

Jeder Anfang ist schwer – und eine große Chance

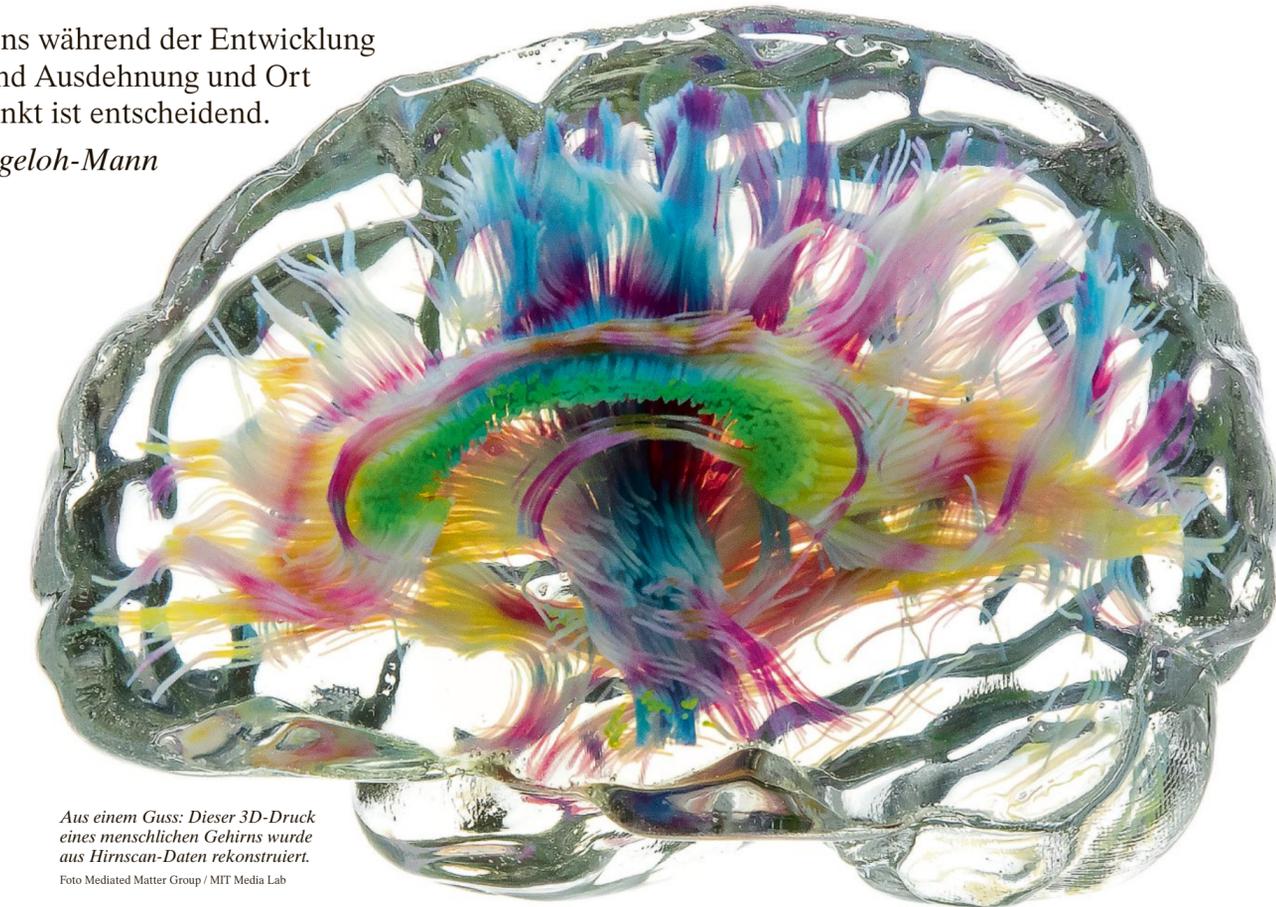
Schädigungen des Gehirns während der Entwicklung des Kindes: Nicht nur sind Ausdehnung und Ort wichtig, auch der Zeitpunkt ist entscheidend.

Von Ingeborg Sofie Krägeloh-Mann

Ihr Kind hat wahrscheinlich eine Gehirnschädigung erlitten“, eine schlimmere Nachricht kann man werdenden Eltern kaum überbringen. Eine solche Situation kann entstehen nach einer Sauerstoffmangelsituation unter der Geburt, einer Komplikation bei einem Frühgeborenen oder wenn die Ultraschalluntersuchung schon vor oder auch nach der Geburt Auffälligkeiten gezeigt hat, die auf eine Gehirnschädigung hinweisen. Die angstvollen Fragen betreffen natürlich die Zukunft des Kindes: Was bedeutet das für die Entwicklung, kann das unreife Gehirn das vielleicht ausgleichen? Um darauf Antworten zu finden, muss man sich mit der Gehirnentwicklung beschäftigen.

Das menschliche Gehirn ist das komplexeste Organ unseres Körpers und hat die längste Entwicklung zu durchlaufen. Sie ist mit der Geburt noch keineswegs abgeschlossen, sondern reicht weit in die Adoleszenz hinein. In der ersten Hälfte der Schwangerschaft etabliert sich die Grobarchitektur des Gehirns. Zellen des äußeren Keimblatts, die zukünftigen Nervenzellen, vermehren sich und wandern von der Mittellinie aus in die zukünftige Gehirnrinde. Dieser Prozess der Organisation der Gehirnrinde dauert bis in die zweite Hälfte der Schwangerschaft. Hier beginnt parallel schon der feinarbeitende Aufbau des Gehirns: Nervenendigungen sprossen aus, deren Verbindungen (Synapsen) bilden sich, und die Myelinisierung beginnt. Dieser Prozess bestimmt ganz wesentlich die Kindheit und auch noch die Adoleszenz. Die Natur hat dabei große Sicherheitsreserven eingebaut: Das synaptische Wachstum erfolgt in großer Redundanz, nur ein Teil der Synapsen wird schlussendlich beibehalten, und zwar diejenigen, die durch Funktion, sozusagen durch Inbetriebnahme, stabilisiert werden.

Diese Dynamik der Gehirnentwicklung, insbesondere in der frühkindlichen Phase, legt Möglichkeiten der positiven Beeinflussung nahe. Lernangebote in der frühkindlichen Entwicklung gelten als besonders wichtig in ihrem Potential für die Zukunft eines Menschen („was Händchen nicht lernt, lernt Hans nimmermehr“). Inzwischen betonen auch Ökonomen und Soziologen, dass die Investition in frühkindliches Lernen eine Investition



Aus einem Guss: Dieser 3D-Druck eines menschlichen Gehirns wurde aus Hirnskan-Daten rekonstruiert.

Foto Mediated Matter Group / MIT Media Lab

liche untersucht werden, die vom Ausmaß vergleichbarer Schädigungen des Gehirns erlitten haben, die aber zu unterschiedlichen Zeitpunkten in der Gehirnentwicklung entstanden sind. Das Entscheidende ist, ob und wie sich der dadurch bedingte funktionelle Ausfall unterscheidet. Seitdem mit der Kernspintomographie sehr gut die Gehirnstrukturen dargestellt werden können, lassen sich Lage und Ausmaß einer Schädigung sehr gut erfassen. Darüber hinaus lässt sich aufgrund des Musters der Gehirnveränderung der wahrscheinliche Zeitraum der Schädigung zuordnen. Man kann so die Gehirnschädigung eines Kindes zeitlich charakterisieren: Ist sie im ersten Drittel der Schwangerschaft, im zweiten oder dritten/unter der Geburt entstanden? Wo liegt sie? Wie ausgedehnt ist sie? Ist nur eine Gehirnhälfte (Hemisphäre) des Großhirns betroffen, oder ist sie beidseitig ausgeprägt? Betrifft sie vielleicht sogar Schaltstationen des Gehirns wie das Zwischenhirn?

Schon seit etwa vierzig Jahren gibt es Hinweise darauf, dass eine einseitige Schädigung des Großhirns, die während der frühen Gehirnentwicklung auftritt, weniger schlimme Ausfälle hinterlässt, als wenn sie beim älteren Kind, Jugendlichen oder Erwachsenen in vergleichbarer Ausprägung auftritt. Ein linksseitiger Schlaganfall bedingt beim Erwachsenen nicht nur eine Halbseitenlähmung rechts, sondern, wenn eine Schädigung der Sprachareale vorliegt, auch ein schweres Sprachdefizit. Entsteht solch eine Schädigung in der linken Hemisphäre jedoch während der Schwangerschaft oder unter der Geburt, resultiert daraus keine entsprechende Sprachstörung und teilweise nur eine relativ milde Einschränkung der Handfunktion. Inzwischen ist gut belegt, dass eine links-hemisphärische Schädigung der Sprachareale, die in der Schwangerschaft oder um den Geburtszeitraum entstanden ist, kein spezifisches Sprachdefizit bei den betroffenen Kindern hinterlässt.

Manche haben eine etwas langsamere Sprachentwicklung, aber die Sprachkompetenz im späteren Alltag ist völlig unauffällig. Mit funktionellen, vorwiegend bildgebenden Untersuchungen des Gehirns kann man in solchen Situationen zeigen, dass die rechte Hemisphäre in den sogenannten homotopischen Arealen, das heißt den völlig spiegelbildlichen Arealen zum Sprachnetzwerk der linken Hemisphäre, die Sprachrepräsentanz aufgebaut hat. Die rechte Hemisphäre hat die Funktion der linken also bezüglich Sprachorganisation übernommen. Noch nicht ganz eindeutig zu beantworten ist, wie lange dies möglich ist, wie lange in der Gehirnentwicklung die rechte Hemisphäre so kompetent Sprachfunktion übernehmen kann. Die vorliegenden Daten sprechen dafür, dass eine links-hemisphärische Schädigung, die bis zum zweiten oder dritten Lebensjahr entsteht, funktionell weitgehend zu einer Sprachreorganisation in die rechte Hirnhälfte führen kann.

Auch bezüglich der motorischen Funktionen kann man nach einer einseitigen Schädigung zeigen, dass die andere Hemi-

sphäre die Funktion übernehmen kann. Beim Gesunden wird die rechte Hand von der linken Hirnhälfte gesteuert und umgekehrt. Gesunde haben also kreuzende motorische Bahnen. Bei manchen Kindern kann man nach einer schweren, frühen, einseitigen Schädigung des Gehirns sehen, dass die kontralaterale Hand (auf der Gegenseite der Schädigung) von der gesunden Gehirnhälfte aus gesteuert wird über eine sogenannte ipsilaterale Bahn (das heißt die gleichseitige Gehirnhälfte steuert jetzt die Hand). Die Funktion ist jedoch immer eingeschränkt, die Kinder haben trotzdem eine Halbseitenlähmung. Interessant ist auch zu sehen, dass nur sehr frühe Schädigungen des Gehirns aus dem ersten und zweiten Trimenon der Schwangerschaft zu einer funktionell ordentlich funktionierenden ipsilateralen Bahn auf der gesunden Seite führen können.

Zusammenfassend kann man festhalten: Einseitige Schädigungen des Großhirns in der frühen Entwicklung können bezüglich der Sprachfunktion durch die gesunde rechte Hemisphäre ausgeglichen werden und bezüglich der motorischen Funktion zumindest eine Funktionsbesserung bewirken. In beiden Situationen hat das Gehirn jedoch von Anfang an eine solche Möglichkeit angelegt: die Sprachorganisation ist in der Kindheit noch beidseitig, und die typische links-hemisphärische Sprachorganisation entwickelt sich erst im Schulalter. Im Bereich der Motorik haben wir alle bei der Geburt sowohl eine kreuzende als auch eine ipsilaterale Bahn. Unser Gehirn behält auf die Dauer die kreuzende und verliert die ipsilaterale Bahn. Wenn eine kontralaterale Bahn jedoch schwer geschädigt wird, kann das Gehirn die ipsilaterale Bahn beibehalten, die einen gewissen funktionellen Ausgleich erlaubt, jedoch nur in der frühen Gehirnentwicklung. Wir sehen hier also deutliche Hin-

weise für eine höhere Plastizität des jungen Gehirns mit zwei wesentlichen Aspekten: Es braucht eine gesunde Hemisphäre, die den Ausgleich ermöglichen kann, und es betrifft Strukturen, die in der frühen Gehirnentwicklung schon angelegt sind.

Wenn man die Auswirkungen von beidseitigen Hirnschädigungen untersuchen will, zeigt der klinische Alltag bereits, dass diese offensichtlich zu schwereren funktionellen Ausfällen führen. So betroffene Kinder und Jugendliche, die man fragen kann, ob sie bei speziellen funktionellen Untersuchungen mitmachen wollen (wie funktionelle Kernspintomographie), sind schwer zu finden. Zwei im klinischen Alltag relativ häufig vorkommende Läsionsbilder zeigen schon deutlich die gravierende Auswirkung von frühen beidseitigen Schädigungen auf die Gehirnentwicklung. Das erste betrifft Kinder, die unter der Geburt eine Sauerstoffmangelsituation erlitten haben und Folgeschäden davontragen. Die typischen Schäden finden sich im Zwischenhirn, das aus Kerngebieten besteht, die als Umschaltstationen für die großen, auch kognitiven Netzwerke fungieren. Sobald sie beidseitig ausgeprägt sind, führen schon umschriebene Schädigungen nicht nur zu einer deutlichen Bewegungsstörung, sondern auch zu einer deutlichen Einschränkung der kognitiven Entwicklung. Die Erklärung dafür ist einfach: Kognitive Netzwerke, die in den ersten Lebensjahren aufgebaut werden, brauchen den Thalamus als Umschaltstation. Er ist eine wichtige Struktur im Bereich der tiefen Kerngebiete, und seine Schädigung stört den Aufbau solcher Netzwerke erheblich. Dies ist einfach zu messen: Der Kopf wächst deut-

lich langsamer, und die Kinder werden mikrozephal (zu kleiner Kopfumfang). Das zweite Beispiel betrifft sehr unreife Frühgeborene. Je unreifer sie sind, desto mehr wird das Kleinhirn vulnerabel. Wenn es dann beidseitig geschädigt wird, verursacht dies erstaunlicherweise nicht – wie beim Erwachsenen zu erwarten – eine Gleichgewichtsstörung, sondern geht einher mit einer deutlichen kognitiven Entwicklungsstörung und einer ausgeprägt unterdurchschnittlichen Kopfumfangsentwicklung. Auch hier ist die Erklärung eine frühe Störung des Aufbaus von Netzwerken. Das Kleinhirn baut millionenfach Projektionen und Fasersysteme auf, auch zu den Großhirnstrukturen, und ihre Störung durch die Kleinhirnschädigung ist die wahrscheinlichste Erklärung für die ausgeprägte kognitive Entwicklungsstörung und Mikrozephalie, die die Kinder in der Folge zeigen.

Eine bei Frühgeborenen häufigere Schädigung, die spezifisch die weiße Substanz des Gehirns betrifft, kann modellhaft zeigen, dass auch umschriebene Schädigungen, sobald sie symmetrisch beidseitig auftreten, das Gehirn in seiner Funktion deutlich einschränken können. Die für Frühgeborene typischen narbigen Veränderungen, die an den Gehirnkammern entlangziehen (periventriculäre Leukomalazie), liegen vorwiegend in Arealen unterhalb der Rindengebiete, die die Sehverarbeitung zur Aufgabe haben. Die betroffenen Kinder haben deutlich mehr Probleme, sich visuell-räumlich zu orientieren. Dies hat auch Auswirkungen auf das Lernen in diesem Bereich, auf die visuelle Aufmerksamkeit. Auch hier ist die wahrscheinlichste Erklärung, dass eine Störung, die ein Netzwerk im Aufbau betrifft, das Netzwerk auch an Stellen beeinträchtigt, die nicht direkt mit der in der Bildung sichtbaren Schädigung zusammenhängt. Diese bei ehemaligen Frühgeborenen erhobenen Daten weisen darauf hin, dass frühe Läsionen den Aufbau von Netzwerken im Gehirn empfindlich stören können, wenn sie beidseitig symmetrisch ausgeprägt sind. Und die oben angesprochenen Beispiele zeigen auf, dass beidseitige Läsionen, wenn sie wichtige Schaltstationen im Gehirn betreffen, über die viele Netzwerke aufgebaut werden, besonders dramatisch in ihrer negativen Auswirkung auf die weitere Gehirnentwicklung und -funktion sind.

Man kann also sagen: Es gibt Evidenz für eine zerebrale Plastizität nach frühen Gehirnläsionen, wonach das Gehirn in seiner frühen Entwicklung besser kompensieren und ausgleichen kann als das schon reife Gehirn. Es gilt jedoch genau so, dass das junge, sich entwickelnde Gehirn empfindlicher auf Läsionen reagiert, und zwar, wenn diese beidseitig sind und insbesondere, wenn diese wichtige Schaltstationen des Netzwerkaufbaus im Gehirn betreffen.

Diese Erkenntnisse sind nicht nur von akademischem Wert, sondern für alle nützlich: Es ist jedenfalls auch für uns Mediziner tröstlich, wenn man Eltern sagen kann, dass eine hemisphärische Läsion, die auf den ersten Blick durchaus groß wirkt, eventuell gut vom Gehirn kompensiert werden kann und eine weitgehend normale Entwicklung und Lebensperspektive möglich ist.

Wissen in Kürze

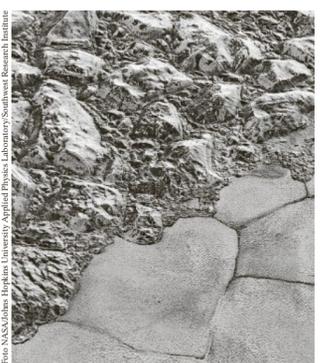
Eine eingeschleppte Giftkröte bedroht die einmalige Tierwelt Madagaskars. Die aus Asien stammende Schwarznarbenkröte, *Duttaphrymus melanostictus*, bildet in den Hautdrüsen steroidale Verbindungen, Bufadienolide, die bei empfindlichen Raubtieren den Herzschlag lähmen können. Wie eine Gruppe um Wolfgang Wüster von der Bangor-Universität in Wales und Frank Glaw von der Zoologischen Staatssammlung München mit genetischen Untersuchungen in „Current Biology“ gezeigt hat, ist der allergrößte Teil der Tiere, die Kröten verspeisen – darunter Vögel, Schlangen, Reptilien und Säugetiere wie Fossa oder Tenrek – gefährdet. Auf Madagaskar ist der größte Teil der Arten aus diesen Gruppen endemisch, das heißt, diese Spezies kommen nirgendwo sonst auf der Welt vor. Schon die Kaulquappen, die von Wasserkäfern, Libellenlarven und anderen Amphibien verzehrt werden, bedrohten die heimische Fauna. Die giftige Schwarznarbenkröte war erst vor etwas mehr als drei Jahren als invasive Art von Madagaskar-Forschern beschrieben worden. (jom)

Hilft gegen quälenden Juckreiz ein Bakterien-Spray? Forschern aus Maryland fiel auf, dass auf der Haut von Neurodermitis-Patienten zu wenige gramnegative Bakterien vorkommen, vor allem *Roseomonas mucosa*. Sie bereiteten ein Spray mit diesen Mikroben von der Haut gesunder Spender auf und testeten dieses an einigen Patienten. Bei vier von fünf Kindern und sechs von zehn Erwachsenen besserten sich spürbar die Beschwerden. Die Patienten benötigten weniger Kortison. „Therapeutisch in eine gestörte Bakterien-Zusammensetzung einzugreifen ist verlockend“, sagt Tilo Biedermann, Dermatologe an der Technischen Universität München. Das Spray könne aber sicher kein Kortison ersetzen, „möglicherweise jedoch könnte man damit die Hautbarriere so stabilisieren, dass seltener Krankheitschübe auftreten.“ (fewi)

Wenn Guppys böse sind, werden sie zum Chamäleon – jedenfalls in ihren Augen. Sobald sich die beliebten Süßwasserfische einem Rivale zum Kampf stellen, wechseln sie in Sekundenschnelle ihre Augenfarbe: von Silber zu Schwarz. Damit kommunizieren sie ihren Artgenossen offenbar maximale Angriffslust, so berichten Forscher der Universität von Exeter in „Current Biology“. Die Aggressionsbereitschaft wurde in Experimenten mit Fischrobotern getestet, deren Augenfarbe künstlich verändert wurde. Je größer die schwarzen Augen, desto größer die Schär ihrer ihrerseits angriffslustigen Fischmännchen, die vor dem Schwarzaugenroboter auftauchten. (jom)

Hunde als Grippe-Überträger, ja womöglich sogar als Reservoir für pandemiefähige Erreger, das wird offenbar immer wahrscheinlicher. In chinesischen Haustieren sind genetisch modifizierte Influenza-Viren vom Typ H1N1 nachgewiesen worden, die vor Jahren die Schweinegrippe ausgelöst hatten und ursprünglich von Vögeln auf Hausschweine übertragen worden waren. Grippe in Hunden war vor wenigen Jahren erstmals entdeckt worden. Wie die im Online-Magazin „mBio“ veröffentlichten Untersuchungen amerikanischer Forscher gezeigt haben, passen sich die aus Schweinen und Vögeln stammenden Grippeviren offenbar durch Vermischung mit hundesepezifischen Erregern immer stärker an die Raubtiere an und könnten nach dem Dafürhalten künftig als mögliche Quelle für neue Pandemieerreger in Frage kommen. (jom)

Dünen gibt es nicht nur auf der Erde, dem Mars, der Venus und dem Saturnmond Titan, sondern auch auf dem Zwergplaneten Pluto. Diesen unerwarteten Befund lieferten Beobachtungen mit der New-Horizons-Sonde, die an dem Himmelskörper im Jahr 2015 vorbeiflog. Forscher um Matt Telfer von der Universität Plymouth identifizierten Oberflächenstrukturen am Rand der Sputnik Planitia (im Bild



der untere Bereich) als Dünen aus körnigem Methaneis. Die in „Science“ veröffentlichten Ergebnisse sind deshalb überraschend, weil man bislang davon ausging, dass die dünne Atmosphäre des Zwergplaneten nicht ausreicht, um Sedimente windgetrieben zu Dünen zu formen. Dabei ist weniger der Transport der Körner selbst das Problem, sondern die Tatsache, dass die Winde auf Pluto nicht stark genug sind, um die Methankörnchen überhaupt erst von der Oberfläche in die Höhe zu heben. Die Autoren schlagen als Lösung vor, dass eine solche Ablösung der Körner im Zuge der Sublimation von in der Ebene existierendem Stickstoff, dem Übergang vom festen in den gasförmigen Aggregatzustand, stattfinden könnte. Für ein besseres Verständnis der ablaufenden Prozesse sollen die Dünen nun genauer untersucht werden. (sian)

Prof. Dr. Ingeborg Krägeloh-Mann



Die Autorin ist seit 1997 ärztliche Direktorin der Abteilung Neuropädiatrie, Entwicklungsneurologie und Sozialpädiatrie an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendmedizin der Universität Tübingen. Zwischen 2004 und 2010 war sie geschäftsführende Direktorin. Seit 2015 gehört sie dem Kuratorium des Hertie-Instituts in Tübingen an. Ihr Forschungsschwerpunkt sind Auswirkungen und Schädigungen des kindlichen Gehirns, die vor oder während der Geburt oder durch genetische Veränderungen entstehen sowie die metachromatische Leukodystrophie. Seit 2018 ist sie Präsidentin der Deutschen Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin. (F.A.Z.)

Die Vortragsreihe

Angelehnt an unsere frühere Serie zur Hirnforschung, die auf eine Kooperation der Gemeinnützigen Hertie-Stiftung und dieser Zeitung zurückgeht, werden in einer neuen Reihe „Hirnerkrankungen – wo stehen wir?“ renommierte Neurowissenschaftler ausgewählte Erkrankungen des Gehirns erklären. Es geht darum, die Historie und Präventionsmöglichkeiten sowie den Stand der Forschung zu Ursachen und Therapiemöglichkeiten kritisch zu beleuchten. Auch ein Ausblick in die Zukunft soll gewagt werden. Die mehr als ein Dutzend Vorträge werden zum Teil in Frankfurt stattfinden (zusammen mit der Goethe-Universität), zum Teil in vorhandene Veranstaltungsformate deutschlandweiter Kooperationspartner eingebunden. Die Veranstaltungen sind kostenfrei zugänglich. Die Artikel zum Vortrag publizieren wir an dieser Stelle und auf unserer Internetseite: www.faz.net/wissen

Eine Initiative der Gemeinnützigen Hertie-Stiftung in Zusammenarbeit mit der Frankfurter Allgemeinen Zeitung.

GEMEINNÜTZIGE
Hertie Stiftung

Frankfurter Allgemeine
ZEITUNG FÜR DEUTSCHLAND