

Vergessen, Denken und Lernen

Martin Korte, TU Braunschweig

Prof. Dr. Martin Korte ist Leiter der Abteilung Zelluläre Neurobiologie an der TU Braunschweig. Er erforscht die neurobiologischen Grundlagen von Lernen, Gedächtnis und Vergessen. Er ist Buchautor von verschiedenen Sachbüchern, u.a. „Wie Kinder heute lernen: Was die Wissenschaft über das kindliche Gehirn weiß“.

E-Mail: m.korte@tu-bs.de



Ungeborene Kinder im Mutterleib, Säuglinge, Kleinkinder, Erwachsene und selbst noch alte Menschen lernen unaufhörlich. Aber in keinem Lebensstadium ist das zu Lernende so prägend wie im ersten beiden Lebensjahrzehnten – und nie wieder wird es so leicht sein. Allerdings können Kinder nicht alles lernen, nicht alles gleich gut und nicht alles sofort. Es kommt auf das Alter des Kindes an, wann es bestimmte Dinge besonders gut lernen kann. Gehirnstrukturen, die für das Gedächtnis wichtig sind, gehen nicht alle zur gleichen Zeit »online«. Viele Verarbeitungswege im Gehirn lassen sich nur in einem bestimmten Zeitfenster zu Autobahnen ausbauen, während man zu späteren Zeiten für die kleinsten Fortschritte hart arbeiten muss. Es lohnt sich also, etwas darüber zu erfahren, was in den Köpfen der Kinder vor sich geht, wenn sie etwas lernen. Vor allem auch deshalb, da die Leistungsfähigkeit von Lern- und Gedächtnisvorgängen nur zu einem kleineren Teil genetisch vorbestimmt ist, etwa zu 30 bis 40 Prozent! Dies bedeutet, dass das zum einen das Umfeld, also vor allem die frühkindlichen Erfahrungen, und Lernstrategien einen größeren Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Gedächtnisses haben, als dies die genetische Mitgift durch die Eltern ausüben kann. Dies ist ein wichtiger Unterschied zur Verarbeitungsgeschwindigkeit von Wahrnehmungen, oder dem IQ, die zu 50 Prozent von den Genen bestimmt werden. Einer der Kerneigenschaften guten schulischen Erfolges lässt sich also in der Tat durch Training und mit Strategie positiv beeinflussen.

Was ist Ihre erste Erinnerung? Die meisten Leute erinnern sich erst an Dinge, die nach dem dritten Geburtstag stattgefunden haben, oft sogar erst nach dem fünften. Reichhaltiger und häufiger werden die Erinnerungen erst ab dem fünften und sechsten Geburtstag. Diesen Umstand bezeichnet man als infantile Amnesie – also die Nicht-Erinnerungsfähigkeit an die frühe Kindheit. Auf der anderen Seite erfährt jeder mit Kleinkindern, wie gut deren Gedächtnis

ist, gerade wenn es um das Wiedererkennungsgedächtnis wie beim Memory spielen geht. Überraschend sind auf den ersten Blick auch neueste Untersuchungen an ungeborenen und neugeborenen Kindern: Studien haben ergeben, dass auch Föten bereits Informationen über ihre Erfahrungen speichern können. Bei ihnen entwickelt sich das sensomotorische Lernen als Erstes. Eine spezielle Form einfachen Lernens, die Gewöhnung (Habituation) entwickelt sich ebenfalls sehr früh. So haben Untersuchungen an Föten ergeben, dass diese, sobald ihr Gehör funktionsfähig ist, bei lauten Geräuschen erschrecken. Sie gewöhnen sich aber bei Wiederholung sehr schnell an die Störung. Diese Gewöhnung sollte nicht einfach nur als eine triviale Art des Lernens betrachtet werden. Sie ist eine sehr wichtige Lernform, da sie hilft, wichtige von unwichtigen Informationen zu trennen. Dies ist nicht nur für ein Kind wichtig, welches mit einer ungeheuren Zahl von Sinnesreizen überflutet wird, Wichtiges von Unwichtigem zu trennen ist eine der entscheidenden Eigenschaften des menschlichen Gedächtnisses überhaupt und wir sollten uns alle beim vermitteln von Lerninhalten mehr darauf konzentrieren, Kindern, Knotenpunkte des Wissens an die Hand zu geben, die es ihnen erlauben, wichtiges von unwichtigem zu trennen.

»Das« Gedächtnis gibt es nicht

Eine der wichtigsten Erkenntnisse aus Psychologie und Neurowissenschaft ist, dass es »das« Gedächtnis nicht gibt. Es existieren nur verschiedene Gedächtnissysteme, die sich nach zeitlichen oder funktionellen Kriterien unterteilen lassen und die als gemeinsamen Nenner haben, in unserem Nervensystem das Vergangene festzuhalten. Zusätzlich muss man das Abspeichern vom Abrufen (Erinnern) unterscheiden. An vielen Patienten konnte man beobachten, dass sie Teile der Erinnerungen an ihre Vergangenheit eingebüßt haben, aber Neues noch normal lernen können (retrograde Amnesie). Auf der anderen Seite wurden Schlaganfallpatienten beobachtet, die zwar noch Zugriff auf altes Wissen haben, aber nichts Neues mehr behalten können (anterograde Amnesie).

Im Kontext der verschiedenen Gedächtnissysteme und zur Einordnung der kindlichen Amnesie ist die Unterteilung in implizites und explizites Gedächtnis von großer Bedeutung. Unter explizitem oder auch deklarativem Gedächtnis versteht man alles, was man in Worten ausdrücken kann. Unter implizitem Gedächtnis versteht man dagegen gelernte Bewegungsabläufe (prozedurales Gedächtnis) und alle gewohnheitsmäßigen Kenntnisse, erlernte oder imitierte Reaktionen, denen gemeinsam ist, dass sie weitgehend unbewusst sind

und sich oft nur schwer in Worte fassen lassen. Gerade das implizite Gedächtnis darf bei Kindern, ebenso wie übrigens auch bei Erwachsenen, nicht unterschätzt werden. Gemeinhin denken wir bei Gedächtnis immer nur an das explizite Gedächtnis, also persönliche Erinnerungen und Faktenwissen. Dies ist aber nur ein Bruchteil unseres Gedächtnisses, der weitaus größere Teil dessen, was wir im Leben gelernt haben, besteht aus dem impliziten Gedächtnis. Um eine Computemetapher zu bemühen: Wenn unser gesamtes Gedächtnis auf einer Festplatte gespeichert wäre, wäre das implizite Gedächtnis gleichzusetzen mit den abgespeicherten Programmen. Hier sind also die Erinnerungen abgelegt, wie eine Tätigkeit ausgeführt wird. Das explizite Gedächtnis sind dann die Dateien, die Informationen gespeichert haben, darüber, was wir erlebt haben, was wir wissen und auch wer wir sind.

Untersuchungen mit Hilfe von bildgebenden Verfahren und Studien an Patienten mit spezifischen Gedächtnisausfällen haben ergeben, dass das Gehirn sich genau genommen nicht nur in zwei, sondern in vier verschiedene Gedächtnissysteme unterteilen lässt.

Man unterteilt das explizite (deklarative) Gedächtnis in zwei Untertypen: zum einen das autobiographische Gedächtnis. Hier werden Ereignisse aus unserem Leben gespeichert, also wann etwas mit wem und wo geschah (Quellengedächtnis). Zum anderen gibt es das Faktengedächtnis (Wissenssystem oder auch semantisches Gedächtnis), in dem unser Wissen über die Welt gespeichert wird, eben das klassische Schulwissen; generelle Zusammenhänge oder semantisch- grammatikalische Kenntnisse.

Unabhängig von diesen Gedächtnissystemen und der ihnen zugrunde liegenden Strukturen gibt es noch zwei implizite Gedächtnissysteme: das prozedurale Gedächtnis und Priming. Zum prozeduralen oder auch mechanischen Gedächtnis gehören Fähigkeiten wie Rad oder Ski fahren genauso wie das Saxophon oder Klavier spielen. Auch Lesen ist eine Fähigkeit des impliziten Gedächtnisses, wir wissen nicht, wie wir es machen, aber wir haben es alle mühsam lernen müssen.

Eine ebenso wichtige Form des impliziten Gedächtnisses, das schon Kleinkinder beherrschen, ist das »Priming« (erleichtertes Lernen, Bahnung), welches man in Ermangelung eines deutschen Wortes so beschreiben könnte: Wenn man das Prinzip mal verstanden hat, lernen sich vergleichbare Aufgaben leichter. Zu dieser Lernform gehört auch die Einordnung von Erlebnissen aufgrund von früheren, vergleichbaren Ereignissen, ebenso wie das schnellere Erkennen von Reizmustern, die man früher schon mal wahrgenommen hat

(Wahrnehmungsgedächtnis). Zu dieser Lern- und Gedächtnisform gehört auch der Umstand, dass wir unbewusst andere nachahmen – ein Umstand, den man gerade im Umgang mit Kindern bedenken sollte. Kinder lernen mehr über das, was man ihnen vorlebt und was sie selbst erleben, als darüber, was man ihnen explizit erklärt. So lernen sie gutes Benehmen am Tisch oder dass man abends statt fernsehen auch lesen kann, eher durch Nachahmung als durch Ermahnung. Verantwortlich für diese beim Menschen außerordentlich stark ausgeprägte Form des Lernens durch Nachahmung sind sogenannte „Spiegelneurone“ in der Großhirnrinde von Menschen. Diese Nervenzellen sind nicht nur aktiv, wenn man beispielsweise selbst eine Bewegung ausführt, sondern auch wenn andere Menschen die gleiche Bewegung ausführen. Und dieses System der Spiegelneurone scheint umso besser zu funktionieren, je vertrauter man mit einer Person ist und je mehr eine Person Akzeptiert und als authentisch erlebt wird.

Eine der stärksten und schnellsten Lernformen gehört ebenfalls zum impliziten Gedächtnis: die Konditionierung darauf, bestimmte Nahrungsmittel nicht mehr zu essen, die mit einem negativen Erlebnis (z. B. Erbrechen) verbunden sind. Dies ist auch ein Beispiel, wie gut und dauerhaft das implizite Gedächtnis bei Kleinkindern bereits ausgeprägt ist, während das explizite Gedächtnis noch von der kindlichen Amnesie betroffen ist. Kinder im dritten Lebensjahr werden sich normalerweise nicht an ein solches Erlebnis erinnern, aber es kann sein, dass sie, nachdem ihnen einmal im Laufe des zweiten Lebensjahres nach Spinat schlecht geworden ist, eine solche Speise nie wieder in ihrem Leben essen werden. Sie werden sich nicht an die Umstände erinnern können, warum sie etwas nicht mögen, da ihr Quellengedächtnis noch nicht funktionierte. Dafür arbeitete bei ihnen das als Priming bezeichnete Lernen umso besser. Priming hängt vor allem von der Reifung der Großhirnrinde ab und nicht so sehr vom Hippokampus, der eine der entscheidenden Strukturen des expliziten Gedächtnisses darstellt. Zusammen mit Teilen des Stirnlappens sind diese Gehirnareale entscheidend für das Quellengedächtnis, welches sich als letzte Fähigkeit unserer vielfältigen Gedächtnisleistungen entwickelt. Dies liegt darin begründet, dass der Hippokampus eine der wenigen Gehirnregionen ist, in der nach der Geburt noch maßgeblich Nervenzellen gebildet werden. Über 20 Prozent der endgültigen Zahl an Nervenzellen werden in den ersten neun Monaten nach der Geburt gebildet. Auch dauert die Myelin-Ummantelung hier außergewöhnlich lange. Vor allem ein wichtiges Nervenstrangbündel, Fornix genannt, entwickelt sich sehr spät. Es dient dazu, Informationen vom Hippokampus zum basalen

Vorderhin und zu Teilen des Hypothalamus (den Mamillarkörpern) weiterzuleiten. Gerade diese Datenautobahn, die möglicherweise von großer Bedeutung für das Langzeitgedächtnis ist, beginnt erst mit dem zweiten Lebensjahr seine normale Arbeitsgeschwindigkeit aufzunehmen und ist erst mit dem Beginn der Schulzeit voll funktionstüchtig.

Man muss hier allerdings berücksichtigen, dass natürlich auch viele Lernsituationen existieren, wo alle Gedächtnissysteme ineinander greifen und nicht isoliert nebeneinander arbeiten. Wenn ein Kind z. B. Rad fahren lernt, muss es sich dies zunächst mal bewusst machen, bevor es später fast automatisch abläuft. Ein Musterbeispiel für das komplexe Zusammenspiel der Gedächtnissysteme ist die Sprache: Bewegungskoordination der Stimm-, Gesichts- und Atemmuskulatur erfolgt durch das motorische Gedächtnis, um den Wörtern Bedeutungen zu geben, braucht man ein Faktengedächtnis, worüber gesprochen wird, kann eine Lebensepisode sein (autobiographisches Gedächtnis).

Kurz- und Langzeitgedächtnis

Man kann das Gedächtnis aber nicht nur nach seinen Inhalten, sondern auch nach zeitlichen Gesichtspunkten einteilen. Gemeint ist das Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis. Ein bestimmter Teil des Kurzzeitgedächtnisses wird heute auch funktionell als Arbeitsgedächtnis bezeichnet. Dieses Gedächtnissystem benutzen wir, um beispielsweise Zwischensummen in komplizierten Rechnungen zwischenzuspeichern, oder wir benötigen es auch, um am Ende eines Satzes noch zu wissen, wie er anfing. Dieser Speicher kann nicht mehr als sechs bis acht Elemente aufnehmen und hängt vor allem von den Regionen im Stirnlappen ab. Die Reifung des Stirnlappens geht auch einher mit einer Verbesserung des Arbeitsgedächtnisses – zunächst können Kinder oft nur ein oder zwei Elemente in ihrem Arbeitsspeicher aufheben, ab dem zwölften Lebensjahr ca. fünf Elemente. Die optimale Leistungsfähigkeit des Arbeitsgedächtnisses erreichen Menschen erst mit 25 Jahren! In vielerlei Hinsicht, ist das Arbeitsgedächtnis das entscheidende Nadelöhr unser Gedächtnisleistungen, da es u.a. bestimmt, wie lange wir uns auf eine Aufgabe konzentrieren können und wie viele Gedankenschritte wir im Voraus planen können. Vor allem aber wirkt sich die Leistungsfähigkeit des Arbeitsgedächtnisses auf alle Gedächtnisleistungen aus – je man sich konzentrieren kann, je mehr Fakten man im Kopf hin – und her jonglieren kann, umso besser die Erinnerungsfähigkeit. Ein wunderbarer Trainier des Arbeitsgedächtnisses ist übrigens das Lesen. Während das Arbeitsgedächtnis sehr stark eingeschränkt ist in seiner

Leistungsfähigkeit (sechs- bis acht Informationen gleichzeitig verarbeiten zu können ist nicht gerade eine beindruckende Zahl), ist dagegen das Langzeitgedächtnis von fast unerschöpflicher Größe. Bezogen auf autobiographische Erinnerungen und das Faktengedächtnis, ist der Hippokampus eine Art Filter, der entscheidet, welche Informationen länger abgespeichert bleiben sollen und welche verworfen werden. Der Speicherort selbst ist allerdings die Großhirnrinde und nicht der Hippokampus. Die Großhirnrinde macht auch in der Menge der Erinnerungen, die wir abspeichern können, ihrem Namen alle Ehre: Es gibt ernst zu nehmende Berechnungen, die darauf hindeuten, dass Menschen in ihrem Langzeitgedächtnis den Speicherinhalt von zwei Millionen CDs (ca. 1,4 Petabyte) ablegen können. Man muss sich also zunächst mal keine Sorgen darüber machen, das kindliche – und auch das eigene – Gedächtnis zu überfordern. Im Gegenteil, wer seinen Kindern viel beibringt, erlaubt es dem Kind, leichter Assoziationen zu neuem Wissen herzustellen und dieses dann umso sicherer abzuspeichern bzw. umso leichter zu erinnern. Wer schon viel weiß, lernt leichter und schneller Neues.

Nadelöhre der Erinnerung

Aber nicht nur ein Kind, das viel weiß, lernt viel, sondern auch das Kind, was gerne lernt, lernt leichter. Gefühle beeinflussen das Gedächtnis maßgeblich. Entscheidend für das Verständnis über die wichtige Bedeutung von Gefühlen für unser Gedächtnis ist das limbische System. Dieser Name bedeutet so viel wie Ring und hat seine Bedeutung daher, dass seine Strukturen den Balken (eine Datenautobahn zwischen den beiden Gehirnhälften) wie ein Gürtel oder Ring umgeben. Zum limbischen System gehören die Amygdala (Mandelkern) und der Hippokampus (Seepferdchen), genauso wie Teile des Hypothalamus und der Gyrus cinguli. Es schiebt sich wie ein Speichenrad – mit dem Zwischenhirn als Narbe – von innen an die Großhirnrinde heran und kleidet sie so quasi von innen aus. Das limbische System ist der Filter, den die Informationen für das autobiographische und auch Faktengedächtnis passieren müssen. Es ist zugleich die Instanz, die relevante Informationen aussortiert, mit Emotionen versieht und bündelt, bevor diese in weit verteilten Gebieten der Hirnrinde zur Ablagerung kommen. Dieser Prozess hat durchaus Ähnlichkeit mit der Postverteilung in einem großen Postamt. Wichtig ist die neue neurobiologische Erkenntnis, dass das limbische System neben seiner Gedächtnisfunktion vor allem an der emotionalen Bewertung von Erlebnissen beteiligt ist. Lernen, Gedächtnis und Gefühle hängen also hirnanatomisch ganz eng zusammen.

Entsprechend ist eine positive Einstellung dem Lernen gegenüber – gerade was Schulwissen angeht – eine wichtige Voraussetzung, damit das Gelernte auch eingespeichert wird. Wer Kindern etwas beibringen möchte, muss dies immer im Blick haben. Geschieht Lernen unter Zwang und mit Widerwillen, anstatt spielerisch der Neugierde des Kindes folgend, speichert das Kind bestimmte Lernsituationen mit den Eltern als etwas Negatives ab. Dies erschwert nicht nur den Umgang mit lernenden Kindern, sondern führt auch dazu, dass neue Informationen in negativ besetzten Situationen schlechter abgespeichert werden.

Autobiographisches und Faktengedächtnis werden, wie bereits ausgeführt, vor allem durch Schläfenlappenspitze und Stirnlappen, beides Bestandteile des Großhirns, vorgenommen. Neben diesen Strukturen ist noch der linke präfrontale Kortex am Faktengedächtnis beteiligt. Der rechte präfrontale Kortex beteiligt sich dagegen eher am Speichern und Abrufen von autobiographischen Erinnerungen. Aber für das explizite Gedächtnis sind auch tiefer gelegene Strukturen wichtig, wie das basale Vorderhirn (Nucleus basalis). Es ist ausgerechnet diese für das Gedächtnis so wichtige Region, die fatalerweise bei Alzheimer-Patienten als eine der ersten Regionen geschädigt wird: Hier liegen Nervenzellen, die als Botenstoff Acetylcholin benutzen und weitläufig in die Großhirnrinde ziehen. Dieser Kern liegt im vorderen Teil des Gehirns, tief unterhalb der Großhirnrinde, vor dem Thalamus. Er ist entscheidend daran beteiligt, dass positive Assoziationen das Lernen erleichtern, und er hilft auch bei der Konzentrationsfähigkeit, wenn Kinder über Stunden einem Schweinwerfer gleich ihre Aufmerksamkeit nur auf einen Gegenstand richten und dabei die Umgebung ausschalten.

Das Kleinhirn mit den Basalganglien (große Gehirnareale, die sich unterhalb der vorderen Großhirnrinde befinden) ist hauptsächlich für motorische Lernvorgänge verantwortlich. Dass verschiedene Gedächtnissysteme an verschiedene Gehirnareale gebunden sind, erklärt auch, warum manche Kinder eine bestimmte Gedächtnisleistung sehr gut beherrschen, aber in anderen ein nicht so ausgeprägtes Leistungsvermögen zeigen. So kann es sein, dass Kinder sehr gut Bewegungsabläufe lernen können oder sich sehr gut visuelle Zusammenhänge merken können, während ihr Namens- oder Zahlengedächtnis nicht so gut ist. Hier gilt es dann, durch Übung den Gehirnstrukturen zu helfen, die weniger stark ausgebildet sind. Die Möglichkeit dieses Unterfangens ist durchaus realistisch, wie Studien an Geigern und Gitarrespielern zeigen. Diese Personen zeigen in ihren Gehirnen einen vergrößerten Bereich in Gehirngebieten, die motorische und Tastempfindungen der linken Hand verarbeiten, welche besonders genau

greifen muss. Es konnte gezeigt werden, dass dies ein Trainingseffekt ist und nicht eine angeborene Gehirneigenschaft. Trainieren und Üben führen also auch nach der Geburt zu strukturellen Veränderungen im Gehirn.

Diese und andere Beispiele belegen, dass fast jede Nervenzelle im Gehirn darauf programmiert ist zu lernen. Diese erfahrungsabhängigen Umorganisationen nennt man Neuroplastizität. Dieser Begriff beschreibt die Fähigkeit von Nervenzellen, neue Verbindungen zu knüpfen oder wieder zu trennen bzw. bestehende zu stärken oder zu schwächen. Dieses beständige Umformen von Verbindungen bedeutet letztlich, dass Information gespeichert wird und dass das Gehirn sich aufgrund von Umwelterfahrungen ändert. Übung kann also zu einem gewissen Grad weniger stark ausgebildete Gehirnareale positiv verstärken, manchmal sogar ihre Verarbeitungskapazität steigern. Hierzu gehört dann allerdings ein intensives üben – wenn einem Kind dieses auf Gebieten abverlangt wird, dies nicht gut kann, gilt es hier behutsam vorzugehen. Wer lernt schon gerne Stundenlang Dinge, die einem schwerfallen und auf die man keine besondere Lust verspürt. Es ist also geraten, bei wenig geliebten Fächern, schnell erreichbare Zwischenziele einzubauen und die Übungszeiten langsam zu verlängern und zwischen „gemochten“ und „gehassten“ Fächern in der Lernreihenfolge zu variieren.

Von den Vorteilen des Vergessens

Herr S. kam 1920 in die Sprechstunde von Alexander Luria, einem berühmten Neurologen. Herr S. konnte schon in der ersten Sitzung eine einmal präsentierte Liste mit siebzig Zahlen in beliebiger Reihenfolge wiederholen, mehr hatte Luria wegen eigener Übermüdung nicht testen können. S. war Synästhetiker und hatte eine Vielzahl von sensorischen Erlebnissen, wenn er Wörter und Zahlen hörte oder sah. So konnte er fünfzig oder mehr Zahlen wiederholen, indem er in seinem Gedächtnis einfach das Tafelbild abrief. Neben dieser Technik verwendete er auch eine andere alte Technik, um das Gedächtnis zu verbessern (Mnemotechnik): Wenn ihm eine zu memorierende Liste vorgelesen wurde, legte er jedes Wort oder jede Zahl entlang eines ihm bekannten Weges ab, musste er die Wörter dann später wieder abrufen, schritt er in Gedanken den Weg wieder ab und betrachtete die imaginierten Gegenstände am Rande des Weges. Wenn er dann beim Abrufen einen seiner seltenen Fehler machte, so hatte er z. B. versehentlich einen weißen Gegenstand vor eine weiße Wand gelegt. In den dreißig Jahren, in denen Luria S. untersuchte, fand er nie ein Limit seines Gedächtnisses. S. brauchte den gleichen Aufwand, um etwas zu vergessen, den wir »Normal-Mnemoniker« brauchen, um uns

an etwas zu erinnern. Er versuchte, zum Teil sogar mit Erfolg, Tafelanschriften mit einem virtuellen Schwamm wegzuwischen. Es kann leider nicht mehr geklärt werden, in welchem organischen Substrat das absolute Gedächtnis von S. begründet lag. S. hatte aber mit diesem so traumhaft guten Gedächtnis Probleme, Grundgedanken zu abstrakten Begriffen zusammenzufassen oder komplexe Zusammenhänge zu erkennen. Es fiel ihm schwer, die Bedeutung eines Geschehens zu erfassen. Er konnte auch nicht gut einer vorgelesenen Geschichte folgen, da er dabei einer Explosion von sensorischen Erlebnissen ausgesetzt war. Was wir aus diesen und anderen instruktiven individuellen Beispielen lernen können ist der Umstand, dass um sich effektiv in unserer Welt zurechtzufinden bedarf es nicht nur eines guten Gedächtnisses, sondern auch des Vergessens und Aussortierens bedarf. Sinnvolles Wissen beruht vor allem darin, eine Auswahl von Informationen zu treffen und nicht beliebig viel zu speichern. Eine Bildszene z. B. muss man in vertretbarer Zeit analysieren, und dies kann man nur, in dem man etwas weglässt, sich auf einige Dinge konzentriert, also etwas vergisst. Ohne selektive Sinnesverarbeitung, ohne selektive Aufmerksamkeit, aber auch ohne ein selektives Gedächtnis, welches wir oft ein schlechtes nennen, kann niemand Sinn aus der Flut der Informationen erschließen. Vergessen und etwas Weglassen bestimmen in ebenso starkem Maße wie das Erinnern und die selektive Wahrnehmen unsere Effektivität im Handeln und Denken, Vergessen ist zunächst einmal kein Fehler unseres Gedächtnisses, sondern ein integraler Bestandteil.

Was Schüler und Schülerinnen im Schlaf lernen

Wenn Kinder etwas Neues lernen, sind zunächst große Teile des Gehirns aktiv – und verbrauchen entsprechend viel Sauerstoff und Glukose. Dies ist einer der Gründe, warum es während der Kindheit so wichtig ist, auf eine ausgewogene Ernährung und genügend Bewegung zu achten. Ein für die kindliche Entwicklung wichtiger Umstand besteht darin, dass, wenn ein Lernvorgang erfolgreich abgeschlossen ist, ein wesentlich geringerer Teil des Gehirns bei der gleichen Übung aktiv wird. Egal ob beim Seilspringen oder beim Vokabeln lernen. Ein wichtiger Teil der Entwicklung des kindlichen Gehirns besteht entsprechend darin, dass die Informationsverarbeitung zwischen Nervenzellen und zwischen ganzen Gehirnarealen effektiver gemacht wird. Je mehr ein Kind an Anregungen bekommt, etwas Neues zu lernen, umso effektiver wird es die Verarbeitung von Sinnesreizen und den Einbau dieser neuen Erfahrungen in bestehendes vorhandenes Wissen lernen!

Hier kann die Bedeutung des nächtlichen Schlafes nicht überschätzt werden. Dabei geht es nicht darum, Lernprogramme zu propagieren, bei denen Kinder im Schlaf Kopfhörer aufgesetzt bekommen, um die Latein Grammatik zu lernen. Das ist in etwa so wirkungsvoll wie das berühmte Lexikon, das man sich unters Kopfkissen legt. Kinder können im Schlaf nichts lernen, was ihnen nicht schon am Tag begegnet wäre. Dennoch ist der Schlaf für das Lernen notwendig, denn wenn Kinder nach einem anstrengenden Lerntag nicht genug schlafen, verpufft ein Teil der Lernanstrengungen.

Hirnforscher und Psychologen sind mittlerweile in der Lage, die Wirkung des Schlafes auf das Lernen sehr detailliert zu untersuchen. So werden Erlebnisse und gelernte Fakten in einer Aktivitätsschleife aus Hippokampus und Großhirnrinde mehrfach im Laufe des Schlafes durchlaufen. Motorprogramme werden zwar auch des Nachts eingeübt, allerdings in anderen neuronalen Schaltkreisen, wohl aus Basalganglien, Kleinhirn und Großhirnrinde bestehend. Hier ist man auf erstaunliche Effekte gestoßen, die man als Eltern berücksichtigen sollte, wenn es im abendlichen Kampf um das Zu-Bett-Gehen heißt, hart aber herzlich zu bleiben. Der amerikanische Forscher Robert Stickgold von der Harvard-Universität ließ z. B. seine Versuchspersonen lernen, ein bestimmtes, schwer zu identifizierendes Muster möglichst schnell zu erkennen. Die Probanden mussten den ganzen Tag üben. Wenig außergewöhnlich war hier, dass dann ihre Reaktionszeit immer kürzer wird. Erstaunlich war aber, dass nach einer durchschlafenen Nacht am nächsten Morgen die Leistung der Probanden sprunghaft angestiegen war – ihre Gehirne hatten in der Nacht weitergeübt! Der Effekt lässt sich auch Tage nach dem Versuch noch nachweisen. Wenn man allerdings den Versuchspersonen den ersten nächtlichen Schlaf nach dem neu erworbenen Wissen verwehrt, so bleibt der Lerneffekt aus – unwiderruflich. Der Schlaf lässt sich auch in der zweiten Nacht nicht nachholen. Gerade der Schlaf, unmittelbar nachdem man etwas Neues gelernt hat, ist entscheidend für den Lernerfolg! Das Gehirn scheint also das tagsüber Gelernte nachts weiterzuprobieren. Dies gilt ganz gleichermaßen für das explizite wie für das implizite Gedächtnis. Hierbei werden die Verbindungen in einem Netzwerk von Nervenzellen für eine bestimmte Aufgabe optimiert. Das geschieht im Wesentlichen durch Wiederholung. Zur ständigen Übung, die den Meister macht, gibt es offenbar keine Alternative. Mit Medikamenten (oder zuviel an Alkohol) ist es zwar gelungen, das Gedächtnis zu unterdrücken, aber eine Pille, mit der man leichter Ski fahren oder Klavier spielen lernt, wird es in absehbarer Zeit nicht geben, und entsprechend

existiert auch für Kindergehirne keine Alternative zu Wiederholungen und Wiederholungen – am liebsten beim Schlafen.

Warum Assoziationen so wichtig sind

Wie bringt unser Gehirn sowohl im Wach- wie im Schlafzustand diese Lern- und Gedächtnisleistungen zustande? Warum lernen Kinder am besten durch Wiederholungen und durch Assoziationen? Ursprüngliche Vorstellungen über die zellulären Grundlagen von Lern- und Gedächtnisvorgängen gingen davon aus, dass Erinnerungen als Proteine im Gehirn abgelegt werden – jede Erinnerung sei in einem einzelnen Eiweißmolekül gespeichert. Ein solches Modell wäre in der Tat für die Pharmaindustrie nicht schlecht (kurz vor der Lateinklausur noch eben eine Vokabelpille einwerfen ...). Leider muss diese Theorie aber nach dem heutigen Stand des Wissens verworfen werden, da es mehr Eiweißmoleküle geben müsste, als unser Erbgut Gene hat. Heutige Modelle, wie Lernen und Gedächtnis funktionieren könnten, gehen davon aus, dass diese Prozesse nicht Eigenschaften einzelner Moleküle, sondern eine Netzwerkeigenschaft vieler Nervenzellen sind. Gedächtnis soll nach dem Prinzip der Aufgabenteilung durch so genannte »multimodale Repräsentationen« über die Großhirnrinde verteilt sein – es gibt nicht nur eine Gruppe von Nervenzellen, die etwas gespeichert hat, sondern überlappende Aspekte einer Erinnerung sind in verschiedenen Netzwerken abgelegt. Erinnerungen sind hierbei nicht abspielbar wie ein Film. Man findet in unseren Gedächtnissen keine Standfotos alter Freunde wie in einem Fotoalbum, sondern jede Erinnerung wird beim Vorgang des Erinnerns neu zusammengestellt, rekonstruiert. Entsprechend ist es so wichtig, mit Kindern die richtige Lernatmosphäre auch beim Abrufen von Erinnerungen zu schaffen. Erinnerungen sind kein passiver Prozess, sondern erfordern ein hohes Maß an aktiver Assoziationskraft. Unser Kopf ist eher zu vergleichen mit einem Symphonieorchester in einer Konzerthalle: Wenn man sich zuerst schwach erinnert, ist das wie ein erster leiser Geigenton, ein anderer Streicher nimmt das Thema auf, und langsam fallen die Violinen ein. Jetzt erst setzt die wundersame Symphonie des Erinnerns ein. Der Dirigent in diesem Gedächtniskonzert könnte der Hippokampus sein, ohne ihn wird kein neues Stück eingeübt was deklarative Gedächtnisinhalte betrifft.

In Wirklichkeit ist eine Nervenzelle natürlich keine Violine, das Gedächtnis kein Orchester, das Gehirn kein Konzertsaal. Kernelemente für alle Gehirnprozesse sind die Nervenzellen als nimmersatte Input-Output-Generatoren. Nervenzellen können sich in ihren Eingangs- und

Ausgangscharakteristika und in ihrer Struktur aufgrund von elektrischer und chemischer Aktivität an Veränderungen in ihrer lokalen Umgebung anpassen – sie können, ja, sie müssen plastisch sein. Beim Erinnern wird also ein ähnliches raumzeitliches Aktivitätsmuster der Nervenzellen erzeugt, wie es beim Abspeichern der Information vorlag. Das Muster kann man sich vorstellen wie eine ausgefahrene Buckelpiste auf einem Feldweg, welches durch oftmaliges Befahren durch Autos erzeugt wurde. Während des Erinnerns wird nun in den Stoßdämpfern des Autos das gleiche raumzeitliche Muster wie beim Erzeugen der Buckelpiste aktiv. Eine Nervenzelle im Ruhezustand überträgt keine Reize, erst wenn Aktionspotenziale (elektrische Erregungen) entstehen, wird ein Signal an nachgeschaltete Zellen weitergegeben. So entsteht eine Art Datennetz durch die Nervenzellen, die miteinander Kontakt haben – jede einzelne Nervenzelle steht mit 10000 manchmal 100.000 anderen in einem ständigen Informationsaustausch! Autobiographische Erinnerungen und das Gedächtnis für Fakten sind so über die gesamte Großhirnrinde verteilt. Und die entscheidenden Stellen hierfür sind die Kontaktstellen zwischen Nervenzellen, die Synapsen.

Nervenzellen als Lernagenten

Präsentiert sich also derselbe Reiz öfter oder üben wir etwas regelmäßig, kann es zunächst mal im Hippokampus zu einer Verstärkung spezifischer Synapsen kommen. Dieses Phänomen wird als Langzeitpotenzierung bezeichnet. Die Zellen erinnern sich sozusagen an den ankommenden Reiz, er genießt z. B. Vorfahrtsrecht, wenn er zusammen mit einem anderen Ereignis eintritt – dies bezeichnet man als assoziatives Lernen. Erinnerungen sind somit weit verzweigte Aktivierungen verschiedener neuronaler Strukturen und deren Verknüpfung zu einem Netzwerk. Der entscheidende Parameter, der hier reguliert wird, ist die Synapse, ein 1/20 millionstel Meter großer Graben zwischen den Nervenzellen, dessen Botengang chemische Neurotransmitter übernehmen. In der Symphonie des Erinnerns sorgen sie für die Kommunikation zwischen den Instrumenten.

Ein solches Netzwerk von Nervenzellen kann man sich vorstellen wie ein Fußballfeld, das aus lauter kleinen Glühbirnen (= Nervenzellen) besteht. Von jeder Glühbirne gehen 1000 bis 10000 Drähte zu anderen Glühbirnen. Zwischen den Glühbirnen sind verstellbare Widerstände (Synapsen) eingebaut. Hat ein Strom von ausreichender Stärke diese Stelle einmal passiert, so bleibt der Widerstand für eine Weile niedrig. Werden jetzt von vielen Eingabestellen elektrische Impulse in dieses große Netz geschickt, kann man den Weg eines jeden Impulses

verfolgen. Man erhält so eine Spur aufleuchtender Glühbirnen. Diese Spur ist bestimmt durch den Weg, den sie beschreibt, und der Aufleuchtrate der Glühbirnen. Die Höhe der Widerstände zwischen den Glühbirnen bestimmt jetzt, wohin der Impuls weiterfließt. Auf diese Art kanalisieren die Widerstände den Weg einer bestimmten Erregung. Ein einmal gemachter Weg wird für Signale gleichen Typs in Zukunft erleichtert – er bleibt im Netzwerk eingeschrieben. Dies ermöglicht es, ein bekanntes Gesicht aus jedem Blickwinkel, ja sogar stark über die Lebensjahre verändert, wieder zu erkennen. Aufgrund dieser zellulären Grundlagen von Lern- und Gedächtnisvorgängen ist es nicht verwunderlich, dass man Neues am einfachsten lernt, wenn man es mit Bekanntem verknüpft – ein Teil des Erregungsmusters wird quasi dann mit den schon bekannten Informationen mitgeliefert. Neues Wissen ist entsprechend am einfachsten zu integrieren, wenn es mit bestehenden Bestandteilen eines Netzes von Nervenzellen in Kontakt tritt, so wie man in einem Spinnennetz neue Verstrebungen zwischen bestehenden Fäden einbaut. Dies ist wesentlich einfacher, als ein ganzes Netz neu bauen zu müssen. So richtig und wichtig es also ist, Kindern beizubringen, wo sie etwas nachschlagen können, wenn sie ein bestimmtes Detail nicht wissen, ist es ein Mythos zu glauben, dieses Meta-Wissen, wo man Wissen nachschlägt, reiche den Kindern als Ausrüstung für das Leben. Schon allein um eine kluge Suchstrategie zu haben, muss man eine ganze Menge wissen. Wer Lernenden etwas erklären will, muss sie also da abholen, wo ihre Welt endet. An ihre Erfahrungen, Erlebnisse, Beobachtungen und Wahrnehmungen muss das neu zu Lernende ansetzen (genau diese Funktion übernehmen Metaphern, die ein den Kindern bekannten Umstand mit einem neuen verbinden und damit nicht nur erklärlich, sondern auch erinnerlich machen). Die Verdrahtung der Nervenzellen ist so angelegt, dass sie unter diesen Bedingungen Neues besonders leicht abspeichern. Die Gedächtniszentren im Gehirn haben sich im Laufe der Evolution so entwickelt, dass wir uns am einfachsten merken können, was wir mit Bekanntem in Beziehung setzen können und was emotional relevant ist. Ein weiterer Grund, warum es wichtig ist, an bestehende Gedächtnisinhalte anzuknüpfen, ist darin begründet, dass Informationen an vielen verschiedenen Stellen im Gehirn entsprechend ihren Assoziationen abgelegt werden, entsprechend ist es wichtig Knotenpunkte des Wissens zu schaffen. Je mehr Assoziationen man mit einem Gegenstand hat, umso leichter ist der Abruf – je mehr Wege zu einem Ort führen, umso leichter kann er gefunden werden. Man darf sich also nicht scheuen, bestimmte Wissensinhalte als besonders wichtig zu deklarieren und diese in vielen Kontexten

benutzen, ob es Referenzpunkte auf der Erdkugel sind, von denen man aus alles erklären kann oder bestimmte, elementare Sprachregeln.

Fazit

Zusammenfassend kann man festhalten: Will man, dass sich ein Kind eine englische Vokabel wie „broomstick“ merkt, so speichert es diesen Begriff nicht besser, wenn man es auffordert „das Wort musst du dir merken“. Ein Frage-und-Antwort-Spiel, eine kleine Geschichte, die mit dem Leben des Kindes etwas zu tun hat, sind hier wesentlich wirksamer. Der Wissensgegenstand wird so in verschiedenen Kontexten dargeboten und kann leichter erinnert werden. In unserem Lebensalltag kodieren wir Informationen nicht auf rein explizite Art, sondern es findet eine natürliche Auslese statt. Was wir bereits wissen, determiniert, was wir auswählen und kodieren. Wenn Dinge also Bedeutung für uns haben, lösen sie spontan jene Prozesse aus, die die spätere Erinnerung erleichtern. Wenn ein Kind dagegen den Gedächtnisautopiloten eingeschaltet hat und nicht im Detail auf die Umgebung achtet, bezahlt es das in der Regel damit, dass es auch nur skizzenhafte Erinnerungen hat. Ein gutes Beispiel sind hier die Bilder auf der Vorder- und Rückseite von Münzen und Geldscheinen. Obwohl wir täglich mit ihnen umgehen, können wir uns sehr schlecht erinnern, welche Personen oder Gegenstände sie darstellen. Um sie wiederzuerkennen, reicht eine nur sehr oberflächliche Kodierung von Größe und Farbe. Erinnerungen verändern die Verschaltungseigenschaften in unserem Gehirn. Mit Hilfe des Gedächtnisses versucht das Gehirn dann wiederum, der Umwelt eine Ordnung aufzuerlegen. Kinder erinnern sich entsprechend umso leichter an Dinge, die sie mit etwas in Beziehung setzen können, also vor allem Dinge, die sie kennen – Assoziationen sind der Königsweg um Gedächtnisleistungen zu verbessern. Wie leicht Kinder Neues lernen, hängt also auch davon ab, was sie bereits an Erfahrungen gesammelt haben und welche Kenntnisse sie haben. Wer viel weiß, lernt umso leichter Neues! Und wer in einer positiven Lernatmosphäre lernt, lernt leichtfüßiger. Der Kontext des Lernens ist eben entscheidend daran beteiligt, wie gut Kinder neues Wissen abspeichern und mit welcher Begeisterung sie lernen.