

Jäger des verlorenen Bewusstseins

Der Münchner Neuropsychologe Reinhard Werth über »Blindseher«, Kinder ohne Großhirn und andere Fälle aus seiner neurologischen Praxis – mit deren Hilfe er versucht, dem Geheimnis bewusster Wahrnehmung auf die Spur zu kommen.

VON REINHARD WERTH

Herr U. wollte mit einem Bekannten zu einem Fußballspiel fahren – doch sie kamen nie an. Später konnte er sich nur noch an das Auto erinnern, das an einer Kreuzung von rechts auf sie zuraste. Beim Aufprall musste sein Kopf an einen Holm geschlagen sein. Folge: eine Reihe schwerer Hirnverletzungen.

Glücklicherweise erholte sich Herr U. erstaunlich gut, dennoch blieben bestimmte Fähigkeiten dauerhaft beeinträchtigt. So war durch Schädigung der Sehareale im Gehirn ein Teil des Gesichtsfelds – des ohne Augenbewegungen überschaubaren Raums – ausgefallen. Herr U. sah in diesem Abschnitt nichts mehr, obwohl seine Augen gesund geblieben waren. Das Phänomen kennen Neurologen als Rindenblindheit.

Überraschenderweise können davon betroffene Patienten die Lage von Objekten im blinden Gesichtsfeldareal oft richtig bestimmen, obwohl sie diese nicht bewusst wahrnehmen. Dieses »Blindsehen« beschrieben erstmals Ernst Pöppel, Richard Held und Douglas Frost am Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge Mitte der 1970er Jahre. Für mich wurde es interessant, als ich mich mit der Frage zu beschäftigen begann, wie man den schwer fassbaren Bereich des bewussten Denkens wissenschaftlich untersuchen könnte (siehe Kasten S. 32).

Herr U. war einer der ersten Patienten, an dem ich das »unbewusste Sehen« selbst studieren konnte. Zeigte ich ihm Licht-

punkte in seinem erblindeten Sehfeld, so bekundete er erwartungsgemäß, nichts zu erkennen. Jedoch gab es einen Bereich mit rudimentären Sehfunktionen, wie sich bei folgendem Experiment zeigte: Insgesamt 290-mal ließ ich ein akustisches Signal ertönen. Gleichzeitig mit dem Ton blinkte ein Lichtpunkt auf – allerdings nur in der Hälfte der Fälle, in unregelmäßiger Abfolge. Wenn Herr U. den Ton hörte, sollte er raten, ob der Lichtpunkt ihn begleitete oder nicht. Außerdem sollte er jedes Mal auf einer Skala angeben, wie sicher er sich seiner Antwort war.

Zuerst fand Herr U. diese Untersuchung ziemlich unsinnig. »Ich sehe doch nichts, was soll ich denn anderes machen als raten«, protestierte er. Doch schließlich stimmte er zu – gut, er mache mit, damit ich zufrieden sei.

In jedem Versuchsdurchgang gab Herr U. entsprechend an, lediglich zu raten, ob ein Lichtpunkt da war oder nicht. Nun hatte er aber zu seinem größten Erstaunen in 99 Prozent der Fälle richtig getippt! Waren vielleicht durch den Lichtpunkt Empfindungen hervorgerufen worden, die selbst ein gesundes Gehirn nicht interpretieren kann und für die Herrn U. daher die passenden Worte fehlten? Ob da so etwas wie eine Empfindung oder Ahnung war, konnte Herr U. nicht sagen – doch auf keinen Fall habe es sich um bewusstes Sehen gehandelt.

Wie ist das Blindsehen neurobiologisch zu erklären? Die meisten Forscher

vermuten, dass nach einer Schädigung des Großhirns andere, entwicklungs-geschichtlich alte Strukturen des Hirnstamms die unbewussten Sehfunktionen hervorbringen: die Colliculi superiores und das Praetectum auf dem Dach des Mittelhirns. Während sie bei einfacheren Wirbeltieren für die visuelle Wahrnehmung wichtig zu sein scheinen, gelten sie für das Sehen beim Menschen nur noch als untergeordnete Hirnstruktur.

Patienten beim Lichterraten

Möglicherweise hat aber auch die geschädigte Rinde jenes Großhirngebiets, das normalerweise einen Seheindruck entstehen lässt, ihre Funktion nicht vollständig verloren. Die Restkapazität könnte dann zwar noch ausreichen, Lichtpunkte zu registrieren und zu lokalisieren, jedoch keinen bewussten Seheindruck mehr vermitteln.

Zahlreiche Untersuchungsergebnisse sprechen dafür, dass die zweite Erklärung zumindest für diejenigen Betroffenen gilt, bei denen die geschädigten Strukturen des Sehsystems noch nicht völlig zerstört sind. So etwa für Herrn S., einen anderen Patienten, bei dem nach einem Schlaganfall eine Hälfte des Gesichtsfelds erblindet war. Das Besondere in diesem Fall: An den blinden Gesichtsfeldbereich – in dem er jedoch wie Herr U. durch Raten Lichtpunkte lokalisieren konnte – schloss sich ein Bereich an, in dem der Patient berichtete, das diffuse Gefühl zu haben, »da

ERLEUCHTETES GEHIRN

Seit Jahrhunderten spekulieren Philosophen über das Wesen des Bewusstseins und behaupten häufig, es entziehe sich der naturwissenschaftlichen Untersuchung. Moderne Hirnforscher sehen das ganz anders.

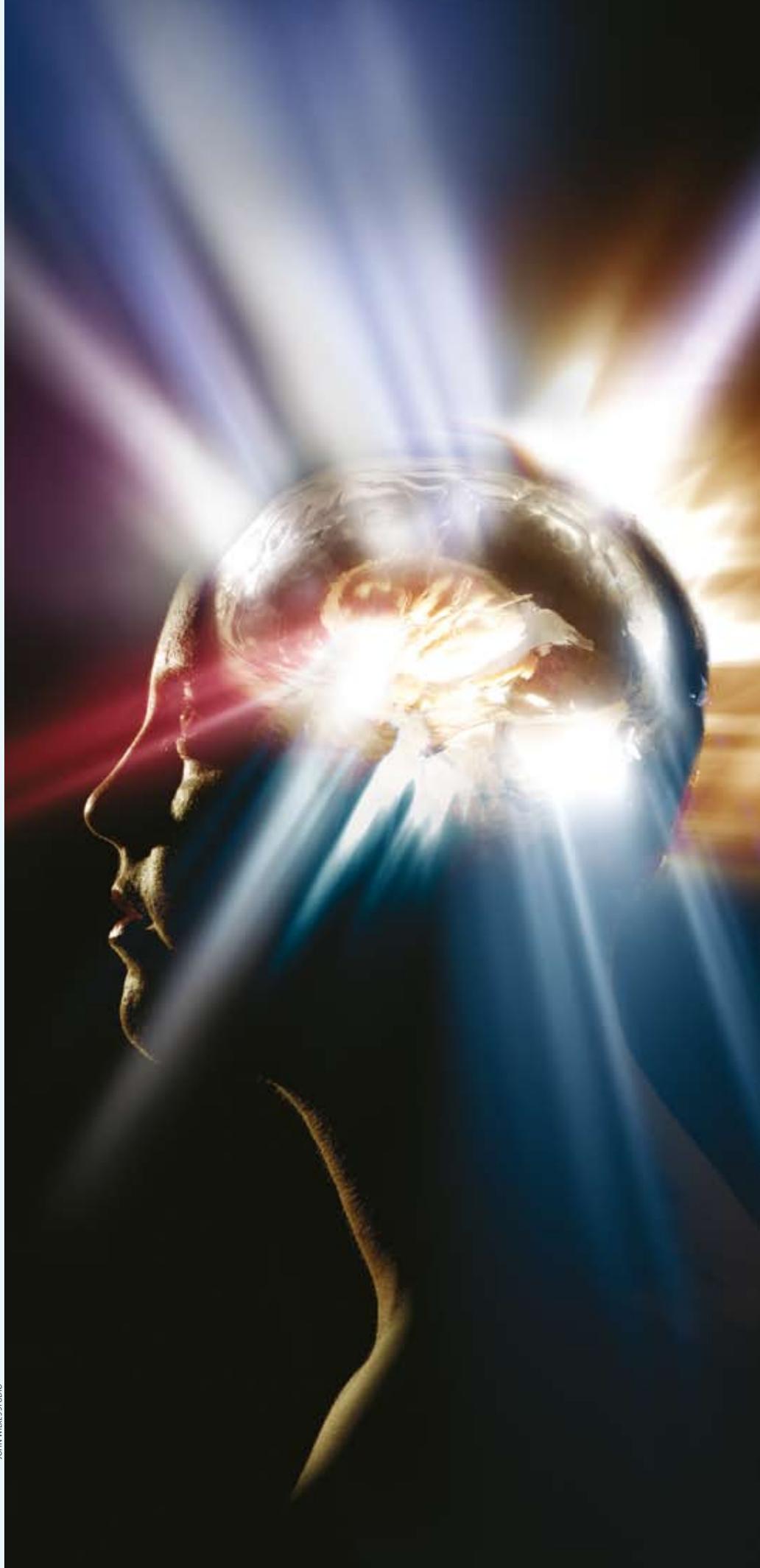
sei etwas da«, ohne dieses Etwas wirklich zu sehen.

Diese vage Empfindung stellte sich unmittelbar ein, wenn ein Lichtpunkt in diesem Bereich erschien. Dabei gab kein Tonsignal oder irgendein anderes Ereignis Herrn S. einen Hinweis. Das Gefühl, da sei etwas, verschwand sofort, wenn der Lichtpunkt – für den Patienten nicht bewusst wahrnehmbar – ausgeschaltet wurde.

Zwischen diesem Bereich und dem normal sehenden Rest-Gesichtsfeld lag ein Gebiet, in dem der Patient angab, einen schwachen Schimmer sehen zu können, sobald der Lichtpunkt dort erschien. Das Interessante dabei: Nach mehreren hundert Messungen begannen sich die Grenzen dieser Areale zu verschieben! In einem Teil des vorher blinden Gebiets, in dem er Reize korrekt erriet, bekam Herr S. nun das Gefühl der Anwesenheit eines Reizes. Wo vorher nur das vage Empfinden regierte, sah er jetzt einen Lichtschimmer, und wo er zuvor nur diesen sah, nahm er den Lichtpunkt ganz normal wahr. Offensichtlich hatte die Vermessung des Gesichtsfelds einen Trainingseffekt, durch den die geschädigten Nervenzellverbände wieder einige der verlorenen Fähigkeiten zurückgewannen.

Dass nach einer Verletzung des Gehirns die Nervenzellen in dem betroffenen Hirnteil nicht immer sämtlich abgestorben sind und nach einem systematischen Training Sehleistungen zumindest teilweise wieder zurückkehren können,

JOHN WIKES STUDIO



zeigte bereits der Kölner Arzt Walter Poppleuter an hirnverletzten Soldaten während des Ersten Weltkriegs. Die Möglichkeit der Rückbildung blinder Bereiche während eines systematischen Trainings wies in neuerer Zeit unter anderem der Neuropsychologe Josef Zihl am Max-Planck-Institut für Psychiatrie in München bei erwachsenen Patienten nach.

Hirnschädigungen mit nachfolgender Erblindung finden sich aber nicht nur bei Erwachsenen. Ich habe im Lauf der Jahre eine beträchtliche Anzahl Kinder unter-

te, war einfach: Im erblindeten Bereich zeigte ich helle Lichtpunkte und bewegte diese innerhalb weniger Sekunden von der Peripherie zum Zentrum des Gesichtsfelds. Es folgte eine kleine Pause, und das Ganze begann erneut. Der Therapieerfolg wird daran gemessen, ob das Kind beginnt, auf den Lichtpunkt zu reagieren, indem es in dessen Richtung blickt.

B. war eines der Kinder, die ich auf diese Weise behandelte. Bei der Geburt war es zu einem Sauerstoffmangel gekommen, was unter anderem das Sehsystem

reiche in einem Gehirn zu erkennen. Normalerweise beginnen die Nervenzellen einer Hirnhälfte heftig zu feuern, sobald visuelle Reize in der gegenüberliegenden Gesichtsfeldhälfte auftauchen. Diese Aktivierung bleibt bei rindenblinden Patienten aus.

Waren jedoch nach dem beschriebenen Training wieder Sehleistungen im ehemals blinden Gesichtsfeld eines Kinds zu bemerken, fand sich auch in der gegenüberliegenden Hirnhälfte eine Aktivierung, sobald Lichtpunkte gezeigt wurden. Allerdings fiel die Feuerstärke der für das Sehen zuständigen Regionen oft deutlich schwächer aus als bei normalen Probanden. Offensichtlich waren bei den Patienten auch nach dem Sehtraining noch bei Weitem nicht alle jene Gehirnzellen aktiv, die bei einer gesunden Person unter den gleichen Bedingungen erregt werden. Und nicht bei allen Kindern lässt sich die Aktivität durch das Training auf ein Niveau bringen, das Sehfähigkeit ermöglicht.

Im Fall des Blindsehens sind die überlebenden Zellverbände wohl gerade noch in der Lage, visuelle Reize zu verarbeiten, sodass die Patienten richtig raten. Einen bewussten Seheindruck können diese geschädigten Zellverbände jedoch nicht hervorbringen – deren bloße Aktivität allein genügt also wohl noch nicht dafür. Vielmehr muss nach meiner Überzeugung

KAUM ZU GLAUBEN: DAS MÄDCHEN OHNE GROSSHIRN FOLGTE MIT DEN AUGEN EINEM GESICHT ODER AUCH EINEM BEWEGTEN STREIFENMUSTER

sucht, bei denen es schon früh durch Sauerstoffmangel, Missbildungen, Schlaganfälle, Gehirnentzündungen, Bade- oder Verkehrsunfälle zu Hirnschädigungen unterschiedlichen Ausmaßes gekommen war. Häufige Folge – eine teilweise oder gar vollständige Erblindung. Meine Überlegung: Wenn es bei Erwachsenen gelingt, Sehfunktionen in einem gewissen Maß zurückzugewinnen, so sollte dies bei Kindern doch erst recht möglich sein. Schließlich ist das Gehirn eines Kinds noch viel formbarer als das eines Erwachsenen.

Blinde Flecken wegtrainieren

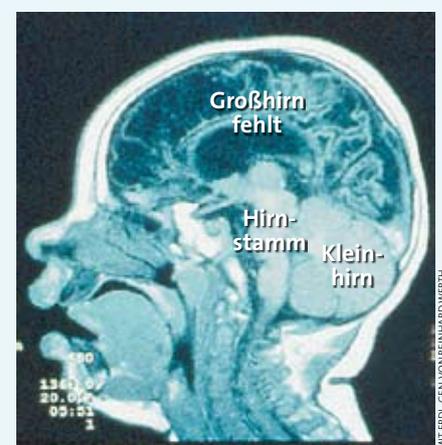
Aber als ich dies untersuchen wollte, stieß ich auf erhebliche Probleme: Es war mit den bisher in der Forschung verwendeten Verfahren noch nicht einmal möglich, das Gesichtsfeld von Kindern im Vorschulalter zuverlässig zu vermessen, geschweige denn das von Babys – sie können nicht verstehen, was sie bei der Untersuchung beachten müssen und welche Reaktionen von ihnen verlangt werden. Daher entwarf ich erst ein verbessertes Gerät, das es erlaubte, erblindete Bereiche und reduzierte Sehleistungen schon beim Säugling aufzuspüren. Bei diesem Verfahren reagieren die Kinder reflexartig auf Lichtpunkte an verschiedenen Stellen im Gesichtsfeld.

Ebenso konnte man damit erkennen, ob sich ein erblindeter Bereich während eines Gesichtsfeldtrainings nach und nach verkleinerte. Das Training, das ich mit den betroffenen Kindern durchführ-

des Gehirns schwer schädigte. Das Kind war daraufhin vollständig erblindet. Ich führte bei dem gut Einjährigen das Gesichtsfeldtraining täglich etwa eine halbe Stunde lang durch – nur in der linken Hälfte des Gesichtsfelds. Zu Beginn erfolgte keine Reaktion, doch nach etwa drei Wochen begann B. zum Lichtpunkt zu blicken, wenn dieser dort erschien, und war schließlich in der Lage, das Signal zuverlässig zu entdecken: Das linke Gesichtsfeld hatte Sehfunktionen entwickelt.

Nun reizte ich auf die gleiche Weise über die nächsten drei Wochen das rechte, ebenfalls blinde Gesichtsfeld – und auch hier stellte sich langsam eine Verbesserung ein. Nur war inzwischen der linke Gesichtsfeldbereich, der nicht mehr trainiert worden war, wieder erblindet! Erst erneute Reizung der linken Gesichtsfeldhälfte über zwei Wochen hinweg brachte auch hier die Sehfähigkeit zurück – dieses Mal auf Dauer.

Glücklicherweise erholt sich bei vielen durch eine Hirnschädigung erblindeten Kindern das Sehen dank eines solchen Trainings – allerdings in höchst unterschiedlichem Ausmaß und auch nicht bei allen. Das Spektrum der wiederhergestellten Leistungen reichte von der Wahrnehmung einzelner Lichtpunkte bis hin zu praktisch normaler Sehfähigkeit. Worauf beruhen diese großen Unterschiede? Wir untersuchten die Frage zunächst mit Hilfe der funktionellen Magnetresonanztomografie, die es erlaubt, die aktiven Be-



FATALE LEERE

MRT-Aufnahme vom Kopf eines 2-jährigen Kinds, dem von Geburt an das Großhirn fehlt. An Stelle dessen findet sich ein flüssigkeitsgefüllter Raum mit einigen bindegewebsartigen Strukturen.

hierzu die Erregung dieser Neuronengruppen im Hinterhauptslappen koordiniert ablaufen.

Das Phänomen, dass verloren gegangene Sehfunktionen zurückkehren, kann auch bei manchen Epilepsiepatienten auftreten, denen eine ganze Großhirnhälfte chirurgisch entfernt werden musste. Dies ist etwa dann der Fall, wenn eine geschädigte Großhirnhälfte epileptische Krämpfe produziert, die sich über das gesamte Großhirn ausbreiten. Wenn die dadurch hervorgerufenen Anfälle nicht mehr durch Medikamente zu beherrschen sind, ist ein solcher drastischer chirurgischer Eingriff nötig.

Abitur mit halbem Hirn

Solche Menschen sind nach der Operation nun nicht generell in ihrem Bewusstsein eingeschränkt und haben auch keineswegs etwa die Hälfte ihres menschlichen »Seelenlebens« verloren. Ein Beispiel dafür, was man trotz Verlust einer Hirnhälfte durch engagiertes Training erreichen kann, ist der Patient P.D. Auf Grund seiner unbehandelbaren epileptischen Anfälle musste seine rechte Hirnhälfte bis auf einen Stumpf abgetragen werden, als er 13 Jahre alt war. Die Folgen der drastischen Operation umfassten neben Lähmungen in der gegenüberliegenden Körperhälfte auch das vollständige Erblinden der linken Seite des Gesichtsfelds. Schließlich waren dabei auch jene Hirnregionen entfernt worden, in denen die visuellen Informationen von links verarbeitet werden.

Mittlerweile hat P.D. nach erfolgreich absolviertem Abitur bereits mehrere Semester studiert. Doch davor lag ein weiter Weg und harte Arbeit. Ich verfolgte die Entwicklung seiner Sehleistungen über insgesamt acht Jahre hinweg und versuchte in dieser Zeit durch gezielte Trainingsverfahren, sein Gesichtsfeld zu erweitern.

Ein Jahr nach der Operation berichtete P.D. während einer Untersuchung, in seinem bisher blinden visuellen Halbfeld Licht zu sehen. Nach allem anatomischen Lehrbuchwissen sollte eine solche Wahrnehmung ausgeschlossen sein. Obwohl ich nicht so recht daran glaubte, untersuchte ich diese Gesichtsfeldhälfte ge-

nauer. Resultat: Lichtpunkte und rasche Bewegungen von Lichtreizen konnte er dort tatsächlich registrieren. Ein spezielles radiologisches Verfahren brachte an den Tag, dass derartige Signale nicht nur in der rechten, sondern auch in der linken Gesichtsfeldhälfte von der übrig gebliebenen linken Großhirnhemisphäre verarbeitet wurden.

Noch weit eindrucksvoller scheint mir jedoch der Fall eines Mädchens, dessen linke Großhirnhälfte im Alter von gerade einmal vier Monaten restlos entnommen werden musste. Als ich sie zum ersten Mal untersuchte, war sie sechs Jahre alt. Zu meiner großen Überraschung konnte das Mädchen in der rechten Hälfte des Gesichtsfelds genauso gut sehen wie in der linken. Eine Nachuntersuchung sechs Jahre später kam zum selben Ergebnis: Das Gesichtsfeld war völlig normal ausgebildet.

Wieso kann man aber in einem Bereich sehen, wenn die dafür zuständige Hirnhälfte gar nicht existiert? Entweder ist bei manchen Menschen eine Hirnhälfte in

VERMUTLICH IST DER HIRNSTAMM NACH VERLUST DES GROSSHIRNS ZUMINDEST NOCH IN DER LAGE, EINFACHE SEHREIZE ZU VERARBEITEN UND DIE REAKTION AUF DIE REIZE ZU VERMITTELN

der Lage, die visuellen Informationen aus beiden Gesichtsfeldhälften zu verarbeiten, oder aber Teile des Hirnstamms, die in das Sehsystem einbezogen sind, übernehmen solche Sehleistungen.

Welche Antwort zutrifft, lässt sich nur an Patienten untersuchen, denen beide Großhirnhälften fehlen, während der Hirnstamm funktionstüchtig geblieben ist. Bis heute konnte ich bereits mehrere solcher Kinder untersuchen, die ohne Großhirn geboren wurden oder nur spärliche Reste weit außerhalb des Sehsystems besitzen.

So etwa ein gut drei Jahre altes Mädchen, bei dem das Großhirn bis auf wenige Reste an der Unterseite des Vorderhirns fehlte und durch Flüssigkeit – den Liquor cerebrospinalis – ersetzt war (siehe auch Bild links). Häufig sterben solche schwerstbehinderten Kinder schon bald nach der Geburt. In Einzelfällen können sie jedoch bis zu mehrere Jahre überle-

ben, vor allem wenn der Hirnstamm intakt geblieben ist, wie es auch bei diesem Mädchen der Fall war. Betroffene können keine Sprache verstehen, nichts lernen, nicht gehen oder auch nur selbstständig sitzen. Ihre Fähigkeiten beschränken sich im Wesentlichen auf kauen, schlucken, gähnen und schreien.

Obwohl nach gängiger Expertenmeinung kein Kind ohne Großhirn auch nur das Geringste sehen kann, schien es manchmal, als ob das Mädchen Personen in der Nähe betrachtete. Eine eingehende Untersuchung seiner visuellen Fähigkeiten zeigte tatsächlich, was eigentlich kaum zu glauben war: Sie folgte mit den Augen einem Gesicht oder auch einem groben bewegten Streifenmuster. Lichtpunkte oder Objekte gleich welcher Art, die außerhalb eines kleinen Bereichs im Zentrum des Gesichtsfelds erschienen, registrierte sie jedoch nicht mehr.

Auch bei anderen Kindern ohne Großhirn zeigte sich dieses Phänomen. Vermutlich ist der Hirnstamm nach Verlust des Großhirns zumindest noch in der

Lage, einfache Sehreize zu verarbeiten und die Reaktion auf die Reize zu vermitteln. Diese Fähigkeit besteht aber nur in einem kleinen Bereich im Gesichtsfeldzentrum. Außerhalb dessen ist Sehen ohne Großhirn nicht möglich.

Die zu Beginn beschriebenen »unbewussten« Sehfunktionen hirngeschädigter Erwachsener können demnach nicht durch den Hirnstamm zu Stande kommen, da sie außerhalb des Zentrums stattfinden. Genauso wenig lässt sich auch das normal ausgeprägte Gesichtsfeld des Mädchens ohne linke Großhirnhälfte mit den Fähigkeiten des Hirnstamms erklären – hier scheint also eher die Erklärung zuzutreffen, dass die übrig gebliebene Hirnhemisphäre den Job komplett übernommen hat.

Die Resultate bei Kindern ohne Großhirn spiegeln in gewisser Weise die Entwicklung der visuellen Wahrnehmung im ersten Lebensjahr wider: Der Mensch

Anfang und Ende des menschlichen Bewusstseins

Wie entsteht das menschliche Bewusstsein, und was geschieht mit ihm nach dem Tod? Traditionell versuchten religiöse und mythische Weltbilder diese Fragen zu beantworten. Zudem spekulierten Philosophen und viele Psychologen unbekümmert über das Bewusstsein, ohne uns zu sagen, was es denn eigentlich sei und wie man ihre Aussagen überprüfen könne – mit dem Argument, das Phänomen sei einer naturwissenschaftlichen Untersuchung ohnehin grundsätzlich unzugänglich.

Auch die Gedankengänge von Verfechtern einer naturwissenschaftlich orientierten Wissenschaftsphilosophie sowie von behavioristischen Psychologen mündeten in einer ähnlichen, ernüchternden Erkenntnis: Das »Bewusstsein« als Bezeichnung für die Welt des Subjektiven habe in der Wissenschaft keinen Platz. Trotzdem sprechen Neurowissenschaftler, Psychologen und Psychiater über das Bewusstsein, über Sehen, Hören, Emotionen und was sonst noch alles Gegenstand ihrer Untersuchungen ist. Dabei verwenden sie Begriffe, die zwar etwas bezeichnen, das im schwer erforschbaren Bereich des Subjektiven angesiedelt ist, die sich in der medizinischen Praxis gleichwohl nicht nur als sinnvoll, sondern geradezu als unverzichtbar erwiesen haben. Schließlich könnte ein Psychotherapeut oder Psychiater kaum mit seinen Patienten kommunizieren, wenn der Bereich des Subjektiven ausgeklammert wäre.

Das Problem: Die Alltagssprache hat hierfür keine angemessenen Begriffe parat und ist für eine exakte Beschreibung bewusster Vorgänge ungeeignet. Daher habe ich bereits vor 25 Jahren in meiner Habilitationsschrift mit Hilfe der Sprache der

formalen Logik einen Ansatz entwickelt, der eine wissenschaftlich präzise Unterscheidung zwischen »bewusst« und »unbewusst« erlaubt.

Die hier beschriebenen Ergebnisse lassen erkennen, in welcher Weise bewusstes Sehen und Hören an die Funktionen bestimmter Areale unseres Gehirns gebunden sind. Bekanntlich ist das Gehirn ein sehr plastisches Organ. Fällt ein Teil aus, so muss die durch ihn vermittelte Fähigkeit – sei es Sehen, Hören, Sprechen, Lernen oder Handeln – nicht für immer verloren sein. Manchmal gibt es Nervenzellverbände in anderen Hirnregionen, welche die Fähigkeit des betroffenen Hirnteils übernehmen.

Wenn allerdings auch diese Teile des Gehirns verloren sind, ist die betreffende Funktion endgültig ausgefallen. Was für das Sehen oder Hören gilt, kann man in gleicher Weise auf alle anderen Fähigkeiten übertragen: Immer muss es Nervenzellverbände geben, die diese Fähigkeiten vermitteln. Ohne solche Zellverbände erlischt auch jede Fähigkeit zur Wahrnehmung, zum Empfinden, Denken, sich Erinnern.

Daraus lässt sich nur eine Schlussfolgerung ziehen: Betrachtet man das Bewusstsein als die Gesamtheit dessen, was uns bewusst ist, so kommt es mit dem Hirntod unwiederbringlich zum Erliegen. Auch Nahtoderlebnisse sind demnach keine Berichte aus dem Reich der erloschenen Hirnfunktion, also des Todes, sondern beruhen auf Phasen eingeschränkter Funktionsfähigkeit eines Gehirns, das sich wieder erholt. Sind alle Hirnfunktionen erloschen, ist jede Möglichkeit, Erfahrungen – gleich welcher Art – zu sammeln, ein für alle Mal verloren. R. W.

kommt zwar nicht blind zur Welt wie manche Tiere, doch er kann zunächst nur in einem kleinen Bereich im Zentrum des Gesichtsfelds sehen. Erst allmählich erweitert sich dieses Fenster zur Welt. Selbst im Alter von einem Jahr hat es noch nicht die volle Ausdehnung wie bei Erwachsenen erreicht. Hand in Hand mit dieser Entwicklung reift das Großhirn. Fehlt es jedoch, bleibt – neben all den anderen schwersten Defekten – das Gesichtsfeld stark eingeschränkt.

Der Hirnstamm vermittelt Patienten ohne Großhirn noch weitere Fähigkeiten. Ein siebenjähriger Junge etwa, dessen Großhirn restlos fehlte, reagierte eindeutig auf Geräusche. Der Raum, den sonst das Großhirn einnimmt, war auch bei ihm mit Flüssigkeit gefüllt, der Hirnstamm gut entwickelt. Wann immer ich links oder rechts neben seinem Ohr ein lautes Rasseln produzierte, drehte er den Kopf zu der Geräuschquelle hin. Der Hirn-

stamm registrierte also Hörreize, lokalisierte sie und veranlasste Reaktionen darauf. Gelegentlich reagierte das Kind sogar auf Berührungen, die es demnach ebenfalls wahrnahm – mit einem Lächeln.

Der ach so primitive Hirnstamm leistet also erstaunlich viel. Die Erklärung: Schon vor über 300 Millionen Jahren, als das Großhirn bei unseren Vorfahren noch nicht richtig entwickelt war, vermittelte der Hirnstamm bereits all jene Fähigkeiten, die das Überleben und die Fortpflanzung sicherten. Im Lauf der Zeit veränderte sich der Hirnstamm – manche Funktionen blieben erhalten, viele gingen verloren, einige sind möglicherweise sogar neu hinzugekommen.

Die Frage, ob die durch den Hirnstamm vermittelten Seh- und Hörleistungen bei Menschen ohne Großhirn bewusst oder nur unbewusst sind, lässt sich allerdings nicht beantworten. Dafür sind diese Patienten leider viel zu schwer betroffen –

da sich bei ihnen keinerlei Anzeichen von Bewusstsein finden, sind sie auch nicht in der Lage, mit anderen zu kommunizieren. ~

Reinhard Werth ist Neuropsychologe und Privatdozent für Medizinische Psychologie an der Ludwig-Maximilians-Universität München.

LITERATURTIPPS

Werth, R., Seelos, K.: Restitution of Visual Functions in Cerebrally Blind Children. In: *Neuropsychologia* 43, 2005, S. 2011–2023.

Werth, R.: Visual Functions Without the Occipital Lobe or After Cerebral Hemispherectomy in Infancy. In: *European Journal of Neuroscience* 24, 2006, S. 2932–2944.

Werth, R.: Residual Visual Functions After Loss of Both Cerebral Hemispheres in Infancy. In: *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 48, 2007, S. 3098–3106.