

Baden-Württemberg - der Biotechnologiestandort in Europa

07.02.2011

Jens Kremkow – Das neuronale Netzwerk als Schleuse?

In unserem Gehirn kommunizieren Milliarden von Nervenzellen und bringen Phänomene wie Denken, Fühlen oder Erinnern hervor. Welche grundlegenden Prinzipien der Informationsverarbeitung liegen dem „Chaos“ aus elektrischen Impulsen zugrunde? Dr. Jens Kremkow vom Bernstein Center Freiburg modelliert neuronale Prozesse im Computer. In komplexen Simulationen gelang es ihm und seinen Mitarbeitern zum Beispiel, Teile des Gehirns in vereinfachter Form nachzubauen und zu testen, wie sie als neuronale Schleuse die Weitergabe von elektrischer Erregung kontrollieren. Jüngst rückten Kremkow und seine Kollegen anhand sogenannter geschichteter Kortexmodelle einen Faktor in den Fokus, der zum Beispiel bei Entscheidungsfindungen eine Rolle spielen könnte: die Zeit.



Dr. Jens Kremkow (© privat)

Der Presslufthammer auf der Straße, die Sendung im Fernsehen, die Gesprächsfetzen aus der Küche. Wir werden in unserer natürlichen Umgebung in jeder Sekunde von Hunderten verschiedener Reize überflutet. Wie kommt es, dass einige von ihnen „zu uns durchdringen“ und andere nicht? Die selektive Wahrnehmung ist ein Beispiel für Entscheidungsprozesse auf neuronaler Ebene: Verschiedene Netzwerke von Nervenzellen in unserem Gehirn konkurrieren miteinander. Es geht darum, welche elektrische Aktivität weitergegeben und welche gehemmt wird und ausstirbt. Den Prozess der Weitergabe oder Hemmung von Aktivität nennen Neurowissenschaftler „Gating“, denn das Gehirn funktioniert offenbar wie ein Schleusentor, das nur bestimmte Informationen durchlässt. Aber Nervenzellen und Nervenzellverbände kennen keinen Inhalt von Reizen, sie „wissen“ nicht, dass etwas rot oder laut oder schön ist. Wie funktioniert also dieser Prozess auf der Ebene der neuronalen

Netzwerke? „Im Prinzip kommt es auf ein komplexes Zusammenspiel von erregenden und hemmenden Verbindungen an“, sagt Dr. Jens Kremkow vom Bernstein Center Freiburg. „Die Frage ist, nach welchen Regeln das Zusammenspiel von Erregung und Hemmung stattfindet und so die Weitergabe von Information reguliert.“

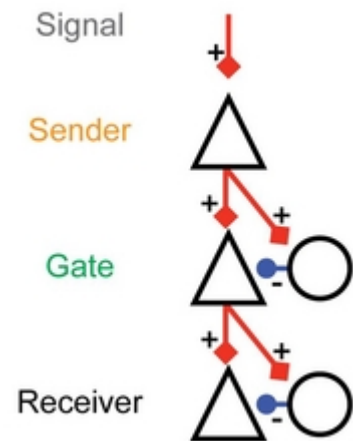
Kontrolle von Schicht zu Schicht

Kremkow beschäftigt sich seit 2003 mit der theoretischen Neurobiologie. 1979 in Hannover geboren, studierte er Biologie in Freiburg und Montreal und spezialisierte sich auf Informatik und Neurobiologie. In seiner Diplomarbeit untersuchte er 2005 mithilfe von im Computer simulierten neuronalen Netzwerken, wie die Schichten in unserem Großhirn miteinander verbunden sind. Kremkow promovierte 2009 im Rahmen eines binationalen Promotionsverfahrens in Marseille und Freiburg. Im EU-Projekt FACETS - Fast Analog Computing with Emergent Transient States

konzentrierte er sich auf die Prinzipien, die hinter der Informationsverarbeitung im visuellen System stecken. Die Frage war, wie das System visuelle Reize verarbeitet und ihr „Gating“ reguliert. Die meisten Theorien gingen bis dahin von Experimenten aus, die mithilfe von künstlichen Reizen an Versuchstieren gewonnen worden waren, also zum Beispiel anhand von Gittern aus schwarzen und weißen Linien. Solche Reize wurden zum Beispiel Katzen gezeigt, deren visuelle Zentren daraufhin mit Elektroden abgeleitet wurden. „Unsere Projektpartner benutzten aber auch natürliche Reize, wie zum Beispiel Filmaufnahmen von einem Spaziergang durch einen Park“, sagt Kremkow. „Ich versuchte, Modelle von neuronalen Netzen zu programmieren, die die gewonnenen Daten von Versuchstieren erklären und damit die Vorgänge im echten Gehirn beschreiben können.“

Kremkow und seine Kollegen simulierten hierfür Modelle von sogenannten geschichteten Netzwerken. Sie schalteten in ihren Simulationen Gruppen von Nervenzellen hintereinander und verbanden sie durch erregende und hemmende Kontakte. Dabei gingen sie von anatomischen Daten aus: Die erregenden Synapsen in unserem Gehirn bilden direkte Verbindungen zwischen zwei Gruppen von Neuronen. Der hemmende Input hingegen wird über eine Zwischenstation umgeschaltet, die sogenannten hemmenden Interneurone. Dadurch entsteht eine gewisse Verzögerung beim Eintreffen der hemmenden Aktivität auf der jeweils nächsten Ebene im geschichteten Modell. Es sollte sich bald herausstellen, dass diese Verzögerung eine entscheidende Rolle spielt.

„Grundsätzlich sind in solchen geschichteten Netzwerken zwei Möglichkeiten der Kontrolle von Informationsweitergabe möglich“, sagt Kremkow. Zum einen ist die Amplitude der Eingänge aus der vorgeschalteten Schicht entscheidend, also die Stärke des Inputs. Treffen erregende und hemmende Impulse gleichzeitig ein, dann stellt sich die Frage, welche in der Summe eine höhere elektrische Aktivität aufweisen. Überwiegen die erregenden, dann werden die nachgeschalteten Nervenzellen unter dem Strich immer noch erregt. Überschreitet diese Erregung eine bestimmte Schwelle, dann wird der Reiz an die nächste Schicht weitergeleitet – das Gate lässt ihn durch. Überwiegt der hemmende Input, dann stirbt die Aktivität aus.

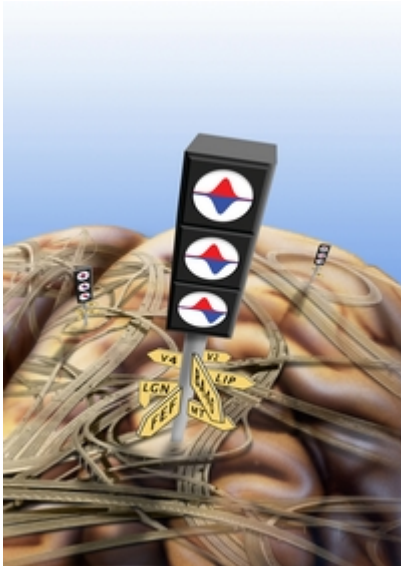


Eine vereinfachte Vorstellung, wie die einzelnen Gruppen in einem geschichteten Modell miteinander durch erregende und hemmende Inputs verbunden sind (© privat)

Bei Rot bleibst du stehen, bei Grün kannst du weitergehen

"Dass dieses über die Amplitude regulierte Gating tatsächlich eine Rolle spielt, hatten zu diesem Zeitpunkt bereits andere Wissenschaftler gezeigt", sagt Kremkow. „Aber es funktioniert nur bei sich langsam verändernden Reizen.“ Sind die Reize sehr kurzlebig, wie etwa der Startschuss beim 100-Meter-Lauf, dann spielt offenbar ein anderes Prinzip eine Rolle, wie Kremkow zeigen konnte. Hierbei kommt es auf die Verzögerungszeit an, in der die erregenden und hemmenden Inputs in einer Gruppe von Nervenzellen ankommen. Ist sie groß genug (es handelt sich hierbei um Unterschiede von Millisekunden), dann hat der erregende Input Zeit, sich zu summieren und die Schwelle zu überschreiten, ab der die Zielneurone feuern. Ist sie zu klein, dann wird der erregende Input von dem hemmenden unterdrückt. Damit hatte Kremkow ein neues Prinzip der Informationsverarbeitung im Gehirn beschrieben: das zeitlich kontrollierte Gating. Allerdings lediglich auf theoretischer Ebene. Er schickte eine Version des Modells an die Projektpartner in Paris, die mit den Versuchen an Katzen beschäftigt waren. Und siehe da: Das Modell sagte ein Verhalten voraus, das sehr gut mit den dort gewonnenen Daten übereinstimmte. Und das nicht nur für künstliche Reize wie die Gitter aus schwarzen und weißen Linien, für die Kremkow es ursprünglich modelliert hatte, sondern auch für natürliche Reize wie Filmaufnahmen.

2009 kam Kremkow als Postdoc zurück nach Freiburg. Dort kombinierten er und seine Mitarbeiter in ihren Modellen beide Prinzipien des Gating (Amplitude und zeitliche Verzögerung) und konnten zeigen, dass damit die Kontrolle über das ganze Spektrum von schnellen bis zu



Die Ampel im Gehirn: In dieser Vorstellung sind die Verbindungen zwischen verschiedenen Gruppen von Neuronen Autobahnen und die Überlappungen von erregenden und hemmenden Inputs sind die Lichter der Ampel, die eine Weitergabe von Erregung kontrollieren. (© privat)

langsamen Reizen möglich ist. Aber die Forscher gingen noch weiter: Sie wollten auch wissen, ob ihr Modell erklären kann, wie auf der Ebene ihrer Netzwerke simple Entscheidungen getroffen werden können. Dazu fütterten sie ihr Modell des geschichteten Kortex mit zwei verschiedenen Reizen. Das Netzwerk sollte einen davon weiterleiten und den anderen hemmen. Ein simpler Entscheidungsvorgang. Kann man ihn kontrollieren, indem man lediglich die zeitliche Verzögerung zwischen erregenden und hemmenden Inputs im System manipuliert? Die Ergebnisse sprachen für sich: „Im Prinzip funktioniert unser Netzwerk wie eine Ampel“, resümiert Kremkow. „Ist die Verzögerung zwischen den erregenden und hemmenden Inputs gleich Null, dann löschen sie sich gegenseitig aus, eine rote Ampel also. Ist sie sehr klein, dann gibt es eine Wahrscheinlichkeit von 50 Prozent, dass ein Reiz weitergeleitet wird, also eine gelbe Ampel, bei der man ja auch manchmal durchfährt und manchmal stehen bleibt. Nur bei ausreichend großen Verzögerungen ist die Ampel grün und der Reiz kommt immer durch.“

Zurück zu den Grundlagen

Ob das Prinzip der zeitlichen Verzögerung bei realen Entscheidungen in einem natürlichen Gehirn eine Rolle spielt, ist bisher ungeklärt. Es gibt immerhin Hinweise aus der Aufmerksamkeitsforschung, dass die Verzögerung durch verschiedene Faktoren wie etwa andere Umgebungsreize veränderbar ist. Damit stellt sie zumindest potenziell einen relevanten Faktor dar. Kremkow und seine Kollegen von der Universität Freiburg machen zurzeit den nächsten Schritt und wollen ihre Ergebnisse nun auch in Gehirnschnitten testen. Der frisch gebackene Vater Kremkow und seine Familie ziehen im März allerdings erstmal nach New York um, wo der Biologe an der New York State University wieder einen Schritt zurück gehen wird, um nach weiteren grundlegenden Prinzipien der Informationsverarbeitung zu suchen. Die Zusammenarbeit mit seinen Kollegen aus Freiburg wird dann über Skype stattfinden.

mn - 07.02.2011
© BIOPRO Baden-Württemberg GmbH

Ein Beitrag von:



Weitere Informationen zum Beitrag:

Dr. Jens Kremkow
Bernstein Center Freiburg und
Institut für Biologie III
Neurobiologie and Biophysik
Albert-Ludwigs-Universität
Schänzlestr. 1
79104 Freiburg
Tel.: +49 (0)761/203-2861
Fax: +49 (0)761/203-2860
E-Mail: kremkow(at)biologie.uni-freiburg.de

Alle Links dieser Seite(n)

http://www.bio-pro.de/standort/aktuelle_forschung_in_bw/portraet/index.html?lang=de