



Kognition und Lernen

I. Neurobiologische Prozesse des Lernens

Lernen stellt also einen sich selbst organisierenden neurophysiologischen Prozess dar, der eine definierte Sequenz aufweist. Im Folgenden werden die Einzelschritte erläutert.

1. Schritt: Wahrnehmen

Die den Sinnesorganen zugeordneten Wahrnehmungsfelder in der Großhirnrinde zeigen eine niedrige Grundaktivität; diese „stand-by-Schaltung“ muss hochgedimmt werden. Dies geschieht durch Herstellen von Ruhe und Konzentration. Die Schüler befinden sich jetzt in einer Erwartungshaltung. Suchend werden die „Antennen“ (Sinnesorgane) auf den Lehrer ausgerichtet; die Reizkonstellation der nächsten 2-3 Sekunden entscheidet darüber, ob das Thema in den Horizont der Schüler gelangt. Gelingt dies, werden existierende Neuronennetze blitzartig aktiviert, ergänzen die angebotene Reizkonstellation um fehlende Elemente, assoziieren Erinnerungen. Eine Milliarde Neuronen feuern gleichzeitig, Vorwissen wird reaktiviert. Doch ein jeder hat andere Assoziationen, hat individuelle Aktivitätsmuster.

2. Schritt: Erkennen

Das limbische System wird aktiv. Es bewertet die neu eingegangenen Reizmuster, stellt innerhalb von Sekunden eine Kosten-Nutzen Rechnung auf zum zu erwartenden Ertrag (denn ein aktives Gehirn ist „teuer“, es verbraucht enorm viel Energie). Ist die Fragestellung herausfordernd, wird das hohe Aktivitätsniveau der reaktivierten Neuronennetze beibehalten. Im anderen Fall wird blitzartig der Zustand der Grundaktivität angesteuert; Langeweile macht sich breit. Sind die Schüler aber „motiviert“, aus biologischer Sicht „neugierig“, wenden sie sich aktiv dem Thema zu. Dies äußert sich darin, dass Fragen auftauchen, oft schon verbunden mit motorischer Aktivität, ein Hinweis darauf, dass die Schüler maximal bereit sind, sich mit dem Thema auseinanderzusetzen. Jetzt bloß nicht Langeweile erzeugen, Neues muss her, Material muss angeboten und Lösungs-/Lernwege müssen aufgezeigt werden. Die Schüler wollen selbst etwas tun!

3. Schritt: Verstehen

Die reaktivierten Neuronennetze werden beim Lernen ergänzt, erweitert, abgewandelt, komplexer verschaltet. Neue Information kann nur in bestehende Muster integriert werden. Dies ist ein mühsamer und Zeit beanspruchender Vorgang. Fortlaufend müssen Assoziationen geweckt werden, um neue Informationen ergänzt werden, sonst kehren die reaktivierten Neuronennetze in den Zustand der Grundaktivität zurück. Dieses Vorwissen wird genutzt, indem es assoziiert, d.h. reaktiviert wird. Die Neuronennetze, die diese Inhalte repräsentieren, „feuern“, was bedeutet, dass die Zellen dieses Netzes ein definiertes Aktivitätsmuster zeigen, wobei zwischen gleichzeitig aktivierten Neuronennetzen sich neue Kontakte (Synapsen, Verschaltungen) herausbilden. Damit ist der neue Bewusstseinsinhalt vorläufig gesichert.

Die Erregungsmuster haben damit den Filter Limbisches System passiert, wurden mit Gefühlen eingefärbt („lecker“, „Das hat heute Spaß gemacht“) und kursieren jetzt im Hippocampus (Hirnstruktur im Schläfenbereich). Der Hippocampus provoziert immer wieder mal die aktuellen Aktivitätsmuster und bietet es dem Kortex zum Abspeichern an.

4. Schritt: Festigen

Ob die Inhalte auf lange Zeit gesehen abgespeichert werden, hängt davon ab, wie intensiv die gleichzeitig erlebten Gefühle waren und als wie bedeutsam diese bewertet wurden. Werden die zugeordneten Erregungsmuster in den nächtlichen Traumphasen erneut evoziert, ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Hirnstruktur des Hippocampus sie in der anschließenden Tiefschlafphase dem Kortex präsentiert, sehr hoch. Je häufiger dieser Vorgang wiederholt wird, umso mehr festigt sich die Erinnerung. Erst nach 2 bis 3 Jahren existieren die entsprechenden Erregungsmuster unabhängig vom Hippocampus im Großhirn: Es hat lebenslanges Lernen stattgefunden.

Voraussetzung ist, dass die Inhalte innerhalb bestimmter Zeitabstände erneut aufgerufen werden (nach 20 – 30 Min., innerhalb der nächsten drei Tage, nach etwa drei Wochen, nach ein bis drei Jahren). Dadurch hat sich nicht nur eine Vielzahl von Kontaktstellen zwischen den Neuronen eines Netzes gebildet, diese Kontakte sind dann auch stabil, arbeiten effizient und integrieren mühelos weitere Inhalte durch Ausweitung des Netzes, Einschmelzen selten gebrauchter Kontaktstellen; der Inhalt wird ausgeschärft. Durch Herstellen von Querverbindungen zu anderen Neuronennetzen auf horizontaler und vertikaler Ebene (zunehmendes Abstraktionsniveau) werden neue Inhalte in bereits bestehende Strukturen integriert. Dadurch wird die Vorstellung abstrakter Begriffe präzisiert.

5. Schritt: Erinnern

Der Weg ins Gehirn hinein ist für die Inhalte des semantischen und des autobiografischen Gedächtnisses ein anderer als der hinaus. Es sind Hirnstrukturen beteiligt, die für das Verstehen nicht aktiviert wurden, und umgekehrt.

Das bedeutet, dass es möglich ist, dass Inhalte zwar verstanden und auch abgespeichert wurden, aber trotzdem auf Nachfragen nicht verfügbar sind. Wir sprechen dann von „Vergessen“ und meinen damit, dass der Zugriff gestört ist oder aber noch nicht ausreichend geübt wurde. Denn auch das Erinnern setzt einen eigenständigen Lernprozess voraus, der uns nur nicht in der Weise bewusst ist, da mit dem erfolgreichen Zugriff sich sogleich das Gefühl des Verstehens einstellt. Schlagartig ist „alles wieder da“. Festigen und Erinnern gehen Hand in Hand. Bemerkenswert ist noch, dass mit jedem Reaktivieren von Gedächtnisinhalten diese dadurch abgewandelt werden.

II. Gedächtnissysteme und die Rolle der Sprache





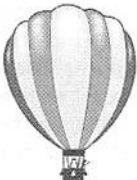
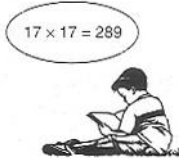


Jeder von uns hat schon folgende Erfahrungen gemacht: Bei einem Spaziergang mit vertrauten Personen in entspannter Atmosphäre in einer schönen Naturumgebung kommen tolle Ideen, denkt es sich besonders flüssig und vor allem kreativ. Oder: Wenn man über ein kniffliges Problem am Schreibtisch nachdenkt steht man unwillkürlich auf, bewegt sich, dreht eine Runde oder legt sich eine Weile auf das Sofa und die Ideen kommen, die Formulierung gelingt. Oder: Wenn wir ein kniffliges Problem lösen, treten wir in ein Selbstgespräch.

Denken wir in Bewegung besser? Wenn ja, welche Bewegungen? Kommen uns im Gespräch die Ideen schneller? Sind wir im Gespräch und im Selbstgespräch kreativer? Wie wirkt sich die Umgebung auf unser Denken aus? Welche Umgebung ist besonders förderlich? Wenn uns die Wissenschaft darauf Antworten gibt, könnten wir das nutzen, um Lernen und Behalten in der Schule zu verbessern.

Seitdem man dem Gehirn beim Denken zuschauen kann, ist das Wissen über unsere Hirnfunktionen explodiert. Wir wissen inzwischen, welche Hirnregionen aktiv sind, wenn wir an bestimmte Inhalte denken, und wir haben eine Vorstellung davon, welche Vorgänge im Gehirn beim Lernen stattfinden. Dieses Wissen sollte Auswirkungen haben auf die Methodik der Wissensvermittlung. Es ist völlig unverständlich, dass dies immer noch in unzulänglicher Weise geschieht. Gute Pädagogen haben allerdings immer schon intuitiv Methoden bevorzugt, die der Arbeitsweise des menschlichen Gehirns angemessen sind. Vielfach ist es jedoch auch für sie schwer sich zu orientieren in der Fülle neuer Methoden. Da ist es hilfreich, neurobiologische Kenntnisse zu haben, von denen man Kriterien ableiten kann, Lehr- und Lernmethoden zu beurteilen.

Im Folgenden wird aus neurobiologischer Sicht begründet, warum es nicht nur sinnvoll ist, Schüler zum Sprechen über Unterrichtsinhalte anzuleiten, sondern sogar unerlässlich.

Die Neurobiologie unterscheidet vier Gedächtnisebenen, die in der Evolution (in der Abb. von rechts nach links) in gewisser Weise nacheinander entstanden sind, wobei die zwei zuletzt entwickelten Gedächtnisarten, **das Wissenssystem** (semantisches Gedächtnis) **und das episodische Gedächtnis** (biographisches Gedächtnis). **unabdingbar an Sprache geknüpft sind.** Im Folgenden eine Übersicht:

Gedächtnissysteme			
episodisches Gedächtnis	Wissenssystem semantisches G.	prozedurales Gedächtnis	Priming
für singuläre Ereignisse Autobiographie nach Ort und Zeit bestimmte Fakten	für Weltkenntnisse Schulwissen Semantik + Syntax Zusammenhänge	für mechanische und motorische Bewegungs- und Handlungsabläufe	für erleichtertes Erinnern ähnlich erlebter Situationen und bekannter Reizmuster
			
			
Einspeichern			
limbisches System	limbisches System cerebraler Cortex	Basalganglien Kleinhirn	cerebraler Cortex
Abspeichern			
cerebraler Cortex: Assoziationsfelder	cerebraler Cortex: Assoziationsfelder	Basalganglien Kleinhirn	cerebraler Cortex: sensorische Felder
Abrufen			
temporo-frontaler Cortex rechts	temporo-frontaler Cortex links	Basalganglien Kleinhirn	cerebraler Cortex
← Evolution →			

Das heißt, dass es auf diesen Ebenen, auf der Ebene des episodischen Gedächtnisses und des Wissenssystems kein Gedächtnis ohne Sprache gibt; Wörter fungieren als Grundbausteine unseres bewussten Denkens und unserer Überlegungen. Dazu passt, dass Kinder erst dann beginnen ein episodisches Gedächtnis aufzubauen, wenn sie einen größeren und gesicherten Wortschatz entwickelt haben. Das semantische Gedächtnis, auch Wissenssystem genannt, und das episodische Gedächtnis stützen sich damit auf Sprache, sind vermutlich erst durch die Entwicklung der sprachlichen Ausdrucksfähigkeit zu derartigen Höchstleistungen befähigt, wie wir sie heute kennen (vgl. S. d. Wiss. 4/2002, S. 56 ff: „Wie der Mensch das Denken lernte“).

Fördert das Sprechen die Gehirnaktivitäten? Zu dieser Frage gibt es zahlreiche Untersuchungen, welche den **Einfluss des Sprechens auf die Gehirnaktivitäten** und die Bedeutung für die Gedächtnissysteme belegen. So weiß man, dass unser Gehirn am aktivsten und zugleich besonders

kreativ ist, wenn man einen Waldspaziergang macht und seine Gedanken eher beiläufig als zielgerichtet mit einem Gesprächspartner austauscht. Es lohnt sich, die Merkmale dieser Situation zu analysieren und auf Unterricht, soweit möglich, zu übertragen:

- *Motorische Aktivität* ist offensichtlich förderlich für Hirnaktivität. Der Sprechakt verlangt ein ausgesprochen komplexes Zusammenspiel unterschiedlicher Muskeln und fördert so auch Denkfunktionen des Gehirns.
- *Das Grün* wirkt beruhigend, versetzt das Gehirn also in einen Zustand der Entspannung, ist zugleich aber auch anregend. Gleiches lässt sich für eine ästhetisch gestaltete Umgebung nachweisen.
- *Das Beiläufige* fördert die Kreativität, weil so unterschiedliche Regionen der Großhirnrinde aktiviert und deren Gedächtnisinhalte miteinander verschaltet werden. Der Zufall muss also als notwendige Größe eingeplant werden, um das Denken zu optimieren. Gespräche begünstigen das zufällige Aktivieren von Gedächtnisinhalten.
- *Selbstgespräche* fördern die psychische Gesundheit, besser noch ist der Gedankenaustausch mit einem Partner. Dass Gespräche jedoch das Gehirn allgemein aktivieren, lässt sich insofern nachweisen, als dann eine größere Anzahl an Hirnregionen gleichzeitig aktiv ist, als wenn man liest oder vor sich hin denkt. Die Inhalte aktiver Hirnregionen werden grundsätzlich miteinander verschaltet, es entsteht etwas Neues. Die aktivierten Inhalte ihrerseits werden durch Gebrauch aber auch stabilisiert, sind beim nächsten Abruf erleichtert verfügbar.
- Dem dient auch, dass die Information über möglichst viele *Sinneskanäle* ins Gehirn gelangt. Beim Sprechen ist immer auch das Gehör beteiligt, das Gesagte wird verstärkt imaginiert und so mit Gefühlen beladen. Gefühle aber sind der eigentliche „Kitt“ des Gehirns, der Gedächtnisinhalte fest verankert, zugleich aber auch erst Bewusstsein und damit Reflektieren ermöglichen (s. S. d. Wiss. 9/1996, S. 59).

Hiervon kann man ableiten, dass das Sprechen, das hörbare Formulieren von Gedanken die Hirnaktivität anregt und die Behaltensleistung verbessert und den Zugriff auf die abgespeicherte Information begünstigt.

Bei den grundlegenden Gedächtnisarten *Priming* und *prozedurales Gedächtnis* sind die cerebralen Strukturen für das Einspeichern und das Abrufen identisch. Dies gilt keineswegs für die Gedächtnisarten, die beim Lernen beansprucht werden, Wissenssystem und episodisches Gedächtnis. Das hat Konsequenzen: Will man abgespeicherte Informationen abrufen, setzt dies einen eigenständigen Lernprozess voraus, der entsprechende Strukturen aktiviert, d.h. der Information einen Weg bahnt (Neurologen sprechen von Bahnung). Je häufiger diese neuronalen Netze aktiviert werden, umso schneller ist die abgespeicherte Information verfügbar, umso häufiger wird sie mit anderen Gedächtnisinhalten vernetzt; sie wird besser verankert. Hier ist aktives Sprechen eindeutig von Vorteil.

Aus diesen Gründen sollten Lehr- und Lernprozesse so gestaltet werden, dass Schüler häufig und dies auch außerhalb von Schule über Unterrichtsinhalte sprechen. Übungen im Unterricht, aber auch Hausaufgaben, die zur Auseinandersetzung mit dem Stoff durch Sprechen anregen, sind daher unabdingbar, um das Wissen verfügbar zu machen.

Lernen erfordert

- zum einen immer Motivation, Interesse und Eigenaktivität seitens des Lernenden und der Unterricht hat die Aufgabe diese Konstruktionen anzuregen und zu ermöglichen,
- Lernen erfordert zum anderen aber auch Orientierung, Anleitung und Hilfe. Ziel muss es folglich sein, eine Balance zwischen expliziter Instruktion durch den Lehrenden und konstruktiver Aktivität des Lernenden zu finden.

Konsequenzen für den Unterricht

1. Wissen kann nicht übertragen werden; es muss im Gehirn eines jeden Lernenden neu geschaffen werden.
2. Wissensvermittlung wird durch Faktoren gesteuert, die unbewusst ablaufen und deshalb nur schwer beeinflussbar sind.
3. Lernen findet nur statt, wenn das Gehirn des Lernenden einen Gewinn bzw. Sinn im Lernen allgemein und im Erwerb des speziellen Lerninhalts sieht.

Zu 1.: Wissen kann nicht übertragen werden; es muss im Gehirn eines jeden Lernenden neu geschaffen werden:

- Beim Unterrichten werden physikalisch-chemische (d.h. akustische, optische, olfaktorische usw.) Signale übertragen, die als solche keinerlei Bedeutung haben. Die vom Lehrenden intendierte Bedeutung verbleibt in dessen Gehirn.
- Die Signale veranlassen im Gehirn des Lernenden einen Prozess der Bedeutungserzeugung, der auf vielen Ebenen unbewusst abläuft und wesentlich vom aktuellen kognitiven und emotionalen Zustand des Lernenden sowie seiner Vorerfahrung abhängt. Bedeutung und Wissen entstehen durch Verbindung der neuen Signale mit bereits vorhandenen Gedächtnisinhalten.

Zu 2.: Die Konstruktion von Wissen wird durch Faktoren gesteuert, die unbewusst ablaufen und deshalb nur schwer beeinflussbar sind. So z.B. findet der Prozess des Abspeicherns im Tiefschlaf statt. Welche Inhalte ausgewählt werden, entzieht sich dem Willen und wird durch Faktoren gesteuert, die nur schwer beeinflussbar sind. Der Lehrer kann jedoch zumindest teilweise die perzeptiven, kognitiven und emotionalen Randbedingungen dieses Prozesses beeinflussen,

- so z.B. eine allgemein positive Einstellung zum Lernen herstellen; diese wird aber vor allem durch die Familie vermittelt.
- indem der Lehrer das Vertrauen und die Achtung der Schüler hat. Dies hängt von der fachlichen und der didaktisch-pädagogischen Kompetenz des Lehrers ab, vor allem aber von seinem Selbstbild als Lehrer.

Zu 3: Lernen findet nur statt, wenn das Gehirn des Lernenden einen Gewinn bzw. Sinn im Lernen allgemein und im Erwerb des speziellen Lerninhalts sieht.

Lernen beruht auf Umverknüpfungen neuronaler Netzwerke und ist stoffwechselphysiologisch teuer. Das Gehirn des Lernenden muss ständig entscheiden, wofür es seine Ressourcen einsetzt. Diese Entscheidung geschieht aufgrund der Aussicht auf unmittelbare oder mittelbare Belohnung und im Licht vergangener Erfahrung. Die Art der Belohnung kann individuell sehr verschieden sein. Verstandenhaben führt zu einer Selbstbelohnung des Gehirns und verstärkt dadurch den weiteren Lernvorgang.

Selbstbestimmung fördert die Eigenaktivität. Selbstorganisiertes Lernen wird oft mit selbstbestimmtem Lernen gleichgesetzt und von fremdbestimmtem Lernen abgegrenzt. Auch im Frontalunterricht – als typisches Modell für fremdbestimmten Unterricht – ist die Informationsaufnahme vom Individuum immer aktiv und eigengesetzlich strukturiert. Lernen durch Frontalunterricht ist als selbstorganisiertes Lernen einzuordnen. Allerdings ist die *Eigenaktivität* der Lernenden bei fremdbestimmtem Lernen und anderen rezeptiven Lernmethoden im Allgemeinen relativ gering.

Die Erweiterung der Selbstbestimmung ist für viele Menschen ein wichtiges Ziel. Wichtige Bereiche, in denen die Lernenden in unterschiedlichem Ausmaß selbst bestimmen können, sind:

1. Auswahl und Definition der Lernziele
2. Auswahl und Planung der Lernaufgaben und -schritte
3. Erarbeitung der Regeln zur Aufgabenbearbeitung
4. Auswahl und Planung der Lernmethoden, -medien und -mittel
5. Festlegung und Überwachung der Zeitdauer und Wiederholungen bei der Bearbeitung
6. Auswahl der Bewertungskriterien und der Form des Feedbacks, Durchführung oder Mitwirkung an den Bewertungen

Problemorientierung beim Lernen

Bei der Gestaltung problemorientierter Lernumgebungen versucht der Lehrer, die Instruktion mit der Konstruktion zu verbinden. Der Lernende braucht nämlich eine ausreichende Wissensbasis, zu deren Erwerb der Lehrer entscheidend beiträgt. Probleme und Problemstellungen des Unterrichts sollten ...

1. authentisch sein oder Bezug zu authentischen Situationen haben
2. für die Lernenden relevant sein
3. eine gewisse Aktualität haben
4. neugierig und auch betroffen machen
5. das "Denkrepertoire" der Lernenden erweitern
6. einer wohlüberlegten Sequenz entsprechen, so dass die Schüler einen Roten Faden erkennen und ein tragfähiges, erweiterbares, aktives Basiswissen sich aneignen.

Lernförderliche Aspekte

- *Vielseitigkeit*: Lesen Sie zum Beispiel nur einen Text, wird die Aufnahmefähigkeit relativ gering sein, da ausschließlich die linke Hirnhälfte "Nahrung" erhält. Die rechte Hirnhälfte fühlt sich daraufhin vernachlässigt und "streikt".

- *Handlungsorientierung*: Wenn Sie außer dem Lesen auch noch etwas konkret mit Ihren Händen tun (z.B. malen, zeichnen, schreiben, einen Versuch durchführen) oder/und laut sprechen, erklären und wiederholen, werden beide Hirnhälften gemeinsam aktiviert und bei "Laune" gehalten.
- *"Verlieben Sie sich in den Lernstoff!"* (Facts, 22.10.98): Aus lernpsychologischen Untersuchungen wissen wir, dass das Gehirn positiv besetzte Informationen leichter behält, als negative. Daher ist es sehr hilfreich, sich selbst positiv auf das Thema einzustimmen.
- *Vernetzungen*: Es gilt, besonders interessante Vorkenntnissen zu reaktivieren und/oder Zusammenhänge herzustellen.
- *Bedeutungen schaffen*: Indem Sie überlegen, wo das hier erworbene theoretische Wissen im Schulalltag eine Rolle spielen könnte, veranlassen Sie Schüler, sich aktiv mit den Unterrichtsinhalten auseinander zu setzen.

Design der Lernumgebung

Als Lernumgebung wird nicht nur die räumliche Umgebung, sondern das gesamte Umfeld der Lernenden betrachtet. Dazu gehören die Lernaufgaben, Lernmittel, die Medien sowie der soziale Kontext, die Lehrenden und die Mitschüler. Generell soll durch das Design der Lernumgebung selbstständiges und selbstgesteuertes Lernen – gefördert werden. Die Lernenden sollen aktiviert werden, sich so

Individuelle Bedingungen der Gedächtnisausbildung

- Schüler unterscheiden sich deutlich in ihren kognitiven und emotionalen Lernstilen. Diese Unterschiede sollten dem Lehrenden in groben Zügen bekannt sein. Darüber hinaus gibt es zwischen Jungen und Mädchen deutliche Unterschiede in den kognitiven und emotionalen Lernstilen.
- Der Lernerfolg wird wesentlich von der Einbindung in Vorwissen bestimmt. Der individuelle Stand des Vorwissens sollte dem Lehrenden hinreichend bekannt sein.
- Die Art der Präsentation der Lehrinhalte (bildhaft, multimodal, anschlussfähig) und die zeitliche Strukturierung des Unterrichts in kurze Lernphasen und kleine Erfolgserlebnisse sind wichtig für den Lernerfolg. Der Unterricht muss das Könnensbewusstsein der Schüler stärken.
- Die Konsolidierung der Gedächtnisinhalte, d.h. die Überführung in das Langzeitgedächtnis ist ein langer und labiler Prozess, der durch positive und insbesondere negative Emotionen (z.B. Anschauen von Horrorfilmen) stark beeinflusst wird.

III. Neurobiologische Grundlagen

„Wir verschwenden unsere Geisteskräfte; nur 3-5 % unseres Gehirns werden von uns tatsächlich genutzt.“ Eine oft gehörte Behauptung, die - wie wir inzwischen wissen – jeglicher Grundlage entbehrt. Im Gegenteil, schon ein dreiwöchiger „Faulenz-Urlaub raubt“ uns etwa 20 IQ-Punkte unseres „Hirnschmalzes“, titelt die Rheinzeitung am 14.03.01 (lt. Aussage von Lehl von der Uni Erlangen-Nürnberg).

Andererseits wird von neurobiologischer Seite festgestellt, dass wir gar nicht anders können, als permanent zu lernen: Unser Gehirn – eine Lernmaschine (Die Zeit v. 21.11.2002). Doch wer jetzt glaubt, dass dies zur Folge habe, dass das Gehirn sich nur mit Reizen aus der Außenwelt des Individuums auseinandersetzt, irrt sich ebenfalls. Zu 99,9 % beschäftigt sich das Gehirn mit sich selbst und nur 0,1 % aller Verbindungsfasern der Großhirnrinde sind für den Input und Output zuständig, sind mit der Aufnahme, Interpretation und Integration von Informationen beschäftigt, die über unsere Sinne dem Gehirn zugeleitet werden. Dabei stürmen in jeder Sekunde etwa 1 Milliarde Informationseinheiten auf unsere Sinnesorgane ein, aber nur eine einzige davon wird langfristig abgespeichert, 100 bit werden uns im gleichen Zeitraum bewusst (Spitzer 1996). Also wird nur ein winziger Bruchteil der bereits ins Bewusstsein gelangten Information tatsächlich abgespeichert. Umso mehr sollte erstaunen, dass Lernen überhaupt stattfindet und sichtbar wird. Dies lässt sich nur auf der Basis der großen Zahl der fortlaufend auf uns einströmenden Informationseinheiten verstehen. Aber auch hier gilt zu beachten, dass das Gehirn keineswegs wie ein Computer funktioniert, d.h. dass durch eine Erhöhung der Eingaberate das Gehirn nicht leistungsfähiger wird. Vielmehr ist die Neurobiologie sich heute dessen bewusst, dass man das Gehirn mit Informationen „zumüllen“ kann.

Worauf kommt es dann aber an, will man das Lernen ertragreich gestalten? Dies zu verstehen sind Grundkenntnisse der Neurobiologie hilfreich. Laut derzeit gültiger Modellvorstellungen vermag man lebenslang zu lernen und die Speicherkapazität des Gehirns ist unbegrenzt, obwohl es zu jedem Zeitpunkt zu 100 % ausgelastet ist, denn nicht benutzte Strukturen werden eingeschmolzen und

abgebaut, ähnlich den Muskeln. Die Zahl der Muskelfasern ist eine angeborene, unveränderliche Größe, doch nur durch den Gebrauch erlangen diese ihre volle Leistungsfähigkeit. Setzt man mit dem Training aus, nimmt der Durchmesser der Muskelfaser ab, wir verlieren an „Kraft“. In analoger Weise reagiert das Gehirn.

Neurone sind die Baueinheiten des Gehirns. Dies sind Nervenzellen, spezialisiert auf Reizleitung, Reizverarbeitung und das Abspeichern von Informationen. Hierfür weisen die Zellkörper eine Vielzahl von **Fortsätzen** (Dendriten, Neuriet) und Kontaktstellen (**Synapsen**) auf. Über diese treten die Nervenzellen untereinander in Kontakt, halten über Sinnesorgane Kontakt zur Außenwelt und steuern mittels Erfolgsorganen wie Muskeln und Drüsen (Bsp. Hormone) das Verhalten des Organismus. Nervenzellen transportieren Information in Form **elektrischer Impulse**, die wir als EEG ableiten können. An den Kontaktstellen zwischen verschiedenen Nervenzellen bewirken Impulse die Ausschüttung von **Botenstoffen** (Transmitter, z.B. Acetylcholin, Dopamin, Serotonin, Endorphine, Glutamat ...), womit die elektrischen Impulse umcodiert werden in chemischer Form. Da mehrere Kontaktstellen interagieren können, findet an dieser Stelle bereits eine Art Verrechnung statt. **Das Gehirn konstruiert sich also sein Wissen.** Gleichzeitig wird durch den Gebrauch einer Synapse diese Verbindung verstärkt, der Durchgang der Information ist mit jedem weiteren Mal erleichtert. Gleichzeitig erregte Nervenzellen bilden zudem verstärkt Kontaktstellen untereinander aus; dies ist ihre Art der Kommunikation. Über solche Kontaktstellen verschaltete Nervenzellen bilden „cluster“, auch **Neuronennetze** genannt, die die eigentlichen Gedächtnisfunktionen hervorbringen (S.d.Wiss. 9/96). Dabei kann jede Nervenzelle an einer Vielzahl unterschiedlicher Nervennetze beteiligt sein. Aber auch ein- und dieselbe Zellpopulation kann durch Modulation der elektrischen Aktivität der einzelnen Zellen unterschiedliche Informationen repräsentieren. Dies erklärt die unerschöpfliche Speicherkapazität des Gehirns.

Da das Gehirn sich unausgesetzt in einem Zustand elektrischer Aktivität befindet (selbst im Schlaf!), werden fortlaufend solche Informationen repräsentierende Nervennetze neu geknüpft, eingeschmolzen, abgeändert und neu verschaltet. Damit findet unablässig Lernen statt. Dies bedeutet zugleich, dass ich mich lebenslang verändere, „nicht der bleiben kann, der ich einst war, und nicht der sein werde, der ich in diesem Moment bin“. Leben bedeutet also Lernen und damit Ein-Sich-Entwickeln. Der Preis ist das Vergessen, was bedeutet, dass allzu selten benutzte Kontakte eingeschmolzen werden (auch dies ein aktiver Lernprozess). Beliebige sind diese Gedächtnisspuren (**Engramme**) dennoch nicht. Dem wirkt u. a. entgegen, dass bis zum Abschluss der Pubertät ausgebildete Gedächtnisspuren als so genannte „hardware“ lebenslang erhalten bleiben und jederzeit und schnell reaktiviert werden können.

Weiterhin gibt es fürs Lernen bestimmter Inhalte besonders **sensitive Phasen** („Zeitfenster“). Zum Beispiel „graviert ein Dreijähriger täglich bis zu 30 Wörter unwiderruflich in sein Nervengeflecht ein“ (Der Spiegel, 27/2002, S. 70).

Außerdem gilt es zu beachten, dass Gedächtnisinhalte auf dem Weg in die Gedächtnisspeicher und aus ihnen heraus über Engstellen, sogenannte Flaschenhalsstrukturen, geleitet werden (Spektrum der Wissenschaften 9/1996, S. 61). Das **limbische System** im Gehirn ist eine solche Engstelle, ein Filter, der „**relevante Inhalte aussortiert, mit Emotionen versieht und wahrscheinlich bündelt**, mithin synchronisiert, bevor es sie bestimmten Bezirken der Hirnrinde zur Ablagerung zuordnet – etwa wie bei der Postverteilung“ (S. d. Wiss. 9/96, S. 57). Es wird vermutet, dass Inhalte erst mittels Emotionen unserem Bewusstsein zugänglich sind, Bekannt ist, dass Emotionen den Lernerfolg fördern, „dass jede Aufregung die Gedächtnisleistung verbessert, auch wenn der Grund der Emotionen nichts mit dem Gelernten zu tun hat“ (Die Zeit, 21.11.2002, S. 37)

Eine weitere „Engstelle“ ist der **Hippocampus** (eine Hirnstruktur im Bereich der Schläfenlappen und Teil des limbischen Systems, die der Form nach einem Seepferdchen ähnelt). Diese Struktur entscheidet über das **Abspeichern von Informationen** in der Großhirnrinde (Kortex) Da dies in der **Tiefschlafphase** geschieht, entzieht sich dieser Vorgang einer gezielten Steuerung und wird uns nicht bewusst. Der Hippocampus als „Trainer der Großhirnrinde“ wählt eigenständig aus, welche Inhalte er dem Kortex immer wieder erneut präsentiert, so dass sie gelernt werden, was bedeutet, dass die Inhalte dauerhaft verankert werden Je stärker eine Information emotional beladen ist, umso eher wird sie vom Hippocampus ausgewählt. kursieren die Inhalte als räumlich-zeitliche Muster in deren Schaltkreisen. Der Vorgang muss im **Zeitraum von 2 bis drei Jahren** fortlaufend wiederholt werden; erst dann ist der Inhalt unabhängig vom Hippocampus im Kortex verankert (FAZ v. 13.09.95). Fürs Lernen lässt sich festhalten, dass man Inhalte umso besser behält, je mehr sie mit Gefühlen beladen sind. Und man sollte ausreichend schlafen (bei Erwachsenen 5 Schlafphasen pro Nacht, wovon jede etwa 1 ½ Stunden dauert und jeweils Traum- und eine Tiefschlafphase umfasst).

Auch diese Tatsache bestätigt, dass Lernen ein sich selbst organisierender Prozess ist und dem Willen nicht, bzw. nur indirekt unterliegt. Etwas verstehen heißt damit, Informationen aus der Außenwelt aufzunehmen und so zu interpretieren, dass das Resultat, ein Konstrukt des Gehirns, schlüssig ist und „funktioniert“ (Fuest u. Kruse, 1999).

Als **Filter** wirken weiterhin unsere **Wahrnehmungsfelder**. Diese sind Bereiche des Kortex, die unseren Sinnesorganen zugeordnet sind (z.B. Sehrinde, Hörrinde) und die eingehenden Informationen als erstes verarbeiten. Die Neuronen zeigen stets ein gewisses Maß an Grundaktivität, vergleichbar einer stand-by-Schaltung. So kann durch eine leichte Veränderung von Parametern, z.B. durch einen Reiz, ausgehend von einem Apfel, blitzartig das den Apfel repräsentierende Neuronennetz aktiviert werden. Das Gelernte wird dadurch sofort erkannt (GEO Wissen, 11/93, S. 118-122) und unvollständige Informationen werden ergänzt. Andererseits wird aufgrund dieses Mechanismus Neues auch als neu identifiziert und von Bekanntem eindeutig unterschieden. Sind solche Wahrnehmungsfelder nur unzureichend aktiviert (vgl. Personen mit ADS = Aufmerksamkeits-Defizit-Syndrom), werden Reize trotz funktionierender Sinnesorgane nicht verarbeitet, „es kommt nichts an“. Gute Lehrer verstehen es, die **Neugier** zu wecken, was heißt, dass die Grundaktivität der Wahrnehmungsfelder hochgefahren wird. **Motorische Aktivität** verstärkt grundsätzlich auch die Grundaktivität der Wahrnehmungsfelder, eine Erklärung für die Wirksamkeit von Sprechen, Schreiben, von handlungsorientiertem Unterricht allgemein.

Ein wesentlicher Aspekt der Hirnfunktionen des Menschen ist das **Bewusstsein**. Bewusstsein kann nicht einer Struktur im Gehirn zugeordnet werden, vielmehr ist es ein über das ganze Gehirn verteilter Zustand, der noch viele Fragen aufwirft. Beispiele für Bewusstseinsinhalte sind das Erleben von Schmerz, der Sinneseindruck, den wir als Farbe erleben, Gefühle wie Hass, Liebe und Freude. **Gefühle und Intentionalität sind** damit der Kitt, der das Bewusstsein zusammenhält, **das Fundament des Bewusstseins** (FAZ v. 8.7.1998). Dinge und Situationen werden damit automatisch mit Bedeutung aufgeladen, wir stellen Erwartungen an uns selbst und andere. Auf einer nächst höheren Stufe können wir über diese Inhalte nachdenken, wir sind fähig zur **Reflexion**. Dies dient dazu, unsere Reaktionen zu optimieren

Bewusstsein ist an **Zeiterleben** geknüpft. Es entsteht, indem Aktivitätsmuster verschiedener Neuronennetze, die in einem Zeitraum von etwa 3 Sekunden gleichzeitig aktiv sind, zu einem Bewusstseinsinhalt verknüpft werden. Das ermöglicht „Handeln im Kopf“, lässt uns eine Vorstellung von Zukunft erleben im Sinne einer virtuellen Realität.

Obwohl Bewusstseinsinhalte räumlich-zeitlich klar voneinander abgrenzbar sind, entsteht für uns der Eindruck von Kontinuität. Ursächlich ist die Aufladung mit Bedeutungen, so dass sie sich semantisch vernetzen lassen. Zur Erinnerung, sowohl das Wissensgedächtnis als auch das episodische Gedächtnis sind eindeutig an **Sprachfähigkeit** gekoppelt.

Literatur:

- [1] Bieri, Peter: Was macht das Bewusstsein zu einem Rätsel, S. d. Wiss. 10/1992, S. 48 - 56
- [2] Der Spiegel 13/1997, S. 186 – 189: Störfall im Flaschenhals
- [3] Der Spiegel 27/2002, S. 68 - 80: „Guten Morgen, liebe Zahlen“
- [4] DIE ZEIT v. 25.06.1998: Schmerz lass nach, Autor Matthias Brendel
- [5] DIE ZEIT v. 21.11.2002: Wissen in den Kissen, Autor Christoph Drösser
- [6] FAZ v. 13.09.1995: Im Schlaf festigt sich die Erinnerung
- [7] FAZ v. 08.07.1998: Das Selbst als neuronales Hintergrundrauschen
- [8] Fuest, H., Kruse, D.: Eine neue Lernwelt: Das Netz als Präsentationsmedium, Gütersloh 1999, zitiert unter www.educat.hu-berlin.de/lernsoftware/seminarplaene/ws00-01_plan_netz-multimedia.pdf
- [9] vom 14.03.2003
- [10] GEO WISSEN 11/1993, S. 118 – 122: Kann das Gehirn das Chaos bändigen?
- [11] Markowitsch, H.J.: Neuropsychologie des menschlichen Gedächtnisses, S. d. Wiss. 9/1996, S. 52 - 61
- [12] Schleidt, Margret: Universeller Zeittakt im Wahrnehmen, Erleben und Verhalten, S. d. Wiss. 12/1992
- [13] Spitzer, Manfred: Geist im Netz, Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt 1996
- [14] Tattersall, Ian: Wie der Mensch das Denken lernte. Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg, 4/2002, S. 56 – 63.