowski (1992): pp. 50–51.

- Die Neuronen des Gehirns sind in hohem Grade vernetzt. Das Verhältnis von Neuronen zu Synapsen zeigt, dass Neurone z.T. mit 10 000 oder sogar 100 000 anderen Neuronen in Beziehung stehen.
- Die neuronale Vernetzung betrifft z.T. die unmittelbare Nachbarschaft des Neurons, z.T. aber auch Beziehungen zu entfernteren Teilen des Gehirns.
- Neurone sind überwiegend in *Schichten* angeordnet, und die Verbindungen zwischen Neuronen sind überwiegend zwischen Schichten und nicht innerhalb einer Schicht. Dies rechtfertigt die Skalierung ‚Quadratmillimeter‘ (anstelle von ‚Kubikmillimeter‘).
- Die Vernetzung zwischen nicht direkt benachbarten Teilen des neuronalen Systems ist für die sogenannten *Vorwärts- und Rückwärtsprojektionen* von Information wichtig. Hierdurch wird erreicht, dass Information aus verschiedenen Arealen innerhalb eines „Verarbeitungsschrittes“ integriert werden.
-> bottom up Verarbeitung + top down Verarbeitung
- Die Konnektivität in künstlichen neuronalen Netzen ist bisher erheblich geringer als die von natürlichen Nervensystemen.



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

3 – 21

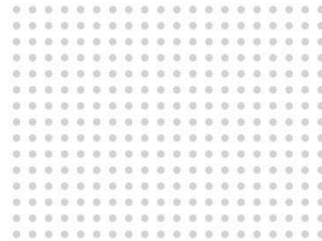
- Abbildung aus:
Palmer, Stephen E. (1999). *Vision Science. Photons to Phenomenology*. Cambridge, MA: MIT-Press. p. 267
[Photo von R.C. James]
- Die zu erbringende perzeptuelle Aufgabe besteht darin, aus lokalen Bildeindrücken („schwarze Flecken“) Regionen zu bestimmen, um hieraus zu errechnen, welche Objekte im Bild dargestellt sind. (Diese Prozesse werden in Vorlesung 4 behandelt.)
 - Wenn die Betrachter wissen, dass im Bild ein Hund, oder spezieller: ein Dalmatiner, dargestellt ist, so ist – fast – sofort der Hund erkennbar, d.h. die Region, die der Hund im Bild einnimmt bestimmbar.
 - Betrachter, die über diese Information verfügen, werden bei einer späteren Betrachtung des Bildes keine Probleme mehr, bei der Regionenbestimmung haben.
 - Informell ausgedrückt: „*Wir sehen nicht nur mit den Augen, wir sehen insbesondere mit dem Gehirn.*“
- Der hier angesprochene Effekt ist durch das Zusammenspiel von Top-down Prozessen (beginnend beim Wissen über das Aussehen von Hunden) und Bottom-up Prozessen erklärbar.
(Wie und wo genau diese Integration von top-down und bottom-up Information geschieht, ist in den Details noch nicht bekannt.)

Lokale & globale Verarbeitung

Visueller Input

- Beim Menschen:
ca. 125 Mio.
Rezeptorzellen je Auge
- Künstliches System:
5 – 25 Mio. Pixel (2012)

Sensormatrix 20 x 15 Pixel



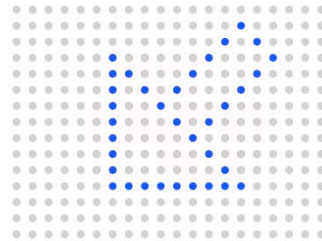
Im Kap. 4 werden die neuronale Ausstattung des Auges und die visuelle Wahrnehmung im allgemeinen behandelt werden.

Diese und die folgende Folien demonstrieren, wie lokale und globale Verarbeitung in der Wahrnehmung zusammenwirken.

Lokale & globale Verarbeitung

Was sehen Sie?

- ausser Punkten
(kleinen Kreisen)



Die Interaktion von lokalen und globalen Berechnungen ist für künstliche, d.h. maschinelle, Systeme zur Wahrnehmung (z.B. Computer-Vision) von grosser Bedeutung.

Für die Mensch-Computer-Interaktion ist von zentraler Bedeutung (-> Kap. 4), dass diese Prozesse in der menschlichen Wahrnehmung „hoch-automatisch“ sind, d.h. dass z.B. das Erkennen von Kanten und Regionen vom Betrachter nicht „ausgeschaltet“ werden kann, und insofern, vom Designer nicht geplante Kanten auch gesehen werden. (Dies kann z.B. geschehen, wenn beim Bildaufbau Störungen eintreten.

Grundlagen der Mensch-Computer Interaktion

3. Kapitel

Neurowissenschaftliche & Neuroinformatische Grundlagen

- 3. Neurone und neuronale Systeme
 - Neuronale Systeme: Aufbau, Funktionsweise und Informationsfluss
 - Natürliche Neurone & künstliche neuronale Netze
- 4. Perzeption, Kognition & Interaktion
 - Ein- und Ausgabe: Wahrnehmung und Handeln
 - Gedächtnis & Problemlösen
 - Kommunikation & Interaktion
 - ❖ Verarbeitung von Information & Informationsnutzung