



B 6 / 2004 (9)

17. Februar 2004

Wir sehen, was wir gelernt haben

Noch im erwachsenen Alter wird unsere optische Wahrnehmung durch Lernprozesse im Gehirn optimiert, haben Tübinger Max-Planck-Wissenschaftler aufgedeckt

Durch die Vernetzung der Neuronen in den höheren kognitiven Regionen unseres Gehirns sind wir in der Lage, uns an Personen, Objekte oder Ereignisse zu erinnern. Dank der neuronalen Plastizität dieser Vernetzungen können wir uns auch immer wieder neue Inhalte merken. Forscher vom Tübinger Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik haben nun nachgewiesen, dass das Lernen auch starke Auswirkungen auf die Neuronen in den Seharealen selbst hat. Lernprozesse tragen also dazu bei, die Interaktion und Rückkopplung zwischen sensorischen und assoziativen Gehirnarealen zu optimieren und auf diese Weise den für unser Verhalten relevanten Informationsfluss von den Seharealen zu maximieren. Die neuen Ergebnisse werden am 17. Februar 2004 in der in der erst vor kurzem gegründeten Fachzeitschrift "Public Library of Science - Biology (PLoS Biology)" veröffentlicht.

Max-Planck-Gesellschaft
zur Förderung
der Wissenschaften e.V.
Referat für Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit

Hofgartenstraße 8
80539 München

Postfach 10 10 62
80084 München

Telefon: +49 (0)89 2108 - 1276
Telefax: +49 (0)89 2108 - 1207
E-Mail: presse@mpg-gv.mpg.de
Internet: www.mpg.de

Pressesprecher:
Dr. Bernd Wirsing (-1276)

Chef vom Dienst:
Dr. Andreas Trepte (-1238)

Online-Redaktion:
Michael Frewin (-1273)

ISSN 0170-4656



Abb. 1: Das natürliche Bild eines Löwen (rechts) wurde mit visuellem Rauschen (links) vermischt, um eine verrauschte, schwer erkennbare Version des natürlichen Bilds (siehe Mitte bzw. Titelbild der Zeitschrift) herzustellen.

Bild: Robert Shallenberger/US Fish and Wildlife Service

Das Gehirn von Primaten ist in der Lage, bekannte Objekte und Personen mit hoher Genauigkeit zu erkennen, obwohl diese in der Regel in komplexe und dynamische Szenen eingebettet sind. Diese Fähigkeit beruht nicht zuletzt darauf, dass Lernen und neuronale Plastizität es unserem Gehirn auch noch im

Erwachsenenalter erlauben, sich ständig neu an eine sich verändernde Umwelt anzupassen und seine Wahrnehmungsprozesse kontinuierlich zu optimieren. So begünstigt wiederholtes Beobachten erfahrungsgemäß das Erkennen, doch wie das Gehirn diese Verbesserungen tatsächlich koordiniert, wusste man bisher nicht.

Visuelle Signale werden zunächst von den Augen zur primären Sehrinde (V1) geleitet und von dort dann an nahe gelegene, ‚niedere‘ visuelle Verarbeitungsregionen (z.B. Areal V4) gesendet, die an der visuellen Merkmalsverarbeitung beteiligt sind. Gemeinsam bilden diese Gehirnregionen die so genannten "Sehareale" (vgl. Abb.2). Werden diese verletzt, führt das zu Blindheit. Von diesen Seharealen aus werden die visuellen Signale an ‚höhere‘ kognitive Hirnareale im Temporal- und Frontallappen weitergeleitet, die an der Repräsentation von Dingen und Personen beteiligt sind und deren Verletzung dazu führt, dass wir Gegenstände oder Personen nicht mehr erkennen können.



Abb. 2: Das Gehirn eines Makaken (*macaca mulatta*) (links) und eines Menschen (rechts) im Vergleich. Die Sehareale sind in beiden Gehirnen rot schattiert.

Bild: Klaus Lamberty/MPI für biologische Kybernetik

Inzwischen weiß man, dass Lernen im erwachsenen Alter die Aktivität und die Vernetzung von Neuronen in den höheren Gehirnarealen verändert. Man nimmt an, dass diese neuronalen Veränderungen die interne Repräsentation gelernter Inhalte darstellen. Hingegen glaubte man lange Zeit, dass sich die Eigenschaften der Sehareale selbst im erwachsenen Alter nicht mehr verändern. Zwar gibt es seit einiger Zeit erste Hinweise, dass sich die Sehareale ebenfalls beim Lernen verändern, aber welches Ausmaß und welche Verhaltensrelevanz diese Lerneffekte haben, wird immer noch kontrovers diskutiert.

Gregor Rainer, Han Lee und Nikos Logothetis vom Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik haben jetzt nachgewiesen, dass das Lernen tatsächlich auch die Aktivität der sensorischen Gehirnareale stark beeinflusst. Um diese Lerneffekte empirisch untersuchen zu können, hatten die Kognitionsforscher Affen trainiert, bestimmte Naturmotive auch noch in Computerbildern zu identifizieren, die mit Hilfe von Interpolationstechniken in unterschiedlichem Maße unkenntlich gemacht worden waren (vgl. Abb. 1).

Die Forscher zeigten den Affen am Monitor verschiedene Naturbilder, darunter auch von Vögeln und Menschen, in unterschiedlich stark verschwommenen Versionen. Die Affen sahen ein bestimmtes Bild und signalisierten dann, ob ein zweites Bild, das ihnen kurze Zeit später gezeigt wurde, mit dem ersten übereinstimmte oder nicht. Parallel dazu wurde immer die Aktivität der V4-Neuronen gemessen. Hierbei stellte sich heraus, dass sich bei neuen bzw. unvertrauten Bildern die Aktivität der Neuronen kaum

veränderte, während diese stark zunahm, wenn verrauschte Bilder gezeigt wurden. Die Wahrnehmung der teilweise unkenntlichen Bilder verbesserte sich, während zugleich die Aktivität und der Informationsgehalt von V4-Neuronen zunahm.

Doch wie können die einzelnen V4-Neuronen konkret die Fähigkeit verbessern, die verrauschten Bildmotive doch noch zu erkennen? Nachdem die Wissenschaftler eine Gruppe von Neuronen identifiziert hatten, die in Reaktion auf verrauschte Stimuli stärker feuerten, untersuchten die Forscher die Augenbewegungen der Affen, um herauszufinden, auf welche Weise die Affen ihnen bereits bekannte Motive in verrauschten Bildern wieder erkennen können. Hierbei zeigte sich, dass die Augenbewegungen nach dem Lernen wesentlich stärker bei den Original- und den dazu gehörigen verrauschten Bildern überlappten. Die Affen hatten also gelernt, ihre Aufmerksamkeit auf besonders herausragende Eigenschaften der Bilder zu konzentrieren und auf diese Weise auch die verschwommenen Versionen der Originalbilder zu erkennen.

Die Untersuchungen belegen, dass sich das Erkennen vage definierter Bilder durch das Lernen erheblich verbessert, und dass diese besseren Leistungen direkt mit Neuronen im Sehareal V4 in Verbindung stehen. Diese Neurone kompensieren undeutliche visuelle Inhalte, indem sie verschiedene Gehirnregionen miteinander koordinieren, was zu einer lernabhängigen Zunahme der Information über visuelle Inhalte im Sehareal V4 führte. Neurone im Sehareal V4 tragen also entscheidend dazu bei, die Unbestimmtheit von Wahrnehmungsinhalten aufzulösen. Sie interagieren dabei mit höheren Gehirnregionen, damit uneindeutige Bilder richtig interpretiert werden können.

Diese Befunde belegen, dass Lernen auch in den ‚niedereren‘ Seharealen zu Veränderungen des Informationsgehalts und der Aktivität von Neuronen führt. Sehen und Erkennen ist ein dynamischer Prozess, folgern Rainer und seine Kollegen, der durch die Interaktion zwischen ‚niedereren‘ sensorischen Regionen und dem Feedback aus ‚höheren‘ kognitiven Hirnarealen gekennzeichnet ist. Dazu werden die kontinuierlich auf der Netzhaut ankommenden Signale mit den Erwartungen und Erfahrungen des Gehirns verrechnet. Diese Integration zwischen Input und Erwartungen findet bereits in den ‚niedereren‘ Seharealen statt - wir sehen folglich das, was wir gelernt haben zu erkennen.

Das Projekt wurde unterstützt durch die Österreichische Akademie der Wissenschaften, die Max-Planck-Gesellschaft sowie die Deutsche Forschungsgemeinschaft (Heisenberg-Programm).

[AT]

Originalveröffentlichung:

Gregor Rainer, Han Lee & Nikos K. Logothetis

The Effect of Learning on the Function of Monkey Extrastriate Visual Cortex

PLoS Biology, 17. Februar 2004

Weitere Informationen erhalten Sie von:

Priv.-Doz. Gregor Rainer, Ph.D.

[Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, Tübingen](#)

Tel.: 07071 601-658

Fax: 07071 601-652

E-Mail: gregor.rainer@tuebingen.mpg.de