

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

RUB

# RUBIN

WISSENSCHAFTSMAGAZIN

PDF-Datei  
nur zur privaten  
Verwendung

*Schwerpunkt Wissen*

**DAS WISSEN DER WELT  
FÜR COMPUTER**

**FINANZEN: GUTER RAT  
KANN TEUER WERDEN**

**BIG DATA: CHANCEN  
UND RISIKEN**

# 26  
Jahrgang

Nr. 2 | 2016  
4,00 Euro

*Neurowissenschaft*

# WIE DAS GEHIRN ERINNERUNGEN IM SCHLAF FESTIGT

*Manch einer kennt es von sich selbst. Ein Nickerchen  
nach dem Lernen hilft, Neues besser zu behalten.  
Aber was passiert dabei eigentlich im Gehirn?*





**W**ie viel Wissen das menschliche Gehirn speichern kann, ist schwer zu beziffern. Es ist eine ganze Menge. Aber trotzdem können wir uns nicht alles merken, was wir gern behalten würden. Wie wird Wissen in dem komplexen Netzwerk aus Nervenzellen gespeichert? Warum bleibt manches hängen und anderes nicht?

Diese Fragen treiben Prof. Dr. Nikolai Axmacher um. Mit seinem Team aus der Abteilung Neuropsychologie versucht er zu ergründen, was beim Speichern von neuen Informationen im Gehirn passiert. Sein Ansatz: Phänomene, die aus Tierstudien bekannt sind, untersucht er bei Menschen. Das bringt einige Herausforderungen mit sich.

Aus Experimenten mit Mäusen und Ratten wissen Forscher, dass die Tiere neu gelernte Informationen im Schlaf reaktivieren. Lernt eine Ratte etwa einen neuen Weg, ist diese Information in einem ganz charakteristischen Muster von Nervenzellaktivität codiert. Bestimmte Zellen im Rattengehirn sind während des Laufens aktiv und spiegeln die Position des Tieres in seiner Umgebung wider. Die gleichen Zellen feuern in der gleichen Reihenfolge erneut, wenn die Ratte schläft. So scheint das Gehirn die Route noch einmal nachzuvollziehen. Forscher gehen davon aus, dass diese Reaktivierung entscheidend ist, um Gedächtnisinhalte zu festigen.

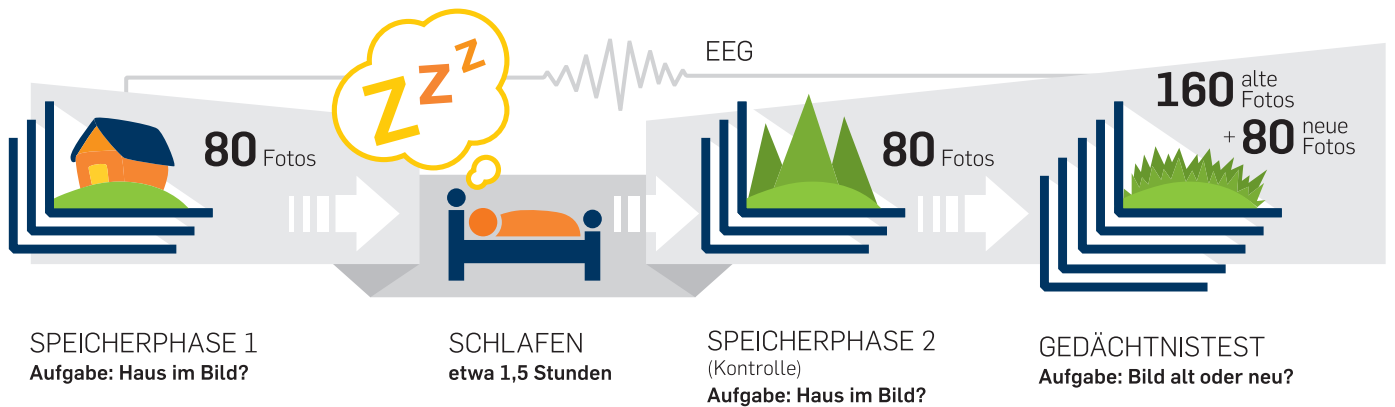
### **Nervenzellen empfänglich machen**

Aber noch ein zweiter Effekt scheint eine Rolle zu spielen: die Ripple-Oszillationen. Dabei handelt es sich um eine bestimmte Art der Hirnaktivität: Ein Verbund von Nervenzellen sendet für einen kurzen Zeitraum Signale mit hoher Frequenz aus. Im EEG zeigen sie sich als charakteristische Wellenform. Wissenschaftler vermuten, dass die Ripples die Nervenzellen auf die Reaktivierung von Informationen vorbereiten. Die Theorie: Nach einem Ripple-Ereignis ist eine Nervenzelle empfänglicher dafür, reaktivierte Informationen dauerhaft zu speichern.

Nikolai Axmacher möchte wissen, ob es diese Effekte auch bei Menschen gibt. Die üblichen Messmethoden der kognitiven Neurowissenschaft reichen dafür nicht aus. Denn für das Langzeitgedächtnis ist eine Region tief im Inneren des Gehirns verantwortlich, der Hippocampus. Die relativ schwachen Ripple-Ereignisse sind mit einem EEG auf der Kopfhaut nicht zu detektieren. Die Lösung: Axmacher testete Epilepsie-Patienten, die aus medizinischen Gründen Elektroden im Gehirn implantiert hatten (Info). Mit diesen konnte er ein EEG im Inneren des Schädels aufzeichnen und so die Aktivität verschiedener Hirnareale direkt messen.

Daten von 13 Patientinnen und Patienten brachte der Forscher von seiner vorherigen Arbeitsstätte, dem Universitätsklinikum Bonn, an die RUB mit. Damit führte Axmachers Team schon mehrere Analysen durch und entwickelte im Lauf der Zeit immer ausgefeiltere Methoden, die schließlich eine kombinierte Suche nach Ripples und Reaktivierung erlaubten. ▶





#### VERSUCHSABLAUF

Die Forscher maßen die EEG-Aktivität direkt im Gehirn von Epilepsie-Patienten, während diese neue Landschaftsbilder betrachteten und sich später an sie erinnerten. Auch während einer Schlafpause nahmen sie EEG-Daten auf.

Der Versuchsablauf sah wie folgt aus: Die Teilnehmer sahen zunächst 80 Bilder von Landschaften mit Häusern oder ohne Häuser. Sie mussten angeben, ob auf dem jeweiligen Bild ein Haus war oder nicht. Derweil zeichneten die Forscher ein EEG auf. Anschließend schliefen die Patienten für eine Stunde; währenddessen nahmen die Forscher erneut ein EEG auf.

#### Gedächtnistest nach dem Schlaf

Nach dem Schlaf sahen die Patienten 80 weitere Bilder von Landschaften und mussten erneut angeben, ob diese Häuser enthielten. Dann kam der finale Test: Nun zeigten die Wissenschaftler die 80 Bilder aus dem ersten Durchgang, die 80 Bilder aus dem zweiten Durchgang sowie 80 neue Bilder. Aufgabe der Probandinnen und Probanden war es zu sagen, welche der Bilder sie bereits gesehen hatten. Auch dabei zeichneten die Forscher ein EEG auf.

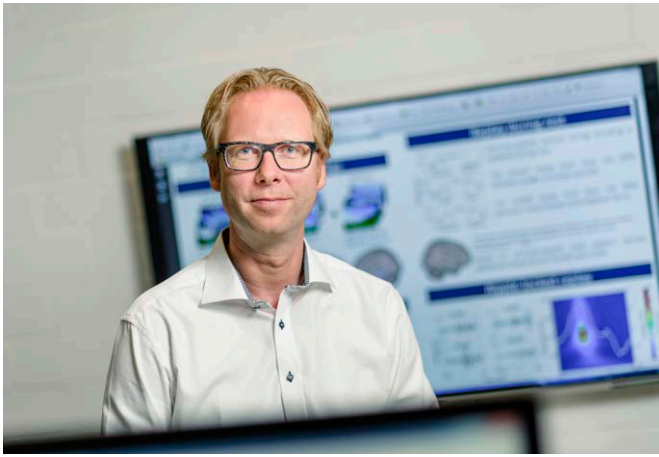
Mit ihrer Analyse wollten Nikolai Axmacher und seine Postdoktorandin Hui Zhang anschließend herausfinden, ob es im Schlaf zur Reaktivierung kommt. Dafür verglichen sie zu-

nächst nur die Hirnaktivität während des ersten Bilderdurchgangs mit der Aktivität aus der Schlafphase. Das EEG aus dem zweiten Bilderdurchgang diente als Baseline. Erzeugt das Gehirn während der Ruhephase die gleichen Aktivierungsmuster, die zuvor beim Betrachten der Bilder aufgetreten waren? Ließen sich also die Ergebnisse aus tierexperimentellen Studien auf den Menschen übertragen?

Die vorläufigen Ergebnisse legen nahe: ja. Tatsächlich traten im Schlaf die gleichen Aktivierungsmuster wieder zutage wie bei der Präsentation der Landschaftsbilder. Als Nächstes suchten Zhang und Axmacher nach Ripples, und auch dabei wurden sie fündig. Die EEG-Daten enthielten kurze hochfrequente Oszillationen, wie sie bei Tieren beschrieben worden waren. Es galt nun noch, die Frage zu beantworten, ob die Ripples einen Einfluss auf die Reaktivierung und die Gedächtnisleistung hatten.

Das Team analysierte, wie stark die Reaktivierung nach einem Ripple ausfiel, und wie stark, wenn zuvor kein Ripple aufgetreten war. Das Resultat passte erneut zu den Befunden





Nikolai Axmacher erforscht, wie das Gehirn neues Wissen speichert.

aus den Tierstudien. Nach einem Ripple trat eine stärkere Reaktivierung auf als in einem Vergleichszeitraum vor einem Ripple. „Einzelne Reize, also in unserem Fall Landschaftsbilder, werden im Schlaf reaktiviert, und die Ripples scheinen diese Reaktivierung zu verstärken“, erklärt Nikolai Axmacher. Diesen Verstärkungsmechanismus fand das Team aber nur bei der Reaktivierung solcher Bilder, die beim finalen Test auch erinnert wurden. In anderen Worten: „Wenn ein Ripple die Reaktivierung verstärkt, wird das Bild später erinnert“, so Axmacher. „Wir haben es hier also offenbar mit einem Mechanismus für das Lernen im Schlaf zu tun.“ Auf diese Art und Weise, so vermutet der Wissenschaftler, könnten auch komplexere Gedächtnisinhalte im Gehirn gefestigt werden.

Text: jwe, Fotos: dg

## Im Gespräch

# VOM ARZT ZUM FORSCHER

**Herr Axmacher, Sie untersuchen Patienten, obwohl sie etwas über das gesunde menschliche Gehirn herausfinden möchten. Warum dieser Ansatz?**

Patientinnen und Patienten mit Epilepsie geben uns eine einzigartige Möglichkeit, ein EEG in tief im Gehirn liegenden Bereichen aufzuzeichnen, da sie aus medizinischen Gründen Elektroden implantiert haben. An solche Daten würden wir bei Menschen sonst niemals herankommen.

**Kann man denn von dem Gehirn eines Patienten auf das eines Gesunden schließen?**

Diese Frage bekomme ich nach jedem zweiten Vortrag gestellt, den ich halte. Und sie ist natürlich auch berechtigt. Eine hundertprozentig sichere Antwort wird man niemals geben können. Aber es gibt Gründe, die dafür sprechen. Fokale Epilepsien betreffen nicht das gesamte Gehirn, sondern eine Region und vielleicht noch ein Netzwerk, das die pathologische Hirnaktivität vom Anfallsherd weitergeleitet bekommt. Aber die Hirnaktivität auf der gegenüberliegenden Seite vom Anfallsherd ist relativ normal. Die Patienten haben in der Regel auch nur sehr spezifische neuropsychologische Defizite. Als Sicherheitsmaßnahme werten wir immer nur die EEG-Daten von der gegenüberliegenden Seite vom Anfallsherd aus. Das ist wahrscheinlich sogar konservativer als nötig.

**Was war für Sie die größte Herausforderung bei dieser Arbeit?**

Schwierig war für mich die Zeit, als ich am Universitätsklinikum Bonn geforscht habe und gleichzeitig Vollzeit klinisch tätig war. Manche Patienten kannten mich als behandelnden Arzt, und dann musste ich ihnen sagen: Ich komme heute als Forscher, nicht als Ihr Arzt. Hier läuft eine Studie; wir würden uns freuen, wenn Sie mitmachen. Aber es bringt Ihnen gar nichts; es bringt nur uns etwas. Diese Rollen zu trennen war nicht ganz leicht.

**Haben denn viele Patienten mitgemacht?**

Ungefähr zwei Drittel der Gefragten. Viele haben es als willkommene Abwechslung empfunden, an der Studie teilzunehmen. Es ist eine sehr belastende Lebensphase für die Patienten. Sie sitzen im Bett und warten, dass Anfälle auftreten, während die Elektroden die Gehirnaktivität aufzeichnen.

**Wie lange waren Sie als Arzt tätig?**

Ein knappes Jahr. Danach bin ich noch hin und wieder eingesprungen, wenn Kollegen krank oder im Urlaub waren. Ich habe auch keinen Facharzt mehr gemacht, sondern bin komplett in die Forschung gegangen. Das war schon ein bisschen risikoreich. Hätte es nicht mit der Dauerstelle geklappt, wäre ich ganz schön aufgeschmissen gewesen.

### DEN URSPRUNG VON EPILEPTISCHEN ANFÄLLEN FINDEN



*Einige besonders schwere Epilepsien lassen sich nicht medikamentös behandeln. Bei fokalen Epilepsien, die ihren Ursprung in einem eng umgrenzten Hirnareal haben, kann es helfen, die Hirnregion zu entfernen, von der die Anfälle ausgehen. Um diesen Anfallsherd zu finden, implantieren Mediziner Elektroden im Gehirn. Sie zeichnen konstant die Hirnaktivität auf. Erleidet der Patient oder die Patientin einen Anfall, können die Ärzte so feststellen, von welchem Areal er ausgegangen ist. Anschließend – in der Regel nach etwa zwei Wochen – werden die Elektroden wieder entfernt.*



# REDAKTIONSSCHLUSS

Über zehn Jahre lang erforscht Dr. Raphael Gasper-Schönenbrücher bereits den dreidimensionalen Aufbau von Proteinen. Aber diese rätselhaften symmetrischen Formen hatte er noch nie zuvor gesehen. Für seine Arbeit nutzt er die Röntgenstrukturanalyse, die ein räumliches Bild des Proteinaufbaus liefert. Die Methode funktioniert nur, wenn die Proteine als Kristalle vorliegen. Sie in diese Form zu bekommen ist keine triviale Sache. Oft müssen die Forscher hunderte Substanzen testen, um aus einer wässrigen Proteinlösung Kristalle zu erzeugen. Eines Tages tauchten dabei die rätselhaften runden Strukturen auf. Warum sie entstanden sind und woraus sie bestehen, ist unklar. „Es könnten Proteinansammlungen sein oder Chemikalien der Puffersubstanzen“, spekuliert Gasper-Schönenbrücher. „Offensichtlich waren die Mischung von Chemikalien, die Erdanziehung und die Geometrie des Gefäßes, schlicht sämtliche Bedingungen, gerade so perfekt, dass sich dieses vollendet symmetrische Muster ausbildete.“

*Bild: Raphael Gasper-Schönenbrücher*

## IMPRESSUM

HERAUSGEBER: Rektorat der Ruhr-Universität Bochum in Verbindung mit dem Dezernat Hochschulkommunikation (Abteilung Wissenschaftskommunikation) der Ruhr-Universität Bochum

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT: Prof. Dr. Gabriele Bellenberg (Philosophie und Erziehungswissenschaften), Prof. Dr. Astrid Deuber-Mankowsky (Philologie), Prof. Dr. Reinhold Gleis (Philologie), Prof. Dr. Achim von Keudell (Physik und Astronomie), Prof. Dr. Ulrich Kunze (Elektrotechnik/Informationstechnik), Prof. Dr. Wolfgang Linke (Medizin), Prof. Dr. Denise Manahan-Vaughan (Medizin), Prof. Dr. Martin Muhler (Chemie), Prof. Dr. Franz Narberhaus (Biologie), Prof. Dr. Andreas Ostendorf (Prorektor für Forschung, Transfer und wissenschaftlichen Nachwuchs), Prof. Dr. Michael Roos (Wirtschaftswissenschaft), Prof. Dr. Tom Schanz (Bau- und Umweltingenieurwissenschaften), Prof. Dr. Michael Wala (Geschichtswissenschaft)

REDAKTIONSANSCHRIFT: Dezernat Hochschulkommunikation, Abteilung Wissenschaftskommunikation, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Tel.: 0234/32-25228, Fax: 0234/32-14136, rubin@rub.de, news.rub.de/rubin

REDAKTION: Dr. Julia Weiler (jwe, Redaktionsleitung); Meike Drießen (md); Katharina Gregor (kg); Raffaella Römer (rr)

FOTOGRAFIE: Damian Gorczany (dg), Hofsteder Str. 66, 44809 Bochum, Tel.: 0176/29706008, damiangorczany@yahoo.de, www.damiangorczany.de; Roberto Schirdewahn (rs), Offerkämpfe 5, 48163 Münster, Tel.: 0172/4206216, post@people-fotograf.de, www.wasaufdieaugen.de

COVERBILD: Roberto Schirdewahn

BILDNACHWEISE INHALTSVERZEICHNIS: Teaserfotos für die Seiten 12, 24, 42: Roberto Schirdewahn; Teaserfotos für die Seiten 36, 54: Damian Gorczany; Teaserfoto für Seite 06: Brent McGregor

GRAFIK, ILLUSTRATION, LAYOUT UND SATZ: Agentur der RUB, www.rub.de/agentur

DRUCK: VMK Druckerei GmbH, Faberstraße 17, 67590 Monsheim, Tel.: 06243/909-110, www.vmk-druckerei.de

AUFLAGE: 4.000

ANZEIGENVERWALTUNG UND -HERSTELLUNG: VMK GmbH & Co. KG, Faberstraße 17, 67590 Monsheim, Tel.: 06243/909-0, www.vmk-verlag.de

BEZUG: RUBIN erscheint zweimal jährlich und ist erhältlich im Dezernat Hochschulkommunikation (Abteilung Wissenschaftskommunikation) der Ruhr-Universität Bochum. Das Heft kann kostenlos abonniert werden unter rubin.rub.de/abonnement.

ISSN: 0942-6639

Nachdruck bei Quellenangabe und Zusenden von Belegexemplaren