

Das flexible Gehirn

Jürg Kesselring

Neurologie & Neurorehabilitation, Rehabilitationzentrum, Valens, Schweiz

Summary

Basic principles of learning – the flexible brain

“Use it or lose it”: This often seen management approach is also valid for our brain. In this specific organ system, there are constantly new neural connections being built between the ca. 100 billion neurons, yet only those which are being actively used are able to survive. This is the basic principle of new learning, a process that can occur at any age. Research on neuroplasticity (adaptation of brain structures and functions to the changing requirements of the environment) is a core topic of neurosciences. In the field of neurorehabilitation of patients with acute or chronic brain diseases progress in our understanding of neuronal plasticity helps to improve clinical day-to-day practice. Just like the hand, the human brain has developed gradually over millions of years under the reciprocal influences of increased use of tools or instruments. Our ability to oppose the thumb, as well as ulnar deviation of the hand, were both essential for evolving to use tools. The human motor system, on the other hand, is a complex network of neural centers and pathways located in the spinal cord, brain stem, and brain. Planning, execution, and correction of motion sequences are only possible through interaction with our sensory system. Throughout life, these systems are constantly required to adapt to ever-changing conditions. When learning new motor skills, various changes occur in the brain, including the buildup of new cell connections or the strengthening of present neural connections. Owing to the plasticity of the brain, appropriate training can build on genetically determined motor traits or abilities acquired during early childhood to enable us to acquire new motor abilities, even up to a very old age. The following factors appear to be essential to the learning effect: motivation, what the motor task signifies to the executing person, the number of repetitions interspersed with pauses, and the variability of the training conditions. An efficient way to optimize the learning effect is to tailor the learning and therapy conditions to the individual, while taking into account the aforementioned factors.

Key words: learning; neural plasticity; neurorehabilitation

Lernen und leisten

Das Gehirn wird heute nicht mehr als fix verdrahtete Zentrale, sondern als ein anpassungsfähiges, lernfähiges Organ betrachtet, mit dem wir die Welt interpretieren und uns in ihr bewegen, uns den Anforderungen und Möglichkeiten anpassen [1, 2]. Diese Grundvorstellung wird in dem Ausdruck «Neuroplastizität» [3] vermittelt: «aus weicher Masse bilden, formen, gestalten». «Plastik» meint sowohl die Bildhauerkunst als

auch das von einem Bildhauer geschaffene Kunstwerk. Der Bildhauer arbeitet immer nur an den Teilen, die dann nicht bestehen bleiben und wegfallen. Seine Kunst ist es, im rohen Klotz die Gestalt zu erkennen, die zunächst gänzlich verborgen ist, und sie dadurch zu entwickeln, indem er wegschlägt, was das innere Bild stört.

Wir bilden uns, um etwas zu wissen und zu können [2]. Für uns Erwachsene ist es besonders schön, dass wir dies nicht tun müssen, sondern dürfen, dass also diesem Bildungsbedürfnis nicht ein Zwang vorausgeht, sondern eine ziemlich freie Entscheidung. Diese Motivation ist intrinsisch, erfolgt also freiwillig von innen heraus, während die Motivation für die Bildung in der Schule oft und lange extrinsisch war: von aussen bestimmt, sei es aus Angst vor dem Lehrer oder davor, im Klassenverband nicht zu genügen, aus Ehrgeiz nach guten Noten, aus der Hoffnung, den Eltern Freude zu machen oder ihnen die Peinlichkeit über das Versagen ihrer Brut zu ersparen, oder aus Lust, den Mitschülern zu imponieren. Meist sind die Lernergebnisse, die aus intrinsischer Motivation erfolgen, solider.

Was heisst nun «lernen»? Das Wort, wie «lehren» auch, hängt mit «leisten» zusammen und dieses heisst eigentlich: «einer Spur nachgehen». Die Eisenbahner haben den Wortstamm noch im «Geleise» erhalten. Lernen heisst also nachspüren und «wissend werden». Dieses «Leisten» ist auch eng verwandt mit «List», das ein Wissen bezüglich Jagd, Kampf, magischen Fähigkeiten und handwerklichen Fertigkeiten bedeutet. Es wird fast nur noch im Nebensinn von «Täuschung, Arglist, Hinterlist» gebraucht. So können wir überlistet werden und Fussballer den Ball ins Tor «listen» (auch wenn sie das heute wohl selten so ausdrücken würden). «Leisten» als Hauptwort bedeutet einen aus Holz oder Metall nachgebildeten Fuss für die Schusterarbeit. Auch Leuten, fernab von jeder Schusterei, wird noch im heutigen Sprachgebrauch empfohlen, sie sollten bei ihren Leisten bleiben.

Das Geleise, von dem «lernen» und «lehren» abstammen, ist die Radspur, welche abgeleitet vom lateinischen *lira*, «die Furche» bedeutet. Geläufig ist der Ausdruck «De-lirium», was wörtlich «entgleisen» heisst. Wie «der Leisten» wird auch «die Lehre» als Substantiv gebraucht, einerseits abstrakt im Sinne von «Unterricht», andererseits im Handwerk als Messwerkzeug,

Nach einem Referat an der Jahrestagung der Schweizerischen Neurologischen Gesellschaft, Interlaken, 31.10.2014.

Muster oder Modell, zum Beispiel in der «Schublehre». All diese Wortverwandtschaften machen eines deutlich, was in Bezug auf Bildung wie auch in Bezug auf Neuroplastizität, das heisst die Anpassung der Gehirnvorgänge beim Lernen, entscheidend ist: Es geht um Aktivität. Es geht nur *durch* Aktivität. Aber diese muss mit Entspannung im Gleichgewicht stehen. Bildung kann nie nur passiv konsumiert werden, Downloaden und Nachbeten genügen nicht. Diese Vorgänge, die beim Lernen im Gehirn ablaufen, dieses Spuren-Suchen, Forschen, Bitten, dieses Leisten und Können, dieses Wissendwerden, lassen sich über die Wortverwandten der lateinischen *lira* beschreiben.

Wir können diese Tätigkeiten aber auch über den entsprechenden griechischen Begriff zum Ausdruck bringen: spitzen, schärfen, ritzen, kratzen, furchen. Das entsprechende Tätigkeitswort *charasso* ist uns vielleicht nicht mehr so vertraut, wohl aber das, was aus dieser Tätigkeit resultiert, nämlich der Charakter. Charakter als das Eingeprägte, der Stempel, die Figur, die Eigenart, das Merkmal, das Wesen.

Charakter also ist es, was durch Bildung entsteht. Er bildet sich, wie Schiller sagt: «im Strom der Welt». Bildung und Kultur sind also Tätigkeiten, die im Gehirn eines jeden gesteuert werden, die sich als Eigenschaften manifestieren, als Verhalten offenbaren und damit auch gemeinschaftsbildend sind. Es sind sogar ganz zentrale Eigenschaften – sowohl der Einzelpersonen wie auch besonders der Gemeinschaft. Sie zu bilden, darf nicht auf die Abendstunden verschoben und nicht an den Staat delegiert werden.

Wenn wir Bildung und Kultur als zentrale Funktionen unseres Gehirns als biologisches Organ betrachten, werden wir möglicherweise auch davor gefeit sein, die trennenden Aspekte zu sehr zu betonen, die Differenzen zwischen den Kulturen hervorzuheben und als unvereinbar zu betrachten. Als ehemaliger Neurochirurg bin ich es gewohnt, Schnittstellen zwar zu setzen, v.a. aber sie wieder zu vernähen. Das Gemeinsame interessiert mich mehr als das Trennende. Vielleicht lernen wir mit dem noch etwas paradox erscheinenden Begriff einer transkulturellen Kulturpflege praktisch umzugehen [3, 4].

Den Zugang suchen

Wir sehen in unserer Klinik in Valens viele Menschen nach verschiedenartigen Hirnschädigungen und versuchen immer, einen Zugang zu finden zu dem, was so wunderbar die «Persönlichkeit» heisst: «per-sona» – das, was (auch durch eine Maske) hindurchtönt. Eine Krankheit kann dazu führen, dass das Gehäuse sich in Form von Lähmungen oder Sprachstörungen ver-



Abbildung 1: Erstes Bild mit der linken Hand gemalt von einem 68-jährigen rechtshändigen Patienten, 2 Jahre nach Hirnschlag mit Lähmung der rechten Körperseite. Publikation mit Einwilligung des Patienten.

ändert. Aber wir glauben (!) und halten uns im Praktischen daran, dass die Person selber unverletzt bleibt, und sehen es als unsere Aufgabe, sozusagen Schlupflöcher in diese Mauer zu treiben [5], damit die Person wieder «tönen» kann. Ein Beispiel: Ein Patient mit Lähmung der rechten Körperseite und einer Aphasie hatte immer gerne Aquarelle gemalt, aber nun konnte er das nicht mehr, denn er hatte ja rechts die Lähmung. Er liess sich dennoch überzeugen, zum ersten Mal in seinem 68-jährigen Leben den Pinsel in die linke Hand zu nehmen – das Resultat war geradezu grossartig (Abb. 1).

Diese Wunderwelt des Gehirns kann durch Hirnschlag, Trauma, Multiple Sklerose etc. geschädigt werden. Beispiele aus der Praxis zeigen, dass die Erholung im Gehirn nach einer Schädigung ähnlichen Gesetzen folgt wie die normale Entwicklung bei einem gesunden Kind [6]. So zeigen etwa Patienten nach Hemiplegie ein ähnliches Bewegungsbild wie Kinder [7]. Daher sollte erwachsenen Patienten für die Erholung ähnliche Mechanismen angeboten werden wie diejenigen, die bei Kindern zum Erfolg führen: motorische Aktivität [8].

Stimulation aus der Umwelt führt zu plastischen Veränderungen im Erwachsenen Gehirn: Dendriten-Verzweigungen, Synaptogenese, Gliogenese, Wachstumsfaktoren, Neurotransmitter, Neurogenese, verbessertes Lernen, verminderte Apoptose. Willküraktivität ist der gemeinsame Nenner aller neuralen Veränderungen als Folge der Auseinandersetzung mit einer herausfordernden Umwelt. Und Gehirne, die trainiert sind, sind messbar anders. In der Bewältigung von Aufgaben aus der Umwelt, durch An- und Herausforderungen im Alltag verändert sich das Gehirn bis ins hohe Alter.

Hirnentwicklung im Lauf der Zeit

Bei der phylogenetischen Entwicklung des Menschen spielte der aufrechte Gang eine wichtige Rolle. Zum einen führte er zu Veränderungen im Gleichgewichtssystem, zum anderen wurden dadurch die Hände frei für den Werkzeug- oder Instrumentengebrauch. Mittels dieser Werkzeuge können wir den Arm praktisch ins Unendliche verlängern, was den Menschen insgesamt wesentlich verändert, nicht nur die Hand, sondern auch das Hirn, weil so zusätzliche Informationen über die Umwelt in das Gehirn gelangen können. Mechanische Voraussetzungen für den Werkzeuggebrauch, wie er für uns Menschen typisch ist, sind einerseits die Opposition des Daumens über die Mittellinie hin und andererseits die Ulnardeviation der Hand gegen die Elle hin. Hier unterscheidet sich die Hirnentwicklung bei Mensch und Tier, die rein mechanisch Instrumente kaum richtig halten können. Die Befreiung unserer Hände erlaubt uns überdies ein Zeigen und Deuten – und Zeigegesten sind ein zentrales Element unserer Kommunikation.

Drei wesentliche Aspekte beim Lernen

Beim Lernen spielt zunächst *Genetisches* eine wichtige Rolle. «Genetisch» darf aber nicht mit «unveränderbar» gleichgesetzt werden, denn obwohl beispielsweise das Erbgut von Menschen und Schimpansen zu vielleicht 98% weitgehend identisch ist, sind wir doch anders. Vergleichbar damit sind unsere Bücher, die alle auf dem gleichen Code basieren, den Buchstaben des Alphabets. Jedoch käme niemand auf die Idee, alle Bücher als gleich zu bezeichnen. Wie wichtig die Epigenetik ist, zeigt das Beispiel der Phenylketonurie: ein bekannter Gendefekt, dessen Manifestation bis

hin zur gravierenden Hirnschädigung davon abhängt, ob die Nahrung Phenylalanin enthält oder nicht. Ein weiterer wichtiger Punkt beim Lernen ist die *Nachahmung*, die bei Kindern ganz natürlich ist – deshalb ist auch die Umgebung so wichtig. Eine wesentliche Neuentdeckung der Neurowissenschaften war die Beschreibung des Spiegelneuronensystems [9] und seine Rolle beim Menschen. Als Beispiel sei das «Füttern» der Kinder erwähnt: Dabei öffnen die Mütter den Mund, obwohl sie selber gar nichts bekommen. Gleichwohl ist es nützlich, denn das Kind imitiert es sofort. Als dritter Weg des Lernens muss das *«learning by doing»* erwähnt werden. Als geschichtsträchtige Metapher kann das Boot des Odysseus bei der Rettung der schönen Helena dienen. Im Laufe der Zeit musste alles erneuert werden, nur das Prinzip blieb gleich. Ähnlich ist es beim Gehirn; auch hier wird gesagt, dass es sich (materiell) alle sieben Jahre erneuert, und dennoch bleibt das Gedächtnis und damit auch das Wissen um sein Person-Sein dasselbe.

Der Mensch kann nicht *nicht lernen* [10]! Beim Üben und Anwenden von einfachen und komplexen Abläufen kommt es zu einer Schwerpunktverlagerung vom Wissen zum Können. Lernen sollte die Aktivierung möglichst vieler kortikaler Karten provozieren und verschiedene Input-Varianten anbieten. In der Therapie wird der Schwerpunkt auf das gelenkt, was gelernt werden soll. Lernen ist ein langsamer Prozess, ist auf Wiederholen angewiesen, produziert mehr Können als Wissen, wird in spezifischen Regionen des Gehirns repräsentiert, im Tiefschlaf vom Hippokampus in die Großhirnrinde überspielt (replay) und ist stark von Aufmerksamkeit abhängig (von Vigilanz¹ und selektiver Aufmerksamkeit²).

Entscheidend für das Lernen ist Motivation. Sie entsteht durch positive Erfahrungen und durch nicht erwartete Resultate, und dies vor allem bei gemeinschaftlichen Aktivitäten. Sie ist nicht zu erzeugen, sondern naturgemäss im Menschen angelegt und chemisch verbunden (Dopamin) mit Aktivitäten im Belohnungssystem [10].

Auf die Einstellung kommt es an

Die Hauptfunktionen des Gehirns sind die Steuerung der Wahrnehmung der Welt und deren Interpretation, sowie das Handeln in ihr. Aber das tut es nicht stellvertretend für mich, sondern ich nutze das Gehirn, um die Welt und die Mitmenschen, das Materielle oder das Persönliche wahrzunehmen, um sie zu gestalten – und zu lernen.

Es kann gezeigt werden, dass die «materioverse» Aktivität in anderen Hirnstrukturen organisiert wird als

1 Vigilanz ist die allgemeine, örtlich (kortikal) unabhängige Wachheit.
2 Selektive Aufmerksamkeit ist eher wie ein Scheinwerfer, wodurch zusätzliche Gehirnmareale aktiviert werden können.



Abbildung 2: Das Kind wird zur Nachahmung ermuntert.



Abbildung 3: Brauchbar bleiben nur die Synapsen, die auch genutzt werden.

die «sozioverse». Der grosse Schweizer Entwicklungspsychologe Jean Piaget arbeitete in seiner sorgfältigen und umfassenden Analyse der geistigen Entwicklung des Kindes Ähnliches heraus[6]: Die Abgrenzung der eigenen Person beim «Problem des fremden Ich» entspricht dem «Sozioversen» und ist beim Autismus gestört; die Abgrenzung beim «Problem der Aussenwelt», was dem «Materioversen» entspricht, ist z.B. beim Williams-Syndrom und bei Problemen der Sprachentwicklung in Form der Legasthenie gestört. Piaget hebt den Lerntrieb als zentralen Instinkt hervor und stellt ihm den Erklärungstrieb, die Hermeneutik, an die Seite als Voraussetzung für die erstaunliche Fähigkeit, in fast jeder ökologischen Nische zu überleben und eigene Nischen zu schaffen [11, 12].

Ich verwende gerne die Metapher des «Gehirns als Orchester»: Viele verschiedene Instrumentalisten und Spezialisten plus ein Dirigent stimmen sich aufeinander ab, um ein gemeinsames Ziel, eine gemeinsame Leistung zu erreichen. Übertragen auf das Gehirn sind die Instrumente meine Fähigkeiten, der Dirigent bin ich, meine Person. Jeder Einzelne, respektive jeder Teil, kann und soll etwas zum Ganzen beitragen, alle Musiker einzeln und miteinander und allen voran der Dirigent. Wenn jeder sein Bestes gibt, kann das Werk des Komponisten neu aufleben. Die Einstellung verändert das Resultat.

Um ein gutes Ergebnis zu erreichen, muss man üben und repetieren: Bis man eine Handlung «richtig» kann, muss man sie etwa eine Million Mal durchführen [2]. Das gilt wohl für alle Handlungen; beim Zigarrendrehen, Sticken, Perlenschnurziehen und nachgewiesenermassen beim Basketballwerfen. Deshalb müssen wir den Patienten, die etwas nicht mehr können, die Möglichkeit bieten, dies wieder und wiederholt zu lernen.

Wunderwelt Gehirn: «Use it or lose it»

Das Erwachsenengehirn umfasst mit rund 100 Milliarden Nervenzellen einen ganzen Kosmos; (fast) alle werden während der Schwangerschaft gebildet, das entspricht etwa 4300 Nervenzellen pro Sekunde. Im Erwachsenenleben kommen wenige neue Verbindungen zwischen den Neuronen hinzu [13]. Heute rechnet man mit 1000 bis 10 000 Verbindungen pro Nervenzelle, die bis ins hohe Alter immer wieder gebildet werden. Wollte man die Synapsen in einem einzelnen menschlichen Gehirn zählen, und zwar jede Sekunde eine einzige, so wäre man 30 Millionen Jahre ohne Unterbruch am Zählen. Brauchbar bleiben jedoch nur jene Verbindungen, die auch genutzt werden. Darum ist das Sprichwort «Use it or lose it» sehr wohl berechtigt.

Erholung und Restitutionsmöglichkeiten nach Gehirnschädigung

Die strukturelle Regenerationsfähigkeit des erwachsenen zentralen Nervensystems ist sehr eingeschränkt; die funktionelle Reorganisation dagegen, d.h. die Neuformierung synaptischer Netzwerke durch «Remodelling» (betrifft die Plastizität), erfolgt zeitlebens. Im Weiteren werden nach Läsionen Funktionen geschädigter Hirnareale durch andere Hirngebiete übernommen (unterstützt durch Training) und können somit (z.T. auch mit Hilfsmitteln) teilweise oder ganz kompensiert werden. Ein weiterer, oft vernachlässigter Faktor nach Hirnschädigung ist die Rekonkonditionierung.

Neuroplastizität auf verschiedenen Ebenen

Neuroplastizität kann auf verschiedenen Ebenen untersucht, beschrieben und angewandt werden. Einmal vermischt oder verwechselt, kommt es zu «Kategorienfehlern» mit ungünstigen Auswirkungen. Im Falle der Multiplen Sklerose lassen sich die Ebenen folgendermassen beschreiben [14]:

- auf zellulärer Ebene

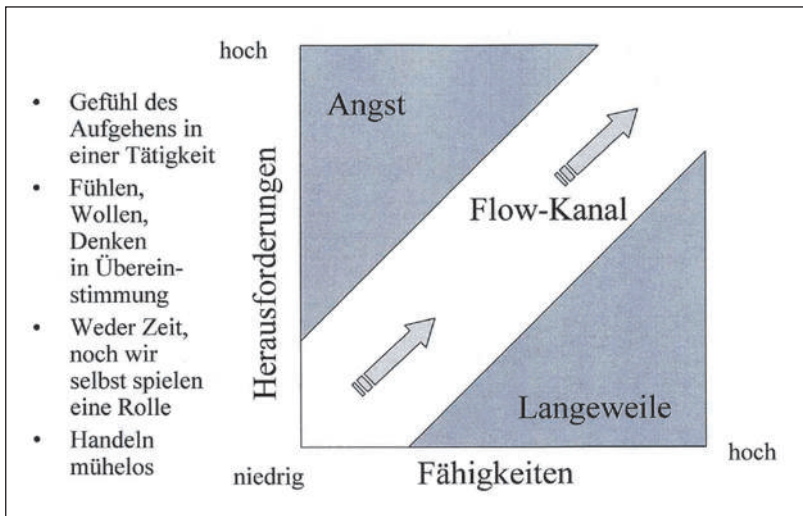


Abbildung 4: Flow (nach [20]).

- axonales Aussprossen (vermehrte Arborisation von Neuronen)
- Veränderung der synaptischen Stabilität
- Reorganisation von Synapsen
- auf Gewebeebene
 - Resorption des Ödems
 - Re-arrangement von Natriumkanälen auf den Axonen
 - Remyelinisierung
- auf Systemebene: Übernahme von Funktionen durch kontralateralen homologen Kortex
 - Ausweitung der Repräsentationszonen
- auf Verhaltensebene
 - neue motorische und kognitive Strategien.

Gehirn und Verhalten sind nicht symmetrisch

Wir verhalten uns immer so, dass wir Belohnung suchen und Strafe vermeiden. Deshalb sind wir immer in einer Balance, die wir steuern können – wir sind nicht einfach Opfer unserer Hirnaktivität [15]. Dieser dynamische Zustand wird als «Flow» bezeichnet: der Zustand, in dem wir uns ausgeglichen fühlen, in dem weder Zeit noch wir selbst eine Rolle spielen, in dem Aufgaben mühelos werden, in Abhängigkeit von dem, was wir können und von dem, was von uns gefordert ist (Abb. 4). Es liegt an uns, wie wir diesen «Flow»-Kanal für uns einrichten. Wichtig ist dabei, dass die Bewegung dynamisch ist, und wir uns verbessern und gegebenenfalls Hilfe beanspruchen können. Freude ist ein guter Motivator. Das Gehirn ist – zumindest funktionell – asymmetrisch. Die zwei Hälften sind eigentlich wie zwei Organe. Erich Fromm hat in seiner *Kunst des Liebens* auf den Mystiker Rumi

hingewiesen, welcher sagte: «Kein Händeklatschen ertönt nur von einer Hand». Das Gehirn muss doppel-seitig funktionieren. Unterschiedliche Verhaltensweisen werden von beiden Gehirnhälften unterschiedlich gesteuert. Dies lässt sich sogar in die Menschheitsgeschichte übersetzen: Es gibt Perioden mit unterschiedlicher Hemisphärendominanz, zum Beispiel in unserer Zeit eine offensichtliche Linksdominanz; viele Worte und viele Worte in Formeln, wenig Poetisches, wenig Umfassendes, wenig Persönliches [3, 16, 17].

Musik: Training auch der rechten Hirnhälfte

Eine Möglichkeit, die rechte Hirnhälfte besser zu trainieren, ist das Musizieren [18]. Warum macht man überhaupt Musik? Ein wesentlicher Wert der Musik liegt im Sozialen – sie ist «sozialer Kitt». Das Soziale ist für die Entwicklung im Gehirn zentral wichtig. Dies wird deutlich anhand der Prosodie der Sprache, die emotionale Zustände und Absichten anzeigt und damit eine individuelle Identifikation unabhängig von Wortbedeutung erlaubt.

Wir lernen Sprache nicht primär über den Inhalt der Worte, sondern über Sprachmelodien. Auf Deutsch sprechen wir von der Babysprache oder auf Englisch von «Motherese»: Gemeint ist, dass Mütter in gewissen Stadien hauptsächlich mit übertriebener Sprachmelodie reden. Dies geschieht immer auch besonders in emotionalen Interaktionen.

Es gibt einige Situationen, in denen man *nicht* lernen kann, in denen man verspannt ist: wenn verwirrende Informationen über verschiedene Wahrnehmungskanäle eindringen; wenn jemand in Zeitnot ist, Schrecken, Angst oder Schmerz verspürt, emotional instabil ist und so weiter. Aber auch scheinbar so triviale Momente wie eine volle Blase, ein leerer Magen können das Lernen erschweren oder verunmöglichen – kurz: jede Überforderung, ebenso wie Erschöpfung, Gleichgewichtsverlust oder Sensibilitätsstörungen [4, 18].

Interessant im Zusammenhang mit Lernen ist der Schlaf. Der Satz «Den Seinen gibt's der Herr im Schlaf» stimmt zwar, aber mit «den Seinen» sind nur diejenigen gemeint, die tagsüber auch etwas gelernt haben!

Begabung und Selbstdisziplin

Es gibt natürlich Möglichkeiten, Defizite auszugleichen. Ein solcher Ausgleich (Adaptation) muss vorab organisiert sein.

Antizipieren ist eine der wichtigsten Funktionen unseres Gehirns. Erich Fromm hat in *Die Kunst des*

Liebens einige Anleitungen gegeben, die wir für unsere Kunst des *Übens* in gleicher Weise brauchen können: Selbstdisziplin. Das heisst nicht, dass wir immer nur verbissen üben sollen, aber auch nicht einfach hoffen, dass Begabung alleine schon ausreicht. Manche mögen Disziplin als Gegenteil von Freiheit spiessig finden. Aber es ist wie mit dem Drachen im Herbstwind: Wenn er nicht mit einer Schnur gefesselt wird, bleibt er am Boden.

Sich zu konzentrieren ist sehr schwierig – besonders heute, da für Multitasking geschwärmt wird. Allerdings passiert dabei wenig oder lediglich ein Durcheinander im Gehirn, das für mehrere gleichzeitige Aufgaben nicht geschaffen ist. Es ist eine Regression in Urwaldzustände. Die Antilopen müssen fressen, gleichzeitig darauf achten, nicht selbst gefressen werden und ihre Jungen beschützen etc.

Geduld ist in diesem Zusammenhang von Bedeutung und mag wohl als etwas altmodisch gelten, ist jedoch eine besondere Tugend. Auf Rilkes Schreibtisch lag ein Zettel mit der Aufschrift: Warte!

Poetisch liesse sich Descartes' Dictum im *Discours de la méthode*:

«*Je pense, donc je suis – Ego cogito, ergo sum*»

erweitern zu:

Ich lerne, also werd' ich!

«Denn das Geheimnis unsres Lebens auf der Erde ist nicht das herrische: Ich bin!

Sein tiefster, zukunftsöff'ner Sinn

ist das behutsam-tastende: Ich werde ...» [19]

Correspondence:

Prof. Dr. Jürg Kesselring
Chefarzt Neurologie
und Neurorehabilitation
Rehabilitationzentrum
CH-7317 Valens
juerg.kesselring[at]
kliniken-valens.ch

Bildnachweis:

Seite 265: © Oksun70 | Dreamstime.com; Seite 266: © Inara Prusakova | Dreamstime.com

Disclosure statement

No financial support and no other potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

- 1 Kesselring J. Erquickende Pausen. In: Ilse Oehler (Hrsg) Pause bitte! Verlag Anne Rüffer Zürich 2014, S. 88–99.
- 2 Doidge N. The Brain That Changes Itself. New York, Viking 2007. (Deutsch: Neustart im Kopf: wie sich unser Gehirn selbst repariert. Übersetzung von Jürgen Neubauer. Campus-Verlag, Frankfurt a. M. und New York 2008).
- 3 Kesselring J. Spielformen des Bewusstseins – neurologische Perspektiven. In: Mettner M Jung J (Hrsg): Eigenes Leben – Jemand sein dürfen statt etwas ein müssen. NZZ Buchverlag Zürich 2015, S. 98–109.
- 4 Kesselring J. Das beflügelte Gehirn. Schweizer Ärztezeitung 2011; 92(22):864–5.
- 5 Kesselring J. Schlupflöcher in der Mauer. Zur Rehabilitation nach schweren Verletzungen und Erkrankungen des Gehirns. In: Logotherapie & Existenzanalyse 1996.
- 6 Kesselring T. Piaget. C.H. Beck, 2. Auflage 1999.
- 7 Davies PM. Hemiplegie. Springer Verlag Stuttgart, 2. Auflage 2002.
- 8 Kempermann G, Kuhn G. More hippocampal neurons in adult mice living in an enriched environment. Nature 1997;386:493–5.
- 9 Rizzolatti G, Caghero L. The Mirror-neurone system. Annu Rev Neurosci 2004;27:169–92.
- 10 Spitzer M. Lernen – Gehirnforschung und die Schule des Lebens. Spektrum Verlag 2002.
- 11 Eliot L. Was geht hier drinnen vor? Die Gehirnentwicklung in den ersten fünf Lebensjahren. Berlin Verlag 2001.
- 12 Gopnik A. Forschergeist in Windeln. Ariston 2000.
- 13 Kempermann G. Neue Zellen braucht der Mensch: Die Stammzellforschung und die Revolution der Medizin. Verlag Piper 2007.
- 14 Kesselring J. Neuroplastizität bei MS – Implikationen für die Rehabilitation. In: Henze T (Hrsg): Symptomatische Therapie der Multiplen Sklerose. Georg Thieme Verlag Stuttgart 2005;162–72.
- 15 Kesselring J. Opfer irgendwelcher Hirnaktivität? Schweiz Ärztezeitung 2012;93:21–2.
- 16 McGilchrist I. The Master and his Emissary. The divided Brain and the Making of the Western World. Yale University Press 2009.
- 17 Kesselring J. Links und/oder rechts? Schweiz Ärztezeitung 2012;93:564–5.
- 18 Kesselring J. Die Kunst des Übens – Lektionen aus der Neurologie zu Musik & Sprache. Schweiz Ärztezeitung 2011;92:1760–4.
- 19 Kesselring J. Leise Laute Gedichte. Verlag Johannes Petri, Basel 2010.
- 20 Csikszentmihalyi M. Flow. In: Flow and the Foundations of Positive Psychology. Springer Verlag 2014.