

**SÜDWESTRUNDFUNK**  
**SWR2 AULA – Manuskriptdienst**  
(Abschrift eines frei gehaltenen Vortrags)

**Tuning für die Neuronen**  
**Wie optimiert Lernen das Gehirn**

Autorin: Professor Anna Katharina Braun \*  
Redaktion: Ralf Caspary  
Sendung: Sonntag, 7. März 2010, 8.30 Uhr, SWR 2

---

**Bitte beachten Sie:**

*Das Manuskript ist ausschließlich zum persönlichen, privaten Gebrauch bestimmt.  
Jede weitere Vervielfältigung und Verbreitung bedarf der ausdrücklichen  
Genehmigung des Urhebers bzw. des SWR.*

*Mitschnitte auf CD von allen Sendungen der Redaktion SWR2 Wissen/Aula  
(Montag bis Sonntag 8.30 bis 9.00 Uhr) sind beim SWR Mitschnittdienst in  
Baden-Baden für 12,50 € erhältlich.*

*Bestellmöglichkeiten: 07221/929-6030*

**Kennen Sie schon das neue Serviceangebot des Kulturradios SWR2?**

*Mit der kostenlosen SWR2 Kulturkarte können Sie zu ermäßigten Eintrittspreisen  
Veranstaltungen des SWR2 und seiner vielen Kulturpartner im Sendegebiet besuchen.  
Mit dem kostenlosen Infoheft SWR2 Kulturservice sind Sie stets über SWR2 und die  
zahlreichen Veranstaltungen im SWR2-Kulturpartner-Netz informiert.  
Jetzt anmelden unter 07221/300 200 oder [swr2.de](http://swr2.de)*

*SWR 2 Wissen können Sie ab sofort auch als Live-Stream hören im SWR 2  
Webradio unter [www.swr2.de](http://www.swr2.de) oder als Podcast nachhören:  
<http://www1.swr.de/podcast/xml/swr2/wissen.xml>*

---

**Ansage:**

Mit dem Thema: „Tuning für die Neuronen – Wie lernt das Gehirn?“

Die Gehirnforschung konnte nachweisen, dass sich frühe Lernprozesse auf die Verschaltungsarchitektur des Gehirns auswirken, unser Gehirn wird eigentlich so, wie wir es benutzen. Wenn wir also unsere Kinder im zarten Alter von vier oder fünf Jahren fördern, wenn wir sie mit einer bereichernden Umwelt konfrontieren, wenn wir ihre Neugierde immer wieder aufs Neue wecken, dann ist das sehr gut für ihr Gehirn, es kann sich optimieren und damit die Grundlage bilden für eine hohe kognitive Kapazität im Erwachsenenalter.

Das sagt Anna Katharina Braun, Neurobiologin an der Universität in Magdeburg. Braun beschäftigt sich vor allem mit frühkindlichen Lernprozessen und neuronalen Veränderungen, wobei sie sich in erster Linie auf Experimente mit Tieren stützt, weil – so ihre Annahme – Menschen- und Tiergehirne auf sehr ähnliche Weise lernen, weil sie sehr ähnlich strukturiert sind. Das betrifft die neuronale Physik und auch die Biochemie.

In der SWR2 Aula fasst Braun zusammen, was die moderne Hirnforschung über das Lernen weiß und warum eine Förderung schon in der Vorschule sinnvoll ist.

**Anna Katharina Braun:**

Wenn man über Lernen, Denken, Fühlen und Empfinden spricht, muss man sich klar machen, dass die Wahrnehmungen, die aus der Umwelt erhalten, über die Sinnesorgane direkt ins Gehirn übermittelt werden. Im Gehirn interpretieren wir dann – aufgrund unserer Vorerfahrung –, was wir sehen, hören, schmecken, fühlen. Daraus wird letztendlich unser Verhalten, also unser Umgang mit der Umwelt gesteuert. Das heißt, das Gehirn erzeugt quasi auch unsere Verhaltensweisen.

Die Schlüsselrollen beim Fühlen und auch beim Lernen haben einerseits das limbische System, ein relativ altes System, bestehend aus Hirnarealen wie zum Beispiel dem Hippocampus (dt.: Seepferdchen), der Amygdala (dt.: Mandelkern), andererseits der Cortex. Der Cortex ist die Instanz, mit der wir unsere Wahrnehmungen interpretieren und daraus bestimmte Verhaltensweisen bilden.

Schaut man sich die neuronale Struktur mit dem Mikroskop genauer an, so sieht man die sogenannten „grauen Zellen“, die über elektrische Signale und chemische Botenstoffe die Wahrnehmungen bzw. die Signale, die zu der Wahrnehmung führen, kommunizieren. Das heißt, eine Zelle kommuniziert mit Tausenden von anderen Nervenzellen und empfängt wiederum Informationen von Tausenden von Nervenzellen. Denken und Lernen findet also nicht in einer einzelnen Hirnregion oder in einer einzelnen Zelle statt, sondern das Gehirn funktioniert wie ein Orchester. Wenn wir beispielsweise auf der Straße einer Katze begegnen, erzeugt diese Katze eine Sinfonie in unserem Gehirn, und zwar indem wir zunächst unterschiedliche Wahrnehmungen haben: die Farbe, Form, Geruch, Bewegung, vielleicht auch ein Miauen der Katze. Die einzelnen Wahrnehmungen ergeben aber noch lange keine Katze, sondern das Tier muss quasi in unserem Gehirn neu zusammengedacht

werden. Daran erkennt man, dass Lernen und auch Gedächtnisabspeicherung ein aktiver Prozess ist. Das Gehirn muss aktiv bei der Sache sein. Außerdem bedeutet es auch, dass Lern- und Gedächtnisprozesse nicht in einer klar definierten Region des Gehirns stattfinden, sondern in verschiedenen Hirnarealen, insbesondere dem bereits genannten limbischen System und den verschiedenen Regionen des Cortex.

Lernen bedeutet demnach nicht passive Wissensaufnahme, der Nürnberger Trichter funktioniert nicht. Das Wissen muss im Gehirn selbst generiert werden. Weiterhin ist festzustellen, und das weiß jeder aus dem täglichen Leben, dass höhere assoziative Lern- und Gedächtnisleistungen durch Emotionen gefördert oder gehemmt werden, positive wie auch negative Emotionen. Wir wissen aus der Hirnforschung, dass Lernen und die damit verknüpften Emotionen verursacht werden durch biochemische, elektrische Prozesse in der Nervenzelle. Langfristig, insbesondere wenn wir Fakten im Langzeitgedächtnis abspeichern, führt Lernen zu einer strukturellen Veränderung im Gehirn. Anders ausgedrückt: Lernen verändert das Körperorgan Gehirn. Das betrifft besonders das Lernen im kindlichen Gehirn. Da das Gehirn beim Kind noch sehr flexibel ist, verursacht Lernen eine dramatische Umorganisation innerhalb der Nervenzellen und Nervennetze.

Wichtig ist Folgendes: Nur dann, wenn Nervenzellen parallel aktiviert werden, kann auch wirklich gelernt werden. Es genügt nicht, eine einzelne Nervenzelle oder eine Gruppe von Nervenzellen anzusprechen, um im Gehirn einen Lernprozess in Gang zu bringen. Der Psychologe Donald Hebb hat das einmal so formuliert: „Neurons that fire together wire together“ – Nervenzellen, die gemeinsam feuern, vernetzen sich auch miteinander oder stabilisieren ihre Informationskanäle untereinander. Lern- und Erfahrungsprozesse wirken wie ein Bildhauer im Gehirn, bei jedem Lernprozess werden diese Nervennetzwerke mehr oder weniger dramatisch verändert. Und je jünger das Gehirn ist, umso deutlicher wird die Veränderung sein.

Stellen wir uns die Hebbsche Regel einmal bildlich vor: Man hat drei Nervenzellen, die alle in unterschiedlichen Hirnregionen verortet sind. Eine Zelle sitzt beispielsweise im Hörkortex, das ist die Region, die momentan beim Hörer gerade aktiviert ist; die zweite Zelle sitzt im ventralen Tegmentum und hat die Eigenschaft, dass sie Dopamin ausschütten kann – darauf kommen wir gleich noch zurück; und die dritte Nervenzelle ist die Zelle, die in unserem Stirnhirn, dem sogenannten präfrontalen Cortex, sitzt.

Die Hörzelle hört sich jetzt zum Beispiel meinen Vortrag an. Das führt aber noch lange nicht zum Lernen. Der Vortrag muss dazu führen, dass die Nervenzelle, die Dopamin ausschüttet, ebenfalls aktiviert wird. Und dadurch entsteht im Gehirn ein Gefühl der Neugier, der Begeisterung oder des Interesses. Das ist also sozusagen der emotionale Aspekt des Lernens. Und nur wenn die Hörzelle zusammen mit dieser „begeisterten Zelle“, der Dopaminzelle, gemeinsam auf die Zelle im Stirnhirn einwirkt, nur dann kann das einen Lernprozess in Gang bringen. Der Trick im Gehirn ist, dass durch die Ausschüttung des Botenstoffes Dopamin ein Glücksgefühl entsteht, eine interne Belohnung, die durch Lernprozesse erzeugt wird. Das führt dazu, und auch das kennen wir aus eigener Erfahrung, dass unser Gehirn geradezu „lernsüchtig“ ist; wir sind ständig auf der Suche nach dem Dopamin-Kick. Das hält uns neugierig und bringt uns dazu, dass wir uns für bestimmte Dinge begeistern können.

Das Gehirn ist von Geburt an neugierig, es ist geboren zum Lernen, und das bedeutet auch, dass es eigentlich immer lernt, nicht nur in der Schule, sondern tagtäglich, in jeder Minute. Und es bedeutet zudem, dass Erfolgserlebnisse über beispielsweise diesen Dopamin-Kick quasi eine chemische Selbstbelohnung im Gehirn erzeugen. Es handelt sich jedoch nicht um eine Belohnung im landläufigen Sinne, sondern auch die Vermeidung von Misserfolgen oder von Strafe wirkt ebenfalls wie eine Belohnung.

Lernen insbesondere beim Menschen ist sehr stark gekoppelt an soziale und emotionale Kontexte, das heißt, wir lernen umso besser, je mehr wir emotional beteiligt sind. Und es ist ganz wichtig, dass Stress, Anstrengung und Misserfolge genauso zum Lernen gehören und sogar Lernen fördern können. Der Wechsel zwischen Zuckerbrot und Peitsche hält das Gehirn unter Spannung und erzeugt die optimalen Bedingungen, um effizient lernen zu können.

Das Lernen wird dazu führen, dass wir Gedächtnisinhalte im Langzeit-, aber auch im Arbeitsgedächtnis abspeichern. Das Kurzzeitgedächtnis ist, wie der Name schon sagt, relativ kurzlebig, es ist etwa 24 Stunden lang stabil, 24 Stunden lang kann es Inhalte aufbewahren. Wird es dann nicht weiter aktiviert, kann der Inhalt des Kurzzeitgedächtnisses auch wieder verloren gehen. Das geschieht nicht durch passives Herausfallen aus dem Speicher, sondern durch Überschreiben. Wenn Kinder beispielsweise vormittags in der Schule Mathematikunterricht hatten und nachmittags Fernsehen schauen, kann es passieren, dass der Gedächtnisinhalt aus der Mathematikstunde nicht mehr reaktiviert, sondern einfach überschrieben wird mit der neuen Information aus der Fernsehsendung. Wenn der Inhalt jedoch aktiviert wird, indem das Kind zum Beispiel seine Hausaufgaben erledigt und das am Vormittag Gelernte nochmals wiederholt, dann wird dieser Inhalt in das Arbeitsgedächtnis überführt und von da aus kann er dann im Langzeitgedächtnis landen.

Das Langzeitgedächtnis hat den Vorteil, dass es seine Inhalte immer wieder in den Arbeitsspeicher zurückführen kann. Hierbei ist aber zu beachten, dass dabei nie eine identische Kopie abgerufen wird, sondern das Gedächtnis wird immer wieder leicht modifiziert. Das heißt, die unterschiedlichen Gedächtnisformen müssen so bedient werden, dass ihre Inhalte immer wieder neu abgerufen und benutzt werden können, auch in unterschiedlichen Zusammenhängen. Nur dann kann das, was wir am Tag lernen sollen oder wollen, auch strukturell in unseren Gedächtnisspeichern verankert werden.

Die Auswahl der Informationen, die wir lernen, hängt sehr stark von der emotionalen und kognitiven Bewertung ab, die jedes Individuum vornimmt, wenn es mit einer neuen Information konfrontiert wird. Lernen ist ein sehr individueller Prozess. Die Bewertung einer neuen Information hängt u. a. von unseren Erfahrungswerten und Gedächtnisinhalten ab und natürlich auch -wenn es um Problemlösungen geht- von den internen Belohnungssystemen, dem bereits genannten Dopaminsystem.

Die Frage, die wir uns in unserer Forschung vor allem stellen und die auch die Erziehungswissenschaften interessiert, ist: Wie lernt das Gehirn eigentlich das Lernen? Wir hatten ja schon festgestellt, dass das Gehirn zum Lernen geboren ist, es kann schon lernen, wenn es auf die Welt kommt, insbesondere auch das

menschliche Gehirn. Aber gerade das kindliche Gehirn muss mit diesen Lernprozessen, die es von Anfang an vollziehen kann, seine Nervenzellnetzwerke weiter optimieren, um die höchstmögliche Kapazität zu etablieren. Das heißt also, die frühe Bildung oder das frühe Lernen ist essentiell, um die Kapazitäten, die das Gehirn später im Verlauf des Lebens hat, festzulegen, und zwar sowohl die intellektuellen als auch die emotionalen Kapazitäten, die, wie wir ja schon gehört haben, ganz eng an Lernprozesse gekoppelt sind.

Die Gehirnentwicklung findet im Wechsel zwischen einer genetischen Programmierung und den Umwelteinflüssen statt. Der alte Disput, was ist angeboren und was ist erlernt, macht nach neuesten Erkenntnissen der Hirnforschung in der Form keinen Sinn mehr, weil man mittlerweile nachweisen kann, dass Umwelteinflüsse Gene, die natürlich unveränderbar in unseren Zellen sitzen, aktivieren und deaktivieren können. Das heißt also, man hat quasi ein Gen-Klavier im Zellkern jeder Zelle, welches jedoch von einem Klavierspieler bedient werden muss. Und der Klavierspieler ist die Umwelt: die Eltern, der Lehrer, alles, was wir tagtäglich erleben. Gene alleine reichen nicht aus, um ein Gehirn so aufzubauen, dass es optimal lernen kann. Der Vorteil der Umwelteinflüsse, die das Gehirn formen, besteht darin, dass sich das Gehirn optimal an die Umwelt, an jeden Lebensraum, in dem sich der Mensch befindet, anpassen kann. Das ist natürlich ein ganz großer Vorteil. Das menschliche Gehirn ist plastisch, es ist so plastisch, dass es sich sogar an negative Einflüsse anpassen kann. Wenn also die Familiensituation, die Bildungssituation oder die Umwelt ganz allgemein nicht optimal sind, passt sich das Gehirn notwendigerweise auch an diese negativen Strukturen an.

Es ist deshalb wichtig, die Prozesse, die zu solchen Veränderungen der Hirnnetzwerke führen, besser zu verstehen.

Und das ist essentiell die Aufgabe der Forschungsrichtungen, die sich mit Tiermodellen beschäftigen. Denn Tiere können unter kontrollierten Laborbedingungen untersucht werden, und man muss auch dazu sagen, dass die funktionellen Gehirnsysteme gerade auch von Nagetieren, die ja häufig in der Wissenschaft benutzt werden, vergleichbar aufgebaut sind wie die des Menschen. Der Cortex und das limbische System sind keine neuen Erfindungen, die die Natur exklusiv für das Gehirn des Menschen durchgeführt hat, sondern das sind alte Module, die sich auch bei Tieren finden und die quasi weiterentwickelt worden sind. Beim Menschen sind sie natürlich komplexer geworden, dennoch funktioniert die Art und Weise des Lernens und der Gedächtnisabspeicherung beim menschlichen Gehirn prinzipiell immer noch genauso wie beim etwas einfacher aufgebauten Tier-Gehirn. Die gehirnbioologischen Prinzipien des Lernens sind alte Prinzipien. Das widerspricht natürlich nicht der Tatsache, dass das menschliche Gehirn eine komplexe Weiterentwicklung darstellt.

Leider scheint es in Deutschland nicht möglich zu sein, eine gemeinsame Forschungsrichtung zwischen den Erziehungswissenschaften und den Hirnwissenschaften zu kreieren. Die Gründe dafür möchte ich hier nicht weiter ausführen, aber es ist schade, denn die Hirnforschung ist nicht die neue Heilslehre, mit der jetzt beispielsweise die Bildungsmisere behoben werden kann. Aber sie möchte dazu beitragen. Und sie kann das auch. Das Ziel der Hirnforschung ist es nicht, Rezepte für schnelleres, effizienteres Lernen zu entwickeln, sondern Ziel ist es,

die Kapazitäten des Gehirns besser zu verstehen und dann auch nutzen zu können. Ich möchte außerdem der Idee widersprechen, die Hirnforschung möchte Gedanken lesen oder Menschen manipulieren, wie das manchmal diskutiert wird. Das möchte kein Hirnforscher.

Um auf die tierexperimentelle Forschung zurück zu kommen: Es sind einige herausragende und wichtige Konzepte entwickelt worden, die zeigen, dass die Umwelt die Entwicklung der Nervenzellennetze ganz dramatisch beeinflussen kann. Einen ersten Nachweis dafür wurde von Mark Rosenzweig und seinen Kollegen durch ein Experiment mit Ratten erbracht. Er hat Ratten in zwei Gruppen geteilt. Eine Gruppe lebte in einer angereicherten Umgebung, das heißt mit Sozialpartner, mit vielen Spielsachen, also in einer Art Disney-World für Ratten. Die andere Gruppe lebte in Einzelkäfigen ohne weitere Anregung, diese Gruppe bestand aus deprivierten Kaspar-Hauser-Ratten. Rosenzweig hat dann die Gehirne der Ratten verglichen und ganz klar zeigen können, dass die Nervenzellen mit ihren Verknüpfungen, den Synapsen, bei der einsamen Ratte in der reizarmen Umwelt deutlich verkümmert sind im Vergleich zu der Disney-World-Ratte.

Die Prozesse, die dabei eine Rolle spielen, hatte ich auch schon angesprochen. Das ist die sogenannte Epigenetik, das heißt, durch die Aktivierung der Nervenzellennetze können die genetischen Informationen im Zellkern einer jeden Nervenzelle modifiziert werden. Das zieht ein verändertes Wachstum der Nervenzelle nach sich, die sich dann mit anderen Nervenzellen auf bestimmte Art und Weise verknüpft. Das bedeutet, jede Umwelt beeinflusst die Architektur der neuronalen Netzwerke. Das ist ein Langzeiteffekt, der mich ein Leben lang begleitet und der darüber bestimmt, wie ich emotional „drauf bin“, ob ich überhaupt Emotionalität entwickeln kann, die ich ja auch lernen muss, und wie ich kognitiv und intellektuell „drauf bin“. Das heißt, man sollte durch Frühförderung versuchen, diese Nervenzellennetze möglichst zu optimieren. Das ist ein Ansatz, den man in einer gemeinsamen Forschungsrichtung konzeptuell weiter entwickeln könnte.

Natürlich kann ein kindliches Gehirn noch nicht all das lernen, was ein erwachsenes Gehirn lernen kann. Das liegt einerseits daran, dass die Nervenzellen noch nicht sehr konkret miteinander verknüpft sind. Präzisiert werden die Verbindungen im Lauf der Zeit über frühkindliche Lernprozesse. Außerdem sind auch manche Hirnstrukturen noch nicht voll ausgereift, der präfrontale Cortex ist ein Beispiel dafür, der entwickelt sich bis zum 20./25. Lebensjahr. Das begrenzt natürlich beim Kind die Kapazität dessen, was es lernen kann. Obwohl das Gehirn zum Lernen geboren ist, sind also noch Begrenzungen vorhanden, die aufgrund der noch fortschreitenden Entwicklung zu erklären sind.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass es beim frühkindlichen Lernen nicht so sehr darum geht, dass möglichst viele Einzelinformation abgespeichert werden, sondern dass emotionale und kognitive Strategien herausgebildet werden. Diese Konzepte werden in den neuronalen Netzen des Gehirns vorformatiert, vergleichbar mit einer Computer-Festplatte, und das wiederum bestimmt die Kompetenz, was dieses Gehirn später leisten kann.

Es gibt zwei Phasen, in denen das Gehirn besonders stark veränderbar ist, nämlich das Kindesalter, die ersten fünf, sechs Lebensjahre, und die Pubertät, wo auch

nochmal ganz kräftig umgebaut wird, was man den Jugendlichen teilweise auch anmerkt. Das betrifft insbesondere die limbischen und präfrontalen Regionen, mit denen wir denken, fühlen und Fakten im Gedächtnis abspeichern.

Es kommt also auf den Anfang an. Wir sollten möglichst früh mit Erziehung und Bildung beginnen, schon in der Kinderkrippe. Kinderkrippen sind keine „Parkplätze“ für Kinder von berufstätigen Eltern, sondern es sind Kindergärten, wo man etwas pflegen und hegen muss – wie der Name schon sagt. Es ist auch klar, dass Kindergärten und Grundschulen nicht die Eltern von ihrer Pflicht entbinden. Sie sind keine Reparaturwerkstätten. Natürlich bedeutet das, dass wir gerade in den frühen Bildungsbereichen besser ausgebildete und besser bezahlte Lehrkräfte haben sollten. Denn die Früherziehung ist letztlich eine Investition, für die wir sehr hohe Zinsen ernten. Sparen wir an den Investitionen, wird sich das langfristig rächen. Die Quittung bekommen wir teilweise schon heute präsentiert in Form von Lernstörungen, Verhaltensstörungen, psychischen Erkrankungen im Kindesalter, was sich später fortsetzen kann in Form von Arbeitslosigkeit, Sucht, Delinquenz usw. – ökonomisch betrachtet ein gewaltiger, aber vermeidbarer Kostenfaktor.

Die Frühförderung spielt also eine entscheidende Rolle. Auf dem Gebiet der Hirnforschung müssen wir noch sehr viel lernen, wie wir helfen können, das kindliche Gehirn zu optimieren. Vielleicht können wir uns an unseren amerikanischen Kollegen orientieren, die schon begonnen haben, interdisziplinär zwischen Psychologie, Biologie und Erziehungswissenschaft zu vermitteln.

\*\*\*\*\*

**\* Zur Autorin:**

**Prof. Anna Katharina Braun** lehrt an der Universität Magdeburg und leitet am Institut für Biologie die Abteilung Zoologie/Entwicklungsneurobiologie.