

phile, werden sie gewissermaßen verschluckt und mittels der Substanzen aus den Granula getötet und „verdaut“. Dass die Neutrophilen auch extrazellulär (außerhalb ihres Zellkörpers) Bakterien dingfest machen und vernichten können, haben Arturo Zychlinsky, Direktor der Abteilung Zelluläre Mikrobiologie am Berliner Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie, und ein Mikroskopie-Team um Volker Brinkmann aufgedeckt: Unter dem Raster-Elektronenmikroskop fanden die Forscher, dass Neutrophile extrazellulär feine Fasern bilden, die sich über klebrige, tröpfchenförmige Partikel zu komplexen, netzartigen Strukturen verbinden.

Die Berliner Wissenschaftler sprechen von NETs, von *Neutrophil Extracellular Traps*. Und in der Tat handelt es sich um ausgesprochen raffinierte Fallen (engl. traps), in denen sich Bakterien nicht nur verfangen und damit festgehalten, sondern auch abgetötet werden. Denn die Fäden der Fangnetze bestehen aus Chromatin, einem aus Desoxyribonukleinsäuren und Proteinen gebildeten Verbundmaterial, das man ansonsten nur in den Kernen eu-

karyotischer Zellen findet. Den Großteil der Proteine innerhalb des Chromatins stellen dabei so genannte Histone – die auf Bakterien giftig wirken. Außerdem enthalten die NETs auch noch Abwehrstoffe aus den Granula der Neutrophilen. Beides erklärt Befunde, die in Zusammenarbeit mit Yvette Weinrauch von der New York University erhoben wurden: Demnach werden in den NETs unterschiedliche Bakterien – darunter Shigellen, die Erreger der Ruhr, sowie Salmonellen oder Staphylokokken – mit hoher Effizienz abgetötet. ●

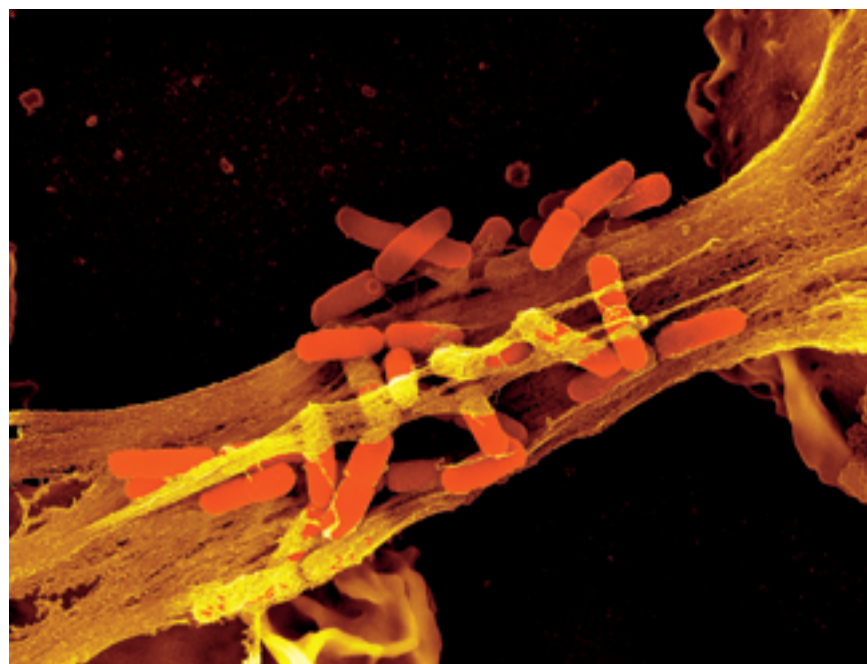


Weitere Informationen erhalten Sie von:

PROF. DR. ARTURO ZYCHLINSKY  
Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie, Berlin  
Tel.: 030 28460-300  
Fax: 030 28460-301  
E-Mail: Zychlinsky@mpiib-berlin.mpg.de

DR. VOLKER BRINKMANN  
Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie, Berlin  
Tel.: 030 28460-318  
Fax: 030 28460-301  
E-Mail: brinkmann@mpiib-berlin.mpg.de

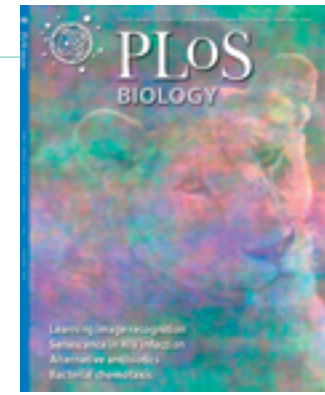
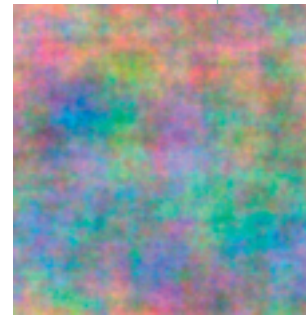
Netzfaserbündel mit Shigellen (orange).



## BIOLOGISCHE KYBERNETIK Lernen schärft den Blick

Die Vernetzung der Nervenzellen in den höheren kognitiven Regionen des Gehirns ermöglicht es dem Menschen, sich an Personen, Objekte oder Ereignisse zu erinnern. Dank der Plastizität dieser Vernetzungen können auch immer wieder neue Inhalte gespeichert werden. Forscher am Tübinger Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik haben jetzt entdeckt, dass Lernen auch auf die Neuronen in den Seharealen selbst zurückwirkt – und damit Interaktion und Rückkopplung zwischen sensorischen und assoziativen Gehirnregionen sowie den Informationsfluss von den Seharealen „nach oben“ optimiert (PLOS BIOLOGY, 17. Februar 2004).

Das Gehirn von Primaten erkennt bekannte Objekte und Personen mit hoher Genauigkeit wieder, auch wenn sie in komplexe und dynamische Szenen eingebettet sind. Diese Fähigkeit beruht wesentlich darauf, dass Lernen und neuronale Plastizität es dem Gehirn auch noch im Erwachsenenalter erlauben, sich ständig neu anzupassen und Wahrnehmungsprozesse kontinuierlich zu optimieren. Deshalb begünstigt wiederholtes Beobachten erfahrungsgemäß das Erkennen – doch war bislang unklar, wie das Gehirn diese Verbesserungen koordiniert. Visuelle Signale laufen zunächst von den Augen zur primären Sehrinde und von dort weiter in nahe gelegene, „niedere“ Verarbeitungsregionen, in denen visuelle Merkmale analysiert werden. Gemeinsam bilden diese Gehirnregionen die so genannten Sehareale: Werden sie verletzt, führt das zu Blindheit. Von diesen Seharealen aus gelangen die visuellen Signale an



Das natürliche Bild eines Löwen (rechts) wurde mit visuellem Rauschen (links) vermischt, um eine verrauschte, schwer erkennbare Version des natürlichen Bildes herzustellen (Mitte).

Abb.: ROBERT SHALLEBERGER/US FISH AND WILDLIFE SERVICE

„höhere“ kognitive Hirnschnitte im Temporal- und Frontallappen, die an der Repräsentation von Objekten und Personen beteiligt sind: Verletzungen in diesen Bereichen haben zur Folge, dass Gegenstände oder Personen zwar gesehen, aber nicht mehr erkannt werden.

Bekannt ist, dass Lernen im erwachsenen Alter die Aktivität und die Vernetzung von Neuronen in den höheren Gehirnarealen verändert. Man nimmt an, dass solche Modifikationen die interne Repräsentation gelernter Inhalte darstellen. Die Eigenschaften der Sehareale hingegen, so die herkömmliche Meinung, sollten sich im Erwachsenenalter nicht mehr verändern. Allerdings fanden Forscher in neuerer Zeit erste Hinweise darauf, dass Lernen auch die Sehareale modifiziert; doch das Ausmaß und die Verhaltensrelevanz dieser Lerneffekte blieben unklar.

Gregor Rainer, Han Lee und Nikos Logothetis vom Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik haben jetzt nachgewiesen, dass Lernen tatsächlich auch die Aktivität der sensorischen Gehirnareale stark beeinflusst. Um diese Einflüsse empirisch untersuchen zu können, hatten die Kognitionsforscher Affen trainiert, bestimmte Naturmotive auch noch in Computerbildern zu identifizieren, die mithilfe von Interpolationstechniken in unterschiedlichem Maße unkenntlich gemacht wurden.

Die Wissenschaftler präsentierten den Affen am Monitor einzelne Naturbilder – darunter

etwa von Vögeln und Menschen – in unterschiedlich stark verschwommenen Versionen. Kurz danach wurde den Affen jeweils ein zweites Bild vorgeführt, und sie sollten dann signalisieren, ob dieses zweite mit dem ersten Bild übereinstimmte oder nicht. Parallel dazu wurde die Aktivität der Neuronen in den niederen visuellen Verarbeitungsregionen aufgezeichnet. Ergebnis: Bei neuen oder unverrauschten Bildern veränderte sich die Aktivität der Neuronen nur unerheblich; sie stieg aber stark an, wenn verrauschte Bilder gezeigt wurden. Und die Wahrnehmung der teilweise unkenntlichen Bilder verbesserte sich, während die Aktivität und der Informationsgehalt der Neuronen zunahm. Wie aber schärfen die einzelnen Neuronen in den niederen visuellen Verarbeitungsregionen das Erkennen verrauschter Bilder? Nachdem die Forscher eine Gruppe von Neuronen identifiziert hatten, die auf verrauschte Stimuli stärker ansprachen und feuerten, untersuchten sie die Augenbewegungen der Affen, um herauszufinden, auf welche Weise die Tiere bereits bekannte Motive in verrauschten Bildern wiedererkennen. Hierbei zeigte sich, dass die Augenbewegungen nach dem Lernen wesentlich stärker bei den Original- und den dazu gehörigen verrauschten Bildern überlappten: Die Affen hatten offenbar gelernt, ihre Aufmerksamkeit auf besonders herausragende Eigenschaften der Bilder zu konzentrieren und auf diese Weise auch die verschwommenen Versionen der

scharfen Originale zu erkennen. Die Untersuchungen belegen, dass sich das Erkennen vage definierter Bilder durch Lernen erheblich verbessert, und dass diese gesteigerten Leistungen von den Neuronen in niederen visuellen Verarbeitungsregionen abhängen. Diese Neuronen kompensieren undeutliche visuelle Inhalte, indem sie verschiedene Gehirnregionen miteinander koordinieren, was zu einer lernabhängigen Zunahme der Information über visuelle Inhalte führt. Die niederen visuellen Verarbeitungsregionen tragen also entscheidend dazu bei, die Unbestimmtheit von Wahrnehmungsinhalten aufzulösen, indem sie mit höheren Gehirnregionen interagieren – und so können selbst uneindeutige Bilder am Ende richtig interpretiert werden. Diese Befunde belegen, dass Lernen auch in den niederen Seharealen zu Veränderungen des Informationsgehalts und der Aktivität von Neuronen führt. Sehen und Erkennen, so folgern Rainer und seine Kollegen, sind dynamische Prozesse, zu denen wesentlich auch Wechselwirkungen zwischen niederen sensorischen Regionen und höheren kognitiven Hirnarealen beitragen: Im Zug dieser Wechselwirkungen werden die kontinuierlich von der Netzhaut empfangenen Signale mit den Erwartungen und Erfahrungen des Gehirns verrechnet. Und diese Integration zwischen Input und Erwartungen vollzieht sich bereits in den niederen Seharealen: Wir sehen folglich das, was wir zu erkennen gelernt haben. ●



Weitere Informationen erhalten Sie von:  
PRIV.-DOZ.  
GREGOR RAINER  
Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, Tübingen  
Tel.: 07071 601-658  
Fax: 07071 601-652  
E-Mail: gregor.rainer@tuebingen.mpg.de