

[Montag, 04.03.1996, 00:00](#)

Neurowissenschaftler entdecken Zeitfenster für die entscheidende Entwicklung des kindlichen Gehirns

Christian schnappt sich den Kochlöffel als Mikrofonersatz, zerwühlt sich die blonden Locken und setzt sich zur Musik von Michael Jackson in Szene: Der Fünfjährige hat den Hüftschwung der Pop-Ikone verinnerlicht, jeden Seufzer präzise einstudiert.

Laura singt das Kinderlied „Bruder Jakob“ hingebungsvoll in Englisch, Französisch und Italienisch. „Gibt es noch eins?“ fragt die Dreijährige neugierig und treibt die Eltern in die Bibliothek. Woher bekommt man den Text von „Bruder Jakob“ auf [tschechisch](#) oder [spanisch](#)?

Keine Wunderkinder: Christian und Laura sind beileibe keine frühreifen Genies, sie optimieren nur das Zusammenspiel ihrer 100 Milliarden Gehirnzellen. Mit schier unstillbarer Neugier suchen sie sich immer neue Reize und lernen scheinbar mühelos all das, was Erwachsene mitunter verzweifeln läßt: eine fremde Sprache oder eine verzwickte Tanzschrittkombination.

Erst seit wenigen Jahren untersuchen Neurobiologen, Biochemiker, Neuropsychologen und Psycholinguisten die „Plastizität“ unseres Nervensystems und sind zu überraschenden Ergebnissen gelangt: Frühkindliche Erfahrungen strukturieren das Gehirn; formen es wie Plastilin. Die Qualität und Menge der Inputs, die es in sensiblen Phasen aufnimmt, entscheiden, wie dicht und damit leistungsfähig die neuronalen Strukturen geknüpft werden.

In jeder dieser Entwicklungsphasen lernen Kinder bestimmte Fähigkeiten besonders schnell: Bewegungen, Sehen, Musik, Sprache und Emotionen. In diesen Zeitfenstern entstehen die „Information Highways“ zwischen verschiedenen Hirnarealen, mit denen wir später im Leben zurechtkommen müssen.

„Die Fenster fallen zu, eins nach dem anderen, mit jeder neuen Kerze, die auf der Geburtstagstorte brennt“, warnte kürzlich das US-Magazin „Newsweek“. Wolf Singer, Direktor im Frankfurter Max-Planck-Institut für Hirnforschung unterstreicht diese Fenster-These: „Wenn die Verschaltung der Nervenzellen nicht zum richtigen Zeitpunkt erfolgt, läßt sich das nicht mehr nachholen.“

Mit dieser Erkenntnis sollten Wissenschaftler und Pädagogen die Lernangebote in Kindergärten und Schulen überdenken.

Wie lassen sich die „neuronalen Fenster“ optimal nutzen? Wann lernen Kinder leichter eine zweite Fremdsprache? Welche Rolle spielt die musikalische Förderung für räumliche Vorstellungskraft und logisches Denken?

Angela Friederici plädiert eher für ein spielerisches Lernen als den intellektuellen Drill. „Man sollte dem Kind vielfältige Stimuli schaffen und sehen, was es sich herauspickt.“ Die Gefahr, ein Kind mit Informationen zu überfluten, hält die Direktorin des Max-Planck-Instituts für Neuropsychologie in Leipzig für gering. „Das kindliche Verarbeitungssystem nimmt nur die Informationen, die es gerade gebrauchen kann.“ Im Kindergarten sollte man alles anbieten. „Einige Kinder haben im Vorschulalter Spaß daran, Worte zu entziffern, und andere fangen an, richtig zu lesen oder sich für Musik zu begeistern.“

Faszinierende Verbindungen: Bei der Geburt liegt nur der Grundbauplan der neuronalen Vernetzung vor. Die Gene legen die „Architektur“ unseres Gehirns fest. Eine Art Grundversorgung, um zu überleben: Herzschlag, die Atmung, die Körpertemperatur und einfache Bewegungsreflexe. Noch im Mutterleib und verstärkt nach der Geburt beginnt die Feinverschaltung. Diese „Inneneinrichtung“ des Hirns ist von Umweltreizen und Erfahrungen abhängig. „Neurone formieren sich erst durch den sensorischen Input, also durch akustische, visuelle und taktile Reize. So gestalten sich die Verbindungen zwischen den Zellensembles“, erklärt Max-Planck-Direktorin Friederici.

Mit dieser zweigeteilten Entwicklung des Gehirns – genetisch festgelegt und abhängig von Umweltreizen – ist ein strenger Ausleseprozeß verbunden. Werden die im Überschuß angelegten Verbindungen zwischen den Neuronen in einer festgelegten Zeitphase nicht benutzt, verkümmern sie. Häufig durch Sinnesreize aktivierte Nervenzellen bilden dagegen immer mehr und stabilere Verknüpfungen. Dabei ebnet zahlreiche chemische Substanzen den Nervenfortsätzen ihren Weg durch den Wirrwarr der Neurone. Nur wenn sie die richtige Zielzelle erreicht haben, überleben sie (siehe Grafik S. 162).

In einer sensiblen Phase entstehen fast explosionsartig neue Verbindungen. Fortwährend perfektioniert sich die Kommunikation der Hirnzellen. Jede leitet dann Impulse zu rund 15 000 anderen, oft weit entfernt liegenden, Neuronen. Es entsteht eines der komplexesten Netzwerke des Universums mit bis zu 100 Billionen Informationsschaltstellen, den Synapsen.

Dieser grandiose Lernprozeß kann nur beginnen, wenn Sinnesreize das Hirn füttern. Lächelt eine Mutter ihr Baby an, festigen sich die Informationsbahnen von der Retina des Auges zum visuellen Cortex in der Hirnrinde. Singt ein Vater abends ein leises „Schlafe mein Prinzlein, schlaf ein . . .“, entstehen immer mehr Quervernetzungen vom Ohr zum Hörcortex im Schläfenlappen, und der nächtliche Trost in den wiegenden Armen der Eltern läßt die emotionalen Hirnareale des Sprößlings reifen.

Die revolutionäre Erkenntnis, daß wir selbst das Sehen erst lernen müssen, erarbeiteten die Nobelpreisträger Torsten Wiesel und David Hubel in den 70er Jahren: Junge [Katzen](#), denen ein Auge zeitweise abgedeckt wurde, blieben auch später auf diesem – im Prinzip gesunden – Auge blind. Visuelle Reize prägen die Sehrinde auf die Umwelt. Läßt man Katzen in einer Umgebung aufwachsen, in der sie nur vertikale Schwarzweißstreifen sehen, erkennen sie später in einer normalen Umgebung nur vertikale Linien.

Auch beim Menschen sind diese Lernfenster im Sehsystem des Gehirns nachgewiesen. Die kritische Phase liegt zwischen dem vierten und achten Lebensmonat, wenn Babys ihre Umwelt erkennen lernen. So bleiben Säuglinge und Kleinkinder, die in der Vergangenheit wegen einer Linsentrübung erst nach dem zweiten Lebensjahr operiert wurden, blind, auch wenn der optische Apparat des Auges nach dem Eingriff einwandfrei funktionierte – das Fenster für die neuronale Verkoppelung von Auge und Hirn war zu.

Spezifische Lernphasen, so vermuten die Neurowissenschaftler, existieren auch für viele andere Fähigkeiten.

Sprechen und Spracherwerb

„Die Sprache ist ein Wunderwerk der Natur“, begeistert sich Steven Pinker, Kognitionswissenschaftler am Massachusetts Institute of Technology in Boston, in seinem Buch „Der Sprach-instinkt“.

Wir eignen uns, schreibt Pinker, die Sprache an wie Spinnen lernen, ein Netz zu weben. „Indem sie ihrem eigenen Lallen zuhören, schreiben Babys ihre eigene Gebrauchsanweisung.“ Schon vor der Geburt lauschen sie der Stimme ihrer Eltern. Später ahmen sie die Laute nach und besitzen mit fünf unbewußte grammatische Kenntnisse, die komplexer sind, als jedes Lehrbuch sie ausweist – allerdings nur in der Sprache, mit der sie aufwachsen. Unser Sprachzentrum paßt sich schrittweise immer mehr dem angebotenen Reizmuster an.

„Mit zwölf Monaten“, resümiert die US-Forscherin Patricia Kuhl von der University of Washington die Untersuchungen, „haben die Kinder die Fähigkeit verloren, Laute zu unterscheiden, die in ihrer Sprache keine Rolle spielen.“

Ihr Gehirn hat sich, gesteuert durch akustische Inputs, für eine Sprache entschieden. Etwa ab einem Jahr nimmt das Geplapper der Kinder die Lautart und den Rhythmus ihrer künftigen Muttersprache an. Dann liegen bei Japanern zum Beispiel die Neurone, die durch die Silben „ra“ und „la“ aktiviert werden, sehr nahe beieinander. Da ihre Sprache kaum Unterschiede zwischen den beiden Silben macht, können Japaner auch später nur schlecht zwischen „ra“ und „la“ unterscheiden, selbst wenn sie englisch sprechen.

Zweisprachig aufgewachsene Kinder sprechen beide Sprachen vermutlich deshalb akzentfrei, weil das neuronale Schaltmuster im Kopf nicht auf eine Erstsprache festgelegt ist. Doch das Fenster bleibt nicht lange offen: „Wahrscheinlich werden die Grundlagen für die hochautomatisierten Prozesse der syntaktischen Strukturierung bis zum vierten Lebensjahr gelegt“, sagt Friederici. Später können wir zwar noch eine Zweitsprache lernen, aber weit weniger effektiv. Die Chance, nach dem zehnten oder elften Lebensjahr eine Fremdsprache wie die Muttersprache zu beherrschen, ist gering.

Musik und logisches Denken

„Wer früh mit einem Instrument beginnt, hat eine ‚Leichtigkeit, die er später nie wieder erreicht‘“, weiß Gudrun Schwarzer. Die Musikpsychologin der Universität Tübingen rät: „Das Notensystem sollte zur Zeit der Einschulung gelernt werden, weil Kinder zu dieser Zeit noch spielerisch leicht mit Symbolen umgehen.“ Töne, Harmonien und Gesang trainieren das Gehirn offenbar auch ganz generell.

In einer Untersuchung der Universität von Kalifornien in Irvine bestätigte sich die ausstrahlende Wirkung der Musik: Dreijährige Vorschulkinder, die Klavierunterricht bekommen und jeden Tag im Chor singen, können nach acht Monaten viel besser Puzzlespiele lösen als Untrainierte. Sie lernen schneller geometrische Figuren zu zeichnen und mathematische Aufgaben zu lösen. „Klassische Musik“, vermutet Gordon Shaw, „stärkt auch die Verschaltungen, die wir beim logischen Denken benötigen.“

Konstanzer Psychologen spürten zusammen mit Forschern der Uni Münster letztes Jahr erstmals die sprichwörtliche musikalische Ader im Gehirn auf. Wer vor dem zwölften Lebensjahr Violine oder Gitarre spielte, bei dem ließen sich charakteristische

Veränderungen in der Großhirnrinde nachweisen. In einem Hirngebiet, das Meldungen von den Muskeln, der Haut und den Gelenken bekommt, waren signifikant mehr Nervenzellen für die Finger der Greifhand zuständig als bei Spätstartern. Deshalb kann jeder, der als Kind die Saiten zupfte, selbst nach jahrelanger Abstinenz noch passabel spielen.

Bewegung und Motorik

Die Verdrahtung der motorischen Schaltkreise beginnt bereits in der siebten Schwangerschaftswoche. Doch erst am Ende des zweiten Lebensjahrs hat sich die neuronale Matrix im Austausch mit der Umwelt verfestigt: Das Gehirn kann jetzt schwierigere Bewegungsabläufe wie einen Purzelbaum auf der Wiese oder das Balancieren auf einer Mauer steuern. Zunächst lernt dabei das Kleinhirn, die unwillkürlichen Bewegungen zu koordinieren. Für zielgerichtete Aktionen ist das motorische Rindenfeld zuständig: einen Löffel mit leckerem Brei zum Mund führen oder Bauklötze stapeln.

Wer den Schaltkreis, z. B. wegen einer Krankheit oder einer Behinderung, bis zum vierten Lebensjahr nicht verankert hat, kann das Versäumte kaum noch nachholen. Ein Kind wird dann nie mehr richtig lernen, sich elegant und sicher zu bewegen.

Emotionen und Streß

Wahrscheinlich bilden sich bereits im Mutterleib die Neuronenschaltkreise für unser Gefühlsleben aus. Die Hirnareale, die unsere Emotionen steuern, unterliegen genauso wie der Hörcortex, die Sehrinde, das motorische Rindenfeld oder das Gedächtnis einem erfahrungsabhängigen Reifungsprozeß. Mit jedem Schmusen und Trösten, aber auch durch Gefühlskälte und Ablehnung intensivieren sich die entsprechenden Verbindungen im limbischen System.

Dieser Teil des Gehirns, der aus vielen verschiedenen Strukturen besteht, ermöglicht uns Empfindungen wie Angst, Freude, Wut und Glück. Ein anderes Areal, der präfrontale Cortex hinter der Stirn, verbindet dagegen Emotionen mit vernünftigem Handeln. Es ist das Emotionsgedächtnis, mit dem wir Gefühle einordnen und steuern. Genau dieser Bereich ist zum Beispiel zwischen dem sechsten und 20. Lebensmonat besonders aktiv. Dies konnte der US-Kinderarzt Harry Chugani mit PET-Aufnahmen nachweisen. In dieser Entwicklungsphase bauen Babys eine starke emotionale Bindung zu ihrer Bezugsperson auf.

Im limbischen System entscheidet sich auch, ob wir in Streßsituationen gelassen, aggressiv

oder verzweifelt reagieren. Traumatische Erfahrungen und emotionale Belastungen in der Kindheit hinterlassen dort eine Art biochemischer Narbe. Diese Kinder produzieren noch als Erwachsene bereits unter geringsten Belastungen zu viele Streßhormone. Geprägt wurde diese Fehlregulation in der sensiblen emotionalen Phase.

Gerade beim emotionalen Lernen sind genetische Ausstattung und frühe Erfahrungen eng verzahnt. So wird ein ängstliches Kind in der Regel trotz warmherzigster Ermutigung kein Draufgänger. Charaktereigenschaften wie Temperament oder Jähzorn dürften zu einem guten Teil vererbt sein. Und da nützt dann auch die optimale Ausnutzung des „sensiblen Fensters“ wenig. Allerdings bleibt das Lernfenster für Emotionen sehr lange offen, vermutlich bis zur Pubertät. Bis dahin lernen wir grundlegende soziale Verhaltensmuster.

Unser Gehirn bleibt sogar bis ins hohe Alter plastisch und lernfähig, länger, als dies Forscher noch vor wenigen Jahren vermutet hätten. Die gleichen Signalmoleküle und Leitsubstanzen, die im Hirn eines Kindes aktiv sind, ermöglichen uns auch, geistig fit zu bleiben. Werden Nervenzellen zum Beispiel bei einem [Schlaganfall](#) zerstört, übernehmen benachbarte Zellen deren Aufgaben und organisieren sich neu. Nur lernen Erwachsene nicht mehr wie von selbst. Ist das sensible Fenster erst geschlossen, bedarf es einer gehörigen Portion Motivation und Anstrengung, um den Horizont zu erweitern.

Angeborene Talente. Kinder suchen sich neugierig genau die Reize, die in jeder Entwicklungsphase ihren Wissensdurst stillen. Hochbegabte Kinder nehmen in ihrer Not sogar Telefonbücher, um mit drei Jahren lesen zu lernen. Ein Turntalent wird ganz von allein seinem Spaß an akrobatischen Übungen frönen, auch wenn den Eltern angesichts des Wagemuts das Herz stehenzubleiben droht.

Jahrhunderttalente wie Boris Becker und Steffi Graf, die kaum den Windeln entwachsen auf dem Tennisplatz standen, trainierten ihre motorischen Künste genau zum richtigen Zeitpunkt. Kein Spätberufener kann selbst mit größtem Fleiß diesen Vorsprung wettmachen. Harry Chugani von der Wayne State University beobachtete, daß sich die meisten berühmten Komponisten bereits sehr früh intensiv mit Musik beschäftigten. „Genies“, sagt er, „hatten immer beides: Talent und eine optimale frühkindliche Förderung.“

Wenn die Verschaltung nicht zum richtigen Zeitpunkt erfolgt, läßt sich das nicht mehr nachholen“ WOLF SINGER, HIRNFORSCHER

MUSIK

SENSIBLE PHASE: drei bis zehn Jahre

NEUE ERKENNTNISSE: Musikalische Betätigung verbessert viele intellektuelle Fertigkeiten. US-Forscher entdeckten: Klavierunterricht und Chorsingen fördern räumliches Vorstellungsvermögen und logisches Denken. Auch bei Geige- und Gitarrespielern sind bleibende neurologische Veränderungen bewiesen.

DIE RICHTIGE FÖRDERUNG: Viel mit Kindern singen, ihnen Melodien vorspielen. Das Kind mit einem Instrument vertraut machen, wenn es Interesse zeigt. Das Notensystem sollte zur Zeit der Einschulung erlernt werden, weil Kinder in diesem Alter spielerisch leicht mit Symbolen umgehen.

MOTORIK

SENSIBLE PHASE: siebte Schwangerschaftswoche bis etwa vier Jahre

NEUE ERKENNTNISSE: Für zielgerichtete Aktionen ist die motorische Großhirnrinde zuständig. Erst am Ende des zweiten Lebensjahres haben sich die Bewegungsschaltkreise so weit verfestigt, daß Purzelbäume oder Balancieren möglich sind.

DIE RICHTIGE FÖRDERUNG: Gesunde Kinder haben einen natürlichen Bewegungsdrang.

SPRACHE

SENSIBLE PHASE: von der Geburt bis zum Alter von etwa zehn Jahren

NEUE ERKENNTNISSE: Die Schaltkreise in der Hörrinde zur Analyse von Wörtern formen sich mit einem Jahr. Danach nimmt das Geplapper der Kinder Lautart und Rhythmus der Muttersprache an. Schon in diesem Alter können sich Kinder eine zweite Muttersprache perfekt aneignen! Ab dem zehnten Lebensjahr nimmt diese Fähigkeit ab.

DIE RICHTIGE FÖRDERUNG: Viel mit dem Kind reden, dabei jedoch Kindersprache vermeiden und die treffenden Begriffe benutzen. Neurowissenschaftler empfehlen, mit einer Fremdsprache schon vor dem zehnten Lebensjahr zu beginnen.

EMOTIONEN

SENSIBLE PHASE: sechs Monate, vermutlich bis zur Pubertät

NEUE ERKENNTNISSE: Der frontale Cortex (hinter der Stirn) ist im zweiten Lebensjahr besonders aktiv. Traumatische Erfahrungen während der Kindheit führen zu gestörter Streßverarbeitung.

DIE RICHTIGE FÖRDERUNG: auch bei Mißerfolg unterstützen und auf diese Weise ein positives Selbstwertgefühl aufbauen

DIE GEHIRNENTWICKLUNG BRAUCHT ENERGIE

DIE TOMOGRAPHIEN (PET) zeigen den Stoffwechsel von Glucose im Gehirn von Kleinkindern im Vergleich zu einem 28jährigen (ganz rechts; rot: geringer Verbrauch, violett: hoher Verbrauch). Das Gehirn des Neugeborenen hat einen geringeren Stoffwechsel als das eines Erwachsenen. Mit zunehmendem Alter beginnt die umweltabhängige Reifung des Gehirns. Im Alter von zwei Jahren erreichen die Kinder das Erwachseneniveau, zwischen drei und zehn braucht ihr Gehirn doppelt soviel Energie wie das von Erwachsenen. Danach sinkt die Stoffwechselaktivität wieder.

WIE SICH DIE NERVEN VERSCHALTEN

Erfahrungen während sensibler Phasen in der Kindheit prägen die Entwicklung des Gehirns. Die elektrische oder chemische Stimulation der Nervenzellen führt einerseits zur Produktion einer Vielzahl von Transmittersubstanzen. Gleichzeitig gibt die Erregung der Zelle das Signal zur Ausschüttung von Substanzen, die eine Neubildung von Schaltstellen nach sich zieht – 1 – sowie bestehende festigt – 2 -. Die richtigen Sinneseindrücke vorausgesetzt, reift zum Beispiel in der Sehrinde die Mustererkennung. Oder: Durch die Feinabstimmung zwischen motorischen und sensorischen Zentren übt der Organismus Bewegungsprogramme.