



FITNESS FÜR GRAUE ZELLEN

Lebenslanges Lernen: das menschliche Gehirn ist darauf vorbereitet. Denn unser Denkorgan ist form- und veränderbarer, als bislang angenommen. Dies zeigen Studien von Neurowissenschaftlern der Universität Zürich. Von Carole Enz

Ein herannahendes Auto ist für alle Menschen ein herannahendes Auto, doch seine Bewegung schätzen Heranwachsende und Erwachsene unterschiedlich ein. Kinder sind im Strassenverkehr besonders gefährdet, weil sie zum Beispiel den Bremsweg eines Autos nicht richtig abschätzen können. Selbst mit 15 Jahren ist das Bewegungssehen noch keineswegs ganz ausgereift – doch für den Laien ist dies nicht erkennbar. Das menschliche Gehirn entwickelt sich in den ersten Lebensjahren enorm. Es verändert seine Struktur, spezialisiert sich, gewinnt an Routine und passt sich der Umwelt an. Durch Training erlangt unser Gehirn seine Reife. Möglich macht dies seine enorme Plastizität, sozusagen eine biologische Flexibilität, die dazu führt, dass Nervenzellen untereinander immer neue Verknüpfungen herstellen.

Doch wie genau funktioniert diese Hirnplastizität? Sehen Kinder dasselbe wie Erwachsene? Wie entwickeln sich die verschiedenen Hirnfunktionen, die wir so selbstverständlich jeden Tag einsetzen? Was geschieht im Gehirn, wenn Kinder lesen lernen, wenn also abstrakte Formen plötzlich eine Bedeutung erhalten? Und was geht schief, wenn Lesen fast zur Qual wird? Wie ändern sich Hirnfunktionen bei exzessivem Training wie etwa bei Profimusikern? Diese Fragen können nur beantwortet werden, wenn Forscher sozusagen dem Gehirn bei der Arbeit zuschauen.

Der Nationale Forschungsschwerpunkt «Neural Plasticity and Repair» will solche Fragen beantworten. Der Forschungsschwerpunkt ist in acht Teilprojekte gegliedert. Ernst Martin, Professor an der Universitäts-Kinderklinik Zürich, leitet das Teilprojekt 8, das Funktionsanalysen der Gehirnplastizität bei Kindern und bei Erwachsenen durchführt. Martin arbeitet eng zusammen mit Daniel Brandeis vom Zentrum für Kinder- und Jugendpsychiatrie der Univer-

sität Zürich und Spyros Kollias vom Universitätsspital Zürich. Die Forscher haben untersucht, wo, wie und wann im Gehirn Informationen verarbeitet und Reaktionen ausgelöst werden. Erfasst werden die Kurzzeitplastizität, die Lernen in wenigen Minuten oder Stunden möglich macht, und die Langzeitplastizität, die zu einem Reifungsprozess und einer Spezialisierung des Gehirns führt. Von den Erkenntnissen über normale Lern- und Reifungsprozesse menschlicher Gehirne versprechen sich die Wissenschaftler in einer zweiten Phase Diagnose- und Trainingsmethoden für entwicklungsgestörte oder hirnverletzte Personen. Mit deren Hilfe soll das Gehirn dazu gebracht werden, die Defizite auszugleichen.

MIT BADEKAPPE IM MAGNETFELD

Diese Forschung ist nicht nur neurobiologisch, sondern auch technisch einmalig, weil erstmals Hirnfunktionen beim Menschen mittels Elektroenzephalogramm (EEG) und funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRI) gleichzeitig gemessen werden. Ein Kraftakt der Technik, denn ein EEG misst die schwachen elek-

trischen Impulse der Nervenzellen, das fMRI aber verursacht elektromagnetische Störungen, die um ein Tausendfaches höher sind und die schwachen EEG-Signale überdecken. Der Trick ist, technisch und rechnerisch die Störsignale herauszufiltern, um die normalen EEG-Kurven und -Karten zu erhalten. Die Untersuchungsmethoden ergänzen sich perfekt: Mit dem EEG können die zeitlichen Abläufe und mit dem fMRI die Aktivitätsbereiche im Gehirn

erforscht werden. Die Versuchsperson liegt dabei im Tomographen und trägt eine Art Badekappe mit Elektroden, die die Hirnströme auf der Kopfhaut messen. Wie die Forscher herausgefunden haben, entwickelt sich das Gehirn in zwei Stufen: In einer ersten Stufe reift das Hirn strukturell, das heisst, das Kindergehirn optimiert zunächst einmal seine Netzwerke aus Gehirnregionen, die für bestimmte Aufgaben benötigt werden. Dies bedeutet, dass unsere Gehirn-Strukturen bereits im Kindesalter weitgehend entwickelt sind. Die zweite Entwicklungsstufe ist demgegenüber eine funktionelle Reifung – das Gehirn erlangt Routine.

WORTE ZERLEGEN

Diese Erkenntnisse liefern wertvolle Anhaltspunkte, was bei einem entwicklungsgestörten oder verletzten Gehirn anders ist – erst dadurch wird eine präzise Diagnose und eine angemessene Therapie möglich. Am Zentrum für Kinder- und Jugendpsychiatrie steht die Leseschwäche im Fokus. Die so genannte Dyslexie tritt in Familien oft gehäuft auf und betrifft gut fünf Prozent der Menschen. Gesprochene Sätze sind kein Problem, doch sobald diese Kinder Lesen lernen sollen, tun sie sich sehr schwer. Lesen bedeutet, Worte zu zerlegen,

Das Gehirn entwickelt sich in zwei Stufen – zuerst reift es strukturell, dann funktionell – es erlangt Routine.

trischen Impulse der Nervenzellen, das fMRI aber verursacht elektromagnetische Störungen, die um ein Tausendfaches höher sind und die schwachen EEG-Signale überdecken. Der Trick ist, technisch und rechnerisch die Störsignale herauszufiltern, um die normalen EEG-Kurven und -Karten zu erhalten. Die Untersuchungsmethoden ergänzen sich perfekt: Mit dem EEG können die zeitlichen Abläufe und mit dem fMRI die Aktivitätsbereiche im Gehirn

bevor sie als Ganzes erfasst und mit einem Klangbild und einer Bedeutung verknüpft werden. Bei leseschwachen Menschen geschieht die Verarbeitung eines Wortes – die gut mit «Bedeutungssehen» zu umschreiben ist – bis zu zwei Mal langsamer als bei Nicht-Dyslexikern. Neue Worte müssen sie sich sogar fast wie Erstklässler erarbeiten. Die Arbeitsgruppe von Daniel Brandeis geht der Dyslexie mit einem einfachen Test auf den Grund, bei dem

unmittelbar wiederholte Worte oder Symbolfolgen erkannt werden müssen. Wer Worte besser erfasst als Symbolfolgen, besitzt gute Voraussetzungen für rasches «Bedeutungssehen». Dyslexie-Kinder hingegen erkennen zwar bekannte Worte wie eine bekannte Symbolfolge, stehen aber vor jedem neuen Wort wie vor einer unbekanntem Ansammlung von Symbolen. Laut Brandeis können solche Kinder Fortschritte machen, wenn sie sich früh darin üben, Worte

wicklung des Bewegungssehens und des Lesens bei denselben Personen – eine weltweit erstmalige Kombination.

TRAINING HEISST DAS ZAUBERWORT

Während die Teams von Martin, Brandeis und Kollias den ersten Lebensabschnitt erforschen, arbeitet die Gruppe von Lutz Jäncke, Professor an der Abteilung für Neuropsychologie der Universität Zürich, mit älteren Men-

altershalber an Leistung verlieren. In Musikergehirnen wird die «graue Substanz» mit zunehmendem Alter nämlich nur geringfügig oder gar nicht abgebaut. Zudem sind Profimusiker im fortgeschrittenen Alter noch bemerkenswert lernfähig, selbst «alte Hasen» üben spielend eine neue Partitur ein. Jäncke vermutet sogar, dass die Gehirnplastizität noch einen Schritt weiter geht: Derzeit mehren sich die Befunde, wonach sich die Dichte der «grauen Substanz» in gewissen Hirngebieten in Abhängigkeit von der Trainingsintensität erhöhen kann.

In Musikergehirnen wird die «graue Substanz» mit zunehmendem Alter nur geringfügig oder gar nicht abgebaut.

«USE IT OR LOSE IT»

zu zerlegen, die Sprachlaute (Phoneme) wahrzunehmen und die Verbindung zwischen Laut und Schrift zu trainieren. Damit ist schon ein erster Schritt zu einer Therapie getan.

KINDER SEHEN ANDERS

Dass Lesen in der Schule erlernt werden muss, ist für uns selbstverständlich. Doch selbst primäre Hirnfunktionen wie das Sehen sind bei Kindern noch nicht vollständig entwickelt – Kinder nehmen Bewegungen anders wahr als Erwachsene; das eingangs erwähnte Beispiel mit dem herannahenden Auto macht es deutlich. Auch wenn sich diese späte Reifung für den Laien im Alltag kaum bemerkbar macht, kann sie mit spezifischen Tests nachgewiesen werden. Dazu dienen Bilder, auf denen man zunächst nichts erkennt. Erst wenn sich Teile davon zu bewegen beginnen, tauchen plötzlich Formen auf.

Damit konnte gezeigt werden, dass Kinder und Jugendliche im Bewegungssehen schlechter abschneiden als Erwachsene. Ziel der Gruppe von Ernst Martin ist es nun, herauszufinden, wie sich das Sehen entwickelt. Denn es ist eine der Hirnfunktionen, die sehr früh trainiert werden. Zudem sind viele höhere kognitive Funktionen von einem intakten Sehsystem abhängig – auch das Lesen. Hier laufen die Fäden des Projekts zusammen: Es ist bekannt, dass bei Dyslexikern nicht nur der Umgang mit Wortlauten beeinträchtigt, sondern auch das visuelle Bewegungssehen gestört ist. Die Zürcher Forschungsgruppen untersuchen zurzeit die Ent-

wickelung des Bewegungssehens und des Lesens bei denselben Personen – eine weltweit erstmalige Kombination.

schen: mit gestandenen Profimusikern. Training heisst das Zauberwort. Die Gehirne solcher Personen befinden sich in einem Extremzustand. Dadurch sind auch die Resultate extrem, die aus der Forschung an diesen Menschen resultieren – im positiven wie im negativen Sinn. Die fokale Dystonie ist eine der negativen Nebenerscheinungen – eine Krankheit, bei der die Betroffenen keinen einzigen Finger mehr einzeln bewegen können. Die Folge ist oft Arbeitsunfähigkeit – ein Drama für die Betroffenen. Schätzungsweise 0,2–0,5 Prozent der Musiker leiden unter Dystonie.

Jänckes Theorie zur Erklärung diese Phänomens lautet: Stresshormone weichen die Aktivitätsgrenzen im Gehirn auf, bei Fingerbewegungen sind grössere neuronale Netzwerke aktiv als üblicherweise. Gleichzeitig werden die Erregungsschwellen dieser Neuronen herabgesetzt – im Alltag kennen wir diesen Zustand als Zittern der Hände unter Stress. Verursacht wird der verhängnisvolle Stress durch den harten Konkurrenzkampf unter den Musikern und die mittlerweile sehr hohen Ansprüche des Publikums. Jäncke hat damit begonnen, solche Musiker zu therapieren – in einigen Fällen sogar mit Erfolg. Das geht so: ein Finger wird bewegt, während die andern in einem Korsett fixiert sind. Weil die Musiker parallel zur Therapie auch noch ihre Partituren einüben müssen, bleibt der Erfolg jedoch meist bescheiden.

Die Studien mit den Profimusikern widerlegen die gängige Lehrmeinung, dass Gehirne

Sollten wir also doch in der Lage sein, neue Gehirnzellen zu bilden? Die Lehrmeinung hat dies bisher verneint – wir würden mit einer fixen Anzahl Gehirnzellen geboren, wird vermutlich auch heute noch die Naturwissenschafts- und Medizinstudierenden gelehrt. Weitere Forschungen werden vielleicht bald gesicherte neue Erkenntnisse bringen. Dieses Wissen könnte dann ein Ansatzpunkt für Therapien, Rehabilitationen und Trainingsmassnahmen für ältere Menschen sein. Neben Training sind jedoch auch Motivation und eine positive Lebenseinstellung Voraussetzung dafür, dass Pensionärinnen und Pensionäre ihre Gehirnleistung qualitativ erhalten können. Mit zunehmendem Alter werden wir zwar etwas langsamer, doch das Wissen nimmt zu. Das gut trainierte «Wissensnetz» – wie Jäncke es ausdrückt – bekommt mit dem Alter engere Maschen, Neues kann sich besser darin verfangen. Allerdings nur, wenn wir unser Gehirn auch wirklich gebrauchen: «Use it or lose it», bringt es der Neuropsychologe auf den Punkt.

KONTAKT Prof. Ernst Martin, Universitäts-Kinderklinik Zürich, Ernst.Martin@kispi.unizh.ch; Dr. Daniel Brandeis, Zentrum für Kinder- und Jugendpsychiatrie der Universität Zürich, brandeis@kjpd.unizh.ch; Dr. Spyros Kollias, Universitätsspital Zürich, spyros.kollias@usz.ch; Prof. Lutz Jäncke, Abteilung für Neuropsychologie der Universität Zürich, ljaencke@psychologie.unizh.ch



Die Welt im Kopf VII *Pierre Thomé*