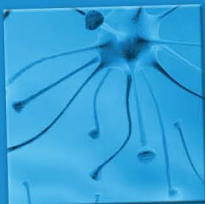


Bernstein Network for Computational Neuroscience

Bernstein Fokus: Neuronale Grundlagen des Lernens





Bernstein Fokus: Neuronale Grundlagen des Lernens

Unser Erinnerungsvermögen hält unser Leben zusammen – über kurze und über längere Zeiträume. Dass wir wissen, wo wir sind und was wir gerade machen, verdanken wir unserem Kurzzeitgedächtnis. Dass wir uns an unsere Kindheit erinnern, an Ereignisse und Menschen, ist auf das Langzeitgedächtnis zurückzuführen. Jedes Ereignis, das wir uns merken, verändert das Gehirn ein wenig und hinterlässt seine Spuren. Jeder Mensch hat ein leicht unterschiedliches Gehirn, geprägt durch das, was er in seinem Leben gelernt hat und was er für Erfahrungen gesammelt hat.

Mit der neuen Förderinitiative „Bernstein Fokus: Neuronale Grundlagen des Lernens“ wird das Bernstein Netzwerk um acht neue Forschungsverbünde erweitert, die in den nächsten fünf Jahren Fragen zu Lernen, Gedächtnisbildung und Erinnerung auf den Grund gehen werden. Rund 16 Millionen Euro stellt das Bundesministerium für Bildung und Forschung hierfür insgesamt zur Verfügung. Diese Broschüre gibt einen Überblick über die acht Forschungsverbünde.

Die Entwicklung des Gehirns, Therapien nach Schlaganfall, Lernen durch Nachahmung, Entscheidungsfindung oder das Kurzzeitgedächtnis – die Themen, die in den unterschiedlichen Verbundprojekten angegangen werden, sind enorm vielfältig. Gemeinsam haben dabei alle Verbundprojekte, dass Forscher aus den experimentellen Wissenschaften und Experten aus der theoretischen Neurobiologie eng zusammenarbeiten. Anwendungsmöglichkeiten aus den Forschungsergebnissen der Förderinitiative bieten sich nicht nur im klinischen sowie im technischen Bereich, zum Beispiel bei der Entwicklung von autonomen Robotern oder Fahrerassistenzsystemen.

Komplexe Lernvorgänge
(Kordinator: Christian Büchel)

Kurzzeitgedächtnis
(Kordinator: Hiromu Tanimoto)

Sequenzlernen
(Kordinator: Onur Güntürkün)

Plastizität neuronaler Dynamik
(Kordinator: Christian Leibold)

Gedächtnis und Entscheidungsfindung
(Kordinatorin: Dorothea Eisenhardt)

Zustandsabhängigkeit des Lernens
(Kordinatoren: Petra Ritter, Richard Kempter)

Lernen von Verhaltensmodellen
(Kordinator: Gregor Schöner)

Visuelles Lernen
(Kordinator: Siegrid Löwel)



Wie entscheiden wir?

Unser Leben ist eine Kette von Entscheidungen und jede Entscheidung beruht auf dem, was wir gelernt haben. „Ziel unseres Forschungsvorhabens ist es, mit den Methoden der Neurophysiologie und Computermodellen Entscheidungsprozesse besser verstehen zu können“ sagt Christian Büchel, Koordinator des Bernstein Fokus „Komplexe Lernvorgänge“ und Wissenschaftler am Universitätsklinikum Eppendorf (UKE). Wie wägen wir alternative Entscheidungsmöglichkeiten ab? Warum entscheiden wir uns eher für eine Handlung, die eine sofortige Belohnung nach sich zieht, als für eine, die erst in ferner Zukunft Positives bringt? Auch individuelle Unterschiede in der Entscheidungsfindung sollen durch die Forschung in diesem Bernstein Fokus besser verstanden werden. Manche Menschen sind beispielsweise risikofreudiger als andere und verschiedene Personen reagieren auch unterschiedlich flexibel auf Veränderungen im Belohnungsmuster. Welche genetischen Faktoren beeinflussen das Entscheidungsverhalten? Wie verändert sich die Entscheidungsfindung im Alter? Wie wird sie durch Medikamente beeinflusst?

Um diese Fragen zu beantworten, forschen im Bernstein Fokus experimentell und theoretisch arbeitende Neurowissenschaftler gemeinsam. Mit bildgebenden Verfahren wird die Gehirnaktivität bei Probanden in Entscheidungsversuchen beobachtet. Computermodelle helfen dabei, die zugrunde liegenden Prozesse quantitativ nachzubilden und besser zu verstehen. Auf lange Sicht erhoffen sich die Wissenschaftler neue Therapieansätze bei Suchterkrankungen und altersbedingten kognitiven Störungen. Aber auch für die Wirtschaftswissenschaften ist die Erforschung von Entscheidungsprozessen von Bedeutung. So lassen sich beispielsweise Börsenkurse besser vorhersagen, wenn das Entscheidungsverhalten der Händler in die entsprechenden Modelle mit einfließt. Im Forschungsverbund arbeiten Wissenschaftler des UKE eng mit Forschern der Technischen Universität Berlin, der Charité Universitätsmedizin Berlin, des Max Planck Instituts für Bildungsforschung und des Bernstein Zentrums für Computational Neuroscience Berlin zusammen.

Koordinator: Christian Büchel (Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf), buechel@uke.de

Beteiligte Wissenschaftler: Klaus Obermayer (Technische Universität Berlin), Tobias Sommer-Blöchl (Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf), Florian Schubert (Physikalisch-Technische Bundesanstalt Berlin), Shu-Chen Li, Ulman Lindenberger (Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin), Hauke Haekeren (Freie Universität und Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin), Andreas Heinz, Imke Puls, Jürgen Gallinat, Michail Plotkin, Jana Wrase, Michael Rapp (Charité Universitätsmedizin Berlin)



Das Kurzzeitgedächtnis der Fliege

Dass wir am Ende der Lektüre eines Satzes noch wissen, wie dieser angefangen hat, verdanken wir unserem Arbeitsgedächtnis. Es ist zuständig für die kurzzeitige Speicherung von Informationen und hilft uns bei der Orientierung im Alltag. Experimente aus der Arbeitsgruppe von Hiromu Tanimoto, Koordinator des Bernstein Fokus „Kurzzeitgedächtnis“ und Leiter einer Nachwuchsgruppe am Max-Planck-Institut für Neurobiologie in Martinsried bei München, zeigen, dass auch Fliegen eine sehr einfache Form eines Arbeitsgedächtnisses haben und einmalige Ereignisse über kurze Zeit in Erinnerung behalten können. Wissenschaftler im Forschungsverbund untersuchen am Beispiel der Taufliege *Drosophila melanogaster* die Frage, wie Gedächtnisinhalte über kurze Zeit im Gehirn gespeichert werden können.



Graemo | Dreamstime.com

Setzt man eine Fliege für kurze Zeit einem bestimmten Duft aus und gibt ihr gleichzeitig einen kleinen Stromimpuls, wird sie den Geruch mit dem negativen Erlebnis verknüpfen und den Geruch fortan möglichst meiden. Diese Art von Lernen nennt man klassische Konditionierung. Ergebnisse von Tanimoto zeigen, dass klassische Konditionierung auch mit einem Zeitversatz funktioniert, während dem sich die Fliege den Geruch kurzzeitig merken muss. Auch wenn der Elektroimpuls erst einsetzt, wenn der Duft bereits verklungen ist, verbindet die Fliege den Geruch mit dem Schock und wird ihn fortan meiden. „Stimulusspuren“ nennen die Wissenschaftler die Kurzspeicherung von Sinnesreizen, die dieser zeitverzögerten klassischen Konditionierung zugrunde liegt.

Koordinator: Hiromu Tanimoto (Max-Planck-Institut für Neurobiologie, Martinsried), hiromut@neuro.mpg.de

Beteiligte Wissenschaftler: Andreas Herz (LMU München), Giovanni Galizia, Paul Szyszka (Universität Konstanz)

Welche Nervenzellen sind an der Speicherung von Stimulusspuren beteiligt und wie verändern sie sich dabei? Wie führen diese Veränderungen dazu, dass der Geruch in Form von neuronaler Aktivität im Gehirn erhalten bleibt? Um diese Fragen zu untersuchen, vereint der Bernstein Fokus Forscher aus den experimentellen Wissenschaften und Experten aus der theoretischen Neurobiologie, die sich mit Datenanalyse befassen und Computermodelle der zugrunde liegenden Netzwerkstrukturen erstellen. Fliegen eignen sich wegen ihrer kleinen und relativ einfachen Gehirne für die Untersuchung des Kurzzeitgedächtnis besonders gut – die grundlegenden Mechanismen lassen sich aber voraussichtlich auch auf komplexere Gedächtnisformen, wie dem Arbeitsgedächtnis höher Tiere und Menschen übertragen.



Wie lernen Vögel singen?

Im Rahmen des Bernstein Fokus „Sequenzlernen“ widmen sich Wissenschaftler der Frage, wie komplexe Aufgaben durch eine ständige, leichte Veränderung des Handlungsablaufs erlernt werden. Untersucht wird hierzu die Gesangsbildung von Singvögeln, das Navigationsverhalten von Zugvögeln und das Erlernen verschiedener Bewegungsabläufe bei Vögeln und Menschen. Das Verbundprojekt wird von Onur Güntürkün, Universität Bochum, koordiniert.



Isselee | Dreamstime.com

Singvögel lernen ihren Gesang, ähnlich wie Menschen das Sprechen, durch viel Üben und Nachahmen. Welche Verschaltungsstrukturen im Gehirn dem Gesanglernen zu Grunde liegen, ist zumindest teilweise schon bekannt: Bestimmte Hirnbereiche steuern die Motorik des Gesangs. Diese Hirnbereiche werden von anderen Hirnregionen gezielt beeinflusst, um den Gesang von Mal zu Mal leicht zu variieren. Entstehen dadurch Varianten, die dem Gesang des Vorbilds ähnlicher geworden sind, wird der Vogel in seinem Verhalten bestärkt und die zugrunde liegenden neuronalen Verschaltungen gefestigt.

Was für Singvögel gilt, gilt wahrscheinlich auch für andere Lernvorgänge bei Tieren und Menschen. Vielen Verhaltensweisen liegt ein analoges neuronales System zugrunde: ein Hirnbereich, der Variabilität erzeugt und ein Verstärkungssystem, das die beste der möglichen Varianten stärkt. Die Wissenschaftler des Bernstein Fokus untersuchen die neuronalen Grundlagen solcher Systeme genauer. Vor allem zwei Erklärungslücken gilt es noch zu schließen: Wie kann ein einfaches Feedbacksystem, das nur zwischen „besser“ und „schlechter“ unterscheidet, ein neuronales System formen, das so komplexe Vorgänge hervorbringt wie zum Beispiel den Gesang des Vogels? Wie kann das Belohnungssystem auf eine Handlung wirken, die längst vorbei ist, wenn die Belohnung einsetzt? Um die Daten aus den Experimenten besser interpretieren und in technische Systeme wie Roboter übertragen zu können, besteht eine enge Kooperation zwischen Wissenschaftlern aus experimentell und theoretisch arbeitenden Gruppen.

Koordinator: Onur Güntürkün (Ruhr-Universität Bochum)
onur.guentuerkuen@rub.de

Beteiligte Wissenschaftler: Hubert Dinse, Martin Tegenthoff (Ruhr-Universität Bochum), Henrik Mouritsen (Universität Oldenburg), Klaus Pawelzik (Universität Bremen), Constance Scharff (Freie Universität Berlin)



Hören lernen, ohne zu üben

Der Mensch kommt nicht als „fertiges“ Wesen auf die Welt, er muss sich viele Fähigkeiten erst aneignen. Auch die Sinneswahrnehmung muss erlernt werden, denn nach der Geburt beherrscht das Gehirn die Verarbeitung der Sinnesreize noch unzureichend. Erst mit der Zeit lernen wir, verschiedene Reize auseinander zu halten, was sehr wichtig ist, damit wir uns in unserer Umwelt zurechtfinden. „Beispielsweise gibt es Studien, die zeigen, dass die Fähigkeit, Schall-Stimuli zu unterscheiden und kategorisieren zu lernen bei Kindern stark mit deren sprachlicher Entwicklung korreliert“, sagt Christian Leibold, Koordinator des Bernstein Fokus „Plastizität Neuronaler Dynamik“ und Wissenschaftler an der Ludwig-Maximilians Universität München.



Foto: Kerstin Schwarzwälder

Jede Wahrnehmung hinterlässt Spuren im Gehirn – das ist die Grundlage dafür, dass wir Sehen und Hören lernen. Licht und Schall werden von den Sinnesorganen in neuronale Signale übersetzt, die im Gehirn von Nervenzelle zu Nervenzelle weitergegeben werden. Die Verknüpfungen zwischen den Nervenzellen verändern sich dabei – die Wahrnehmung prägt sich ins Gehirn. Aber wie führen solche Veränderungen dazu, dass wir anschließend besser hören?

Koordinator: Christian Leibold
(Ludwig-Maximilians-Universität München), leibold@bio.lmu.de

Beteiligte Wissenschaftler: Felix Felmy, Benedikt Grothe (Ludwig-Maximilians-Universität München)

Am Beispiel der akustischen Wahrnehmung von Wüstenrennmäusen wollen die Wissenschaftler des Bernstein Fokus untersuchen, wie die Tiere zeitliche Stimuluseigenschaften von Geräuschen unterscheiden lernen. Sie untersuchen dazu das auditorische Mittelhirn – die Hirnstruktur, die akustische Informationen verarbeitet. Wie sind die Zellen des Mittelhirns miteinander verschaltet, wie ändert sich ihre Aktivität beim Lernen? Jede akustische Information, die wir über unsere Umwelt erhalten, wird in dem räumlich-zeitlichen Muster elektrischer Impulse von Gruppen von Nervenzellen repräsentiert. Welche Aspekte dieses Musters verändern sich, wenn die Wüstenrennmaus lernt, Geräusche zu unterscheiden? Im Bernstein Fokus arbeiten Theoretiker und Experimentatoren zusammen. Die Ergebnisse der Experimente werden mithilfe rechnergestützter Methoden analysiert. Computermodelle helfen dabei, jene Parameter zu identifizieren, die für die Unterscheidung von Geräuschen wichtig sind und Hypothesen darüber aufzustellen, wie dieses Differenzierungslernen erfolgt.



Von der Biene zum Roboter

„Jede Entscheidungsfindung beruht auf unserem Wissen, also auf dem, was wir gelernt haben“, sagt Dorothea Eisenhardt, Koordinatorin des Bernstein Fokus „Gedächtnis und Entscheidungsfindung“ und Wissenschaftlerin an der Freien Universität Berlin. Ziel des Forschungsverbundes ist es, die Rolle des Gedächtnisses bei der Entscheidungsfindung an Insekten zu untersuchen und diese Erkenntnisse auf die Robotik zu übertragen. Eine Biene oder Fliege lernt beispielsweise, bestimmte Gerüche mit einer Futterbelohnung zu assoziieren und reagiert entsprechend auf diese Düfte. Wie wird Gelerntes im Gehirn gefestigt und gespeichert, so dass es in verschiedenen Entscheidungssituationen auch angewendet werden kann? Wie werden unterschiedliche Informationen, wie z.B. Gerüche gewertet, wenn die Biene eine Entscheidung trifft?



Alle | Dreamstime.com

Erkenntnisse aus der Gedächtnis- und Entscheidungsforschung werden in einem nächsten Schritt im Computer modelliert und überprüft. „Bisher hat sich die Computersimulation neurobiologischer Prozesse vor allem mit dem Problem befasst, wie Informationen aus der Umwelt oder Handlungsanweisungen im Nervensystem repräsentiert sind. Ein Netzwerkmodell zu konstruieren, das zwischen verschiedenen Repräsentationen entscheidet, ist neu“, erklärt Martin Nawrot, der sich im Bernstein Fokus mit diesen Fragen befassen wird. Mit dem Netzwerkmodell werden die gewonnenen verhaltensbiologischen Erkenntnisse in eine mathematische Sprache übersetzt, die dann in Robotern implementiert und getestet werden können. Roboter sollen so die Fähigkeit erlangen, direkt aus der Interaktion mit ihrer Umwelt ihre Steuerungsstruktur zu modifizieren und so durch spontanes Verhalten ihre Umwelt zu erkunden. Aber auch die biologische Grundlagenforschung profitiert von diesen Arbeiten. „Ergebnisse dieser Tests werden zu neuen Hypothesen über die entsprechenden biologischen Mechanismen führen und neue Experimente stimulieren“, so Eisenhardt. Die Forschungsbereiche Neurobiologie, Computermodellierung, Neuroinformatik und künstliche Intelligenz befruchten sich gegenseitig und führen zu einem besseren Verständnis des Zusammenhangs zwischen Lernen, Gedächtnis und den Mechanismen der Entscheidungsfindung.

Koordinatorin: Dorothea Eisenhardt
(Freie Universität Berlin)
theodora@neurobiologie.fu-berlin.de

Beteiligte Wissenschaftler: Randal Menzel, Martin P. Nawrot, Raul Rojas (Freie Universität Berlin), Bertram Gerber (Universität Würzburg), Martin Riedmiller (Universität Freiburg)



Oszillationen im Gehirn

Wie und was wir lernen, hängt unter anderem von den Aktivitätszuständen unseres Gehirns ab. Je nachdem, ob wir schlafen, wach sind, uns konzentrieren oder dösen, herrschen entsprechende Aktivitätsmuster im Gehirn vor: Große Gruppen von Zellen senden gleichzeitig Impulse aus, die man im Elektroenzephalogramm als Oszillationen messen kann. Es ist bekannt, dass solche Oszillationen beim Lernen und Erinnern eine wichtige Rolle spielen. So weiß man zum Beispiel, dass in bestimmten Schlafphasen das, was wir am Tag erlebt haben, reaktiviert und gefestigt wird – dabei treten Oszillationen auf. Auch über den ganzen Tag hinweg beeinflussen verschiedene Oszillationen die Art und Weise, wie wir Geschehenes rekapitulieren und uns einprägen. „Lernen passiert ständig und auf verschiedenen Zeitskalen“, sagt Petra Ritter, Wissenschaftlerin an der Charité Universitätsmedizin Berlin, die gemeinsam mit Richard Kempfer, Humboldt-Universität zu Berlin, den Bernstein Fokus „Zustandsabhängigkeit des Lernens“ leitet.



Ryanphoto | Dreamsstime.com

Langfristiges Ziel der Forschung ist es, verbesserte Lernstrategien oder Rehabilitationsverfahren nach einem Schlaganfall oder einer Hirnstörung zu entwickeln. Bei Krankheiten wie Demenz oder ADHS ist bekannt, dass in definierten Hirnbereichen bestimmte Oszillationen verändert sind. Möglicherweise lassen sich Oszillationen so beeinflussen, dass das Lernen erleichtert wird. „Es gibt bereits heute private Anbieter von Geräten, mit denen man angeblich die Oszillationen beeinflussen und dadurch besser lernen kann. Noch ist aber wissenschaftlich nicht ausreichend geklärt, ob solche Geräte funktionieren können und wie weit ihr Potential reicht“, so Ritter. Die Grundlagen hierfür werden im Bernstein Fokus geschaffen.

Koordinatoren: Petra Ritter (Charité Universitätsmedizin Berlin) & Richard Kempfer (Humboldt-Universität Berlin)
petra.ritter@charite.de, r.kempfer@biologie.hu-berlin.de

Beteiligte Wissenschaftler: Susanne Schreiber, Michael Brecht (Humboldt-Universität Berlin), Uwe Heinemann (Charité Berlin), Hubert Dinse (Ruhr-Universität Bochum), Jan Born, Burkhard Pleger (Universität Lübeck)

Im Forschungsverbund arbeiten Wissenschaftler verschiedener Disziplinen zusammen, um zu untersuchen, wie Oszillationen und Lernen zusammenhängen.

Dabei werden unterschiedliche Ebenen der Komplexität abgedeckt: Während einige Forscher sich der Frage widmen, wie lernbedingte Veränderungen der Nervenzellen mit bestimmten Oszillationen einhergehen, untersuchen andere den Zusammenhang zwischen Oszillationen und Verhalten von Mensch und Tier.



Lernen auf verschiedenen Zeitskalen

Der Bernstein Fokus „Lernen von Verhaltensmodellen“ wird von Gregor Schöner am Institut für Neuroinformatik der Ruhr-Universität Bochum koordiniert und widmet sich komplexen Lernprozessen beim Menschen und deren Implikationen für die Robotik. Ziel des Forschungsverbundes ist es, besser zu verstehen, wie Menschen in einer natürlichen Umgebung zielgerichtetes Verhalten erlernen und diese Erkenntnisse auf die Robotik zu übertragen. Wie verändert sich das Gehirn durch Agieren in der Umwelt? Und wie wird wiederum die Wahrnehmung durch das beeinflusst, was der Mensch einmal gelernt hat? Mithilfe von Verhaltensexperimenten am Menschen und theoretischen Arbeiten untersuchen die Wissenschaftler des Bochumer Bernstein Fokus Lernprozesse auf ganz



Tctomm | Dreamstime.com

unterschiedlichen Zeitskalen. Sie beschäftigen sich mit dem Lernen durch einmalige Beobachtung ebenso wie mit der Frage, wie Abläufe und Handlungen gelernt werden können oder sich im Laufe der Entwicklung im Gehirn festigen. Die Lernmodelle, die daraus entstehen, werden anschließend in Robotern getestet, die in einer natürlichen Umgebung bestimmte Aufgaben erfüllen sollen.

Eine Gruppe von Wissenschaftlern im Forschungsverbund setzt sich mit der Frage auseinander, wie Menschen sich Szenen und Objekte merken können, wenn sie diese nur einmal sehen. Eine weitere Gruppe geht der Frage nach, wie Bewegungsmuster anhand von Beispielen gelernt werden und wie Bewegungselemente zu einem zielgerichteten Verhalten zusammengesetzt werden können. In diesem Projektbereich wird unter anderem das menschliche Fahrverhalten untersucht mit dem Ziel, Fahrerassistenzsysteme zu entwickeln. Eine dritte Projektgruppe beschäftigt sich mit dem Lernen aus Erfahrung im Laufe des Lebens. Wie werden die Informationen so selektiert, dass wir Bewegungsabläufe speichern und das Ergebnis einer Bewegungssteuerung vorhersagen können? Neben Wissenschaftlern der Ruhr-Universität Bochum sind auch Industriepartner der NISYS GmbH (Bochum) und der Schunck GmbH & Co. KG (Lauffen / Neckar) am Bochumer Bernstein Fokus beteiligt.

Koordinator: Gregor Schöner (Ruhr-Universität Bochum), Gregor.Schoener@rub.de

Beteiligte Wissenschaftler: Ioannis Iossifidis, Christian Igel, Laurenz Wiskott (Ruhr-Universität Bochum)

Industriepartner: Hannes Edelbrunner (NISYS GmbH, Bochum), Andreas Hoch (Schunck AG, Lauffen/Neckar)



Lernen nach dem Schlag



Allein in Deutschland erleiden jedes Jahr rund 200.000 Menschen einen Schlaganfall. Eine schnelle intensivmedizinische Versorgung rettet vielen Betroffenen zwar das Leben, doch mehr als zwei Drittel der Patienten tragen bleibende Schäden davon. Warum das Lernen nach einem Schlaganfall so mühsam und oft vergeblich ist, wollen Wissenschaftler des Bernstein Fokus „Visuelles Lernen“ aufklären. „Unser Ziel ist es, nicht nur den Ursachen für die eingeschränkte Lernfähigkeit des Gehirns nach einem Schlaganfall nachzugehen“, sagt Siegrid Löwel von der Universität Jena, die das Forschungsvorhaben koordiniert. „Langfristig geht es natürlich auch darum, neue Therapieansätze zu entwickeln, mit denen die Lernfähigkeit des Gehirns wiedererlangt werden kann.“

Durch die Unterversorgung mit Sauerstoff nehmen nicht nur die Gehirnzellen Schaden, die sich in unmittelbarer Nähe des Hirnschlages befinden. „Aus eigenen Untersuchungen wissen wir, dass auch Hirnregionen an Plastizität verlieren, die gar nicht unmittelbar von dem Schlag betroffen waren“, so Löwel. Als Plastizität bezeichnen die Neurobiologen die Fähigkeit der Hirnzellen, sich – je nach Beanspruchung – immer wieder neu zu verknüpfen. Dies ist die Grundlage jeglicher Lernprozesse.

Welche nicht-lokalen Kontrollmechanismen für das Zusammenwirken auch weit voneinander entfernter Hirnareale verantwortlich sind, wollen die Forscher mit Experimenten an Mäusen aufklären. „Im Mausmodell lassen sich Lernvorgänge, beispielsweise das Sehenlernen, besonders gut studieren“, macht Prof. Löwel deutlich. Zum einen ist das Sehsystem von Mäusen ein gut charakterisiertes Tiermodell für die Plastizität des Gehirns. Zum anderen werden die Jenaer Forscher im Rahmen des neuen Projektes zwei besondere bildgebende Verfahren erstmals kombinieren, die es weltweit nur an einer Handvoll von Institutionen gibt: Erstens die optische Ableitung der Aktivität von Nervenzellen, durch welche die Aktivitätsmuster des Gehirns mit sehr viel höherer räumlicher Auflösung sichtbar gemacht werden können, als z. B. mit einem Kernspin-Tomographen und zweitens die 2-Photonen-Mikroskopie in vivo, mit der zusätzlich die Aktivität einzelner Nervenzellen visualisiert werden kann.

© Universität Jena

Koordinator: Siegrid Löwel (Friedrich-Schiller-Universität Jena)
siegrid.loewel@uni-jena.de

Beteiligte Wissenschaftler: Knut Holthoff, Christian Hübner, Otto W. Witte (Universität Jena), Fred Wolf (Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation, Göttingen)

Das Bernstein Netzwerk

Bernstein Centers for Computational Neuroscience (BCCN)
Berlin – Coordinator: Prof. Dr. Michael Brecht
Freiburg – Coordinator: Prof. Dr. Ad Aertsen
Göttingen – Coordinator: Prof. Dr. Theo Geisel
Munich – Coordinator: Prof. Dr. Andreas Herz

Bernstein Focus: Neurotechnology (BFNT)
Berlin – Coordinator: Prof. Dr. Klaus-Robert Müller
Frankfurt – Coordinators: Prof. Dr. Christoph von der Malsburg,
Prof. Dr. Jochen Triesch, Prof. Dr. Rudolf Mester
Freiburg/Tübingen – Coordinator: Prof. Dr. Ulrich Egert
Göttingen – Coordinator: Prof. Dr. Florentin Wörgötter

Bernstein Focus: Neuronal Basis of Learning
Visual Learning – Coordinator: Prof. Dr. Siegrid Löwel
Plasticity of Neural Dynamics – Coordinator: Prof. Dr. Christian
Leibold
Memory in Decision Making – Coordinator: Prof. Dr. Dorothea
Eisenhardt
Sequence Learning – Coordinator: Prof. Dr. Onur Güntürkün
Ephemeral Memory – Coordinator: Dr. Hiromu Tanimoto
Complex Human Learning – Coordinator: Prof. Dr. Christian Büchel
State Dependencies of Learning – Coordinators: Dr. Petra Ritter,
Prof. Dr. Richard Kempter
Learning Behavioral Models – Coordinator: Prof. Dr. Gregor
Schöner

Bernstein Groups for Computational Neuroscience (BGCN)
Bochum – Coordinator: Prof. Dr. Gregor Schöner
Bremen – Coordinator: Prof. Dr. Klaus Pawelzik
Heidelberg – Coordinator: Prof. Dr. Gabriel Wittum
Jena – Coordinator: Prof. Dr. Herbert Witte
Magdeburg – Coordinator: Prof. Dr. Jochen Braun

Bernstein Collaborations for Computational Neuroscience (BCOL)
Berlin-Tübingen, Berlin-Erlangen-Nürnberg-Magdeburg, Berlin-
Gießen-Tübingen, Berlin-Constance, Berlin-Aachen, Freiburg-
Rostock, Freiburg-Tübingen, Göttingen-Jena-Bochum, Göttingen-
Kassel-Ilmenau, Munich-Göttingen, Munich-Heidelberg

Bernstein Award for Computational Neuroscience (BPCN)
Dr. Matthias Bethge (Tübingen), Dr. Jan Benda (Munich), Dr.
Susanne Schreiber (Berlin), Dr. Jan Gläscher (Hamburg)

Project Committee
Vorsitzender des Bernstein Projektkomitees / Chairman of the
Bernstein Project Committee: Prof. Dr. Ad Aertsen
Stellvertretender Vorsitzender des Bernstein Projektkomitees /
Deputy Chairman of the Project Committee: Prof. Dr. Theo Geisel

Impressum

Herausgeber: National Bernstein Network Computational
Neuroscience (<http://www.nncn.de>)

Text, Redaktion: Katrin Weigmann (weigmann@nld.ds.mpg.de)

Koordination: Simone Cardoso de Oliveira: info@bcos.uni-freiburg.de, Kerstin Schwarzwäler

Gestaltung / Layout: newmediamen, Berlin / Katrin Weigmann

Das Bernstein Netzwerk für Computational Neuroscience wird vom
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung