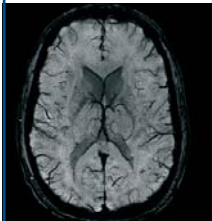


Neuro- und Kognitionswissenschaften

Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten im Land Bremen

- | | |
|-------|---|
| Seite | <p>3 Wie lernt das Gehirn?
Klaus Pawelzik: Erkennen lernen – Prinzipien des Lernens
in biologischen und technischen Systemen <i>Institut für Theoretische Neurophysik</i></p> <p>5 Sehen lernen
Manfred Fahlke: Lernen und Gehirn – Die Rolle des perzeptuellen Lernens
<i>Institut für Hirnforschung (Abteilung Humanneurobiologie)</i></p> <p>6 Bloß keine Drogen in der Pubertät
Michael Koch: Was Drogen wie Alkohol oder Cannabis im Gehirn anrichten –
Alarmierende Befunde aus Tierexperimenten
<i>Institut für Hirnforschung (Abteilung Neuropharmakologie)</i></p> <p>7 Prothesen fürs Gehirn
Axel Gräser, Klaus Pawelzik, Andreas Kreiter: Brain-Computer Interface oder wie
behinderte Menschen besser mit ihrer Umwelt kommunizieren können <i>Institut für
Automatisierungstechnik, Institut für Theoretische Physik, Institut für Hirnforschung</i></p> <p>9 Das emotionale Gedächtnis
Gerhard Roth, Ursula Dicke: Wie Gehirn, Verstand und Gefühle
im limbischen System zusammenspielen
<i>Institut für Hirnforschung (Abt. für Verhaltensphysiologie und Entwicklungsneurobiologie)</i></p> <p>11 Erfolgreich handeln heißt falsche Entscheidungen vermeiden
Manfred Herrmann: Emotionen spielen bei der Informationsverarbeitung
im Gehirn eine wichtige Rolle <i>Institut für Kognitive Neurowissenschaften</i></p> <p>13 Aufmerksamkeit: Das Tor zum Bewusstsein
Andreas Kreiter: Die komplexen kognitiven Leistungen des menschlichen Gehirns
<i>Institut für Hirnforschung (Abteilung Theoretische Neurobiologie)</i></p> <p>15 Das Ringen um die Wahrnehmung
Canan Basar-Eroglu, Michael Aurel Stadler, Günter Vetter: Wahrnehmen und erkennen
<i>Institut für Psychologie und Kognitionsforschung</i></p> <p>16 Die semantische Analyse von Bildern und Videos
Otthein Herzog: Die Rolle der Bildverarbeitung für die Hirnforschung
<i>Technologie-Zentrum Informatik</i></p> <p>17 Der Mensch – Krone der Schöpfung?
Ursula Dicke, Gerhard Roth: Hirnevolution und Intelligenz
<i>Institut für Hirnforschung (Abt. für Verhaltensphysiologie und Entwicklungsneurobiologie)</i></p> |
|-------|---|



Einleitung

Seite 2

- Weltweit gehören die Neuro- und Kognitionswissenschaften zu den Disziplinen, die sich besonders stürmisch entwickeln. Experimentell und theoretisch arbeitende Neurowissenschaftler, Psychologen und Neurotheoretiker der Universität Bremen arbeiten seit 1990 mit wachsendem Erfolg daran, ihre Universität zu einem national und international beachteten Standort der neuro- und kognitionswissenschaftlichen Forschung zu machen. Wie aus den einzelnen Beiträgen dieser Broschüre deutlich wird, umfassen die Bremer Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der *Neuroscience* einen weiten Bereich, von der Intelligenz- und Lernforschung über die Erforschung der Wirkung von Drogen, Wahrnehmung, Emotionen und Aufmerksamkeit bis zur Semantik und zu *Hirnprothesen*.



Manfred Fahle und
Klaus Pawelzik

- Die Bildgebung, vor allem in Form der funktionellen Kernspintomographie (fMRI), ist neben der tierexperimentellen Forschung ein Grundpfeiler der modernen Neurowissenschaften. Mit dieser Methode können Prozesse im Gehirn des Menschen, wie sie bei kognitiven, emotionalen und motorischen Leistungen ablaufen, im universitätseigenen Scanner bei ungeöffnetem Schädel untersucht werden.

- Die Arbeitsgruppen im Bereich der theoretischen Hirnforschung (Neurophysik) haben zusammen mit experimentellen Gruppen kognitive Leistungen eines Lebewesens im Computer simuliert und den „Simulander“ (d. h. „simulierter Salamander“) entwickelt, mittlerweile auch eines der Exponate im Universum Science Center. So spielen Theorie und Modellierung eine hochaktuelle, integrative Rolle bei der Erforschung des Gehirnes und sind zunehmend auch von medizinischer Relevanz.

- In den letzten zwei Jahren wurden im Kontext der wissenschaftlichen Arbeit, im Bereich der prä- und postgraduierten Aus- und Weiterbildung sowie auf der Ebene der ambulanten und stationären Diagnostik und Therapie neurologischer Erkrankungen viele Kooperationen zwischen Einrichtungen der Krankenversorgung in

Bremen und Abteilungen des Zentrums für Kognitionswissenschaften an der Universität Bremen geschlossen. In diesen Forschungsvorhaben arbeiten ärztliche Mitarbeiter der Neurologischen Klinik und Mitarbeiter des ZKW seit mehreren Jahren gemeinsam an klinischen und wissenschaftlichen Fragen.

- Es ist ein erklärtes Interesse des ZKW, den Studienabgängern in den neurowissenschaftlichen Fächern eine hochqualifizierte Ausbildung und einen entsprechenden Studienabschluss (und somit einen Bewerbungsvorteil auf dem Arbeitsmarkt) zu gewährleisten. So haben Mitglieder des ZKW und des Hanse-Wissenschaftskollegs 2002 zusammen mit engagierten Lehrern das „Forum für Lehren und Lernen“ ins Leben gerufen und in Bremen und Bremerhaven sowie im Umland eine größere Zahl von Fortbildungsveranstaltungen für Lehrer sowie für Schulleiter durchgeführt. Rund 2.500 Pädagogen haben daran teilgenommen, und diese Veranstaltungen erfreuen sich eines großen und anhaltenden Zuspruchs. ●●●

Manfred Fahle
Klaus Pawelzik



Modell des neuen ZKW-Gebäudes: Das Zentrum für Neuro- und Kognitionswissenschaft erhält ein eigenes Gebäude. Es wird zurzeit auf dem Universitätsgelände am Biologischen Garten gebaut.

Wie lernt das Gehirn?

Klaus Pawelzik: Erkennen lernen – Prinzipien des Lernens in biologischen und technischen Systemen

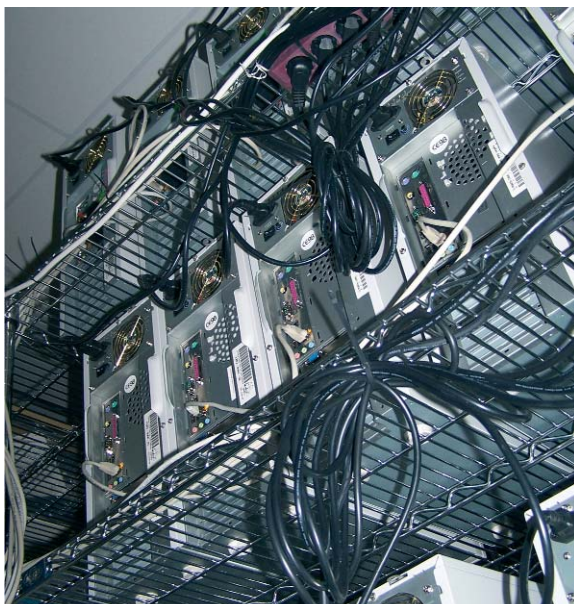
Seite 3

Institut für Theoretische Neurophysik

- Lebewesen mit Gehirnen haben gegenüber allen von Menschen bisher geschaffenen Maschinen immer noch einen entscheidenden Vorteil: Sie erkennen die Dinge in ihrer Umgebung, können darauf reagieren und Ziele verfolgen. Und zwar oft auch dann, wenn die Situation neu für sie ist. Hierbei helfen zunächst Reflexe, deren Nützlichkeit sich in jahrmillionen-langer Evolution bewährt hat. Andererseits können höhere Lebewesen auch Verhaltensweisen erlangen, die in einer bisher nie dagewesenen Situation angemessen sind. Kurzum: Lebewesen können lernen, ihnen zuvor unbekannte Zusammenhänge ihrer Umwelt zu erfassen. Diese im Menschen stark ausgebildete Fähigkeit haben – unterschiedlich ausgeprägt – auch alle Tiere, die über ein Nervensystem verfügen. Die Grundlagen der Gedächtnisbildung in Nervensystemen sind wichtiger Gegenstand der Forschung im Zentrum für Kognitionswissenschaften (ZKW).
- Lernen ist im Kern die Anpassung innerer Zustände eines autonomen Systems mit dem Ziel der Verbesserung seines Verhaltens. Hierzu gehören sowohl der Erwerb „automatischer“ Verhaltensweisen, wie sie z. B. beim Fahrrad-

fahren benötigt werden, als auch abstrakte Gedächtnisinhalte. Beim Lernen spielt Autonomie eine große Rolle: Lebewesen erkunden ihre Umwelt und wählen diejenigen Aspekte aus, für die sie Repräsentationen bilden. Diese Exploration kann helfen, bestimmtes Wissen schnell zu vertiefen, sie kann aber auch zu einer schädlichen Einschränkung des „Weltbildes“ führen. Im Institut für Theoretische Neurophysik versuchen Wissenschaftler gemeinsam mit Arbeitsgruppen der Bernstein-Zentren für Computational Neuroscience (BCCN), Prinzipien des Lernens in biologischen und technischen autonomen Systemen zu identifizieren.

- Neugier als Wert: Untersuchungen mathematischer Modelle zeigen, dass Lernen dann besonders effizient ist, wenn autonome Agenten durch ihr Handeln versuchen, nicht nur ihre Belohnung, sondern auch ihren Informationsgewinn zu maximieren. Damit wird die sonst auftretende „Betriebsblindheit“ verhindert. Der Lernerfolg ist somit ein Wert, der sowohl für autonome Agenten wie auch für aktiv lernende Tiere auf einer Stufe mit anderen Zielen steht, wie z.B. der Nahrungsaufnahme oder der Vermeidung von Schmerzen. » » »



Erkennen lernen in Modell und Simulation: Theorien des Lernens in neuronalen Netzwerken werden zunächst mathematisch analysiert und dann mit Computersimulationen in virtuellen natürlichen Umgebungen gründlich getestet.

Wie lernt das Gehirn?, Forts.

Seite 4



Lernmethoden für den Menschen zu verbessern – daran arbeiten Neurowissenschaftler in Bremen

- Das Prinzip „Neugier“ wird im konkreten Experiment mit einem Roboter erprobt. Aktive Exploration mittels Neugier bewirkt nicht nur wesentlich besseres Lernen, sondern spiegelt auch das Verhalten von Tieren überraschend gut wider: Auch technische Systeme benötigen komplexe Wertesysteme, um sich wechselnden Umwelten anpassen zu können. Man könnte fast sagen, dass ohne ein reiches emotionales Innenleben auch eine Maschine in der Realität nicht überleben kann.
- Solche Ergebnisse sind für die Erforschung von Emotionen im ZKW wichtig. In bestimmten Regionen des Gehirns werden Bewertungen erzeugt, die über den unmittelbaren Handlungserfolg hinausgehen und dennoch das Handeln wesentlich beeinflussen. Die theoretischen Modelle der Dynamik von Bewertungen tragen dazu bei, menschliches Verhalten in Entscheidungssituationen quantitativ zu erklären und die Störungen der emotionalen Bewertungssysteme besser zu verstehen.
- Ein verbessertes Verständnis der Grundlagen des Lernens trägt dazu bei, Störungen der entsprechenden Systeme im Gehirn zu behandeln. Roboter mit komplexen Bewertungssystemen werden in die Lage versetzt, sich auch in unbekanntem Umgebungen zurechtzufinden und ihr Verhalten so zu organisieren, dass vorgegebene Ziele mit größerer Sicherheit erreicht werden. Dabei lassen sich die Prinzipien des Lernens an der Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine erkennen. Diese Einsichten werden helfen, Lernmethoden für den Menschen zu verbessern. ●●●

Information

Professor Dr. Klaus Pawelzik, Universität Bremen, Institut für Theoretische Physik, NW1, M 3170, Otto-Hahn-Allee 1, 28334 Bremen, Tel.: ++49 421 218-3645, Fax: ++49 421 218-9104, pawelzik@neuro.uni-bremen.de

Sehen lernen

Manfred Fahle: Lernen und Gehirn – Die Rolle des perzeptuellen Lernens –

Die Wahrnehmung lässt sich durch Übungen stark verbessern

Seite 5

Institut für Hirnforschung (Abteilung Humanneurobiologie)

- Motten umschwirren das Licht, bis sie (möglicherweise) verbrennen. Sie sind nicht in der Lage, aus der Erfahrung der heißen Lichtquelle die Lehre zu ziehen, dieses Licht besser zu meiden. Das heißt: Motten lernen nicht, sondern ihr Verhalten wird weitgehend durch angeborene Verhaltensweisen und Instinkte bestimmt. Menschen dagegen können lernen; unser Verhalten wird weit weniger stark durch Instinkte bestimmt. Das bedeutet, dass wir bei der Geburt sehr unfertig sind und nicht selbstständig überleben können. Insbesondere in den ersten Lebensjahren müssen wir nicht nur lernen, den eigenen Körper zu bewegen – einschließlich des aufrechten Ganges –, sondern darüber hinaus Wissen über unsere Umwelt erwerben.



Hirndurchblutung dabei verändern. Es zeigt sich, dass viele Anteile des Gehirns am Lernen beteiligt sein können, sogar die ersten Schaltstationen, dort, wo die Signale aus den Sinnesorganen eintreffen. Die Geschwindigkeit und das Ausmaß dieses Lernens ist bei älteren Versuchspersonen (z. B. den 51- bis 65-Jährigen) im Vergleich zu Jugendlichen nicht herabgesetzt. Anders als beim Kurzzeitgedächtnis gilt beim perzeptuellen Lernen der Satz „Was Hänschen nicht lernt, lernt Hans nimmermehr“ offenbar nicht. Auch Ältere können bei Bedarf durch entsprechende Übung ihre Wahrnehmungsleistungen in manchen Bereichen verdoppeln.

- Diese Ergebnisse sind bedeutsam zum einen für die Behandlung der Schielschwachsichtigkeit, unter der immerhin fast eine Million Menschen in Deutschland leiden, und zum anderen für die Rehabilitation von Patienten, die insbesondere nach einem Schlaganfall unter Sehstörungen leiden. Es gibt immer mehr Hinweise, dass diese Defizite durch Übungen abgemildert und dass teilweise die erforderlichen Funktionen von anderen als den geschädigten Hirnarealen übernommen werden können.

- In der Abteilung Humanneurobiologie des Instituts für Hirnforschung wird die Rolle des sogenannten perzeptuellen Lernens untersucht. Wie schaffen es Menschen, nach geeignetem Training Merkmale zu erkennen, die kleiner sind als der Durchmesser der Photorezeptoren unserer Netzhaut? Die Mechanismen sind ähnlich denen, die es Weinkennern ermöglichen, nach jahrelangem Training nicht nur Rebsorten, sondern auch unterschiedliche Jahrgänge und „Lagen“ von Weinen zu unterscheiden. Anhand von Verhaltensexperimenten sowie Summenpotenzialableitungen (ähnlich dem EEG) und funktioneller Kernspintomografie wird untersucht, wie sich Wahrnehmung durch Training verbessern lässt und wie sich Hirnströme und

- Die Forschungen haben zudem ergeben, dass eine Rückmeldung über die erbrachte Leistung sehr wichtig ist. Versuchspersonen lernen schneller, wenn sie über Fehler unterrichtet werden, die sie beim Unterscheiden von Reizen gemacht haben, als ohne eine solche Fehlerrückmeldung. Werden dagegen häufig „richtige“ Antworten als „falsch“ bezeichnet, kann nicht gelernt werden – ein wichtiger Hinweis darauf, wie wichtig es ist, bei der Erziehung und in der Schule die Leistungen von Kindern und Jugendlichen konsistent zu beurteilen. Noch zu untersuchen ist die Frage, ob auch das undifferenzierte Loben, also das Ausbleiben jeder Fehlermeldung, ähnlich negative Folgen hat. ●●●

Information

Professor Dr. Manfred Fahle, Universität Bremen, Institut für Hirnforschung, Abteilung Humanneurobiologie, Argonnenstr. 3, D-28334 Bremen, Tel.: ++49 421 218-9526, Fax: ++49 421 218-9525, mfahle@uni-bremen.de

Bloß keine Drogen in der Pubertät

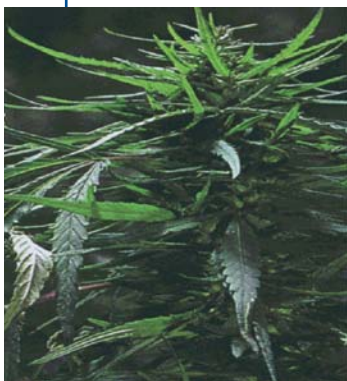
Michael Koch: Was Drogen wie Alkohol oder Cannabis im Gehirn anrichten – Alarmierende Befunde aus Tierexperimenten

Seite 6

Institut für Hirnforschung (Abteilung Neuropharmakologie)



- Rauschdrogen wie Alkohol, Cannabis und Ecstasy werden in zunehmendem Maße von Jugendlichen konsumiert. Ihre suchtauslösende Wirkung und ihr schädigender Einfluss auf das Gehirn des erwachsenen Organismus sind bereits relativ gut erforscht; was diese Drogen dagegen in dem sich entwickelnden Nervensystem von Heranwachsenden anrichten, ist weitaus weniger erforscht.
- Insbesondere während der Pubertät finden entscheidende Reifungsprozesse des Gehirns statt. Dies gilt vor allem für diejenigen Hirngebiete, die für kognitive Funktionen (Lernen, Gedächtnis, Aufmerksamkeit, Handlungsplanung) verantwortlich sind, wie beispielsweise die frontale Hirnrinde.
- Wie die meisten Rauschdrogen besitzen insbesondere Alkohol und Cannabis ein breites Wirkungsspektrum und interagieren mit mehreren Transmittersystemen im Gehirn. Da liegt die Gefahr für weitreichende Schädigungen. Da gerade Alkohol und Cannabis sehr häufig bereits in der Pubertät konsumiert werden, müssen diese Mechanismen und Zusammenhänge dringend untersucht werden, um die Risiken vernünftig einschätzen zu können.
- Befunde aus Tierexperimenten sind alarmierend. In der Abteilung Neuropharmakologie des Instituts für Hirnforschung erforschen Wissenschaftler die Wirkung von Cannabispräparaten und von Alkohol auf die Entwicklung des Gehirns von Ratten. Mit biochemischen, anatomischen und physiologischen Methoden werden einerseits die neuropathologischen Folgen der chronischen Gabe von Cannabis und Alkohol untersucht. Andererseits werden bei den erwachsenen Ratten, die während der Pubertät behandelt wurden, in aufwändigen Verhaltenstests verschiedenste kognitive Funktionen geprüft.
- Die bisherigen Studien zeigen eindeutig: Die chronische pubertäre Gabe von Präparaten, die Cannabisrezeptoren stimulieren, führt dazu, dass grundlegende kognitive Funktionen nachhaltig gestört werden. Die gleiche Behandlung bei erwachsenen Ratten zeigte keine Wirkung. Ähnliche Ergebnisse liegen inzwischen auch für die pubertäre Alkoholgabe vor. Hier kommt es zu neuropathologischen Veränderungen, die wahrscheinlich kaum oder sogar gar nicht reversibel sind. Alarmierender kann die Warnung vor pubertärem Drogenkonsum nicht sein. ●●●



Hanfpflanzen:
v.l. weibliche, männliche
und Hanfblüte

Information

Professor Dr. Michael Koch, Universität Bremen, Institut für Hirnforschung, Gebäude NW 2, Raum A 4038, Leobener Straße, D-28359 Bremen, Tel.: ++49 421 218-7278, Fax: ++49 421 218-4932, michael.koch@uni-bremen.de

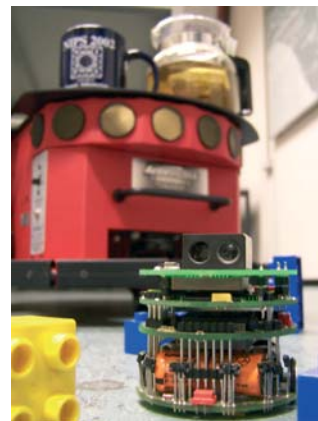
Prothesen fürs Gehirn

Axel Gräser, Klaus Pawelzik, Andreas Kreiter: Brain-Computer Interface
oder wie behinderte Menschen besser mit ihrer Umwelt kommunizieren können

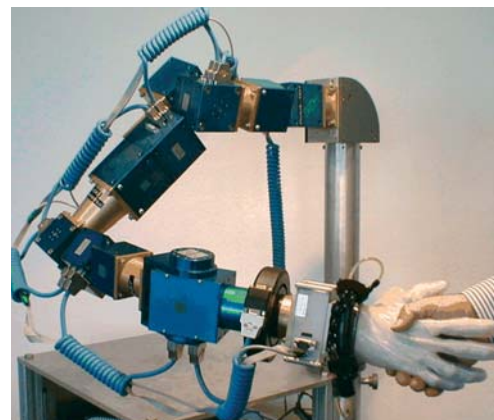
Seite 7

Institut für Automatisierungstechnik, Institut für Theoretische Physik, Institut für Hirnforschung

- Der Gesamtverlust der Muskelsteuerung – infolge einer Wirbelsäulenverletzung oder einer degenerativen Krankheit wie der amyotrophen Lateralsklerose (ALS) z. B. – verändert das Leben der Patienten drastisch. Sich mit der Umwelt verständigen zu können, ist aber für Menschen, die ihre Kommunikationsfähigkeit eingebüßt haben, lebenswichtig. Das weiß man aus der Arbeit mit Patienten, die nach Schlaganfällen oder anderen Krankheiten gelähmt sind. Ein sogenanntes Brain-Computer Interface (BCI) kann in solchen Fällen einen zusätzlichen Kanal für die Kommunikation mit der Umwelt zur Verfügung stellen. Das verbessert nicht nur die Lebensqualität der Patienten sehr stark, sondern kann auch die Pflegekosten erheblich senken.



- Das Brain-Computer Interface interpretiert Aktivitäten des menschlichen Gehirns, die mit einem Elektroenzephalogramm (EEG) durch Elektroden an der Oberfläche des Kopfes gemessen werden. In einem speziellen Training lernt der Patient, mittels Gedanken spezifische Gehirnaktivitäten zu erzeugen, die mit Hilfe des Computers klassifiziert werden können. Später können diese Gehirnströme als Steuerungssignale für Prothesen oder für die Kommunikation mit anderen Menschen verwendet werden.



- Auf diesem Gebiet arbeitet das Institut für Automatisierungstechnik (IAT). Es ist spezialisiert auf die Rehabilitationsrobotik und erforscht Anwendungen, die das Alltagsleben von Behinderten erleichtern. Das Institut koordiniert zudem das EU-Projekt *BrainRobot*: Hier wird der Einsatz von BCI sowohl zur Kontrolle eines Roboterarms als auch in einer intelligenten Umgebung untersucht. >>>>



(von oben) Vom fahrenden Teeservice über den Roboterarm bis zum mobilen Rollstuhl: Intelligente Algorithmen lernen die Bedürfnisse von Menschen zu verstehen und Wünsche zuverlässig auszuführen.

Prothesen fürs Gehirn, Forts.

Seite 8

- Während EEG-basierte BCI-Anwendungen aus den Forschungslaboren langsam in den Alltagsgebrauch übergehen, arbeitet die Abteilung Neurophysik bereits an der nächsten Stufe zur mobilen Erfassung von Gehirnsignalen: Hirnaktivitäten werden mittels Funkwellen übertragen. Diese patentierte Technologie der Abteilung Neurophysik macht die bisherigen Apparaturen mit unhandlichen Kabelbäumen überflüssig. Zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme in Duisburg testet das Institut für Hirnforschung im Tierversuch die drahtlose Übermittlung von Gehirnsignalen. Die Vorteile der neuen Technik fallen richtig ins Gewicht: Durch die drahtlose Übertragung ist der Träger einer solchen Prothese fast uneingeschränkt mobil. Außerdem werden, da die Signale direkt gewonnen werden, Handlungsabsichten schneller und genauer in die Tat umgesetzt.

- Menschen, die aufgrund ihrer Behinderung nicht mehr sprechen können, können mit einem BCI Textmitteilungen verfassen und damit wieder mit den Mitmenschen kommunizieren. Trotz modernster Dekodierungsmethoden schaffen Versuchspersonen – bedingt durch das umständliche Steuern eines Cursors – allerdings nur zwei Buchstaben pro Minute. Die präzisen Informationen über unsere Absichten liegen aber bereits in den Aktivitäten der Nervenzellen im Gehirn vor: Alleine durch Konzentration auf einen Buchstaben einer virtuellen Tastatur könnte man diesen auf dem Bildschirm erscheinen lassen – vorausgesetzt diese Information lassen sich aus den Hirnsignalen auslesen. Am Institut für Hirnforschung wird daher untersucht, wie Aufmerk-

samkeit in den Aktivitäten der Nervenzellen im Gehirn kodiert wird. Mit der Entwicklung von neuen Ableitungs- und Dekodierungsmethoden betreten das Institut und die Abteilung Neurophysik des ZWK wissenschaftliches und technisches Neuland.

- Langzeitanwendungen von Gehirnprothesen sind derzeit rar, denn das Gehirn ist ein dynamisches System, das sich ständig umordnet, lernt und neuen Situationen anpasst. Nutzer von Prothesen müssen häufig und für längere Zeit in der Klinik sein, denn ein BCI kann mit dem Gehirn nur dann „Schritt halten“, wenn es regelmäßig unter ärztlicher Aufsicht neu justiert und trainiert wird. Einen Ausweg bietet ein neuer Ansatz der Bremer Neurophysiker, den sie gemeinsam mit der Hebrew University in Jerusalem und dem BCCN in Freiburg verfolgen: Untersucht werden selbstlernende Algorithmen, die sich den wechselnden Gegebenheiten im Gehirn laufend anpassen. Simulationen beweisen, dass es mit Standardmethoden der Signalerfassung bereits heute möglich ist, einen Roboterarm durch Hirnsignale gleichbleibend zuverlässig zu steuern, selbst wenn sich die Kodierung im Gehirn ständig ändert. Ermöglicht wird dies durch die zusätzliche Auswertung von Gehirnaktivität, die den Grad der Zufriedenheit eines Patienten mit der Leistung der Prothese signalisiert. ●●●

Professor Dr. Axel Gräser, Universität Bremen, Institut für Automatisierungstechnik, Otto-Hahn-Allee 1, 28359 Bremen, Tel.: ++49 421 218 7523, Fax: ++49 421 218 4596, ag@iat.uni-bremen.de; Professor Dr. Klaus Pawelzik, Universität Bremen, Institut für Theoretische Physik, NW1, M 3170, Otto-Hahn-Allee 1, 28334 Bremen, Tel.: ++49 421 218-3645, Fax: ++49 421 218-9104, pawelzik@neuro.uni-bremen.de; Professor Dr. Andreas Kreiter, Universität Bremen, Institut für Theoretische Neurobiologie, Biologischer Garten, Hochschulring 16a, D-28359 Bremen, Tel.: ++49 421 218 9086, Fax: ++49 421 218 9004, kreiter@brain.uni-bremen.de

Information

Das emotionale Gedächtnis

Gerhard Roth, Ursula Dicke: Wie Gehirn, Verstand und Gefühle im limbischen System zusammenspielen

Seite 9

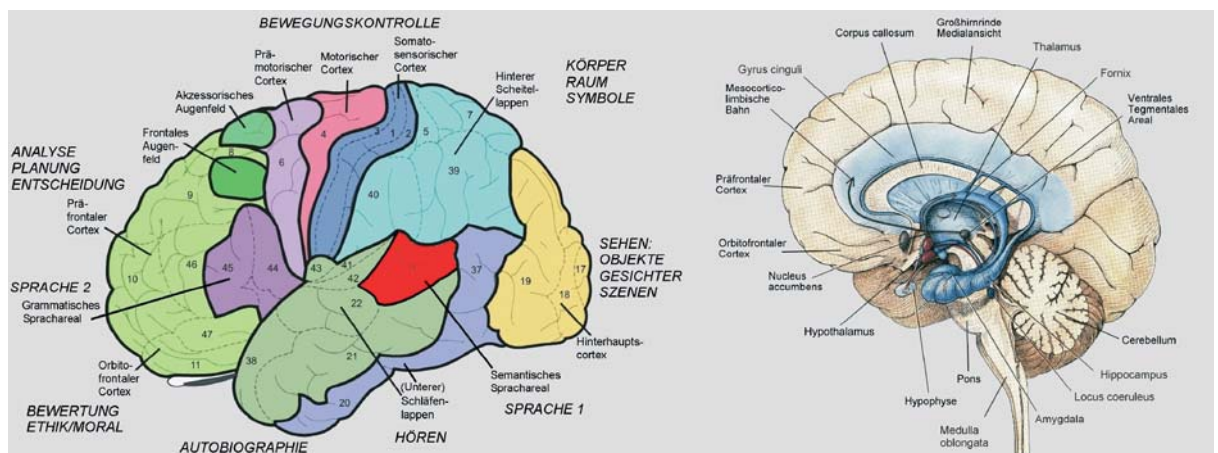
Institut für Hirnforschung (Abteilung für Verhaltensphysiologie und Entwicklungsneurobiologie)

- Der Verstand sagt, wir sollen dieses tun und jenes lassen, die Gefühle veranlassen uns (zu) oft zum Gegenteil. Deshalb heißt es: Gebrauche deinen Verstand, beherrsche deine Gefühle! Zugleich sind für die meisten Menschen Gefühle auch das Einzige, was das Leben lebenswert macht. Wie passt dies zusammen? Diese Frage stellen sich Psychologen, Psychiater und seit einiger Zeit auch Hirnforscher.

- Gefühle werden von Gehirnzentren hervorgebracht und kontrolliert, die zum limbischen System gehören. Für das Negative, für Furcht, Angst, Enttäuschung, ist vornehmlich die Amygdala zuständig; für das Positive, Beglückende und Lustvolle sind es vor allem das ventrale tegmentale Areal und der Nucleus accumbens. Beide signalisieren die Bedeutungshaftigkeit von Ereignissen. Die Details des leid- und lustvollen Geschehens werden allerdings nicht hier, sondern im deklarativen, bewusst berichtbaren Gedächtnissystem gespeichert. Sein Organisator ist die

Hippocampus-Formation. Sie legt fest, welche Inhalte in welcher Weise in den vielen „Erinnerungsschubladen“ der Großhirnrinde niedergelegt und von dort gegebenenfalls wieder abgerufen werden.

- Sind wir mit einer Situation konfrontiert, die irgendwie für uns wichtig ist (z. B. Handlungsentscheidungen abfordert), dann wird unser emotionales Gedächtnis befragt, ob es Vorerfahrung mit entsprechenden Situationen gibt. Die Antwort erleben wir als positive oder negative Gefühle, indem die entsprechenden limbischen Zentren Informationen in die bewussteinsfähige Großhirnrinde senden. Details fügt dann die Hippocampus-Formation hinzu. Ist der Hippocampus intakt, die Amygdala jedoch funktionsunfähig, so können Menschen sich an Geschehnisse erinnern, empfinden jedoch keine Gefühle (z. B. Furcht), und sie tun dann Dinge, die sie vermeiden sollten. Patienten mit einer Störung des Hippocampus und einer intakten » » »



links: die menschliche Großhirnrinde mit wichtigen Unterteilungen und Funktionen; rechts: Längsschnitt durch das Gehirn mit den wichtigsten limbischen Zentren, wo positive (Nucleus accumbens, Ventrales Tegmentales Areal) und negative Gefühle (Amygdala) entstehen und wo die Gedächtnisorganisation (Hippocampus), die Aufmerksamkeits- und Bewusstseinssteuerung (Locus coeruleus, Thalamus) und die vegetativen Funktionen (Hypothalamus) lokalisiert sind.

Das emotionale Gedächtnis, Forts.

Seite 10

Amygdala haben vor Dingen Furcht, ohne zu wissen, weshalb. Durch Dauerstress kann der Hippocampus stark geschädigt werden. Das könnte die Umwandlung von konkreter Furcht in diffuse, „namenlose“ Angst erklären.

- Ohne das limbische Bewertungssystem, das alle Wirbeltiere in sich tragen, wären wir überlebensunfähig. Es beginnt seine Arbeit bereits vor der Geburt und setzt sie verstärkt in den ersten Wochen, Monaten und Jahren unseres Lebens fort, – in einer Zeit also, in der die wichtigsten Dinge passieren. In dieser Weise formen sich Charakter oder Persönlichkeit sehr früh und weitestgehend vorbewusst und werden zunehmend resistent gegen spätere Erfahrungen.

- Wozu aber haben wir überhaupt eine bewussteinfähige vernünftige Großhirnrinde, wenn doch alles emotional und überwiegend unbewusst entschieden wird? Die Antwort hierauf lautet: Der bewussteinfähige Cortex wird immer dann eingeschaltet, wenn es darum geht, Geschehnisse in größeren Details zu verarbeiten oder verschiedenartige Gedächtnisinhalte zusammenzufügen, und wenn es um komplexe Handlungsplanung geht – also um all die Fälle, für die das Gehirn keine fertigen Rezepte parat hat. Dennoch bleibt die Tatsache, dass das limbische System das letzte Wort hat. Dies ist biologisch sinnvoll, denn so wird garantiert, dass wir dasjenige tun, was sich in unserer gesamten Erfahrung bewährt hat. Gefühle sind diese Gesamterfahrung in konzentrierter Form; sie könnte in entsprechenden Details niemals bewusst repräsentiert werden. Der für uns oft leidvolle Widerstreit zwischen Verstand und Gefühlen wird von unserer biologischen Natur – gefühllos – in Kauf genommen.

- Diese Erkenntnisse sind außerordentlich wichtig für ein besseres Verständnis menschlichen Handelns und der Grenzen und Möglichkeiten, dieses Handeln zu verändern, z. B. in der Schule, durch Erziehung oder im Bereich der Personalführung. Zugleich haben sie auch große technische Bedeutung. Informatik und Robotik sind seit längerem daran interessiert, Roboter zu bauen, die die Folgen ihres Verhaltens bewerten und diese Bewertungen im Gedächtnis abspeichern können, also zur Selbstevaluation fähig sind. Dies wiederum wird als Voraussetzung für die Fähigkeit zur Selbststeuerung angesehen („autonome“ Roboter). Allerdings ist es hier unmöglich, das limbische System des Menschen oder von Säugetieren mit großen Gehirnen technisch zu realisieren. Daher bietet sich hier das genaue Studium „kleiner“ limbischer Systeme an, wie sie sich bei Kleinsäugetieren und Amphibien finden.

- In der Abteilung für Verhaltensphysiologie und Entwicklungsneurobiologie untersuchen Wissenschaftler den Aufbau und die Funktion des limbischen Systems als Entstehungsort von Affekten und Emotionen und deren Wechselwirkung mit kognitiven Leistungen sowie die sich daraus ergebenden Wirkungen auf die Handlungssteuerung und den Wissenserwerb. Ein weiteres Arbeitsfeld ist die Frage, wie sich diese Erkenntnisse technisch in der Informatik und der Robotik umsetzen lassen. ●●●

Information

Professor Dr. Dr. Gerhard Roth, Universität Bremen, Institut für Verhaltensphysiologie und Entwicklungsneurobiologie, Gebäude NW 2, Leobener Straße, D-28359 Bremen, Tel.: ++49 421 218-3692, Fax: ++49 421 218-4549, gerhard.roth@uni-bremen.de; HD Dr. Ursula Dicke, Tel.: ++49 421 218 3140, Fax: ++49 421 218 4549, dicke@uni-bremen.de;

Erfolgreich handeln heißt falsche Entscheidungen vermeiden

Manfred Herrmann: Emotionen spielen bei der Informationsverarbeitung im Gehirn eine wichtige Rolle

Seite 11

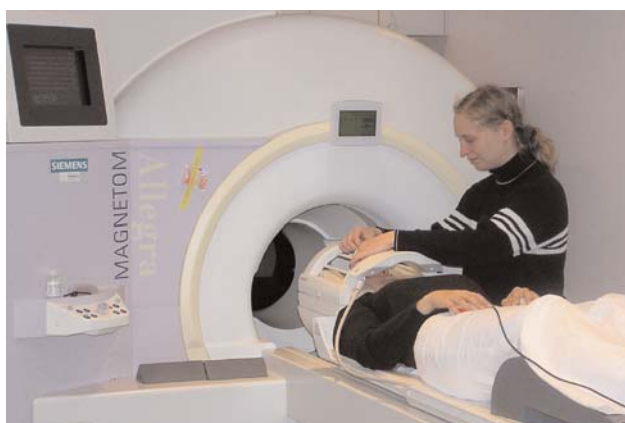
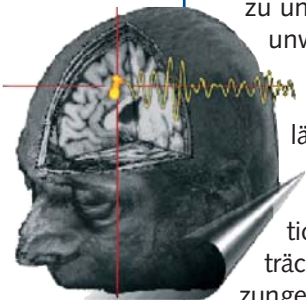
Institut für Kognitive Neurowissenschaften

- Unser Organismus wird in jedem Augenblick mit einer Vielzahl von Reizen und Informationen konfrontiert, die unter Umständen wichtig für das Verhalten sein können und eine schnelle und adäquate Reaktion erfordern. Die Kapazität unseres Gehirns, Informationen zu verarbeiten, ist jedoch begrenzt. Deshalb hat sich unser Gehirn im Verlauf der Evolution Strategien angeeignet, um nur aktuell bedeutungsvolle Reize zu verarbeiten und unwichtige Reize bzw. Informationen zu unterdrücken. Diese Unterdrückung von unwesentlichen Reizen oder falschen Handlungsalternativen geschieht in einem Prozess der Selektion und Bewertung. Er läuft in der Regel hoch automatisiert und unbewusst ab. Erst wenn dieser Prozess der Inhibitionskontrolle durch Fehlfunktionen oder Erkrankungen des Gehirns beeinträchtigt ist – wie etwa bei Schädel-Hirnverletzungen nach Autounfällen, beim Aufmerksamkeitsdefizitsyndrom im Kindes- und Erwachsenenalter, bei schizophrenen Psychosen, bei der Huntington'schen Erkrankung sowie vielen weiteren neurologischen und psychiatrischen Störungsbildern –, wird uns schmerzlich bewusst, wie wichtig die Unterdrückung irrelevanter Informa-

tionen ist. Erfolg ist daher nicht die Summe richtiger Entscheidungen, sondern das Resultat der erfolgreichen Unterdrückung falscher Entscheidungen.

- In der Abteilung für Neuropsychologie und Verhaltensneurobiologie des Instituts für Kognitive Neurowissenschaften werden unter anderem die neuronalen Mechanismen untersucht, mit welchen das menschliche Gehirn in der Lage ist, falsche Entscheidungen zu unterdrücken und Fehler zu kontrollieren. Dazu werden verschiedene Methoden eingesetzt. Sie erlauben entweder eine genaue Lokalisation (funktionelle Magnetresonanztomografie) oder eine zeitlich hochauflösende Darstellung (Magnetenzephalografie oder Elektroenzephalografie) der zugrundeliegenden Hirnaktivität.

- Neuere Untersuchungen haben ergeben, dass es entgegen bisheriger Annahmen nicht eine Instanz zur Fehlerkontrolle im Gehirn gibt, sondern dass in Abhängigkeit von der Aufgabe mehrere Netzwerke aktiv werden. Die neurowissenschaftliche Forschung der letzten Jahre hat auch gezeigt, dass viele Entscheidungen schon

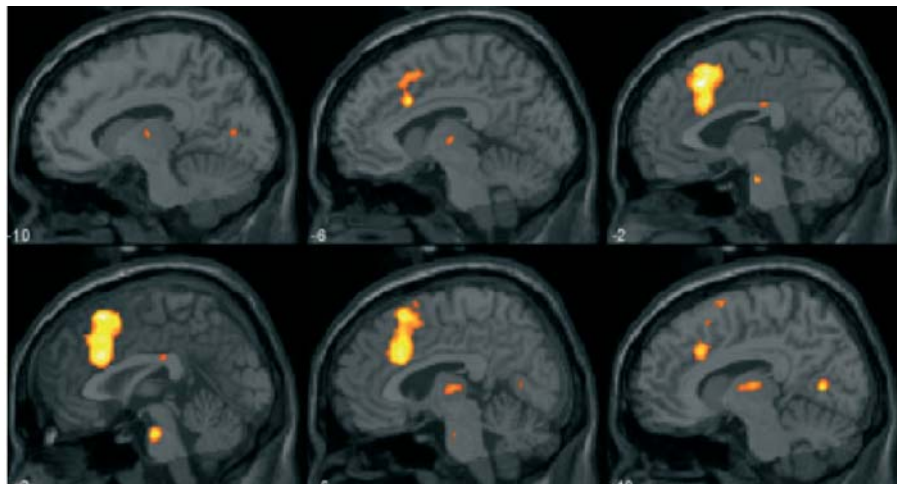


Untersuchung im Kernspintomografen:
Während die Probandin in der „Röhre“ über ein Spiegelsystem Aufgaben löst, wird die Gehirnaktivität gemessen.

Erfolgreich handeln, Forts.

Seite 12

getroffen bzw. unterdrückt werden, noch bevor diese überhaupt bewusst wahrgenommen werden. Hier spielt insbesondere der emotionale Gehalt der Informationen – aber auch der emotionale Grundzustand des Handelnden – eine besondere Rolle. Die besondere Rolle von Emotionen bei der erfolgreichen Unterdrückung falscher Handlungsalternativen wird daher in den kommenden Jahren in der wissenschaftlichen Betrachtung an Bedeutung gewinnen. ●●●



Funktionelle Magnetresonanztomografie während einer Aufgabe zur Kontrolle irrelevanter Handlungen: Gelb dargestellt sind Gehirnareale im mittleren Anteil des Stirnhirns, die bei der Entdeckung von Fehlern aktiv sind.

Information

Professor Dr. Dr. Manfred Herrmann, Universität Bremen, Institut für Kognitive Neurowissenschaften, Abteilung Neuropsychologie/Verhaltensneurobiologie, Grazer Str. 6, D-28359 Bremen, Tel.: ++49 421 218-8225, Fax: ++49 421 218-4408, manfred.herrmann@uni-bremen.de

Aufmerksamkeit: Das Tor zum Bewusstsein

Andreas Kreiter: Die komplexen kognitiven Leistungen des menschlichen Gehirns

Seite 13

Institut für Hirnforschung (Abteilung Theoretische Neurobiologie)

- Die meisten Menschen kennen wohl Situationen, in denen sie von der schier Menge gleichzeitig auf sie einwirkender Information schlicht überfordert werden und möglicherweise für kurze Zeit sogar die Orientierung zu verlieren drohen. So geht es dem Autofahrer, der im Schilderwald des Verkehrskreisels nicht nur die richtige Abzweigung finden muss, sondern gleichzeitig durch Fahrzeuge vor ihm und vielleicht eine Straßenbahn, die denselben Kreislauf durchfährt, in Anspruch genommen wird, und der dann beim Rechtsabbiegen den von hinten heransausenden Radfahrer „übersieht“. Oder dem Schulkind, das von der letzten Tischreihe aus nur schwer die zu klein geratene Beispielrechnung zu entziffern vermag, aber gleichzeitig über das Getuschel der Mitschüler hinweg den mündlichen Erläuterungen des Lehrers folgen soll.
- Die Menge an Informationen, die auf den Menschen einströmen, ist um ein Vielfaches höher, als sein Gehirn gleichzeitig zu verarbeiten vermag. Erfolgreiches Handeln setzt daher voraus, dass das Gehirn in jedem Moment die eingehende Information prüft: Was ist wichtig? Oder könnte in Kürze wichtig sein? Was ist unwichtig?

Was wird weiterverarbeitet und was nicht? Diese Auswahl wird durch das Aufmerksamkeitssystem vorgenommen, meist ohne dass wir uns dessen explizit bewusst werden. Dieses System folgt dabei bestimmten inneren Regeln: so scheinen sich verändernde Reize in unserer Umwelt zunächst einmal interessant und werden mit hoher Wahrscheinlichkeit weiter verarbeitet, während unveränderte Information tendenziell uninteressant ist und nur wenig Verarbeitungsressourcen zugewiesen bekommt. Das Aufmerksamkeitssystem sorgt wie ein Torwächter dafür, dass die begrenzten Verarbeitungskapazitäten des Gehirns für die tatsächlich verhaltensrelevante Information verfügbar sind. Doch wie bewerkstelligt unser Gehirn diese enorme Leistung? Wie gelingt es, zu jedem beliebigen Zeitpunkt aus der Gesamtheit verfügbarer Information die für uns wichtige heraus zu filtern? Welche neuronalen Mechanismen sorgen dafür, dass uns bestimmte Reize „bewusst“ werden, während andere „unbewusst“ bleiben?

- In der Abteilung für Theoretische Neurobiologie des Instituts für Hirnforschung untersuchen Wissenschaftler mit modernsten neurowissenschaftlichen Methoden, wie komplexe kognitive Leistungen auf Ebene einzelner Nervenzellen, d. h. der „Bausteine“, aus denen jedes Gehirn zusammengesetzt ist, funktionieren. Wie z. B. ändert sich das Aktivitätsmuster einer Nervenzelle oder einer kleinen Gruppe von Nervenzellen, wenn sie durch einen Reiz aktiviert werden, der mit Aufmerksamkeit belegt ist? Ist der Sehvorgang abhängig von der Art, wie wir unsere Aufmerksamkeit verteilen?

- Genau diese Vermutung hat sich in den letzten Jahren mehr und mehr bestätigt. Studien in verschiedenen Gebieten des visuellen Kortexes, der aus mehr als dreißig unterscheidbaren Arealen besteht, haben gezeigt, dass das Aufmerksamkeitssystem die Aktivität von Zellen in spezifischer Weise verändert, abhängig davon, ob der visuelle Reiz, an dessen Verarbeitung die Zelle

» » »



Aufmerksamkeit, Forts.

Seite 14

beteiligt ist, verhaltensrelevant oder verhaltensirrelevant ist. Insbesondere scheint die koordinierte Aktivität großer Gruppen von Neuronen durch Aufmerksamkeit verändert zu werden: In der Abteilung wird die Hypothese verfolgt, dass Neurone, die zu einem bestimmten Zeitpunkt an der Verarbeitung desselben Objektes beteiligt sind, sich dadurch als zusammen gehörig kennzeichnen, dass sie ihre elektrischen, etwa eine Millisekunde andauernden Signale zum exakt selben Zeitpunkt geben. Solche synchronen Entladungen erfolgen häufig in einem Rhythmus von etwa 40 bis 60 Ereignissen pro Sekunde und werden als Gamma-Band Oszillationen bezeichnet. Am Institut für Hirnforschung haben Wissenschaftler gezeigt, dass Aufmerksamkeit diese präzisen zeitlichen Beziehungen zwischen den Neuronen beeinflusst, und zwar derart, dass gamma-oszillatorische Aktivität weitaus stärker ausgebildet wird, wenn die beteiligten Neuronen einen mit Aufmerksamkeit belegten Reiz verarbeiten, während die Synchronisation von Neuronen, die einen nicht mit Aufmerksamkeit belegten Reiz verarbeiten, allgemein abnimmt.

- Welche Bedeutung haben solche oszillatorischen Aktivitätsmuster im Gehirn? Aus der psychologischen Literatur ist bekannt, dass nur mit Aufmerksamkeit bedachte Inhalte in das Bewusstsein dringen können. Der Nachweis, dass durch selektive Aufmerksamkeit die zeitlichen Aktivitätsmuster im Gehirn beeinflusst werden, begründet die Vermutung, dass diese zeitlichen Aktivitätsmuster – eben jene synchronen gamma-oszillatorischen Entladungen – in engem Zusammenhang mit Prozessen der bewussten Wahrnehmung stehen.

- Diese Schlussfolgerung hat wichtige Implikationen für jüngere klinische Studien, in denen nachgewiesen wurde, dass schizophrene Patienten, die unter halluzinatorischen Wahrnehmungen leiden, oft übermäßig starke gamma-oszillatorische Aktivitätsmuster aufweisen. Die neueren Ergebnisse aus Bremen begründen die Vermutung, dass zwischen der Entstehung dieser scheinbaren Wahrnehmungen und den krankhaft verstärkten oszillatorischen Gamma-Aktivitäten der Neurone ein konkreter Zusammenhang besteht. ●●●



Ist der Sehvorgang abhängig von der Art, wie wir unsere Aufmerksamkeit verteilen? Genau diese Vermutung hat sich in den letzten Jahren mehr und mehr bestätigt. Das zeigen Bremer Untersuchungen der oszillatorischen Aktivitätsmuster im Gehirn.

Information

Professor Dr. Andreas Kreiter, Universität Bremen, Institut für Hirnforschung, Abteilung für Theoretische Neuobiologie, Biologischer Garten, Hochschulring 16 a, D-28359 Bremen, Tel.: ++49 421 218-9086, Fax: ++49 421 218-9004, kreiter@brain.uni-bremen.de

Das Ringen um die Wahrnehmung

Canan Basar-Eroglu, Michael Aurel Stadler, Günter Vetter: Wahrnehmen und erkennen oder wie wir unsere Wahrnehmung organisieren

Seite 15

Institut für Psychologie und Kognitionsforschung

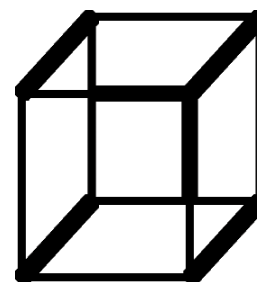
- Wenn wir uns in dem Raum umschaun, in dem wir uns gerade befinden, dann nehmen wir ihn eindeutig wahr: die Ecken des Raumes, seine Höhe und Tiefe. Auch wenn uns diese Wahrnehmung als geradezu zwingend erscheint, beruht sie doch auf einer ständigen ordnungsbildenden Leistung. Das wird besonders bei der Anschauung sogenannter „multistabiler“ Bilder deutlich. Nahezu alle Menschen, die z. B. den Necker-Würfel (im Bild) betrachten, sehen einen ständigen Wechsel der Vorder- und Rückseite des perspektivischen Würfels. Trotz dieser einfachen Bildvorlage ist unsere Wahrnehmung zu einer eindeutigen Sicht nicht in der Lage. Es gibt eine Vielzahl derartiger mehrdeutiger oder multistabiler Muster. Eines der bekanntesten ist die abgebildete Zeichnung einer Frau: Ist dies eine alte Frau mit ausgeprägter Nase oder eine junge Frau, die den Blick abwendet?

- Bilder dieser Art sind sehr bedeutsam für das Verständnis der visuellen Wahrnehmungsorganisation. Denn es gibt viele Umweltreize, deren räumliche Orientierung und Zusammengehörigkeit zu einer Gestalt unsere Wahrnehmung erst herstellen muss. Diese Organisations- und Ordnungsbildungsprozesse werden am Institut für Psychologie und Kognitionsforschung untersucht: Die Hirnaktivität wird per EEG während der Betrachtung multistabiler Muster gemessen.

- Anschließend werden die Signale analysiert. Den Methoden dieser Analyse liegt die Annahme zugrunde, dass die EEG-Ströme, die mittels aufgeklebter Elektroden auf der Kopfhaut gemessen werden, das Echo der darunter liegenden Neuronenverbände darstellen, ähnlich der Geräuschkulisse in einer Bahnhofshalle, der man aus einer gewissen Entfernung zuhört. Obwohl wir nur Gemurmel hören, wissen wir doch, dass hier viele sinnvolle Gespräche stattfinden. Mittels

vielfältiger Verfahren der Signalanalyse wird so in den EEG-Messdaten nach den ordnenden Strukturen gefahndet und nach denen, die für Wechsel zwischen verschiedenen Ordnungszuständen verantwortlich sind – wie im Falle des Necker-Würfels, bei dem das Ringen der Wahrnehmung um die Wahrnehmungsalternativen ständig präsent ist.

- Aufschluss über mögliche genetische Determinanten der Wahrnehmung soll die Analyse der Hirnaktivität (EEG) bei eineiigen Zwillingen während multistabiler Wahrnehmung geben. Weiterhin werden klinische Studien zur multistabilen Wahrnehmung bei Menschen mit psychotischen Erfahrungen durchgeführt, um zu erforschen, ob ihren veränderten Wahrnehmungen ein gestörtes Zusammenspiel der Gehirnaktivität zugrunde liegt. ●●●



Necker-Würfel



Junge oder alte Frau?

Information

Professor Dr. Canan Basar-Eroglu, Universität Bremen, Institut für Psychologie und Kognitionsforschung, Grazer Str. 4, D-28359 Bremen, Tel.: ++49 421 218-2360, Fax: ++49 421 218-4600, cbasar@uni-bremen.de

Die semantische Analyse von Bildern und Videos

Otthein Herzog: Die Rolle der Bildverarbeitung für die Hirnforschung

Seite 16

Technologie-Zentrum Informatik (Bereich Bildverarbeitung)

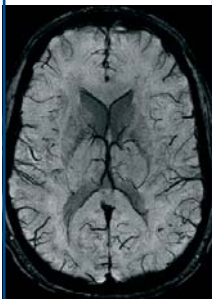
- Die Bildersuche in millionenfachen Datensätzen – das war bislang nur in textueller Form über einzelne Suchbegriffe bzw. die Volltextsuche in Suchmaschinen möglich. Mittlerweile können aber auch Bilder mit Bildern gesucht werden – mit einem intelligenten Retrieval- und Management-System, wie es der PictureFinder insbesondere für große Bilddatenbanken darstellt. Das System schafft die Möglichkeit der grafischen Bildsuche: Die Anfrage kann per Skizze des gesuchten Bildes, die aus farbigen oder strukturierten Flächen besteht, erfolgen oder anhand eines Beispielbildes. Der PictureFinder wurde bereits mit einer Million Bildern bei einem der größten deutschen Bilddatenanbieter getestet.

- Das System ist ein Ergebnis der Arbeiten am Bereich Bildverarbeitung des Technologie-Zentrums Informatik (TZI). Es beschäftigt sich vorwiegend mit der semantischen Analyse von Bildern und Videos, wobei besonders Methoden der Wissensverarbeitung und kognitiv begründete Bildverarbeitungsmethoden eingesetzt werden. Diese Kombination von symbolischen und sub-symbolischen Methoden erlaubt eine semantische Interpretation von Bildern, aber auch von Videos. Dabei werden folgende Techniken und Methoden angewandt: die Analyse von Grau- und Farbbildern bzgl. Farbe, Textur und Kontur, die Grauwert-, Farbbild- und Textursegmentierung, die Kantendetektion und Geometrieformerkennung, die Bildfolgen- und Videoszenenanalyse, die Bewegungsanalyse, die Wissenrepräsentation und -verarbeitung mit Hilfe attributierter Graph-Grammatiken und hypothesengesteuerter Inferenzprozesse sowie die modellbasierte Objektlageerkennung.

- Ein Fokus der Forschung liegt auf Bildfolgen, den Videos. Dabei wird eine Vielfalt von Methoden genutzt, die von Kamera- und Objektbewegungen über Sprachanalyse bis zur

Texterkennung und Beitragsklassifikation reicht, um automatisch Informationen zu gewinnen. Diese Methoden der automatischen Indexierung bilden zusammen mit der immer noch unvermeidlichen manuellen Annotation von Videosequenzen die Basis für Indexing- und Archivierungssysteme für multimediale Archive. Routinetätigkeiten von Archivaren werden vom System übernommen, und die manuelle Annotation kann signifikant beschleunigt werden.

- Die Wissenschaftler am TZI arbeiten auch an der Weiter- und Neuentwicklung von Indexierungsmethoden von Nachrichtensendungen und von Management- und Suchtechnologien für große Datenbestände. Der Fokus liegt auf einer semantisch signifikanten Segmentierung der Nachrichten, die eine effektive Suche im Archiv erst möglich macht. Die Forschungen des Bereichs Bildverarbeitung kommen auch Blinden und Sehbehinderten zugute. So werden z. B. Torten- und Balkendiagramme bzw. technische Zeichnungen wie elektronische Schaltkreise oder architektonische Grundrisse in einem semi-automatischen Prozess mit Methoden der Bild- und Wissensverarbeitung inhaltlich interpretiert und in speziellen Anwendungen durch Sprachausgabe und Klangeffekte „übersetzt“. Automatische Bildanalysen sind für unterschiedlichste wissenschaftliche Zwecke einsetzbar. So wurde z. B. für Projekte der Polar- und Meeresforschung Videomaterial ausgewertet und in Geoinformationssystemen weiterverarbeitet. ●●●



Information

Professor Dr. Otthein Herzog, Technologie-Zentrum Informatik, Bereich Bildverarbeitung, Am Fallturm 1, Eingang D oder E, D-28359 Bremen, Tel.: ++49 421 218-7089, Fax: ++49 421 218-7196, herzog@informatik.uni-bremen.de

Der Mensch – Krone der Schöpfung?

Ursula Dicke, Gerhard Roth: Hirnevolution und Intelligenz – Die Intelligenzleistungen von Tieren sind erstaunlich

Seite 17

Institut für Hirnforschung (Abteilung für Verhaltensphysiologie und Entwicklungsneurobiologie)

- Die Diskussion über die Beziehung von Gehirn und Intelligenz wird durch Berichte über erstaunliche Intelligenzleistungen von Tieren immer wieder neu angefacht. Wie lässt sich tierliche Intelligenz definieren und messen? Mentale Flexibilität und Verhaltensflexibilität eignen sich am ehesten dazu, denn sie können im Labor und in der Umwelt untersucht und beobachtet werden. Bei den Landwirbeltieren erscheinen Säugetiere und Vögel besonders intelligent; bei Vögeln sind es Rabenvögel, Papageien und Eulen, und bei Säugetieren Affen, Wale und Delfine. Deren Intelligenz ist offenbar unabhängig voneinander entstanden, und dies spricht gegen eine einzige evolutionäre Linie von Intelligenz, die im Menschen gipfelt.

- Menschen haben entgegen landläufiger Meinung weder absolut noch relativ zur Körpermasse das größte Gehirn bzw. die größte Hirnrinde (Cortex). Sie besitzen aber auf Grund der Cortexdicke und relativ höheren Zelldichte die größte Neuronenzahl, nämlich rund zwölf Milliarden. Das ist auch nicht deutlich mehr als bei Elefanten und Walen. Vermutlich verarbeitet der menschliche Cortex wegen der höheren Leitungsgeschwindigkeit und der geringeren Distanz zwischen Neuronen Informationen am effizientesten – offenbar eine wichtige Grundlage für die generelle kognitive Überlegenheit des Menschen gegenüber den Tieren. Hier gibt es jedoch eindrucksvolle Spezialisierungen, bei denen intelligentes Verhalten mit räumlicher Orientierung korrespondiert.

- Ein viel zitiertes Beispiel hierfür ist die Größe des Hippocampus bei Vögeln und Säugetieren. Die Korrelation ist aber nur schwach. Vögel, die Nahrung verstecken, zeigen keine bessere Leistung in räumlichen Orientierungstests als andere Vögel, und sie haben auch nicht immer den größten Hippocampus. Besser korreliert bei den Säugern die Cortexgröße mit der Komplexi-



Foto: Alexander Weir

Schlauer Rabe: Betty zieht mit einem Draht ein metallenes Futtergefäß aus einer Plastikröhre. Den Draht hat sie sich zuvor passend zurecht gebogen.

tät der sozialen Beziehungen. Paviane leben z. B. in einem komplexen Sozialgefüge und haben den größten Cortex der Altweltaffen. Ebenso findet sich eine Korrelation zwischen der Cortexgröße und dem Einsatz von Täuschung und Betrug in einer Affengemeinschaft.

- Zu den Eigenschaften, die traditionell nur dem Menschen zugeschrieben werden, gehören Einblick in die Mechanismen bei Werkzeugherstellung/-gebrauch, Imitation, Täuschung, Bewusstsein, Sprache oder auch die Empathie. Menschenaffen besitzen aber zumindest einige Spielarten von Bewusstsein, und sie, ebenso wie Delfine, erkennen sich im Spiegel. Menschenaffen und Rabenvögel zeigen einsichtiges Verhalten bei Werkzeugherstellung und -gebrauch. Dabei imitieren Menschenaffen Verhaltensweisen nicht detailgetreu, sondern überwiegend auf der Programmebene, bei der ein Ziel auf verschiedene Art und Weise erreicht werden kann. »»»

Der Mensch, Forts.

Seite 18

- Ein Verständnis dafür, dass ein anderes Individuum auch eine falsche Vorstellung von etwas haben kann, ist im Ansatz bei Schimpansen vorhanden. Schimpansen und auch Gorillas und Delfine können Drei-Wort-Sätze verstehen und benutzen. Ein einfaches semantisches Sprachareal ist also nicht einzigartig für Menschen; ob Menschenaffen ein syntaktisch-grammatikalisches Sprachareal haben, ist heftig umstritten. Dieses Broca-Areal ist beim Menschen auch bei Hand- und Mundbewegungen aktiv; solche Aktivierungen wurden ebenfalls bei den Spiegelneuronen in Makakengehirnen gefunden. Ungeklärt ist, ob die Wurzeln der Sprache in der vokalen, affektiv-emotionalen Kommunikation, in der visuellen Kommunikation mit Gesten und Nachahmung oder in einer Kombination beider liegen.

- Diese Forschungsergebnisse zeigen, dass es für intelligente Leistungen von Tieren und Mensch hirnanatomische und hirnhysiologische Korrelate gibt. Dies gilt vor allem für spezielle Eigenschaften der Endhirnrinde (Cortex, Pallium), die sich aus der Verknüpfungsstruktur und Verknüpfungsdynamik der dort angesiedelten neuronalen Netzwerke ergeben. Zum einen rücken sie den Menschen mit seinen scheinbar einzigartigen Fähigkeiten in die Nähe der Tiere: Die Unterschiede sind überwiegend quantitativ und nicht qualitativ. Zum anderen bildet ein tieferes Verständnis dieser Eigenschaften die Grundlage für vielfältige technische Anwendungen, z. B. in der Informationstechnologie, bei der Mensch-Maschine-Interaktion und bei der Entwicklung von „intelligenten“ Robotern. Bei dieser „Rekonstruktion“ bieten sich insbesondere auch kleine, d. h. wenige Millionen und nicht viele Milliarden umfassende Netzwerke an, wie sie sich etwa bei Amphibien finden.

- In der Abteilung für Verhaltensphysiologie und Entwicklungsneurobiologie untersuchen die Wissenschaftler unterschiedliche Wirbeltiergruppen (z. B. Amphibien, Fische, Säugetiere) in ihrem Verhaltensrepertoire und ihre kognitiven Leistungen und vergleichen diese mit strukturellen und funktionellen Eigenschaften ihrer Gehirne. Dies liefert einen wichtigen Beitrag zum Verständnis des Baues und der Funktion des menschlichen Gehirns und seiner Evolution sowie für Anwendungen in der Robotik. ●●●



Foto: Marino Gomes de Oliveira

Intelligenter Affe: Ein weiblicher Kapuzineraffe benutzt einen Stein als Hammer und einen Felsen als Amboss, um eine Palmennuss zu öffnen.

Information

HD Dr. Ursula Dicke, Universität Bremen, Institut für Verhaltensphysiologie und Entwicklungsneurobiologie, Gebäude NW 2, Leobener Straße, D-28359 Bremen, Tel.: ++49 421 218 3140, Fax: ++49 421 218 4549, dicke@uni-bremen.de; Professor Dr. Dr. Gerhard Roth, Tel.: ++49 421 218-3692, Fax: ++49 421 218-4549, gerhard.roth@uni-bremen.de