

*Neues aus der Welt der Wissenschaft*[ORF ON Science](#) · [News](#) · [Medizin und Gesundheit](#) · [Leben](#)

Satzzeichen in der Sprache des Gehirns entdeckt

Dass dem Denken und Handeln fein abgestimmte Prozesse im Gehirn zugrunde liegen, ist eine der Grundannahmen der Neurobiologie. Die Details dieser Vorgänge sind aber noch keineswegs restlos erforscht - und bergen daher noch einige Überraschungen. Zwei amerikanische Forscher haben nun in diesem Zusammenhang eine bedeutende Entdeckung gemacht: Sie fanden Signale, die man als Satzzeichen in der Sprache der Nervenzellen bezeichnen könnte.

Wie Naostaka Fuji und Ann M. Graybiel vom Hirnforschungszentrum des MIT berichten, senden gewisse Neuronen in der Großhirnrinde von Affen Signale aus, die das Ende von erlernten Bewegungen markieren. Die Autoren vermuten, dass hinter solchen Sequenzmarkierungen ein allgemeines biologisches Prinzip stecken könnte.

Der Artikel "Representation of Action Sequence Boundaries by Macaque Prefrontal Cortical Neurons," von N. Fujii und A. M. Graybiel erschien in "Science" (Band 301, S. 1246-9, Ausgabe vom 29.9.03).

[Science](#)

Botschaften brauchen Anfang und Ende

Botschaften, mit denen Informationen transportiert werden, können auf vielerlei Arten realisiert werden. Sei es durch Stromsignale in Mikroprozessoren, elektromagnetische Wellen oder durch Schriftzeichen auf einem Blatt Papier.

Gemeinsam ist diesen Botschaften, dass ihr Beginn und Ende irgendwie angezeigt werden müssen. Bei unserer Schriftsprache ist diese Funktion so alltäglich, dass sie uns bisweilen gar nicht mehr bewusst wird.

Sätze beginnen für gewöhnlich mit einem Großbuchstaben und enden mit einem Punkt und einem Leerzeichen. Dass das den Lesefluss sehr fördert, ist evident - Start- und Stopp-Signale sind also vor allem aus Gründen der Ökonomie und der Eindeutigkeit geboten.

Biologische Information: Beispiel genetischer Code

Auch im Bereich des Lebendigen spielt das Ökonomieprinzip eine tragende Rolle. Daher verwundert es nicht, dass man in biologischen Systemen Markierungen für Beginn und Ende von informationstragenden

Sequenzen findet.

Ein bekanntes Beispiel ist etwa der genetische Code: Das genetische Alphabet besteht aus den vier Buchstaben A, G, U und C. Jeweils eine Dreierkombination dieser Buchstaben wird in der Zelle in eine Aminosäure übersetzt.

Vier der 64 möglichen Buchstaben-Kombinationen haben eine besondere Aufgabe: Das Triplet AUG steht für den Beginn einer codierenden Sequenz, die Triplets UAA, UAG und UGA markieren deren Ende.

→ [Mehr zum genetischen Code \(Wikipedia\)](#)

Neuronen: Aktionspotenzial als kleinste Informationseinheit

Auch bei Nervenzellen - die ja schließlich auf die Informationsvermittlung spezialisiert sind - könnte es ähnliche Muster geben. Die kleinste Informationseinheit der neuronalen Verständigung kennt man bereits:

Nervenzellen können die Spannungsdifferenz zwischen Innen- und Außenmilieu sprunghaft ändern. Ergebnis ist das so genannte Aktionspotenzial, das in etwa der 1 im binären Code von Computern entspricht.

Mit einem wichtigen Unterschied: Computer bedienen sich eines strikt diskreten Codes, Nervenzellen können ihre Entladungsfrequenzen kontinuierlich verändern.

→ [Mehr zu Aktionspotenzialen \(Uni Bremen\)](#)

...

Verhalten besteht aus Bewegungsmodulen
Über die Codierungsformen auf höheren Verarbeitungsebenen des Gehirns war bis dato noch relativ wenig bekannt. Intuitiv würde man auch hier die Existenz von neuronalen Markierungen erwarten. Tatsache ist, dass sich das Verhalten von Tieren aus einer Reihe von erlernten und automatisierten Bewegungsformen zusammensetzt, die in eine strenge zeitliche Reihenfolge gebracht werden müssen.

Makkaken trainierten Augenbewegungen

Naostaka Fuji und Ann M. Graybiel untersuchten daher einen Abschnitt in der vorderen Großhirnrinde von Makkaken (der so genannte "präfrontale Cortex"), der sich genau mit dieser Aufgabe befasst.

Die Affen wurden darauf trainiert, durch Lichtsignale gesteuerte Augenbewegungen zu vollführen. Fujii und Graybiel maßen daraufhin die Aktivitäten der Nervenzellen im Hirnzentrum ihrer Wahl.

→ [Mehr zum präfrontalen Cortex \(Uni Graz\)](#)

Unbekanntes Signal ...

Zunächst zeigte sich, dass die untersuchten Neuronen pro Augenbewegung mit je einem Aktivitätsanstieg reagierten. Auffällig war, dass 270 bis 280 Millisekunden nach den Tests ein *zusätzliches* Signal im Gehirn der Makkaken erschien.

Bild: Science



Die amerikanischen Hirnforscher untersuchten daraufhin eine Reihe von Hypothesen, die die Herkunft dieses Signals klären sollten.

Die Aktivitätsspitzen der Neurone und das anschließende Extra-Signal (Pfeil).

... markiert Ende von Bewegungen

Die folgenden Experimente ergaben jedoch nur negative Resultate. Wie man den ursprünglichen Versuch auch abänderte, das Extra-Signal trat weiterhin stabil auf. Lediglich eine Variante brachte ein unterschiedliches Ergebnis:

Wurde das *letzte* Lichtsignal regelmäßig in einer anderen Farbe als die vorhergehenden präsentiert, dann reagierten die Nervenzellen bei dieser Farbe mit einer erhöhten Aktivität. Das folgende Extra-Signal verlor daraufhin an Stärke.

Sequenzmarkierung: Allgemeines biologisches Prinzip?

Fujii und Graybiel interpretieren dies folgendermaßen: "Unsere Ergebnisse legen nahe, dass einige Neuronen im präfrontalen Cortex eindeutige Signale tragen, die das Ende von erlernten Verhaltensweisen markieren."

Mit anderen Worten: Diese Eigensignale sind nichts Anderes als Punkt und Leerzeichen in der Sprache der Nervenzellen. Die beiden Autoren vermuten, dass solche Sequenzmarkierungen ein allgemeines Prinzip der biologischen Informationsverarbeitung widerspiegeln.

Robert Czepele, science.ORF.at

→ [MIT, Department of Brain and Cognitive Sciences](#)

Mehr zu diesem Thema in science.ORF.at

→ [Brain-Doping: Kreatin stärkt die Muskeln und den Geist](#)

→ [Links oder rechts? Wie das Gehirn entscheidet](#)

→ [Hirnforschung analysiert Todesnähe-Erfahrungen](#)

→ [Links im Hirn: Der Sitz von Chomskys "Universal-Grammatik"](#)

→ [Wie entsteht die Welt im Kopf?](#)

[[ORF ON Science](#) : [News](#) : [Leben](#)]

IHR KOMMENTAR ZU
DIESEM THEMA 

[sensortimecom](#) | 31.08, 14:25

So - etwa auf diese Art - hätte der Science-Artikel übersetzt und formuliert gehört;-) Da versteht man, was gemeint ist....

Naotaka Fujii und Ann M. Graybiel vom Massachusetts Institute of Technology beobachteten die neuronale Aktivität im präfrontalen Kortex und im frontalen Augenfeld (frontal eye field) von Makaken, die drauf trainiert waren, einem visuellen Reiz mit den Augen zu folgen. Wie die beiden Forscher in der aktuellen Ausgabe des Wissenschaftsmagazins Science berichten, wurden in zufälliger Folge ein bis sieben Reize präsentiert. Während

die Neuronen im frontalen Augenfeld selektiv auf die jeweilige Bewegungsrichtung der Augen reagierten, zeigte etwa die Hälfte der Neuronen im präfrontalen Kortex eine zusätzliche Aktivität etwa 270 bis 280 Millisekunden nach Beendigung der gesamten Sequenz. Dieses Extrafeuern erfolgte unabhängig von der Gesamtzahl der präsentierten Reize.

Durch Variationen der Versuchsanordnung konnten Fujii und Graybiel ausschließen, dass diese neuronale Aktivität etwa an die erwartete Belohnung oder an ein Nachlassen der Aufmerksamkeit gekoppelt ist. Dagegen verminderte sich die Intensität des Extrafeuerns, wenn das Ende der jeweiligen Versuchssequenz durch eine veränderte Farbe des visuellen Reizes angezeigt wurde.

Zugleich reagierten die Neuronen stärker auf diesen letzten Reiz. "Unsere Ergebnisse legen nahe", schreiben die Forscher, "dass einige Neuronen im präfrontalen Kortex besondere Signale transportieren, die die Vollendung eines gelernten Verhaltens markieren. (...) Die extra-feuernden Neuronen könnten regelrechte 'Ende-Kodierer' sein, die dynamisch externe physische Reize mit der neuronalen Repräsentation von Endstadien verbinden."

Ihre Funktion könnte unter anderem darin bestehen, Neuronen im präfrontalen Kortex auf ihren Anfangszustand zurückzustellen. Sie hätten demnach eine wichtige Funktion bei der Wahrnehmung kompletter Sequenzen, ähnlich dem Punkt, der im Schrifttext das Ende eines Satzes anzeigt.

siehe:

<http://www.heise.de/tp/deutsch/inhalt/lis/15531/1.html>

mfg E. 

[fussgaenger](#) | 29.08, 15:44

Bei diesem Absatz:

"Auch im Bereich des Lebendigen spielt das Ökonomieprinzip eine tragende Rolle. Daher verwundert es nicht, dass man in biologischen Systemen Markierungen für den Beginn und Anfang von informationstragenden Sequenzen findet."

soll es wohl "Markierungen fuer den Anfang und das Ende" heissen, oder? Uff, ist der Artikel kompliziert ... 

[fussgaenger](#) | 29.08, 17:04

Kuckuck? :-)

Das steht im Artikel noch immer so. Vielleicht stimmt es doch? Damit versteh ich den Satz auch nicht (waer der einzige gewesen ;-)).

[derdaniel](#) | 30.08, 20:18

Automatische Fehlerkorrektur

..da sieht mans mal wieder... der fehler ist mir garnicht aufgefallen weil ich bei solchen sachen immer drüberles und mir das richtige wort automatisch einsetze :o)

..sachn gibts...

Daniel (o:

Die ORF.at-Foren sind allgemein zugängliche, offene und demokratische Diskursplattformen. Bitte bleiben Sie sachlich und bemühen Sie sich um eine faire und freundliche Diskussionsatmosphäre. Die Redaktion übernimmt keinerlei Verantwortung für den Inhalt der Beiträge, behält sich aber das Recht vor, krass unsachliche, rechtswidrige oder moralisch bedenkliche Beiträge sowie Beiträge, die dem Ansehen des Mediums schaden, zu löschen und nötigenfalls User aus der Debatte auszuschließen.

Sie als Verfasser haften für sämtliche von Ihnen veröffentlichte Beiträge selbst und können dafür auch gerichtlich zur Verantwortung gezogen werden. Beachten Sie daher bitte, dass auch die freie Meinungsäußerung im Internet den Schranken des geltenden Rechts, insbesondere des Strafgesetzbuches (Üble Nachrede, Ehrenbeleidigung etc.) und des Verbotsgesetzes, unterliegt. Die Redaktion behält sich vor, strafrechtlich relevante Tatbestände gegebenenfalls den zuständigen Behörden zur Kenntnis zu bringen.

Die Registrierungsbedingungen sind zu akzeptieren und einzuhalten, ebenso Chatiquette und Netiquette!

[Übersicht: Alle ORF-Angebote auf einen Blick](#)