

DIE NARBEN DER KINDHEIT

Traumatische Erlebnisse und mangelnde emotionale Zuwendung in den ersten Lebensjahren können die Verschaltungen im Gehirn verändern. Haben Wissenschaftler damit eine Ursache für psychische Störungen bei Menschen entdeckt?

VON KATHARINA BRAUN UND JÖRG BOCK

Hyperaktivitäts- und Aufmerksamkeitsstörungen, Autismus, Essstörungen, Schizophrenie, Angststörungen und Depressionen – über diese früher oft nur hinter vorgehaltener Hand erwähnten Erkrankungen berichten die Medien heute offen und ausführlich. Für viele Berichterstatter steht dabei eine Ursache bereits fest: Traumatische Erlebnisse in der frühen Kindheit, wie der Verlust der Eltern oder die dauernde Trennung von ihnen. Die wissenschaftliche Beweislage für diese Behauptung war bislang jedoch dürrig. Doch jetzt wird allmählich klar, dass einschneidende Erfahrungen die Vernetzung von Nervenzellen im Kinderhirn sowie das Gleichgewicht von Botenstoffen dramatisch beeinflussen können. Diese Umwälzungen dürften tatsächlich die Anfälligkeit für psychische Störungen zu einem späteren Zeitpunkt stark erhöhen.

Lange nahmen Forscher an, dass genetisch fixiert sei, wie sich das Gehirn entwickle und funktioniere. Die Erkenntnisse der letzten Jahre weisen jedoch in eine ganz andere Richtung: Die Vielfalt der Umwelteinflüsse bestimmt, wie sich die Nervenetze im Gehirn ausbilden. Und in den ersten Lebensmonaten und -jahren stammen diese Einflüsse bei Menschen und vielen Tieren vor allem von den Eltern.

Verhaltensbeobachtungen ließen bereits vor einigen Jahrzehnten vermuten, dass frühkindliche, von Gefühlen geprägte Lernvorgänge – etwa das Knüpfen einer emotionalen Bindung zwischen dem Neu-

geborenen und seinen Eltern – steuern, wie sich der Nachwuchs geistig und seelisch entwickelt. So untersuchte der amerikanische Psychoanalytiker René Spitz (1887–1974) in den 1940er Jahren am New York Psychoanalytical Institute über hundert Säuglinge, die in ein Waisenhaus kamen. Er stellte fest, dass sich etwa jedes zehnte Baby danach stark von seiner Umwelt zurückzog: Diese Kinder ignorierten andere Menschen, lagen oft nur passiv in ihren Betten und blieben in ihrer allgemeinen psychischen Entwicklung zurück.

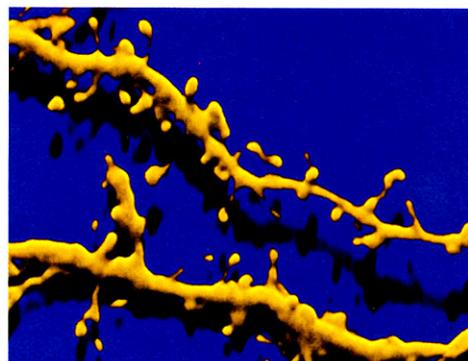
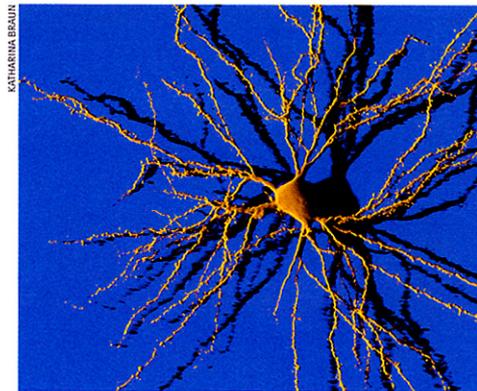
Um herauszufinden, was diese Störungen verursacht, unternahm Spitz eine Langzeitstudie an Heimkindern. Das Ergebnis: Ihnen fehlte neben intellektueller Förderung vor allem emotionale Zuwendung. Schon diese frühen Untersuchungen lieferten also Hinweise, dass Kinder ihr Verhalten an die Umwelt anpassen, während sie ihre ersten emotionalen Erfahrungen nach der Geburt machen.

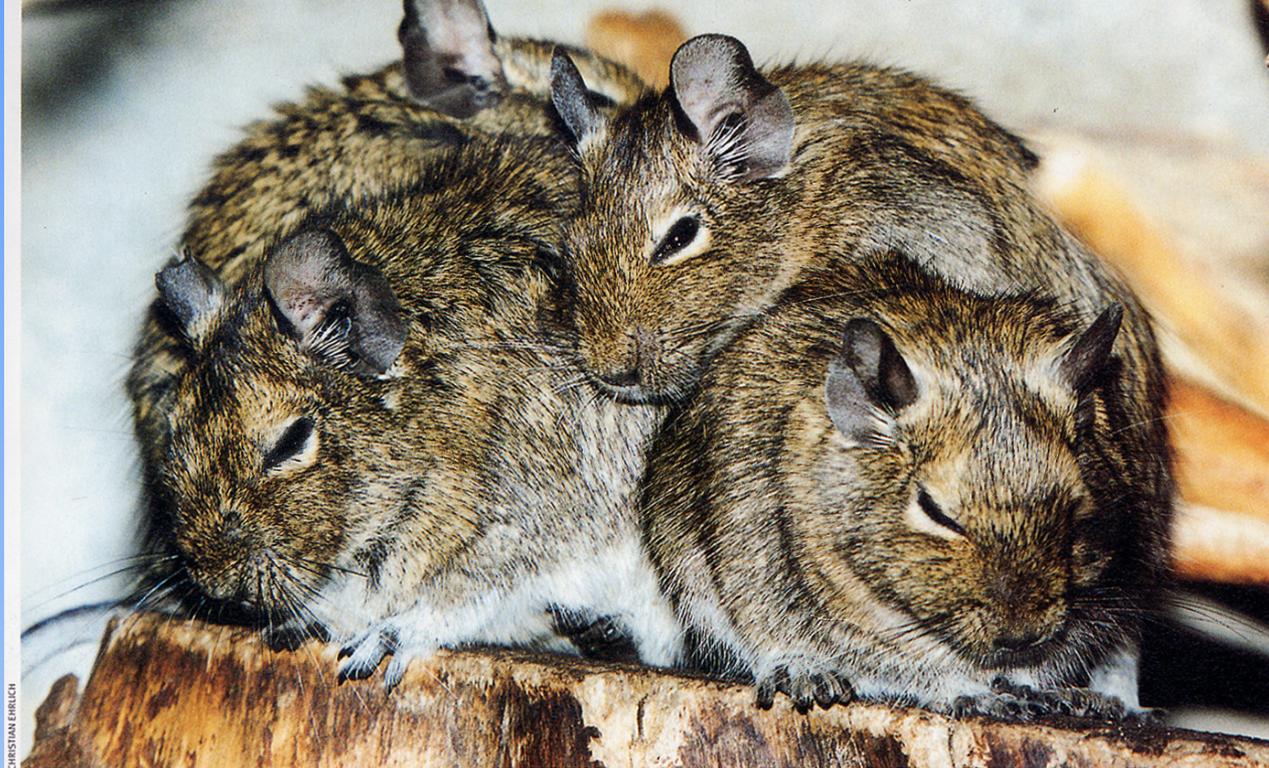
In den 1950er und 1960er Jahren erforschte dann das amerikanische Psycho-

logen-Ehepaar Harlow am Primatenlabor der University of Wisconsin auch an Tieren, was passiert, wenn Kinder früh ihre Eltern verlieren. Das Resultat bestätigte die Beobachtungen der Heimkinder-Studien: Affenjunge, die ohne Mutter aufwuchsen, waren in späteren Lebensabschnitten dauerhaft verhaltensgestört und spielten beispielsweise kaum noch. Zudem waren mutterlose Affen weitaus ängstlicher und weniger erkundungsfreudig als normal aufgezogene Artgenossen. Nur wenige der Weibchen brachten später selbst Nachwuchs zur Welt und wussten dann oft nichts mit ihm anzufangen:

FILIGRAN

Die Nervenzelle eines Hühnerküchens wurde mit einem Farbstoff gefüllt und dann mit einem konfokalen Laserscan-Mikroskop aufgenommen (oben). In der stärkeren Vergrößerung eines Dendritenabschnitts sind die Spinesynapsen deutlich zu erkennen (unten).





CHRISTIAN ERLICH

Sie ignorierten ihre Jungen oder misshandelten sie sogar.

Was lief hier schief? Wie können emotionale Erfahrungen oder ihr Fehlen solch drastische Verhaltensänderungen nach sich ziehen? Auf der Suche nach Antworten begannen in den letzten Jahren Neurobiologen an Tiermodellen zu untersuchen, wie frühe emotionale Erfahrungen- und Lernprozesse das Gehirn beeinflussen. Dass sich die Nervenzellen in manchen Regionen der Großhirnrinde, etwa in der Schrinde, anders verschalten können, wenn während bestimmter Entwicklungsphasen passende Reize aus der Umwelt fehlen, war bereits bekannt. Nun rückte ein anderes Hirnsystem ins Blickfeld: das »limbische System«. Dieses spielt sowohl bei der Steuerung des Verhaltens durch Gefühle als auch beim Lernen und bei der Gedächtnisbildung eine herausragende Rolle.

Forscher um Henning Scheich an der Technischen Hochschule Darmstadt sowie unsere Arbeitsgruppe am Leibniz-Institut für Neurobiologie und an der Otto-von-Guericke-Universität in Magdeburg untersuchten zunächst, wie die emotionale Bindung zwischen einem Neugeborenen und seinen Eltern entsteht. Diesen Vorgang bezeichnen Verhaltensforscher und Psychologen auch als Filialprägung. Wir spielten neugeborenen Haushuhnküken einen künstlich erzeugten Glücklaut vor und stellten ihnen gleichzeitig eine ausgestopfte Henne zum Anuscheln zur Verfügung – die ersten angenehmen Reize, auf die die Jungtiere in ihrem Leben

stießen. Sie assoziierten nun den bisher bedeutungslosen akustischen Stimulus – die künstliche Stimme der »Mutter« – mit der emotionalen Situation und wurden dadurch auf das Geräusch geprägt: Die Küken unterschieden den Glücklaut von anderen Tonreizen und liefen gezielt auf ihn zu, sobald sie ihn hörten.

Jetzt wurde es spannend: Was passiert während der Prägung im Gehirn der Tiere? Wir entdeckten, dass sich die Eigenschaften der Nervenzellen in einigen Teilen ihres Vorderhirns dramatisch verändern. Diese Hirnregionen sind dafür zuständig, den Prägungsreiz wiederzuerkennen und vermutlich auch ihn emotional zu bewerten. Damit entsprechen sie so genannten assoziativen Gebieten der Großhirnrinde bei Säugetieren. In diesen Arealen werden Signale aus vielen verschiedenen Hirnteilen zusammengeführt. Der erlernte Ton aktiviert nun diese Hirnteile bei geprägten Küken wesentlich stärker als bei Kontrolltieren ohne Mutterersatz: Stoffwechsel und Energieverbrauch der Nervenzellen liegen dort deutlich höher als bei Küken, die den Tonreiz zum ersten Mal in ihrem Leben hören und für die er daher emotional bedeutungslos ist.

Außerdem reagieren diese Nervenzellen bei geprägten Tieren mit stärkeren elektrischen Impulsen – also wesentlich empfindlicher – auf den Prägerreiz. Wie kann diese Veränderung zu Stande kommen? Möglicherweise organisieren sich die informationsübermittelnden Kontakte zwischen den Neuronen – die Synap-

KUSCHELIG

An Strauchratten oder Degus (*Octodon degus*) lässt sich gut untersuchen, wie Elternkontakt die Hirnentwicklung der Kinder beeinflusst.

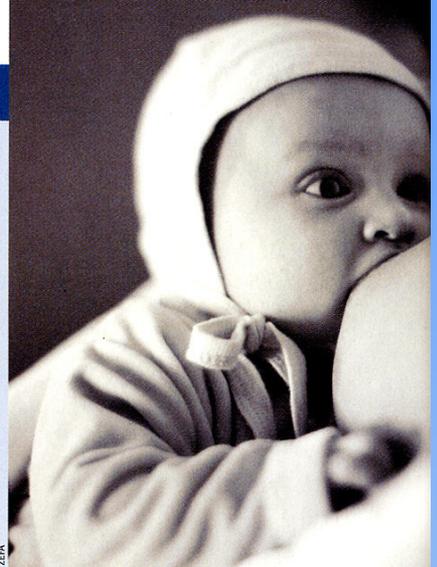
– neu. Und tatsächlich: Bereits innerhalb von neunzig Minuten nach Beginn der Filialprägung vermehren sich die synaptischen Kontakte in einer Region des Hühnerhirns, die bei Säugern dem vorderen Teil des so genannten cingulären Cortex entspricht – einem hinter der Stirn liegenden Abschnitt des limbischen Systems. Das neugeborene Gehirn erweckt damit den Eindruck, den in der freien Natur überlebenswichtigen neuen Reiz über möglichst viele Kanäle erfassen und festhalten zu wollen.

JÄTEN IM HÜHNERHIRN

Längerfristig verschwinden im Verlauf dieses Lernprozesses auch wieder Synapsen – es findet eine »Synapsenselektion« statt. So besitzen eine Woche alte, geprägte Hühnerküken in den assoziativen Gebieten ihres Vorderhirns wesentlich weniger so genannte Spinesynapsen als nicht geprägte Tiere. Dabei handelt es sich um einen überwiegend erregend wirkenden Typ von Synapsen, bei denen die Ausläufer anderer Nervenzellen an dornartige (englisch Spine = Dorn) Ausstülpungen auf den signalaufnehmenden Nervenfortsätzen andocken (siehe Bild ▶

FEST VERANKERT

PRÄGUNGSVORGÄNGE unterscheiden sich von anderen Lernprozessen durch einige charakteristische Merkmale. Sie finden innerhalb bestimmter »sensibler Phasen« des Lebens statt, und es genügt bereits ein kurzer Kontakt mit dem zu lernenden Reiz, Objekt oder der Situation, um dauerhaft im Gedächtnis verankert zu werden. Auch bei Säugetieren und beim Menschen kommt Prägung vor. Säuglinge können bereits nach einigen Lebenstagen die Stimme ihrer Mutter aus einer Vielzahl anderer Stimmen heraushören. Säuglinge depressiver Mütter scheinen wiederum durch den Mangel an Gefühlsäußerungen in der flachen Stimmlage ihrer Mutter emotional depriviert zu werden. Darüber hinaus können Säuglinge den Brustgeruch ihrer Mutter von anderen Gerüchen und vom Geruch anderer Frauen unterscheiden, während mit der Flasche aufgezogene Säuglinge keine Präferenz für den Geruch ihrer eigenen Mutter zeigen.



Seite 50 unten). Im Verlauf dieser Selektion bleiben aus einem Überangebot von unspezifischen synaptischen Verbindungen letztendlich nur diejenigen aktiv, die den emotional wichtigen Reiz verarbeiten. Diese werden im neuronalen Netzwerk verankert und anschließend sogar noch verstärkt. Die überzähligen Verbindungen, die für den Reiz nicht benötigt werden, baut das Gehirn dagegen ab. Dadurch kann es viel gezielter auf bedeutungsvolle Reize reagieren.

Bei Küken, die ohne jeden Sozialkontakt aufwachsen, fehlt hingegen diese Synapsenselektion. Damit können sie aber auch nicht ihre limbischen Schaltkreise optimieren. Sowohl die Vermehrung als auch der nachfolgende Abbau der Verbindungen finden nur dann statt, wenn das Tier den akustischen Prägereiz mit der emotional positiven Situation verknüpfen kann. Ein gefühlsmäßig neutraler Reiz reicht dazu nicht aus: Werden Küken mit dem Glucklaut ohne Hennenattrappe berieselt, bleiben diese synaptischen Veränderungen aus. Andererseits reichen bereits etwa dreißig Minuten Lockrufe plus künstliche Mutter, um die Selektion zu starten. Frühe emotionale Erlebnisse bestimmen also die Grundmuster der neuronalen Verschaltungen im limbischen System während ganz früher Entwicklungsstadien mit. Diese Verdrahtungsmuster legen wiederum fest, welche Verhaltens- und Lernleistungen später überhaupt möglich sind!

Bei der Filialprägung verändert sich auch die Biochemie der Nervenzellen. Das betrifft vor allem manche Gehirnbotenstoffe, auch Neurotransmitter genannt, wie etwa Glutamat. Auf eine Hennenattrappe geprägte Tiere produzieren nach dem Prägelaute mehr davon im Vorderhirn als nicht geprägte Küken, für die dieses Signal bedeutungslos ist. Der

Transmitter wiederum aktiviert so genannte NMDA-Rezeptoren, einen bestimmten Typ von Anheftungsstellen auf Nervenzellen. Offensichtlich knüpft das Gehirn die emotionale Bindung zwischen dem Neugeborenen und seinen Eltern mithilfe von Glutamat und NMDA-Rezeptoren. Kann nämlich Glutamat während des Lernvorgangs nicht an NMDA-Rezeptoren binden – etwa weil sie experimentell blockiert wurden – und somit die Nervenzellen aktivieren, assoziieren die Küken Präge-ton und emotionale Situation nicht mehr miteinander: Die Tiere sind dann »unprägnant«.

FÜRSORGLICHE DEGUVÄTER

Aber auch bei Menschen dürften Lern- und Erfahrungsprozesse die Synapsenselektion steuern. Denn Säuger bauen ebenfalls Synapsen im Gehirn um, um sich an ihre Umgebung zu adaptieren: Primaten bilden nach der Geburt in verschiedenen Gehirnarealen – wie etwa den von uns untersuchten Teilen des limbischen Systems – neue Verbindungen, bauen aber Synapsen auch wieder ab.

Diese Anpassungsfähigkeit des jungen Primatengehirns hat jedoch auch ihre Schattenseite: Es passt sich nämlich genauso gut auch an ungünstige Umweltbedingungen an, beispielsweise an mangelnde emotionale Zuwendung, oder prägt sich traumatische Erlebnisse ein. Daraus könnten Verschaltungsfehler im limbischen System resultieren, und diese wiederum zu Verhaltensstörungen bei Mensch und Tier und vielleicht auch zu bestimmten psychischen Erkrankungen führen.

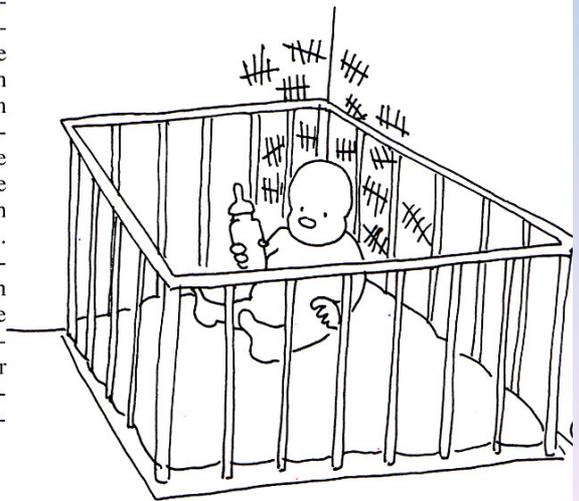
Um diese Vermutung zu überprüfen, untersuchten wir in unserem Labor junge Strauchratten, auch Degus genannt (*Octodon degus*, siehe Bild Seite 51). An diesen Tieren lässt sich der Einfluss der Kind-Eltern-Interaktion auf die Hirnentwicklung bei Säugern hervorragend studieren:

- ▶ Die Jungen können im Gegensatz zu den sonst häufig in der Forschung verwendeten Laborratten oder -mäusen von Geburt an alle Sinne wahrnehmen.

- ▶ Degus »reden« auf recht komplexe Weise miteinander. Ihre Kommunikation über Laute spielt eine wichtige Rolle beim Sozialverhalten zwischen Familien- und Kolonienmitgliedern.

- ▶ Auch die Deguväter sind aktiv an der Jungenaufzucht beteiligt.

Wir trennten Degujungen während verschiedener Phasen ihrer Entwicklung entweder mehrmals für kurze Zeit oder aber dauerhaft von ihren Eltern und Geschwistern – ein sehr negatives, mit Stress und Angst verbundenes emotionales Erlebnis. Als wir uns nun den Energieverbrauch im Hirn der einsamen Degujungen ansahen, stellten wir fest, dass



wiederum insbesondere das limbische System seine Aktivität auf Sparflamme setzt (siehe Bild rechts).

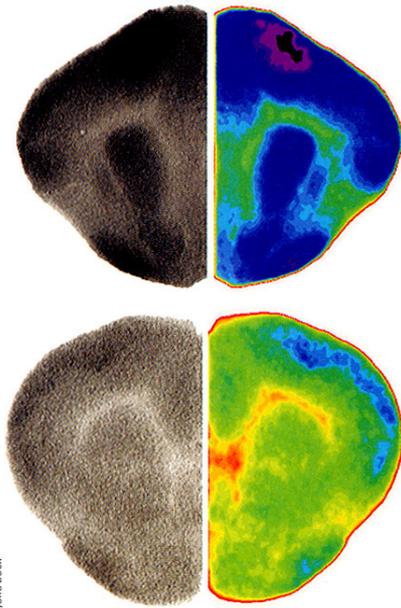
Bei Menschen sind natürlich keine solchen Trennungsexperimente möglich. Nach der Öffnung der Ostblocks konnten aber Wissenschaftler stark vernachlässigte rumänische Waisenkinder untersuchen und fanden bei ihnen einen ganz ähnlichen Aktivitätsmangel im vorderen limbischen System. Und auch Patienten, die etwa unter Aufmerksamkeitsstörungen, Schizophrenie und krankhafter Gewalttätigkeit leiden, weisen ein vergleichbares Defizit auf.

Wie bei den Hühnerküken untersuchten wir auch bei den Degus, wie sich die Synapsen längerfristig verändern. Wenn die Jungtiere ungestört bei den Eltern und Geschwistern aufwachsen können, vermehren sich zunächst im vorderen cingulären Cortex die Spinesynapsen, danach nimmt ihre Anzahl allmählich wieder ab. Werden dagegen Strauchratte-
 jung während ihrer ersten Lebenswochen täglich für einige Stunden von ihren Eltern getrennt, besitzen sie später in dieser Hirnregion fast eineinhalb mal so viele dieser Synapsen. Die Situation ähnelt also der bei Hühnerküken, die keine Möglichkeit zur Filialprägung hatten. Auch hier scheint demnach das übliche Ausjäten von Synapsen durch die unangenehme Erfahrung blockiert oder zumindest zeitlich verzögert zu sein.

Emotionale Deprivation führt jedoch nicht nur zu einem Überschuss an Synapsen. So enthält der vordere cinguläre Cortex bei deprivierten Tieren wesentlich weniger eines anderen Typs von Synapsen, der so genannten Schafsynapsen. Dabei handelt es sich um Nervenzellkontakte, die direkt an den signalaufnehmenden Nervenfortsätzen ansetzen und im Gegensatz zu den fast ausschließlich erregenden Spinesynapsen auch hemmen können. Durch die Trennung von den Eltern verschiebt sich also das Gleichgewicht zwischen den Synapsentypen zu den erregenden Verbindungen hin.

Auch in anderen Teilen des limbischen Systems verändert sich bei den Degus die Synapsenzahl in Abhängigkeit von der emotionalen Erfahrung, so etwa
 ► im so genannten Nucleus accumbens, der bei Suchtentstehung mitspielt,
 ► in der Amygdala, dem Zentrum für Angst und Aggression, sowie
 ► im Hippocampus, der Eintrittspforte für Informationen ins Gedächtnis.

Je nach Hirnregion können diese synaptischen Veränderungen jedoch ganz unterschiedlich ausfallen. Längerfristig kann sich dadurch die Balance zwischen den limbischen Hirnregionen drastisch verän-



dern – mit unabsehbaren Folgen für das spätere psychische Gleichgewicht.

Zusätzlich kommen auch Neurotransmitter aus dem Lot, insbesondere Dopamin und Serotonin. Beide Substanzen steuern die Verarbeitung von Emotionen durch das Gehirn. Bei vielen psychischen Störungen des Menschen sind diese Stoffe aus dem Gleichgewicht geraten. Umso bedenklicher erscheinen daher unsere Ergebnisse, dass sich bei den deprivierten Strauchratten sowohl die Menge der Dopamin- oder Serotonin produzierenden Nervenfasern als auch die Dichte der zugehörigen Rezeptormoleküle verändern. So nehmen bereits drei Tage nach wenigen kurzen Trennungen die Dopamin- und Serotonin-Rezeptoren in Teilen des limbischen Systems deutlich zu.

All diese biologischen Veränderungen im Gehirn dürften sich also tatsächlich direkt auf das spätere Lern- und Sozialverhalten auswirken und vielleicht auch psychische Störungen verursachen. Erste Resultate laufender Verhaltensuntersuchungen an deprivierten Strauch- und Laborratten stützen diese Annahme. Wenn die Tiere in eine fremde Umgebung gelangen, beginnen sie diese mit ungewöhnlich hoher körperlicher Aktivität zu erkunden. Außerdem reagieren sie viel weniger auf mütterliche Lockrufe.

Auf den ersten Blick scheinen diese Verhaltensänderungen verblüffend den Symptomen von Kindern zu ähneln, die unter der Hyperaktivitäts- und Aufmerksamkeitsstörung leiden. Könnte diese Verhaltensauffälligkeit bei Menschen damit auch die gleiche Ursache – also Trennung von den Eltern – haben? Möglich wäre es. Schließlich dürften emotionale

FAMILIENEFFEKT

Die Stoffwechselaktivität im Stirnhirn eines Degungtiers ist im Familienverbund wesentlich höher (oben), als wenn es von ihr getrennt ist (unten). Die linke Hälfte jeder Teilabbildung stellt jeweils das Originalradiogramm dar, die rechte die zugehörige Falschfarbendarstellung, an der sich die Stoffwechselaktivität gut ablesen lässt (von rot über gelb, grün und blau bis violett ansteigend).

Erlebnisse die Gehirnentwicklung von menschlichen Neugeborenen genauso wie bei Tieren beeinflussen. Psychische Belastungen stören daher wohl auch bei ihnen die synaptischen Umbauten in den limbischen Emotionsschaltkreisen.

Die dramatische Folge solcher Fehlerschaltungen im Gehirn: Ein falsch geknüpftes neuronales Netzwerk, das Verhaltens- oder Lernstörungen bis hin zu psychischen Erkrankungen bewirken kann. Jetzt, wo diese Zusammenhänge allmählich klar werden, können Wissenschaftler vielleicht die Anpassungsfähigkeit des Gehirns nutzen, um Fehlentwicklungen auch wieder zu korrigieren. Dann könnten die Medien bald nicht nur über psychische Störungen, sondern auch über neue Methoden berichten, den Betroffenen zu helfen. ◀



KATHARINA BRAUN ist Professorin für Neurobiologie, JÖRG BOCK promovierter Neurobiologe. Beide forschen am neu gegründeten Institut für Biologie an der Fakultät für Naturwissenschaften der Otto-von-Guericke-Universität in Magdeburg.



Literaturtipps

Spitz, R.A.: Vom Säugling zum Kleinkind. Naturgeschichte der Mutter-Kind-Beziehungen im ersten Lebensjahr. Stuttgart: Klett-Cotta 1996.

Strauss, B., Buchheim, A., Kächele, H. (Hg.): Klinische Bindungsforschung – Theorien – Methoden – Ergebnisse. Stuttgart: Schattauer 2002.