



ISTOCK / MONKEYBUSINESSIMAGES

## Demenz

### Zwei Sprachen gegen Alzheimer

Bei Alzheimerpatienten, die bilingual aufgewachsen sind, verzögert sich der geistige Abbau. Darauf deutet eine Studie von Forschern um Daniela Perani von der Università Vita-Salute San Raffaele in Mailand hin. Sie untersuchten 85 Alzheimerpatienten aus der Stadt Bozen in Südtirol, von denen rund die Hälfte neben Italienisch auch fließend Deutsch sprach. In Tests, die das Kurz- und Langzeitgedächtnis der Probanden abklopften, schnitten die bilingualen Teilnehmer besser ab als ihre einsprachigen Leidensgenossen, entdeckten die Wissenschaftler. Und das, obwohl die zweisprachigen Versuchspersonen im Schnitt fünf Jahre älter waren und über eine schlechtere Schulbildung verfügten – zwei Faktoren, die sich eigentlich eher ungünstig auf die Alzheimerprognose auswirken.

Ein Blick auf das Gehirn der Probanden per Positronenemissionstomografie (PET) offenbarte zudem, dass bei den zweisprachigen Alzheimerpatienten zwar in manchen Hirnregionen der Stoffwechsel stärker gedrosselt war als bei den einsprachigen

Teilnehmern. Dafür zeigten andere Areale aber einen deutlich regeren Stoffwechsel, und sie interagierten stärker miteinander.

Dieses Muster trat unabhängig von demografischen Variablen wie Bildung, Beruf und Geschlecht der Teilnehmer auf. Perani und ihre Kollegen interpretieren es als eine Art Kompensationsverhalten des Gehirns, das den bilingualen Probanden hilft, besser mit dem kognitiven Abbau zurechtzukommen. Schon frühere Untersuchungen zeigten, dass bilinguale Personen im Schnitt rund fünf Jahre später an Alzheimerdemenz erkrankten als monolinguale.

Dieser Schutzeffekt greift aber wohl nur bei jenen Menschen, die tatsächlich bis ins hohe Alter hinein zwei Sprachen regelmäßig in ihrem Alltag nutzen, sagen Perani und ihre Kollegen. Das zeigte sich auch in ihrem Versuch: Die vorteilhaften Stoffwechsellmuster im Gehirn der Probanden waren umso ausgeprägter, je häufiger diese tatsächlich Deutsch und Italienisch im Wechsel sprachen. (dz)

*Proc. Natl. Acad. Sci. USA 10.1073/pnas.1610909114, 2017*

## Multitasking

# Denkende Männer laufen nicht rund

Eine anspruchsvolle Denkaufgabe stört bei Männern offenbar die Koordination beim Gehen, bei Frauen – unter 60 Jahren – dagegen nicht. Das berichtet ein Team um Tim Killeen vom Universitätsklinikum Balgrist in Zürich. Die Forscher untersuchten ein bereits bekanntes Phänomen: Je konzentrierter man nachdenkt, desto asymmetrischer schwingen rechter und linker Arm beim Gehen mit.

Killeen vermutete, dass diese Veränderung mit der Beanspruchung jener Hirnhälfte zusammenhängt, die auch die motorischen Funktionen im jeweiligen Arm steuert. Deshalb ließ er 83 Probandinnen und Probanden den Stroop-Test absolvieren, bei dem auf einem

Bildschirm die Bezeichnung einer Farbe in farbiger Schrift eingeblendet wird. Wenn die Schriftfarbe nicht mit dem Farbwort übereinstimmt, tut man sich mit der Benennung schwerer. Der Stroop-Test beansprucht vor allem Strukturen in der linken Hirnhälfte. Nach Killeens Hypothese sollte der rechte Arm beim Gehen weniger ausschlagen, was die Ergebnisse auch bestätigten – überraschenderweise allerdings vor allem bei Männern und bei Frauen über 60 Jahren. Die Arme jüngerer Frauen schwingen symmetrisch mit.

Woran das liegt, ist noch unklar. Möglicherweise benötigen Frauen bei sprachlastigen Aufgaben wie dem Stroop-Test weniger kognitive Kapazität, so die Forscher. Andererseits könnte der Effekt aber auch mit einer hormonabhängigen Unterdrückung unerwünschter Reaktionen zusammenhängen, spekuliert Killeens Team. Das würde erklären, weshalb Frauen jenseits der Menopause anders reagieren. (lf)

*R. Soc. Open Sci. 10.1098/rsos.160993, 2017*

## Neurowissenschaft

# Echlot im Kopf

Vor allem blinde Menschen nutzen Schnalzlaute, die sie mit ihrer Zunge produzieren, um so wie mit einem Echlot die Größe des umgebenden Raums abzuschätzen. Was dabei im Gehirn passiert, haben nun Forscher der LMU München untersucht. Sie haben festgestellt, dass die Hirnaktivität, die mit dem Zungenschnalzen einhergeht, unabhängig vom Raum konstant blieb. Das in den sensorischen Arealen verarbeitete Echo rief hingegen je nach Raumgröße unterschiedliche Signale hervor.

Um eine solche Echolokation in der Röhre des Magnetresonanztomografen überhaupt möglich zu machen, mussten die Forscher um Lutz Wiegrebe tief in die Trickkiste greifen. Sie zeichneten zunächst die akustischen Eigenschaften einer Kapelle auf und errechneten daraus ein Modell, in dem sie nach

Wunsch Klickechos produzieren konnten. Im Experiment trugen die in der Röhre liegenden Teilnehmer ein Headset, das per Mikrofon die Schnalzer der Freiwilligen erfasste und diese dann – samt eines realistischen Echos – auf die Kopfhörer einspielte. Am Computer konnten die Wissenschaftler dabei die Größe der virtuellen »Kapelle« beliebig manipulieren.

Die Teilnehmer seien erstaunlich gut darin gewesen, die Größe des Raums abzuschätzen, erklären die Forscher. Ein Proband habe die Raumgrößen so genau nennen können, dass seine Angaben um höchstens vier Prozent von der tatsächlichen Größe abwichen. Das funktionierte aber nur dann, wenn die Teilnehmer aktiv Klicklaute produzierten und nicht bloß Aufzeichnungen oder das Echo vorgespielt bekamen. Demnach benötigt das Gehirn, wenn es den Schall korrekt verarbeiten soll, neben dem sensorischen Input auch die Informationen aus den Zentren der neuronalen Bewegungssteuerung. (jd)

*J. Neurosci. 10.1523/JNEUROSCI, 2017*



PHOTOCASE / BEATE HELENA

**Ernährung** Alkohol aktiviert im Gehirn bestimmte Neurone, die Teil des Hungernetzwerks sind. Das könnte erklären, warum wir uns nach einem feuchtfröhlichen Abend gerne einen deftigen Snack gönnen.

*Nat. Commun. 10.1038/ncomms14014, 2017*



Bei Nilflughunden (*Rousettus aegyptiacus*) spürten Forscher neue Orientierungszellen auf.

## Orientierung

# Vektorzellen kodieren den Kurs zum Ziel

Im Gehirn von Flughunden sind Forscher auf eine Klasse von Neuronen gestoßen, die den Tieren offenbar dabei helfen, die Richtung und Entfernung zu einem Ziel zu berechnen. Das Team um Nachum Ulanovsky vom Weizmann Institute of Science im israelischen Rehovot taufte den neu entdeckten Zelltypus Vektorzelle. Die Forscher gehen davon aus, dass sich Neurone mit derselben oder zumindest einer sehr ähnlichen Spezialisierung ebenso in anderen Säugetiergehirnen finden lassen dürften – eventuell auch beim Menschen.

Die Vektorzellen stehen in einer Reihe mit bereits länger erforschten Orientierungszellen im Hippocampus, von denen die Ortszellen wohl zu den bekanntesten zählen. Eine Ortszelle beginnt immer dann zu feuern, wenn sich das Tier an dem Ort befindet, auf den die Ortszelle spezialisiert ist. Eine Vektorzelle hingegen feuert immer dann, wenn sich das Ziel des Tiers in einer ganz bestimmten Entfernung und in einer ganz bestimmten Richtung befindet. Dabei spezialisiert sie sich je nach Umgebung neu.

Ulanovsky und Kollegen horchten die Zellen des neuronalen Navigationssystems der Flughunde mit implantierten Elektroden ab. Die Wissenschaftler ließen die Nilflughunde (*Rousettus aegyptiacus*) in einer großzügigen Arena frei fliegen. In deren Mitte hatten sie auf einer Plattform eine Banane platziert. Sie erfassten die Position der Tiere, während diese wilde Kurven flogen, und verglichen anschließend, ob die angezapften Hirnzellen an bestimmten Stellen des Raums oder unter bestimmten Bedingungen feuerten. Dabei offenbarten sich die Vektorzellen.

Außergewöhnlich an diesen Zellen ist, dass sie nicht allein durch Verarbeitung von Sinnesreizen aktiviert werden. Selbst wenn die Forscher das Flugziel vor den Blicken der Flughunde verbargen, zeigten die Zellen denselben Vektor zum Ziel an. Wo die Banane lag, mussten sich die Tiere folglich gemerkt haben. »Das legt nahe, dass die Vektorzellen auf Gedächtnisvorgängen basieren und nicht auf Prozessen der Sinneswahrnehmung«, sagt Ulanovsky in »Nature«. (jd)

*Science* 355, S. 176–180, 2017



## Schönheitsempfinden Männer halten tätowierte Geschlechtsgenossen im Durchschnitt für attraktiver. Frauen tun das nicht.

*Pers. Individ. Dif.* 106, S. 122–125, 2017

## Kollektive Intelligenz

# Wie man falsche Antworten ausschließt

Lässt man eine Gruppe von Menschen beispielsweise das Gewicht eines Jumbojets schätzen, kommt der Mittelwert ihrer Antworten dem tatsächlichen Ergebnis oft erstaunlich nahe. Problematisch wird es allerdings bei Fragen wie der nach der Hauptstadt von Australien. Wenn sich eine falsche Antwort (zum Beispiel Sydney) geradezu aufdrängt, gerät die richtige Lösung (Canberra) ins Hintertreffen.

Wie man in solchen Fällen mit Hilfe der Schwarmintelligenz doch noch die korrekte Antwort identifizieren kann, haben nun Forscher um Dražen Prelec vom Massachusetts Institute of Technology untersucht – und dabei ein verblüffend simples Verfahren gefunden: Sie lassen die Befragten zusätzlich einschätzen, wie wohl die anderen Gruppenmitglieder antworten. Dann vergleichen sie die tatsächliche Verteilung der Antworten mit den Vermutungen der Teilnehmer.

Gibt es keine Unterschiede, hat die Mehrheit vermutlich Recht. Weichen reale und erwartete Antworten jedoch voneinander ab, ist man einem Mehrheitsirrtum auf der Spur: Denn dann dürfte die Antwort, die häufiger genannt wird als geschätzt, die richtige sein. Das kommt durch eine kleine Gruppe von »Experten« zu Stande, die sowohl wissen, dass sie die richtige Antwort kennen, als auch, dass eine falsche verbreiteter ist. Entsprechend preisen sie dies in ihre Abschätzung der Antwortverteilung ein. Die falschen Lösungen sammeln dadurch in der Schätzung dann mehr Stimmen, als sie am Ende tatsächlich bekommen.

Ihre Methode habe sich bei unterschiedlichsten Tests mit Gruppen von 20 bis 51 Personen bewährt, meinen Prelec und Kollegen. Sie stellten beispielsweise Laien allgemeine Quizfragen und ließen Hautärzte Bilder von Hautveränderungen beurteilen. 21 bis 36 Prozent effektiver sei ihr Vorgehen gewesen, je nachdem, mit welchem Verfahren man es vergleiche – zum Beispiel mit einer ähnlichen Methode, bei der Probanden zu jeder Antwort noch angeben müssen, wie sicher sie sich sind. Dieses ältere Verfahren hat den Nachteil, dass die Experten, die sich zwar sehr sicher sind, aber nur einen kleinen Teil der Gruppe ausmachen, in der Masse falscher Antworten untergehen. (jd)

*Nature* 541, S. 532–535, 2017

## Gehirn&Geist

**Chefredakteur:** Prof. Dr. phil. Dipl.-Phys. Carsten Könneker M. A. (verantwortlich)

**Artdirector:** Karsten Kramarczik

**Redaktionsleitung:** Dipl.-Psych. Christiane Gelitz

**Redaktion:** Steve Ayan (Ressortleitung Psychologie), Dr. Katja Gaschler (Ressortleitung Hirnforschung, Koordination Sonderhefte), Dr. Anna von Hopffgarten, Dr. Andreas Jahn (Ressortleitung Medizin), Dipl.-Psych. Liesa Klotzbücher, B. A. Wiss.-Journ. Daniela Zeibig

**Freie Mitarbeit:** Dr. Joachim Retzbach

**Assistentin des Chefredakteurs, Redaktionsassistent:** Lena Baunacke  
**Schlussredaktion:** Christina Meyberg (Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle  
**Bildredaktion:** Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe  
**Layout:** Karsten Kramarczik, Sibylle Franz, Oliver Gabriel, Anke Heinzemann, Claus Schäfer, Natalie Schäfer

**Wissenschaftlicher Beirat:** Prof. Dr. Manfred Cierpka, Institut für Psychosomatische Kooperationsforschung und Familientherapie, Universität Heidelberg; Prof. Dr. Angela D. Friederici, Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften, Leipzig; Prof. Dr. Jürgen Margraf, Arbeitseinheit für klinische Psychologie und Psychotherapie, Ruhr-Universität Bochum; Prof. Dr. Michael Paten, Institut für Philosophie der Humboldt-Universität zu Berlin; Prof. Dr. Frank Rösler, Institut für Psychologie, Universität Hamburg; Prof. Dr. Gerhard Roth, Institut für Hirnforschung, Universität Bremen; Prof. Dr. Henning Scheich, Leibniz-Institut für Neurobiologie, Magdeburg; Prof. Dr. Wolf Singer, Max-Planck-Institut für Hirnforschung, Frankfurt am Main; Prof. Dr. Elsbeth Stern, Institut für Lehr- und Lernforschung, ETH Zürich

**Übersetzung:** Claudia Krysztofciak

**Herstellung:** Natalie Schäfer

**Marketing:** Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741,

E-Mail: service@spektrum.de

**Einzelverkauf:** Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744

**Verlag:** Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg, Hausanschrift: Tiergartenstraße 15–17, 69121 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751, Amtsgericht Mannheim, HRB 338114

**Redaktionsanschrift:** Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg,

Tel.: 06221 9126-712, Fax: 06221 9126-779,

E-Mail: gehirn-und-geist@spektrum.de

**Geschäftsleitung:** Markus Bossle, Thomas Bleck

**Leser- und Bestellservice:** Helga Emmerich, Sabine Häusser, Ute Park,

Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.de

**Vertrieb und Abonnementsverwaltung:** Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o ZENIT Pressevertrieb GmbH, Postfach 81 06 80, 70523 Stuttgart, Tel.: 0711 7252-192, Fax: 0711 7252-366, E-Mail: spektrum@zenit-presse.de, Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn

Die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH ist Kooperationspartner der Nationales Institut für Wissenschaftskommunikation gGmbH (NaWik).

**Bezugspreise:** Einzelheft: € 7,90, sFr. 15,40, Jahresabonnement Inland (12 Ausgaben): € 85,20, Jahresabonnement Ausland: € 93,60, Jahresabonnement Studenten Inland (gegen Nachweis): € 68,40, Jahresabonnement Studenten Ausland (gegen Nachweis): € 76,80. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Postbank Stuttgart, IBAN: DE52 6001 0070 0022 7067 08, BIC: PBNKDEFF

Die Mitglieder der DGPPN, des VBio, der GNP, der DGNC, der GfG, der DGPs, der DPG, des DPTV, des BDP, der GkV, der DGPT, der DGSL, der DGKJP, der Turm der Sinne gGmbH, der NOS (Neurofeedback Organisation Schweiz) sowie von Mensa in Deutschland erhalten die Zeitschrift »Gehirn&Geist« zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.

**Anzeigen/Druckunterlagen:** Karin Schmidt, Tel.: 06826 5240-315,

Fax: 06826 5240-314, E-Mail: schmidt@spektrum.de

**Anzeigenpreise:** Zurzeit gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 16 vom 1. 11. 2016.

**Gesamtherstellung:** Vogel Druck und Medienservice GmbH, Hönchberg

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2017 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

**Bildnachweise:** Wir haben uns bemüht, sämtliche Rechteinhaber von Abbildungen zu ermitteln. Sollte dem Verlag gegenüber dennoch der Nachweis der Rechtsinhaberschaft geführt werden, wird das branchenübliche Honorar nachträglich gezahlt.

ISSN 1618-8519

## Drogen

**Zum Rauchen verführt**

**E**-Zigaretten bringen eventuell Jugendliche zum Rauchen, die sonst nicht damit angefangen hätten. Das legt zumindest eine Untersuchung des Mediziners Stanton Glantz von der University of California in San Francisco nahe. Seine Arbeitsgruppe nahm sich die Zahlen des National Youth Tobacco Survey der US-Gesundheitsbehörde CDC vor, an dem von 2004 bis 2014 etwa 140 000 Schülerinnen und Schüler teilnahmen. Wie Statistiken zeigen, nimmt der Anteil der rauchenden Jugendlichen in den USA seit Jahren kontinuierlich ab. Der Forscher prüfte nun jedoch, ob die Einführung der E-Zigarette im Jahr 2007 diesen Trend erkennbar veränderte.

Bei der Betrachtung der Daten in ihrer Gesamtheit fand sein Team keine Auswirkung in der einen oder anderen Richtung. Bei der Analyse nach psychosozialen Risikofaktoren zeigte sich allerdings, dass E-Zigaretten vermehrt bei Jugendlichen zum Einsatz kommen, die eigentlich nur ein sehr geringes Risiko aufweisen, mit dem Rauchen zu beginnen. Die E-Zigaretten würden deswegen keineswegs, wie gelegentlich vermutet, den Nikotinkonsum der Jugendlichen verringern, schreibt die Arbeitsgruppe. Vielmehr vergrößere die E-Zigarette den Markt für Tabakprodukte und erreiche vermutlich auch jene Jugendliche, die sonst gar nicht gefährdet waren. Frühere Studien hatten auf diesen Effekt bereits hingewiesen: Wie das im Detail mit den unverändert sinkenden Konsumentenzahlen zusammenpasst, ist aber noch unklar. (lf)

*Pediatrics 10.1542/peds.2016-2450, 2017*

## Creutzfeldt-Jakob

**Hinweis auf unerkannte Infektion**

**I**n Großbritannien ist ein 36-jähriger Mann vermutlich an der durch den »Rinderwahn« bekannt gewordenen Variante der Creutzfeldt-Jakob-Krankheit (vCJD) gestorben – obwohl er eine Genvariante trug, die bisher vor der Krankheit zu schützen schien. Das berichtet ein Team um Tzehow Mok vom University College London. Frühere Verdachtsfälle deuteten bereits darauf hin, dass Menschen mit diesem genetischen Merkmal sehr wohl erkranken können, aber eben erst später. Der Todesfall vom Februar 2016 ist der erste, bei dem vCJD tatsächlich nachgewiesen wurde.

Nach einer Studie von 2013 sind die mit der Rinderseuche BSE assoziierten Prionen im Gewebe von etwa einem halben Promille aller Briten nachweisbar, so dass dort theoretisch bis zu 32 000 Menschen betroffen wären. Schlimmstenfalls könnten sich zudem auch

andere Menschen über Blut- und Organübertragungen an diesen unbekannteren Fällen angesteckt haben. Der Verstorbene besaß zwei unterschiedliche Allele des so genannten Prionproteingens, die sich an einer Position unterscheiden. Bislang erkrankten nur Menschen, die von einer der Varianten zwei gleiche Allele trugen.

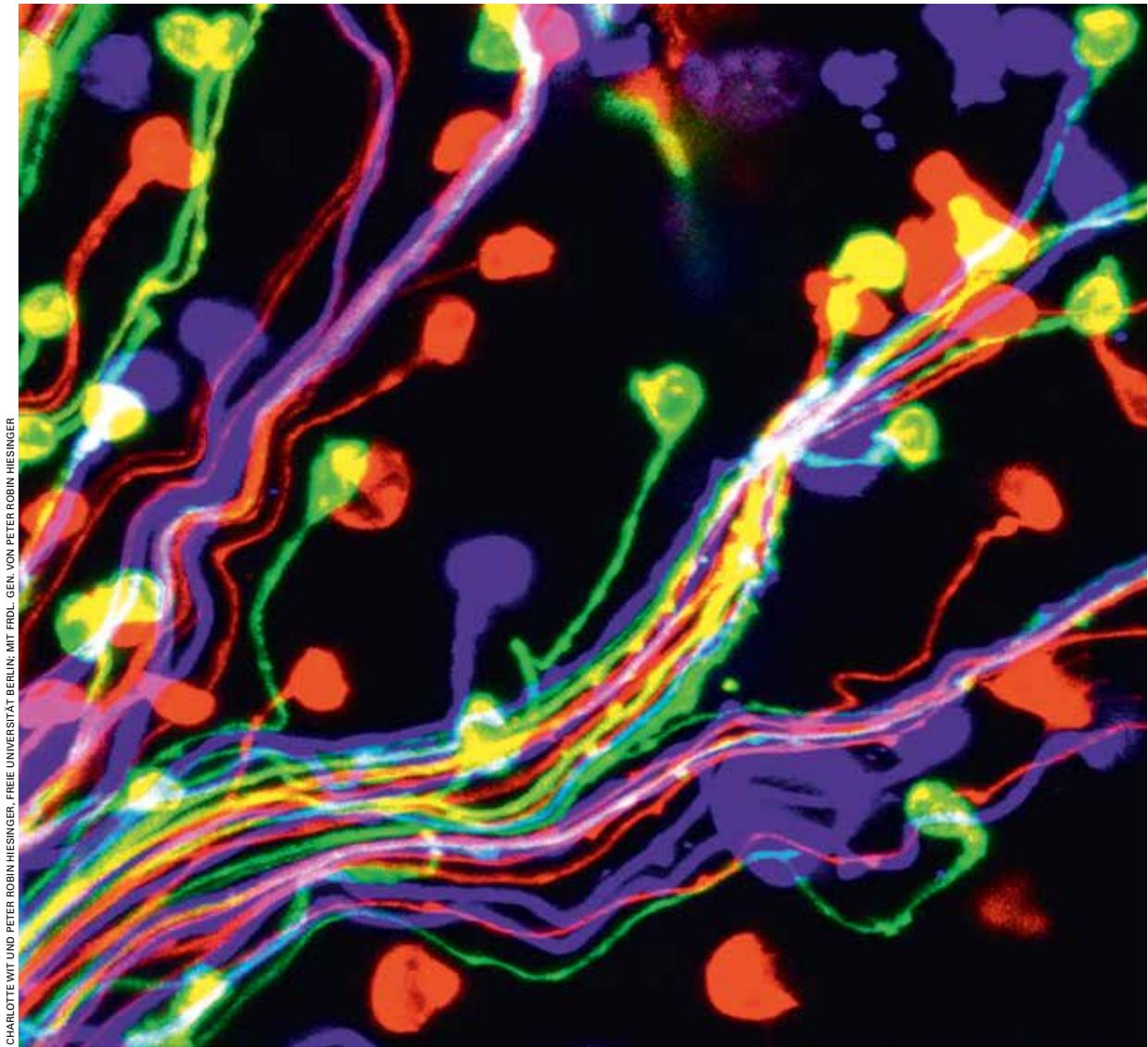
Mit dem neuen Todesfall ist nun klar, dass weit mehr Menschen die Krankheit bekommen können und dass sie je nach Genvariante sehr lange verborgen bleibt. Auch an der Studie unbeteiligte Fachleute sehen nun die Gefahr einer »zweiten Welle« von vCJD. Es sei davon auszugehen, dass weitere Fälle auftreten, sagt zum Beispiel Inga Zerr, die Leiterin der Forschungsgruppe Prionen der Universitätsmedizin Göttingen. In Deutschland ist das Risiko allerdings gering. Schon während der ersten vCJD-Welle gab es hier zu Lande keine Infektion, und dass sich auf medizinischem Weg jemand an unerkannt Infizierten angesteckt hat, gilt als extrem unwahrscheinlich. Gegen solche Übertragungen wurden damals bereits wirksame Sicherheitsvorkehrungen eingeführt. (jo)

*N. Engl. J. Med. 376, S. 292-294, 2017*



**Technik Ein Smartphone im Blickfeld stört die Konzentration messbar – selbst wenn es ausgeschaltet und nicht einmal das eigene ist.**

*Jpn. Psychol. Res. 10.1111/jpr.12143, 2016*



CHARLOTTE WIT UND PETER ROBIN HIESINGER, FREIE UNIVERSITÄT BERLIN; MIT FIDL, GEN, VON PETER ROBIN HIESINGER

## Wegenetz im Fliegenhirn

Wie organisieren sich Nervenzellen zu Schaltkreisen? Und wie schaffen sie es, genau die richtigen Kontakte aufzubauen? Diese Fragen untersuchen Neuroanatomen unter anderem am visuellen System der Taufliege *Drosophila*. Denn die Sinneszellen, die vom Auge zum Hirn der Fliege führen, sind erstaunlich komplex angeordnet: Jeder Punkt im Sichtfeld

wird durch mehrere Fotorezeptorzellen abgedeckt. Diese befinden sich an unterschiedlichen Stellen des Facettenauges, leiten das Signal aber zum gleichen Ort im Gehirn weiter.

Eine Arbeitsgruppe um den Neurobiologen Robin Hiesinger von der Freien Universität Berlin erforschte das komplizierte Verknüpfungsmuster mit einer Färbetechnik

namens »MultiColor FlipOut«. Dazu nutzten die Wissenschaftler gentechnisch erzeugte Markierungen, welche die Neurone in besonders vielen verschiedenen Farbtönen unter Laserlicht sichtbar machten. So entstand eine kunterbunte Karte, mit der sich der Weg einzelner Neurone auch über mehrere Hirnregionen hinweg exakt nachverfolgen lässt.

Die Methode gibt Aufschluss darüber, nach welchen Prinzipien sich Hirnzellen bei *Drosophila* im Lauf der Entwicklung anordnen – ein wichtiger Schritt, um zu verstehen, wie Nervensysteme überhaupt aufgebaut sind. (ch)

Kolodkin, A. L. et al.: Wiring Visual Systems: Common and Divergent Mechanisms and Principles. In: *Current Opinion in Neurobiology* 42, S. 128–135, 2017