

## Pressemitteilung

Bernstein Center  
for Computational Neuroscience  
(BCCN)  
Göttingen  
Bunsenstr. 10  
D - 37073 Göttingen, Germany

T: + 49 (0) 551 / 5176 - 425  
F: + 49 (0) 551 / 5176 - 14 425  
E: [contact@bccn-goettingen.de](mailto:contact@bccn-goettingen.de)  
I: [www.bccn-goettingen.de](http://www.bccn-goettingen.de)

4. Juni 2007

### Wer mit wem?

#### **Göttinger Wissenschaftler entwickelt Methode zur Identifizierung der Verknüpfungsstrukturen von Netzwerken.**

Die mathematische Analyse regulatorischer Netzwerke gewinnt für die Biologie immer mehr an Bedeutung – denn solche Netzwerke gibt es überall in der Natur. Die Tier- und Pflanzenarten eines Ökosystems, die Gene und Proteine einer Zelle oder Nervenzellen im Gehirn stellen jeweils ein Netzwerk aus verschiedenen Einheiten dar, die sich gegenseitig beeinflussen. Marc Timme, Wissenschaftler am Bernstein Center for Computational Neuroscience Göttingen und am Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation in Göttingen, hat nun eine mathematische Methode entwickelt, mit der aus der Reaktion eines regulatorischen Netzwerks auf äußere Veränderungen Rückschlüsse auf dessen Verknüpfungsstruktur gezogen werden können. Überträgt man diese theoretische Methode auf die Praxis, so könnte man die genauen Verbindungen zwischen den Einheiten eines Netzwerks bestimmen – z.B. die Wechselwirkungen zwischen Molekülen in einer Zelle oder die Kontakte in einem neuronalen Netzwerk. Die Arbeit erscheint im Juni in der wissenschaftlichen Zeitschrift "Physical Review Letters".

Voraussetzung für die Methode von Timme ist, dass die Netzwerke in einem stabilen Gleichgewicht sind, wie die Figuren eines ausgependelten Mobiles. Hängt man nun vorsichtig ein kleines Gewicht an eine Figur des Mobiles, kann man dann aus der resultierenden Auf- oder Abwärtsverschiebung der anderen Mobilefiguren auf die Struktur des Mobiles Rückschlüsse ziehen? Und wenn ja, wie oft müsste man das Mobile auf verschiedene Weise mit Gewichten bestücken, um die Verbindungen zwischen allen Figuren eindeutig zu bestimmen? Diesen Fragen ist Timme nachgegangen – nicht für Mobiles, sondern allgemein für regulatorische Netzwerke in einem Gleichgewicht.

Regulatorische Netzwerke gibt es in der Natur viele, ein Beispiel hierfür ist ein neuronales Netzwerk, das wiederkehrende Aktivitätsmuster generiert, um die Atmung oder den Herzrhythmus zu steuern. Verändert man nun gezielt die Dynamik einer Komponente dieses Netzwerks, werden die



anderen Komponenten darauf reagieren. Speist man ein neuronales Netzwerk an einer Stelle mit einem Signal, stellt sich ein neuer Zustand ein, der relativ zu dem alten ein wenig verschoben ist – verglichen mit dem ursprünglichen Zustand senden einige Neuronen etwas früher, andere etwas später Signale aus. "Die dynamische Antwort des Netzwerks hängt nicht nur von der Art des Signals ab, sondern auch charakteristisch von der Verbindungs-Struktur des Netzwerks", sagt Timme. Dies konnte er bereits in einer vorangegangenen Arbeit demonstrieren, die im November 2006 in der Zeitschrift "Europhysics Letters" veröffentlicht wurde. Dass sich aus der Antwort des Netzwerks dessen Struktur eindeutig bestimmen lässt und wie man dabei mathematisch vorgeht, hat Timme nun in seiner neuesten Publikation gezeigt. Mit seiner Methode lässt sich nicht nur bestimmen, welche Elemente des Netzwerks miteinander in Verbindung stehen, sondern auch wie stark die jeweiligen Verbindungen sind.

Will man über jede Verbindung eines Netzwerks eine eindeutige Aussage machen, muss man allerdings ziemlich viele Messungen vornehmen. "Um das Netzwerk vollständig zu bestimmen, braucht man für jede Einheit so viele Informationen, wie sie Verbindungen zu anderen Einheiten haben könnte", erklärt Timme, "dazu muss man dann so viele Experimente machen, wie das Netzwerk Einheiten hat." Noch wenige Wissenschaftler haben sich daran gewagt, aus der dynamischen Reaktion eines Netzwerks Rückschlüsse auf dessen Struktur zu ziehen. Darüber hinaus ließen entsprechende mathematische Analysemethoden bisher meist nur statistische Aussagen über den Prozentsatz oder die durchschnittlich zu erwartende Stärke der Verknüpfungen zwischen Einheiten zu. Neu an Timmes Ansatz ist, dass sein mathematisches Modell jede einzelne Verbindung des Netzwerks genau bestimmt. Im Computerexperiment hat er diese Theorie an verschiedenen Netzwerken beispielhaft überprüft.

In der Praxis bestehen regulatorische Netzwerke aus tausenden oder sogar millionen Komponenten und die Messung der Reaktion des Netzwerks auf eine so große Zahl verschiedenartiger Signalen wäre kaum durchführbar. Ein weiterer wichtiger Schritt in der Methode von Timme lässt es dennoch zu, auch die Struktur von großen, komplexen Netzwerken zu bestimmen. Die Natur ist meist sparsam und richtet es so ein, dass eine gewünschte neuronale Funktion in Netzwerken mit nur relativ wenigen Verbindungen erreicht werden kann. Diese Eigenschaft der Sparsamkeit macht sich Timme in seiner Methode zur Bestimmung der Struktur größerer Netzwerke zu Nutze. Wie er zeigen konnte, braucht man, um die Struktur eines sparsam gebauten Netzwerks aufzuklären, weit weniger Experimente als das Netzwerk Komponenten hat. Diese Methode liefert Wissenschaftlern nun die Grundlage für ein Werkzeug, mit dem sich zukünftig der Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion regulatorischer Netzwerke systematisch untersuchen lässt.

Originalveröffentlichungen:

Marc Timme (2007). Revealing Network Connectivity From Response Dynamics. *Physical Review Letter*, 98:224101 (2007).

Marc Timme (2006). Does dynamics reflect topology in directed networks? *Europhysics Letters* 76 (3), 367–373



Georg-August-Universität Göttingen  
Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation  
Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie  
Max-Planck-Institut für experimentelle Medizin  
Deutsches Primatenzentrum  
Otto Bock Health Care



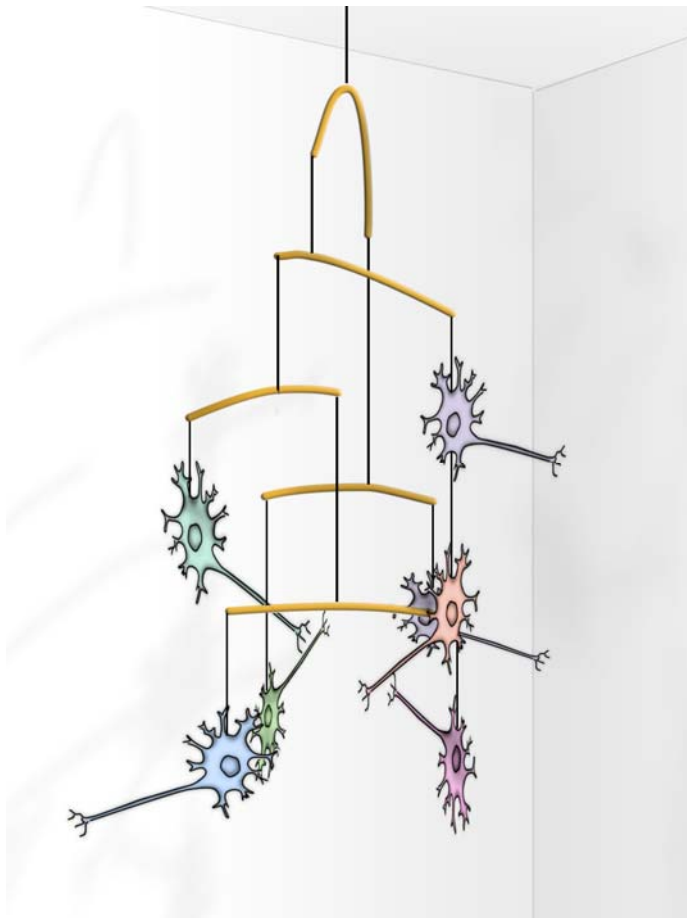
Otto Bock™

Kontakt:

Dr. Marc Timme  
Network Dynamics Group  
Max Planck Institut für Dynamik und Selbstorganisation  
Bernstein Center for Computational Neuroscience (BCCN) Goettingen  
Bunsenstr. 10  
37073 Göttingen  
timme@nld.ds.mpg.de  
www.nld.ds.mpg.de/~timme

Weitere Informationen:

<http://www.bernstein-zentren.de/>  
<http://www.bccn-goettingen.de/>  
<http://www.ds.mpg.de/>



Bildunterschrift:

Ein Mobile stellt ein einfaches Beispiel eines Netzwerks dar, in dem einzelne Komponenten miteinander in Verbindung stehen. Timme hat eine neue Methode zur Bestimmung der Verbindungsstrukturen von Netzwerken entwickelt, die, wie ein ausbalanciertes Mobile, in einem stabilen Gleichgewicht sind.

Quelle: Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation



Georg-August-Universität Göttingen  
Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation  
Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie  
Max-Planck-Institut für experimentelle Medizin  
Deutsches Primatenzentrum  
Otto Bock Health Care



Otto Bock™

Die Bernstein Centers for Computational Neuroscience (BCCN) sind vier vom BMBF geförderte Zentren in Berlin, Freiburg, Göttingen und München. In dem interdisziplinären Netzwerk werden Experiment, Datenanalyse und Computersimulation auf der Grundlage wohl definierter theoretischer Konzepte vereint. Zentrales Anliegen der Computational Neuroscience ist die Aufklärung der neuronalen Grundlagen von Hirnleistungen, die so z.B. zu neuen Therapien bei neurodegenerativen Krankheiten und Innovationen in der Neuroprothetik führen.

Das BCCN Göttingen ist ein Verbundprojekt der Georg-August-Universität Göttingen, des Max-Planck-Instituts für Dynamik und Selbstorganisation, des Max-Planck-Instituts für biophysikalische Chemie, des Max-Planck-Instituts für experimentelle Medizin, des Deutschen Primatenzentrums und der Otto Bock HealthCare GmbH.



Georg-August-Universität Göttingen  
Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation  
Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie  
Max-Planck-Institut für experimentelle Medizin  
Deutsches Primatenzentrum  
Otto Bock Health Care



*Otto Bock*<sup>™</sup>