



Quarks Script

Script zur WDR-Sendereihe „Quarks & Co“

WDR FERNSEHEN

 **Wie wir lernen**

Inhalt

1. Lerntier Mensch	4
2. Wie Kinder lernen	6
3. Lernzentrum Gehirn	8
4. Wie Affen lernen	9
5. Lernen im Alltag	12
6. Kleine Geschichte des Lernens	14
7. Lernen in der Schule	17
8. Lernen mal anders	24
9. Gelernt – und vergessen	26
10. Wann kommt die Lernpille	32
11. Lesetipps, Internet-Links und Adressen	33
12. Index	37

Impressum

Text:

Axel Bach (Kapitel 6, 7),
Martin Dreifert (Kapitel 6, 8, 9),
Harald Raabe (Kapitel 5, 9),
Kristin Raabe (Kapitel 1, 2, 3, 8, 10),
Ismeni Walter (Kapitel 4)

Redaktion: Axel Bach,
Ingo Knopf (v.i.S.d.P.)

Copyright: WDR Mai 2001

Weitere Informationen erhalten sie unter:
www.quarks.de

Gestaltung:

Designbureau Kremer & Mahler, Köln

Bildnachweis:

S.6 Phalanx/Thomas Köhler; S.7 l ZB; S.9 l Dominique Muller, Universität Genf; S.9 re Paula Gordon; S.10 l WDR, Bayer; S.10 re DPA; S.11 UPI; S.14 re Europa; S.17 CP; S.18 Team 2; S.24 l WDR/LH; S.24 re Sicherheit im Automobilsport, Lausanne 1970; 25 re WDR/Axel Bach; S.26 PFP; S.28 l StudioX; S.28 re CP; S.29 l Focus; S.29 re Prof. R. Mielke, MPInF Köln; S.30 l Prof. J. Kessler, MPInF Köln; S.30 re Dr. A. Wevers, Institut für Anatomie, Uni Köln

Illustrationen und Grafiken:

Designbureau Kremer & Mahler

Diese Broschüre wurde auf 100% chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.



Hat viel gelernt – das Quarks-Team mit:
Harald Raabe, Ismeni Walter, Axel Bach und Hani Narouz (hinten) und
Kristin Raabe, Ranga Yogeshwar und Ingo Knopf (jeweils von links)

Liebe Leserinnen, lieber Leser,

wenn Sie diesen Satz zu Ende gelesen haben, hat Ihr Gehirn eine phänomenale Lernen Lernen Lernen Leistung vollbracht. Tausende winziger Neuronen haben in einem gigantischen Netzwerk Signale ausgetauscht und dabei die visuellen Informationen ausgewertet. Die Konturen der einzelnen Buchstaben wurden geprüft und mit dem verglichen, was Sie irgendwann einmal gelernt haben. Dabei hat Ihr Gehirn einen Fehler entdeckt: Da hat sich doch das Wort „Lernen“ dazwischengemogelt! Sie haben es sofort erkannt, aus informationstechnischer Sicht eine Meisterleistung! Doch Lernen ist weit mehr als das Entziffern einzelner Buchstaben. Von der ersten Sekunde unseres Lebens an lernen wir dazu und häufig vergessen wir, was wir so alles lernen müssen. Bei meinen Kindern wird es mir so richtig bewusst: Gehen, Sprechen, einen Bleistift halten, aufs Klo gehen, Zähne putzen, Gabel halten, Milch ohne kleckern einschütten ... – alles will gelernt sein. Damit Kinder so viel in so kurzer Zeit lernen können, muss ihr Gehirn besonders viel leisten. Wissenschaftler können den Energieverbrauch und damit die Aktivität des Gehirns messen. Bei Kleinkindern kam dabei Erstaunliches heraus: Das Gehirn eines Dreijährigen verbraucht doppelt so viel Energie, wie das eines Erwachsenen! Im folgenden Skript verfolgen wir die vielfältigen Arten des Lernens vom Biofeedback bis hin zum Simulatortraining. Ein wunderbarer Einblick in das, was täglich in jedem von uns abläuft. Denn Leben heißt: Lernen, Lernen, Lernen

Viel Spaß dabei

1 Lerntier Mensch

Erfolg durch Lernen

Der Adler fliegt hoch und sieht weit. Ein Gepard ist schnell. Eine Fledermaus sieht auch bei Nacht und ein Fisch kann unter Wasser atmen. Jedes Tier ist spezialisiert und dadurch seinem Lebensraum optimal angepasst. Der Mensch dagegen verfügt über keine besonderen Fähigkeiten. Wir sind nicht besonders schnell, nicht sehr stark und was unsere Sinnesorgane betrifft – da ist beinahe jede verwöhnte Hauskatze besser ausgestattet. Ohne Hilfsmittel sind wir kaum in der Lage, in der freien Natur zu überleben. „Der Mensch ist ein Mängelwesen“, das glaubte jedenfalls der Philosoph Arnold von Gehlen (1904–1976). Aber er irrte. Der Mensch verfügt über eine ganz besondere Spezialisierung: Er ist ein Lerntier. Und das verdanken wir Menschen einem Organ, das bei uns besser ausgebildet ist als bei jedem anderen Lebewesen: unserer Großhirnrinde.

Sie umgibt alle anderen Hirnteile wie ein Helm. Nur durch sie kann der Mensch in einer feindlichen Umwelt überleben. Ein Mensch ist nicht besonders stark, er ist nicht schnell und hat keine gefährlichen Zähne oder Klauen. Trotzdem können Menschen Tiere erlegen, die über all das verfügen. Die Menschen haben eben gelernt, Fallen aufzustellen und Waffen zu benutzen. Mittlerweile können Menschen in beinahe jedem Lebensraum überleben. Mit Taucherausrüstungen und U-Booten erforschen wir das Meer, mit Flugzeugen und Fallschirmen erobern wir die Lüfte. Für uns Menschen ist fast nichts unmöglich, weil wir so lernfähig sind.

Wir sind, weil wir lernen

Lernen ist lebensnotwendig. Wir benötigen unsere außergewöhnliche Lernfähigkeit nicht nur zum Überleben in einer feindlichen Umwelt. Wir lernen ständig. Alles, was wir wahrnehmen, wird auf irgendeine Weise auch erlernt. Auch wenn wir vieles blitzschnell wieder vergessen. Was wir erlernt haben, speichern wir in unserem Gedächtnis und das ist unterteilt: Im so genannten sensorischen Gedächtnis landet praktisch alles, was unsere Sinnesorgane an unser Gehirn weitergeben. Eine riesige Menge an Informationen wird dort abgelegt – allerdings nur für kurze Zeit: Knapp eine Sekunde lang, dann werden die alten Informationen mit neuen Informationen überschrieben. Das Kurzzeitgedächtnis kann Daten auch nicht viel länger speichern – ungefähr 18 Sekunden lang. Das reicht jedoch aus, um sich kurz eine Telefonnummer zu merken oder ein kleines Problem zu lösen. Im Kurzzeitgedächtnis landen Informationen aus dem sensorischen Gedächtnis, wenn sie zu wichtig sind, um überschrieben zu werden.

Im Langzeitgedächtnis ist schließlich alles gespeichert, was wir wirklich behalten – manchmal Stunden, Tage, Wochen oder ein Leben lang. Aber nach heutigem Wissen ist eine Einteilung nach der Dauerhaftigkeit des Gedächtnisses zu einseitig, denn das Gehirn behandelt offenbar nicht alle Informationen auf die gleiche Weise.

Im autobiografischen Gedächtnis (auch episodisches Gedächtnis genannt) liegen unsere Erinnerungen an Dinge, die wir erlebt haben.

Im prozeduralen Gedächtnis speichern wir erlernte Bewegungsabläufe oder Handlungsstrategien ab: Auto fahren, Ski laufen, Skat spielen, Fahrrad fahren oder Klavier spielen zum Beispiel.



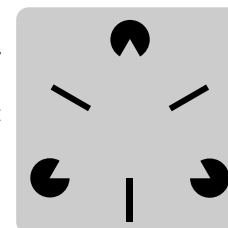
Natürlich sind diese vier Gedächtnissysteme nicht grundsätzlich voneinander zu trennen. Ein Beispiel für das Zusammenwirken verschiedener Gedächtnisformen ist das Sprechen. Um den kompletten Stimmapparat zu koordinieren, benötigen wir das prozedurale Gedächtnis. Für die Beherrschung der Sprache ist das Faktengedächtnis zuständig. Wenn nur ein Teilbereich des Gedächtnisses ausfällt, zerfällt oft ein ganzes Leben. Erst durch unser Gedächtnis bekommen wir ein Gefühl für die Zeit. Was ist Vergangenheit ohne Erinnerung daran? Wie soll ein Mensch die Gegenwart und die Zukunft be-

greifen ohne seine vorherigen Erfahrungen? Ohne unser Gedächtnis verlieren wir uns. Der bedeutende Hirnforscher Ewald Hering (1834–1918, Hirnforscher, Wien, Prag, Leipzig) schrieb dazu: *Das Gedächtnis verbindet die zahllosen Einzelphänomene zu einem Ganzen, und wie unser Leib in unzählige Atome zerstiessen müsste, wenn nicht die Attraktion der Materie ihn zusammenhielte, so zerfielen ohne die bindende Macht des Gedächtnisses unser Bewusstsein in so viele Splitter, als es Augenblicke zählt.*

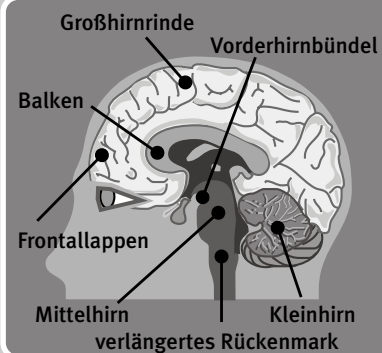
Das Faktengedächtnis ist für Schul- und Allgemeinwissen zuständig.

Und schließlich findet sich ein so genanntes Priming-System im Gehirn. Damit bezeichnen Gedächtnisforscher das Phänomen, dass ein Sinneseindruck wieder

erkannt wird, auch wenn der neue Reiz dem alten lediglich ähnlich oder sogar unvollständig ist. Das Priming-System nutzt unser Vorwissen und passt die eingehende Information diesem Vorwissen an.



Man erkennt ein Dreieck, obwohl es nicht gezeichnet ist.



Das menschliche Gehirn: Wie ein Helm umgibt die Großhirnrinde die anderen Hirnstrukturen. Die Großhirnrinde ist unser Lernorgan. Sie gilt heute als Sitz des Bewusstseins.

Babys sind Genies



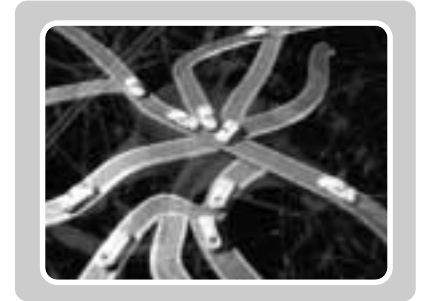
Lerngenie Baby

Kinder lernen in wenigen Monaten mehr als jeder Studierende in vier Jahren. Ein Neugeborenes kann anfangs nur im Abstand von dreißig Zentimetern scharf sehen. Schon wenige Monate später hat es allerdings gelernt, genauso gut zu sehen wie ein Erwachsener. Babys und Kleinkinder lernen nicht nur viele Dinge innerhalb kürzester Zeit, sie können vieles auch besser als jeder Erwachsene. Das belegen internationale Studien. Neugeborene zum Beispiel sind echte Weltbürger, weil sie sprachliche Universalgenies sind. Sie können nämlich die Lautstruktur jeder Sprache erkennen. Ein japanisches Baby kann beispielsweise die Laute R und L voneinander unterscheiden. Ein erwachsener Japaner kann das nicht mehr. Er hat irgendwann gelernt, dass die Unterscheidung dieser Laute in seiner Sprache nicht wichtig ist. So gesehen ist ihm also ein neugeborenes Baby überlegen. Jeder Säugling – egal wo er geboren

wird – kann vermutlich alle Laute jeder menschlichen Sprache unterscheiden. Eine amerikanische Studie hat belegt, dass sechs Monate alte kanadische Babys Hindi-Laute unterscheiden können, die sich für kanadische Erwachsene gleich anhören. Aber schon einjährige Kleinkinder verhalten sich dagegen genau wie Erwachsene. Wenn Babys uns sprechen hören, sortieren sie die Laute vermutlich in Kategorien – und zwar genau in diejenigen Kategorien, die für die jeweilige Sprache typisch sind. Diese Lautkategorien werden abgespeichert, und so entsteht im Gedächtnis eines deutschen Babys im Zeitraum zwischen dem sechsten und zwölften Monat so etwas wie eine Vorstellung dafür, wie sich beispielsweise ein deutsches R anhören kann. Wenn das Kind von nun an ein R hört, vergleicht sein Gehirn das Gehörte mit dieser Vorstellung. Sobald es das unbewusst tut, werden die Laute im Gehirn so verändert, dass sie in eine der gespeicherten Kategorien passen. Mit einem Jahr kann ein Kind nur noch die Kategorien von Lauten unterscheiden, die in seinem Gehirn angelegt sind. Und das sind natürlich die seiner Muttersprache. Weil im Japanischen der Unterschied zwischen R und L keine Rolle spielt, haben Japaner für beide Buchstaben nur eine Kategorie – sie können sie nicht unterscheiden. Deswegen haben Japaner später auch die bekannten Schwierigkeiten, wenn sie zum Beispiel Deutsch lernen. Je jünger wir sind, desto flexibler ist unser Gehirn. Wenn zweisprachige Eltern also darüber nachdenken, ihre Kinder zweisprachig zu erziehen, dann sollten sie damit möglichst früh anfangen; am besten schon während der Schwangerschaft. Denn schon im Bauch der Mütter konzentrieren sich Kinder auf Stimmen.



Lernerfolg: Mit sechs Monaten kann Jessica aus Dresden den großen Ball bereits halten und bestaunen.



Nervenzellen im Gehirn kann man mit unterschiedlich stark befahrenen Straßen vergleichen.

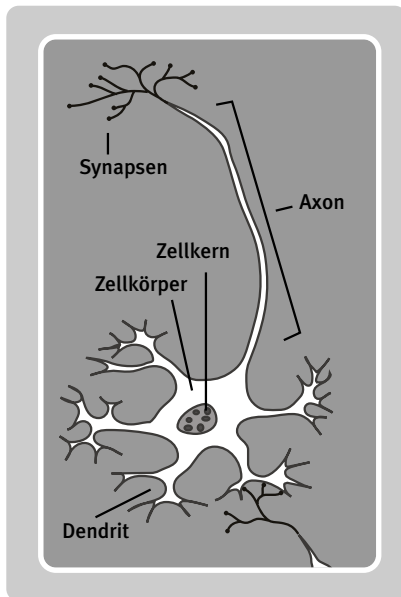
Wie das junge Gehirn lernt

Die Unterscheidung von Lauten ist nur ein Beispiel für die vielen unglaublichen Leistungen, die Babys vollbringen. Damit sie soviel in so kurzer Zeit lernen können, muss ihr Gehirn besonders viel leisten. Wissenschaftler können den Energieverbrauch und damit die Aktivität des Gehirns messen. Bei Kleinkindern kam dabei Erstaunliches heraus: Das Gehirn eines Dreijährigen verbraucht doppelt soviel Energie, wie das eines Erwachsenen. Das bleibt so, bis das Kind ungefähr neun bis zehn Jahre alt ist. Danach nimmt die Aktivität des Gehirns langsam ab. Im Alter von 18 Jahren ist sie dann auf Erwachsenen-Maß zurückgegangen. Das ist allerdings gar nicht mehr so verwunderlich, wenn man sich anschaut, was im Gehirn eines Babys vor sich geht. Bei einem Neugeborenen hat jede Hirnzelle 2500 Kontaktstellen mit anderen Nervenzellen. Im Alter von drei Jahren sind es schon 15 000. Danach bilden sich durch Erfahrungen und Lernen überflüssige Zellkontakte wieder zurück. Bis nur noch die Verbindungen übrig sind, die wir auch tatsächlich benötigen. Ob eine Verbindung bestehen bleibt, hängt davon ab, wie oft sie benutzt wird.

Das ist wie bei einem Trampelpfad: Je mehr Leute ihn benutzen, desto breiter wird er. Irgendwann kommt vielleicht sogar jemand auf die Idee, an seiner Stelle eine asphaltierte Straße zu bauen. Wird der Trampelpfad hingegen nicht benutzt, wächst irgendwann Gras darüber und der Pfad verschwindet schließlich. Bei den Nervenzellen ist das ähnlich. Wenn an einer Kontaktstelle zwischen zwei Nervenfasern besonders häufig Impulse weitergeleitet werden, dann verstärkt sich die Verbindung zwischen den beiden Zellen. Trifft nur sehr selten ein Impuls ein, dann verkümmert die Kontaktstelle und die entsprechenden Nervenfortsätze bilden sich zurück. Dabei verlieren wir nicht nur Verbindungen zwischen Nervenzellen, sondern auch Flexibilität. Das Gehirn eines Vorschulkindes ist in jeder Hinsicht aktiver, vernetzter und viel flexibler als das Gehirn eines Erwachsenen. Aus neurologischer Sicht sind Kinder Genies.

Unser Lernorgan

In unserem Kopf geht es zu wie in einer Galaxie: Unser Gehirn hat genauso viele Nervenzellen wie es Sterne in der Milchstraße gibt: 100 Milliarden. Jede dieser Nervenzellen hat Kontakte zu anderen Nervenzellen – im Schnitt mit 10 000 anderen Zellen. Eine typische Hirnzelle besteht aus einem Zellkörper und mehreren Fortsätzen.



Die weitverzweigten Dendriten (unten im Bild) sind die Empfangszentrale der Nervenzelle. Die Nervenfasern (Axon) leiten den Impuls an die nachgeschaltete Nervenzelle weiter.

Über den oft weit verzweigten so genannten Dendritenbaum empfängt die Nervenzelle Signale von anderen Zellen. An den einzelnen Dendriten befinden sich Kontaktstellen mit Fortsätzen von anderen Nervenzellen.

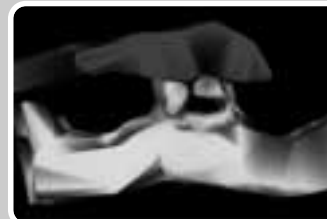
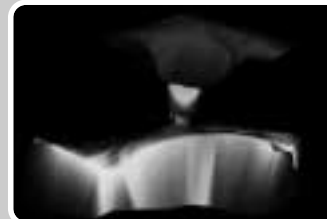
Über das Axon leitet die Nervenzelle Signale an die Dendritenbäume anderer Nervenzellen weiter. Wichtig für das Weiterleiten von Signalen sind die Enden an den Axonen: die Synapsen. In den Synapsen befinden sich kleine Bläschen (Vesikel), die Botenstoffe enthalten. Wenn die Zelle erregt ist, ändert sich die elektrische Spannung an der Zellmembran. Dadurch vereinigen sich die Vesikel mit der Zellmembran und die Botenstoffe gelangen in den Zwischenraum von Sender- und Empfängerzelle. Dort docken die Botenstoffe an die Bindungsstellen der Empfängerzelle an. Sie aktivieren damit Kanäle, durch die geladene Moleküle (Ionen) hindurchkommen. Diese Ionen verändern die Spannungsverhältnisse an der Zellmembran der Empfängerzelle. Nun ist auch diese Zelle aktiviert.

Wir lernen durch Langzeitpotenzierung

Wenn ein und dieselbe Kontaktstelle zwischen zwei Nervenzellen wiederholt aktiviert wird, also ein Impuls von einer Zelle auf die andere übertragen wird, dann kommt es zu einem Prozess, den die Wissenschaftler Langzeitpotenzierung (LTP) nennen. Das bedeutet: Wenn eine Synapse einen Impuls auf die oben beschriebene Weise wiederholt an die nachgeschaltete Zelle weitergibt, dann reagiert diese nachgeschaltete Zelle nach einiger Zeit immer heftiger, sie ist stärker und länger aktiviert. In manchen Hirnregionen kann so eine „potenzierte Aktivierung“ Stunden, Tage ja sogar Wochen andauern. Aber was passiert eigentlich an der Synapse und der nachgeschalteten Zelle, damit so ein heftiger Impuls überhaupt entstehen kann? Dazu muss sich an der Kontaktstelle einiges verändern: Die Synapse setzt mehr Botenstoffe frei und die gesamte

Kontaktfläche vergrößert sich. Die Zellen rücken quasi enger zusammen. Dadurch können auch mehr Bindungsstellen und damit Kanäle aktiviert werden. Es fließen mehr Ionen durch die Kanäle und die elektrische Spannung an der Membran vergrößert sich.

1999 gelang einem Forscherteam von der Universität Genf Schnappschüsse vom Gedächtnis. Die Wissenschaftler um Dominique Muller fertigten elektronenmikroskopische Aufnahmen von Synapsen an. Sie fotografierten diese Synapsen von Mäusen und Ratten einmal bevor eine LTP stattgefunden hatte und einmal danach. Deutlich sichtbar auf ihren Bildern ist, wie sich diese Kontaktfläche vergrößert hat. Auf einigen Bildern sieht es sogar so aus, als hätte sich eine zusätzliche Synapse neben der ursprünglichen Kontaktstelle gebildet.



Eine Synapse vor (oben) und nach (unten) einer Langzeitpotenzierung

Motivation ist alles ...

Für Menschenaffen gilt – wie auch für uns Menschen: Je größer der Anreiz ist, eine Sache zu lernen, umso leichter wird sie gelernt. In der Natur ist die Motivation eindeutig: Es geht ums Überleben. Ein Schimpanse, der lernt, mit einem Zweig, Termiten zu angeln, hat eine neue Nahrungsquelle erschlossen.



Kanzi und seine Lehrerin Sue Savage-Rumbaugh

Im Gegensatz dazu werden Menschenaffen in Lernexperimenten vor relativ unnatürliche Situationen gestellt. Nur so können die Forscher herausfinden, was und wie Affen lernen. So hat zum Beispiel der Zwergschimpanse Kanzi an der Georgia-State-Universität in Decatur (USA) eine Symbolsprache gelernt: So konnte er über ein Bildschirmfeld mit der Forscherin Sue Savage-Rumbaugh sinnvoll kommunizieren. Um Affen dazu zu bewegen, bei solchen Experimenten mitzumachen, arbeiten die Forscher mit Belohnungen. Süßigkeiten oder Früchte sind so reizvolle Leckereien, dass die Affen einiges mitmachen, um daran zu kommen.

Lernen in der Gruppe ...



Für Schimpansen sind Halme und Stöckchen potenzielle Werkzeuge. Sie benutzen sie zum Beispiel, um Ameisen oder Termiten zu angeln.

Je nach Lebensweise haben die verschiedenen Menschenaffen unterschiedliche Lernstrategien und dementsprechend unterschiedliche Schwerpunkte bei dem, was sie lernen. Schimpansen leben in Horden mit einem festen sozialen Gefüge. Für sie ist soziales Lernen besonders wichtig. Wer mit wem in der Gruppe befreundet oder verfeindet ist, was man sich gegenüber einem ranghöheren Tier erlauben darf und was nicht, und wann ein geeigneter Zeitpunkt für einen Kampf ist, bei dem man seine Stellung in der Gruppe verbessern kann, sind für sie wichtige Kenntnisse. Lernen findet meist innerhalb der Gruppe statt. Oft bringen die Mütter oder ältere Tiere den Kleinen den Gebrauch von Werkzeugen bei; zum Beispiel, wie sie mit Steinen Nüsse aufschlagen können. Häufig lernen auch befreundete Tiere voneinander. Man geht bei Schimpansen davon aus, dass sie sich in andere Gruppenmitglieder „hineinfühlen“ kön-

nen und dass sie durchschauen, was ein anderes Tier in der Gruppe sieht oder gesehen hat. Das nutzen sie aus, um ihre Position in der Gruppe zu stärken: Sie schließen Allianzen und versuchen auch manchmal sich gegenseitig auszutricksen.

Schimpansen sind beim Umgang mit unbekanntem Objekten eher ungeduldig und impulsiv. Sie sind dafür aber sehr leicht zur Kooperation mit Menschen zu bewegen.

... oder im Einzelstudium



In Gefangenschaft lernen Orang Utans sogar Werkzeuge zu benutzen.

Orang Utans dagegen leben als Einzelgänger. Nur Mutter und Kind bleiben für sieben bis neun Jahre eng zusammen, eine lange Zeit, in der das Junge alles lernt, was zum Überleben wichtig ist. Zum Beispiel, welche Nahrungspflanzen wann und wo zu finden und welche Früchte giftig sind. Danach gehen sich Orangs gegenseitig aus dem Weg. Soziales Lernen spielt bei ihnen deshalb keine Rolle. Stattdessen sind sie ausgesprochen geduldige Tüftler: Sie knobeln so lange an einem Problem herum, bis sie es gelöst haben. In freier Wildbahn benutzen Orangs keine Werkzeuge. Probleme, für die andere Affen Werkzeuge brauchen, lösen sie mit ihren starken Zähnen oder mit bloßen Händen. Aus diesem Grund hielt man sie lange Zeit für weniger intelligent

als Schimpansen. Inzwischen ist klar, dass sie ebenso lernfähig sind, wie ihre kleineren Verwandten. Orang Utans sind auch in der Lage, Werkzeuge zu gebrauchen, wenn man sie vor Aufgaben stellt, die sie mit Zähnen oder Händen alleine nicht lösen können.

Im Dschungel nutzen Orang Utans ihre Intelligenz hauptsächlich dazu, unter den über 10 000 Pflanzenarten in den Urwäldern Borneos die etwa 160 aufzuspüren, die sie fressen können. Außerdem sind sie Meister der Orientierung: Sie finden in den unüberschaubaren Baumwipfeln immer den kürzesten Weg – etwa wenn sie von einem Futterbaum zu einem weit entfernten anderen gelangen wollen.

Lernen wie die Menschen

Orangs und Schimpansen lernen ähnlich wie wir Menschen: Sie probieren herum, gucken sich schlaue Lösungen ab, versuchen bekanntes Wissen in neuen Situationen sinnvoll anzuwenden. Und – was man lange Zeit nur dem Menschen zubilligte – sie lösen Probleme durch Nachdenken.



Wolfgang Köhler, Psychologe (1887–1967)

Als der deutsche Psychologe und Zoologe Wolfgang Köhler dies 1920 nach seinen Versuchen mit Schimpansen behauptete, war das noch sehr umstritten. Köhler hatte in seinen Versuchen beobachtet, wie sich die Tiere Bananen holten, die in ihrem Gehege an der Decke aufgehängt waren. Sie stapelten Kisten aufeinander, um an die begehrten Früchte heranzukommen. Das Erstaunliche dabei: Die Schimpansen machten es auf Anhieb richtig, ohne vorher herumzuprobieren, und zwar nachdem sie vorher eine Weile nur dagesessen und herumgeschaut hatten. Inzwischen ist man sich einig, dass Menschenaffen denken. Strittig ist allerdings noch, wie differenziert ihre Denkfähigkeit ist. Ihre geistige Leistungsfähigkeit wird meist mit der von dreijährigen Kindern verglichen.

Wenn Affen reden könnten ...

Spezialisten gehen davon aus, dass der wesentliche Unterschied zwischen Menschen und Menschenaffen die Sprache ist. Menschenaffen haben keine komplizierte Sprache mit Syntax und Grammatik und vor allem keine abstrakte Sprache. Sie können zwar Informationen weitergeben, aber nur indem sie sich gegenseitig Dinge zeigen, die auch sichtbar sind. Nach aktuellem Wissen können Menschenaffen sich nicht über etwas „unterhalten“, was gerade nicht da ist. Menschen können das schon, d. h. sie können in viel größerem Umfang von Erkenntnissen profitieren, die sie sich nicht selbst erarbeiten mussten. Sie müssen das Rad nicht immer wieder neu erfinden, sondern können sich abstrakte und komplizierte Zusammenhänge erklären lassen oder nachlesen. Unsere gesamte Kultur beruht darauf, vorhandenes, überliefertes Wissen weiter auszubauen. Das verschafft uns gegenüber den übrigen Tierarten einen Riesenvorsprung.

5 Lernen im Alltag

Von Tieren und Menschen

Es waren vor allen Dingen Verhaltensforscher, die unterschiedliche Formen des Lernens im Tierreich untersucht haben. Diese Lernformen treten aber auch beim Menschen auf: Im Alltag sind mehr Lernsituationen versteckt als man auf den ersten Blick annimmt.

Die Habituation oder Gewöhnung

Die Gewöhnung ist der einfachste bekannte Lernprozess. Zum Beispiel nehmen wir irgendwann selbst einen kratzigen Pulli auf unserer Haut nicht mehr wahr. Zwar spüren wir einen ständigen Reiz, doch dringt er nicht mehr bewusst zu uns durch: Wir lernen, den unangenehmen Reiz durch den Pullover zu ignorieren. Auch an Geräusche wie das Ticken eines Weckers oder den Lärm einer Straße können wir uns so gewöhnen, dass wir sie nicht mehr bewusst wahrnehmen. Die Reize sind also noch da, bewirken jedoch keine Reaktion mehr. Wird einem Singvogel immer wieder die Silhouette eines Greifvogels präsentiert, wird er davor irgendwann nicht mehr fliehen.

Die klassische Konditionierung

Der wohl bekannteste Tierversuch, der eine Lernform verdeutlichte, war das

Experiment von Iwan Petrowitsch Pawlow an einem Hund zum Speichelflussreflex (vgl. auch Kapitel 6). Ein vorher neutraler Reiz (Licht) wird mit einem so genannten unbedingten Reiz (Knochen) kombiniert, der eine bestimmte Reflexhandlung (Speichelfluss) auslöst. Wird dies mehrmals wiederholt, so reicht später allein das Licht aus, um den Speichelfluss beim Hund hervorzurufen. Im Alltag des Menschen spielt diese Lernform eine geringere Rolle; man kann beispielsweise das Verengen der Pupillen durch eine Lichtquelle mit einem bestimmten Ton verknüpfen, so dass später allein der Ton genügt, um bei der Versuchsperson den so genannten Pupillenreflex auszulösen.

Die operante Konditionierung oder Lernen am Erfolg

Bei Tieren wurde diese Lernform überwiegend an Ratten oder Mäusen untersucht, die durch das Drücken eines Hebels Nahrung durch einen Futterspender erhalten. Wird durch mehrmaliges Wiederholen des zunächst unsinnigen „Hebel-drückens“ immer wieder eine Belohnung ausgespuckt, wird das Tier später bei einem Hungergefühl von sich aus den Hebel wieder betätigen.

Auch der Mensch führt Dinge aus, die zunächst widersinnig erscheinen. Warum sollte man einfach Geld in einen Automaten werfen – also „geschmeißen“?

Wir haben gelernt, dass wir nach dem Geldeinwurf einen entsprechenden



Ob Süßigkeiten, Briefmarken oder Tickets. Für Geld spucken Automaten in der Regel eine Art Belohnung aus.

Gegenwert erhalten. Das gleiche Lernprinzip gilt bei roten Ampeln, bei denen wir stehen bleiben. Hier werden wir zwar nicht direkt belohnt. Wir können aber einer Bestrafung entgehen – es ist also eine Belohnung im negativen Sinn.

Lernen durch Versuch und Irrtum

Bei frei lebenden Tieren ist das Prinzip, Dinge einfach auszuprobieren, ein „Muss“ für viele Überlebensstrategien. Bei der Nahrungssuche müssen Bewegungen ausprobiert werden, die sich mal mehr oder mal weniger als erfolgreich erweisen, um letztendlich den Hunger zu stillen. Auch Menschen probieren immer wieder Dinge einfach aus. Dieser Lernprozess zeigt uns in der Regel sehr schnell, ob wir auf dem Holzweg sind. Ob wir nun einen fünftürigen Schrank ohne Anleitung zusammenbauen oder ein Puzzle zusammensetzen. Wenn das Ergebnis mit unserem Ziel nicht im Einklang steht, lernen wir, dass wir uns in der Lösung geirrt haben und probieren einen anderen Weg.

Lernen durch Nachahmung oder Beobachtung

Stellen Sie sich vor, Sie stehen in der Öffentlichkeit vor einer neuen Situation, in der Sie auffallen könnten, weil

Sie vielleicht etwas falsch machen. Am einfachsten ist es dann, sich erst mal dezent in den Hintergrund zu stellen und routinierteren Menschen den Vortritt zu lassen. Typische Situation: Der Besuch einer neuen Kantine: Wo muss man sich anstellen? Oder: Wo bekomme ich wie viele Beilagen für mein Gericht? Auch bei komplizierten Fahrscheinautomaten ist es manchmal einfacher, zuerst jemanden zu beobachten, bevor man sich selber rantraut.

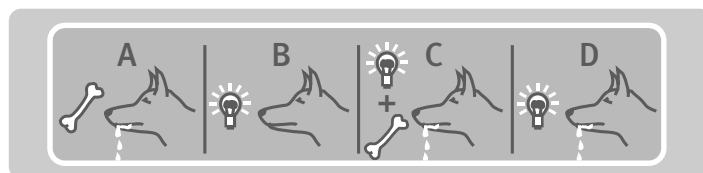


Hilft oft weiter: zuschauen und nachmachen

Im Tierreich kann man dieses Phänomen bei Vögeln beobachten. Papageien oder Stare sind in der Lage, fremde Laute in ihr Stimmrepertoire aufzunehmen.

Lernen durch Einsicht

Eine weit entwickelte Lernform ist das Lernen durch Einsicht. Neben uns Menschen wird sie nur noch von Affen beherrscht: Wir können eine komplizierte Situation durchschauen und analysieren. Das Ziel ist schließlich, für ein Problem eine passende Lösung zu finden. Nach dem Erfassen der Situation finden wir also im besten Fall die richtige Lösung ohne einen Fehlversuch. Beispielsweise gelingt es uns, ein einfaches Regal mit wenigen Teilen auch ohne Anleitung auf Anhieb richtig zusammenzubauen.



Der Pawlow'sche Hund

Lernen durch Traditionsbildung oder Informationsweitergabe

Nur weil die Menschen sprechen können, können sie Informationen gezielt weitergeben. Neben uns sind dazu nur noch Bienen in der Lage – mit einer Art Tanzsprache. Sie können den Mitgliedern ihres Volkes durch bestimmte Hinterleibsbebewegungen die genaue Lage von Futterpflanzen mitteilen. Menschen fragen zum Beispiel nach dem Weg und können dadurch eine Antwort erhalten, die sie zum Ziel führen wird. Traditionsbildung heißt aber auch: Köpfen Sie Ihr Frühstücksei oder schlagen Sie es auf?



Wie machen Sie Ihr Ei auf?

Vielleicht nutzen Sie in Ihrer Familie alle nur eine Variante, obwohl eine sinnvolle Alternative vorhanden wäre. Sie nutzen die Methode, die Sie traditionell kennen gelernt haben. Das gleiche gilt auch für höhere Kulturleistungen, wie etwa den Musikgeschmack: Asiatische Musik klingt in unseren westlichen Ohren eher fremd; man bleibt beim „Altbewährten“.

6

Kleine Geschichte des Lernens

Maschinelles Verständnis



Iwan Petrowitsch Pawlow (1849–1936) begründete die moderne Lernforschung.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts erforschte der russische Physiologe Pawlow das Verdauungssystem bei Hunden. Eines Tages stellte er mit Erstaunen fest, dass die Speicheldrüsen seiner Hunde schon aktiv waren, obwohl sie ihr Futter noch gar nicht fressen konnten. Es waren lediglich die Helfer im Raum, die mit den Futternäpfen klapperten. Pawlow fragte sich, ob es Lernprozesse waren, die die Reaktion der Hunde erklären konnten. Seine Experimente, die diese Frage beantworten sollten, sind auch heute noch weithin bekannt. Pawlow brachte seinen Hunden bei, den Speichel nicht nur beim Anblick eines saftigen Stücks Fleisch, sondern auch bei einem schnöden Glockenton fließen zu lassen. Dazu reichte es, dem Tier mehrfach ein Stück Fleisch und direkt danach den Glockenton zu präsentieren. Fleisch und Glockenton

wurden im Hundehirn so miteinander verknüpft, dass der Speichel nach mehreren Wiederholungen auch dann floss, wenn nur der Glockenton zu hören war. Diese Lernmethode wurde als „klassische Konditionierung“ berühmt. Pawlows Forschungen wurden zur Grundlage einer eher mechanistisch orientierten Psychologie. Man glaubte, mit verschiedenen Konditionierungsmethoden Tieren und Menschen alles mögliche beibringen zu können.

Zu Hochzeiten dieser Behaviorismus (von englisch behaviour = Verhalten) genannten Richtung war die so genannte Skinnerbox ein beliebtes Hilfsmittel der Lernforscher. Mit der Skinnerbox kann nach einer Methode gelehrt werden, die operantes Konditionieren genannt wird. Dabei erfolgt das Lernen durch Konsequenzen, die ein gezeigtes Verhalten hat: Eine Ratte erhält in einer Skinnerbox zum Beispiel dann automatisch eine belohnende Futterpille, wenn sie zwei Tasten in der richtigen Reihenfolge drückt. Oder sie lernt in einem anderen Experiment, einen Stromstoß zu vermeiden, indem sie verschiedene Hebel drückt. In beiden Fällen wird die Ratte den Hebel häufiger drücken (einmal um Futter zu erhalten, das andere Mal, um einen Stromstoß zu vermeiden). Diese Verhaltensänderung wird als Lernen bezeichnet.

Für die damalige Zeit waren diese Neuerungen nahezu revolutionär: Zum ersten Mal wurde Schülern zugestanden, ein individuelles Lerntempo zu haben. Nach dieser Auffassung benötigen langsamere Lerner „einfach“ nur mehr Zeit, um den gleichen Lernerfolg zu haben wie schnellere Mitschüler.

Der Mensch ist keine Lernmaschine

Von den strikten Behavioristen wurde es vehement abgelehnt, irgendwelche Aussagen über das innere Erleben des Lernenden zu machen, egal ob es sich um ein Tier oder einen Menschen handelt. Einer anderen Gruppe von Psychologen war aber klar, dass eigenes Erleben und Einstellungen eine entscheidende Rolle bei allen Lernvorgängen spielt. Die aus dieser Erkenntnis abgeleitete Psychologie stellte etwa seit den 60er Jahren das Individuum in den Vordergrund. Stark vereinfacht kann man sich das so vorstellen: Jeder vervollständigt beim Lernen seine persönliche Sicht der Welt. Alles was wir erleben, versuchen wir wie einen neuen Puzzlestein in unser eigenes „Weltbild-Puzzle“ einzubauen. Jeder von uns macht sich insgeheim ein anderes Bild der Welt und fügt deshalb einen neuen Stein auch an anderer Stelle ein. Daraus folgt ein Lernen, das dem mechanischen, behavioristischen Lernen genau entgegengesetzt ist: Anstatt Schüler durch „Unterrichtsprogramme“ zu schicken, muss man ihnen die Chance zu eigenen Erkundungen geben. Sie sollen aus Einsicht lernen und können dies um so besser, wenn sie nicht einem starren Lehrplan folgen müssen, sondern ihren Lernprozesse weitgehend selbst steuern können (vgl. hierzu Kapitel 7).

vocabulary
1989 $E=mc^2$
 $a^2+b^2=c^2$ Faust



Man glaubte seinerzeit, mit diesen Lernmethoden ein Patentrezept in der Hand zu haben und begann, sie in der Schule einzuführen. Viele Lehrbücher schmückten sich mit dem Untertitel „Programmierter Unterricht“ und Sprachlabors sollten den Fremdsprachenunterricht verbessern.

Ende der Glaubenskriege

Die große Aufregung um die richtige Lerntheorie hat sich gelegt. Derzeit versucht die Fachwelt nicht mehr, die ganz große, allumfassende Lerntheorie zu entwickeln. Man hat erkannt, dass viele Ansätze durchaus wertvolle Aspekte haben, aber das Gesamtphänomen „Lernen“ bei weitem nicht so umfas-

send beschreiben wie oft behauptet. So spielt das Lernen und Verlernen durch operante Konditionierung zum Beispiel bei Biofeedback-Verfahren (vgl. Kapitel 8) eine wichtige Rolle. Heute versucht man eher, Theorien für einzelne Lernarten, wie Problemlösen, oder verschiedene Lern- und Gedächtnisformen zu entwickeln.

Superlearning

Lernen im Schlaf. Wer wünscht sich das nicht? Gibt es tatsächlich „Wundermethoden“, mit denen man z. B. Fremdsprachen mühelos erlernen kann?

In den 60er Jahren entwickelte der bulgarische Arzt und Psychotherapeut Georgi Lozanov eine Technik, die als „Suggestopädie“ bezeichnet wird. Sie soll über einen ganzheitlichen Unterricht die rechte und linke Hirnhälfte gleichermaßen ansprechen: Analytisch-logische Fähigkeiten, die in der linken Hälfte des Gehirns angesiedelt sind, sollen mit musisch-künstlerischen (rechte Hälfte) verknüpft werden und so das Lernen fördern.

Aber erst nachdem eine modifizierte Methode von den amerikanischen Journalistinnen Sheila Ostrander und Lynn Schroeder als „Superlearning“ propagiert wurde, fand sie in den 80er Jahren eine größere Verbreitung, oft unter dem Motto „Lernen wie im Schlaf“. Das führte häufig zu Missverständnissen und überzogenen Erwartungen. Die unseriöse Werbung einiger Anbieter trug ihr Übriges bei. Pragmatisch betrachtet ist an einzelnen Elementen des Superlearning durchaus etwas dran: Wenn Lernen Spaß macht und stressfrei in einem angenehmen Lernklima erfolgt, ist es sicher erfolgreicher. So hört man beispielsweise vor und nach den Lern-



einheiten (auf der Kassette oder CD) entspannende Musik. Sich eine Sprache über verschiedene Kanäle – Musik, Sprechen, Entspannen, Grammatik – anzueignen, kann bestimmt sehr sinnvoll sein. Doch der oft teuer bezahlte Überbau, der daraus „Superlearning“ macht, ist weniger gewiss ein Erfolgsrezept. Dies ergab auch ein Test von Superlearning-Kursen der Stiftung Warentest. Zwischen „sehr gut“ und „mangelhaft“ schwankte die Qualität der geprüften Kurse. Dass seit Oktober 1988 kein neuer Test durchgeführt wurde, zeigt aber auch, wie sehr das Interesse am Superlearning abgeklungen ist. Einen Markt haben suggestopädische Sprachkurse vor allem noch dort, wo Mitarbeiter internationaler Unternehmen in Crash-Kursen schnell eine neue Sprache lernen müssen.

7

Lernen in der Schule

Kann man in der Schule lernen?

Fragen Sie sich manchmal auch, warum Sie das in der Schule Gelernte so schnell wieder vergessen haben? Oder haben Sie auch schon mal pauschal gesagt: „Physik, das verstehe ich nicht?“ Keine Sorge, damit stehen Sie nicht alleine da.

Unterricht – so wie er weitgehend auch heute noch in den Schulen stattfindet – entspricht den Vorstellungen von Wissenschaftlern, die in den 60er Jahren einen großen Einfluss auf das Lernen in der Schule hatten. Man ging damals davon aus, dass ein fleißiger Schüler all das lernen könne, was ihm der Lehrer (natürlich didaktisch angemessen!) darbietet. Das Lernen wurde also als eine Tätigkeit angesehen, die sehr stark von der Umwelt (Lehrer, Medieneinsatz in der Schule, etc.) abhängt.



Jean Piaget (1896–1980)

Aber schon der bekannte schweizer Entwicklungspsychologe Jean Piaget hatte herausgefunden, dass die Lerner

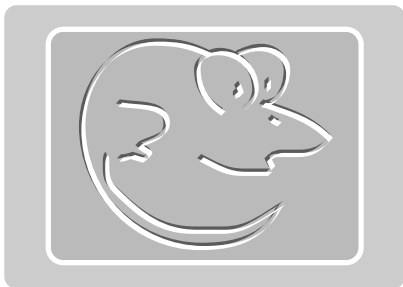
sehr aktiv sind, wenn sie Informationen aufnehmen und verarbeiten. Aktivität beim Lernen bedeutet, dass Schüler neue Informationen aktiv mit ihrem bereits vorhandenen Wissen (dem so genannten Vorwissen) in Verbindung setzen. Das heißt, sie interpretieren ständig die vom Lehrer dargebotenen Informationen. Das geschieht meist so, dass sich diese neuen Informationen in das jeweilige Vorwissen einpassen. Schüler konstruieren also neues Wissen auf der Basis ihres Vorwissens; und zwar so, dass das neu „Erlernte“ dem eigenen Wissen möglichst nicht widerspricht. Wie stark dieser „Konstruktionsdrang“ ist und welche fatalen Auswirkungen er haben kann, zeigen wir Ihnen am Beispiel einer Unterrichtsstunde in Sachkunde (s. S. 19).

Vermutlich ist es genau dieser – häufig missachtete – Aspekt des Lernens, der eine Antwort auf die eingangs gestellten Fragen nach dem schnellen Vergessen ermöglicht: Wenn ich etwas nicht richtig verstehe, lerne ich es zwar vielleicht noch für die nächste Prüfung auswendig. Aber direkt danach kann ich es ja „vergessen“.

Eine Gesellschaft, die händeringend nach gut ausgebildeten Fachleuten sucht, sollte also bei der Ausbildung ihrer Lehrer und Hochschuldozenten ansetzen. Eine Verdoppelung der Stundenzahl in bestimmten Fächern oder ähnliche – auf den ersten Blick plausible Forderungen – werden das Problem sicherlich nicht lösen können. Es ist fast unvorstellbar: In Nordrhein-Westfalen können Lehramtstudierende ihr Studium so gestalten, dass sie keine einzige Veranstaltung über die Psychologie des Lernens und Lehrens besuchen müssen. Außerdem werden sie fast ausschließlich von Professoren und Dozenten ausgebildet, die selber keinerlei Erfahrungen als Schul-Lehrer haben. Stellen Sie sich den Aufschrei

in unserem Land vor, wenn herauskäme, dass unsere Ärzte ausschließlich von Medizinhistorikern und Juristen ausgebildet würden! Vergleichbares geschieht aber bei der Lehrerausbildung, ohne dass es von der Öffentlichkeit überhaupt zur Kenntnis genommen wird.

Das Gehirn als Konstruktionsmeister



Was sehen Sie auf diesem Bild?

Bevor Sie sagen können, was in diesem Bild dargestellt ist, müssen Sie bereits einige Interpretationsleistungen vollbracht haben. Es wurden nämlich absichtlich viele Einzelheiten weggelassen. Um dem Bild trotzdem einen Sinn zu geben, nutzen wir unser Vorwissen: „Wo haben wir schon mal Ähnliches gesehen?“.

Nun sind in dieser Zeichnung aber zwei Bilder „versteckt“: Einige Betrachter sehen einen alten Mann mit Glatze, andere hingegen eine Maus. Hat man jedoch erst mal eine dieser Lösungen gefunden, fällt es schwerer, auch noch die andere zu erkennen. Es besteht die Neigung, an der einmal gefundenen Interpretation festzuhalten. Unser Vorwissen kann uns also sehr leicht dabei hindern, etwas Neues zu lernen.

Was hat das dieses Beispiel mit dem Lernen in der Schule zu tun? Das Experiment zeigt, wie sehr das Bemühen nach einer alternativen Deutung nachlässt, wenn man bereits

eine (für sich zufriedenstellende) gefunden hat. Übertragen auf den Unterricht bedeutet das, dass Schüler an ihren eigenen Erklärungen (etwa für Alltagsphänomene) sehr stark festhalten. Selbst wenn der Lehrer auf das falsche Verständnis hinweist, muss das nicht bedeuten, dass der Schüler sein Vorwissen „aufgibt“ und die Version des Lehrers annimmt! Das wusste übrigens schon Platon (427-348/47 v.u.Z.) vor weit mehr als 2000 Jahren: „Wenn einem Menschen bereits bekannt ist, was er lernen soll, gibt es keinen Grund, es noch zu lernen.“

Warum springt ein Ball?



Wir hatten die Möglichkeit, die Klasse 3d der Michaelschule in Münster bei einer Doppelstunde zu beobachten: Es ging um die spannende Alltagsfrage „Warum springt ein Ball?“. An dieser „echten“ Unterrichtsstunde ist ganz deutlich zu erkennen, welche Probleme das Vorwissen der Kinder mit sich bringen kann, wenn die Lehrerin darauf nicht oder aber falsch eingehen würde.

Einführungsphase – Warum springt ein Ball?



Uhrzeit	Verlauf der Stunde	Anmerkungen
10.05 Uhr	Die Lehrerin lässt einen mit Luft gefüllten Gummiball und eine Knetgummikugel auf den Boden fallen. Die Schüler stellen Vermutungen an, wieso der Ball springt, die Knetkugel jedoch nicht.	Die häufigste Vermutung ist die, dass es die Luft im Ball ist, die ihn springen lässt. Eine Rolle bei der Erklärung der Kinder spielt aber auch das Gewicht: „Die Knetkugel ist viel schwerer als der Ball.“
10.20 Uhr	Eine Schülerin erwähnt: „Ein Flummi, der ist ja auch gefüllt und da ist keine Luft drin und der springt ja auch hoch.“	An dieser Stelle hätte man erwarten können, dass dieser recht einleuchtende Einwand dazu führt, dass die anderen Schüler von ihrer Erklärung „es ist die Luft“ abrücken (siehe auch bei 10.30 Uhr).
10.25 Uhr	Die Lehrerin sammelt die Thesen und Vermutungen der Schüler an der Tafel: – „Es liegt an der Luft.“ – „Eine Eisenkugel springt nicht, weil sie zu schwer ist.“ – ...	Es werden alle Vorschläge der Kinder berücksichtigt – damit liegt auch das „Vorwissen“ offen. An der Tafel befinden sich also neben eher falschen auch richtige Antworten. Auch die richtige Vermutung wird als These an die Tafel geschrieben und soll von den Schülern später experimentell bewiesen werden.
10.30 Uhr	Die Lehrerin wirft einem Schüler einen handgroßen Vollgummiball zu. Er untersucht ihn und sagt: „Da ist Luft drin.“ Die Lehrerin zeigt einem anderen Schüler einen aufgeschnittenen Flummi. Er guckt ihn sich genau an und sagt dann: „Und da ist auch ein bisschen Luft drin – kann man nämlich hier sehen ...“	Diese beiden Beispiele zeigen sehr drastisch, wie starr man an der eigenen Meinung festhält. Die Schüler konstruieren, dass in dem Flummi Luft sei, obwohl sie ihn aufgeschnitten vor sich sehen. Ein Unterricht, der an dieser Stelle enden würde (ein Schüler hat ja bereits die Lösung gesagt) oder in dem der Lehrer zum Schüler sagt

„Aber du siehst doch, dass da keine Luft drin ist!“ wird kein Verständnis für diese Alltagsfrage hervorbringen.

10.35 Uhr Einige Schüler kommen auf die Idee, dass man die Delle vielleicht bei einem großen durchsichtigen Wasserball sehen kann.

Die Schüler können das direkt ausprobieren. Interessant ist hier natürlich: In diesem Wasserball ist auch Luft enthalten. Obwohl die Kinder die Delle sehen können, kann es sein, dass manch einer sich nun wieder bestätigt fühlt, dass es doch die Luft sei ...

10.40 Uhr Die Lehrerin zeigt eine Holzkugel: „Kann eine Holzkugel springen?“
Schüler: „Der kriegt keine Delle, springt aber trotzdem.“
Die Lehrerin steigt auf die Holzkugel. „Seht ihr eine Delle?“

Dass sich eine Holzkugel wie ein Flummi verformen kann, glaubt in der Klasse erst mal niemand.

Damit leitet die Lehrerin in die Experimentierphase über.

Experimentierphase – Der Delle auf der Spur



Anmerkungen

Uhrzeit **Verlauf der Stunde**
10.50 Uhr Lehrerin: „Überprüft bitte, ob auch harte Bälle springen und überlegt euch ein Experiment, mit dem man das beweisen kann.“

In der halbstündigen Experimentierphase bleibt genügend Zeit, um mit einer Vielzahl von Bällen die eigenen Vermutungen zu untersuchen. Für die vier Gruppen stehen auch berußte Bretter und Pauspapier zur Verfügung.

Die Schüler merken schnell, dass auch Holzkugeln gut springen. Wenn die Kinder eine Holzkugel auf das Pauspapier fallen lassen, hinterlässt sie auf einem darunter liegenden Blatt Papier unterschiedlich große Abdrücke. Die Schüler wissen sofort: „Das ist die Delle!“

Die Größe der Abdrücke entspricht der Größe der Dellen, die für den sehr kurzen Moment des Aufpralls in der Holzkugel entstehen. Dieses Experiment ist für die Schüler sehr eindrucksvoll. Sie probieren es immer wieder aus, um sich von der Richtigkeit ihrer Annahme zu überzeugen („Kann es wirklich sein, dass es nicht an der Luft liegt?“)

Ergebnisphase – Ist es wirklich die Delle?



Uhrzeit	Verlauf der Stunde	Anmerkungen
11.20 Uhr	Die Schüler zeigen sich in der Sitzrunde gegenseitig, wie sie die Delle in springenden Bällen nachweisen konnten. Ein Mädchen zeigt, wie groß der schwarze Abdruck auf einem Ball ist, wenn man ihn auf ein Brett mit Ruß auftrittschen lässt.	Die Schüler begründen mit ihren eigenen Worten, was sie sich bei dem Experiment gedacht haben. Wichtig ist, dass sie das Experiment dann ihren Mitschülern auch zeigen und erklären.
11.30 Uhr	Die Lehrerin hält eine faustgroße Eisenkugel in der Hand: „Springt diese Eisenkugel?“	Die Schüler sind jetzt doch wieder unsicher: Sich vorzustellen, dass auch die harte Eisenkugel eine Delle erhält, stellt das bisher Erlernte noch einmal auf eine harte Probe. Das zeigt sehr deutlich, wie schwierig es ist, die eigenen Vorstellungen über Bord zu werfen.
11.32 Uhr	Die Lehrerin lässt die schwere Eisenkugel auf einen umgedrehten flachen Stahltopf fallen. Die Kugel springt mehrmals hoch.	Die Schüler johlen, sind sich aber noch nicht sicher, ob es denn auch bei der Eisenkugel die Delle sein kann.
11.33 Uhr	Die Lehrerin wiederholt den Versuch mit der Eisenkugel nun mit dem Pauspapier.	Die Schüler sehen deutlich, dass sich auch bei der Eisenkugel unterschiedlich große Abdrücke ergeben. Erst jetzt kann man davon ausgehen, dass die Schüler das Phänomen wirklich verstanden haben.

Darum springt ein Ball – so kann man es auch sehen

Wenn Sie einen Ball aus einer bestimmten Höhe fallen lassen, saust er auf die Erde herab. Beim Aufprall auf den Boden verformt sich der Ball (und auch der Untergrund). Man muss nun zwischen zwei Grenzfällen – dem elastischen und dem plastischen Stoß – unterscheiden. (Das Bodenmaterial ist bei dieser Betrachtung immer elastisch; also z. B. aus Stein oder Holz.)

Beim elastischen Stoß (z. B. mit Flummi, Holzkugel oder Stahlkugel) kann man sich die Moleküle des Balls so vorstellen, als ob sie durch Federn miteinander verbunden wären und die inneren Kräfte versuchen, die Verformung wieder rückgängig zu machen: Dadurch springt der Ball wieder nach oben. Der Rückimpuls ist genau so groß wie der Hinimpuls, weil sich die Bewegungsenergie der riesigen Erde auf Grund eines fallenden Balles nicht in einer relevanten Größenordnung ändert. Wirft man eine Knetkugel auf den Boden (plastischer Stoß), wird sie sich allerdings nicht wieder von alleine zurückverformen: Hierbei wird die

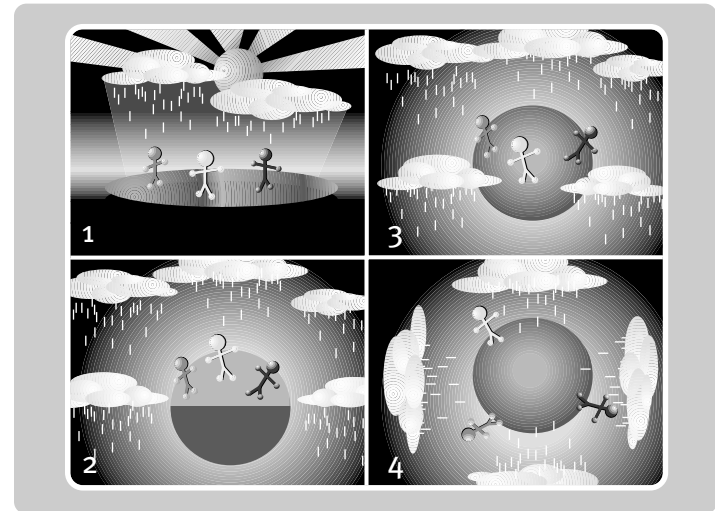
Bewegungsenergie (die die Knetkugel auf Grund der Fallgeschwindigkeit hat) in Wärme umgewandelt (innere Reibung): Die Knetkugel bleibt also verformt und wird dafür etwas wärmer. In der Realität ist eine Abgrenzung zwischen plastischen und elastischen Körpern jedoch kaum möglich: Es treten fast immer Mischformen auf, so dass verschiedene Bälle auch verschieden gut springen. Und noch eine Einschränkung muss gemacht werden: Durch die Reibung an der Luft geht ein Teil der mechanischen Energie in Wärme über, so dass Bälle auch aus diesem Grund mit jedem Mal etwas weniger hoch zurückspringen.

Ist die Erde eine Kugel?

Schon Kinder in der Grundschule können die Frage nach der Form der Erde richtig beantworten. Aber bedeutet das, dass sie auch wirklich verstanden haben, dass die Erde eine Kugel ist? Oder haben die Schüler so genanntes „träges Wissen“ erworben – Wissen, welches sie zwar in Prüfungen aufsagen können, nicht aber in Alltagssituationen anwenden können? Wenn Schüler auf die Frage nach der Form der Erde mit „rund“ antworten, könnte man meinen, dass sie es verstanden haben. Aber ist dem wirklich so? Ein Lehrer kann erst dann herausfinden, ob die Schüler eine korrekte Vorstellung von der Form der Erde haben, wenn er darüber hinaus Verständnisfragen stellt; z. B.: „Stelle dir vor, du befändest dich in einem Raumschiff, das in den Weltraum fliegt. Wie würde die Erde aus großer Entfernung aussehen?“ Lässt man Kinder dann die Erde mit Menschen und Regenwolken malen, findet man ganz unterschiedliche Darstellungen. Wir konnten das testen und haben Bilder von

verschieden alten Kindern erhalten. Die Zeichnungen ließen sich alle in eine der folgenden Kategorien einordnen.

Jüngere Kinder stellen die runde Erde als flache Scheibe dar (1). Dieses Verständnis ist bei über 12-Jährigen nicht mehr nachzuweisen. Bei jüngeren Kindern weit verbreitet ist weiterhin die Vorstellung von der Erde als Kugel; aber: Die auf ihr lebenden Menschen und die Wolken am Himmel werden in den Zeichnungen so dargestellt, dass sie sich ausschließlich auf der oberen Hälfte befinden (2). Auch diese Vorstellung ist bei Grundschulern weit verbreitet. Kaum noch vorhanden ist sie bei Jugendlichen, die älter als 14 Jahre sind. Bei Jugendlichen ist noch eine dritte Variante sehr häufig anzutreffen: Die Erde ist eine Kugel, auf der überall Menschen leben, aber stets mit nach „oben“ ausgerichteten Körper; die Wolken regnen teilweise aus der Erde heraus ins Weltall (3). Nur auffallend wenige Schüler (selbst im Alter von 14 bis 16 Jahren!) besitzen eine zutreffende Vorstellung von der Erde und der Wirkung ihrer Schwerkraft



So sehen Kinder die Erde. Näheres dazu im Text.

(4). Jedoch würden voraussichtlich alle Schüler auf die Frage, ob sie verstanden haben, dass die Erde eine Kugel sei, mit „Ja“ antworten.



Eine Zeichnung von der 10-jährigen Christiane Horstmann aus Münster

Wie Kinder in diesem Fall auf eine Warum-Frage antworten, zeigt folgender Dialog (aus einer Studie von Nussbaum und Novack):

Lehrer: Warum ist die Erde rund wie ein Ball?

Schüler A: Weil Straßen in Parks manchmal rund um Bäume herumführen.

Schüler B: Weil die Erde auf Hügeln und Bergen rund ist.

Lehrer: Von welchem Standort aus kann man am besten die Rundheit der Erde beobachten?

mehrere Schüler: Wir müssen nach oben in den Himmel gucken.

Schüler: Ja, die Erde ist zweimal vorhanden. Einmal da wo wir leben (=flach) und eine, die man im Himmel sieht und die ist rund.

Vielleicht hatte der Lehrer zur Visualisierung einen Globus mit in die Klasse gebracht; aber die Kinder konnten sich (zu Recht) nicht vorstellen, dass man auf so einem Ball leben kann. Der Gesprächsausschnitt zeigt deutlich, wie stark Schüler versuchen, neues Wissen mit ihrem Weltbild in Einklang zu bringen. Dass sie dabei häufig Vorstellungen entwickeln, die mit der Wirklichkeit wenig zu tun haben, ist genau der „Knackpunkt“, der insbesondere im naturwissenschaftlichen Unterricht bedacht werden muss. (Vgl. hierzu auch die spezielle Literaturliste im Anhang. Dort finden Sie weitergehende Informationen.)

Lernen am Simulator

Wer Ski fahren lernen möchte, macht seine ersten Rutschversuche auf gerader Strecke und am Übungshügel. Und mit dem Fahrrad fahren beginnt man auch auf dem Bürgersteig – meistens mit Stützrädern. Doch manche Tätigkeiten sind zu gefährlich, um sie direkt in der Wirklichkeit auszuprobieren.



Auch erfahrene Piloten müssen immer wieder am Simulator trainieren.

So werden in der Pilotenausbildung schon seit mehr als 50 Jahren Flugsimulatoren erfolgreich angewendet. Beständiger Fortschritt machte die Geräte immer besser. Sie sind heute so gut, dass man schon nach zehn Minuten vergisst, in einem Simulator zu sitzen.

Aber auch für Lkw- und Busfahrer können Simulatoren eine sinnvolle Ergänzung zur praktischen Fahrausbildung sein. Durch den Einsatz eines Simulators, den die Firma Dornier zurzeit entwickelt, soll die Ausbildung kostengünstiger, umweltfreundlicher und vor allem ungefährlicher werden. Denn bei einem Fahrfehler passiert im Simulator nicht viel: Das Programm

bleibt stehen, dem Fahrschüler wird die Gelegenheit gegeben, dieselbe Situation erneut zu üben. Bewusst wird darauf verzichtet, aufwändig einen Crash zu inszenieren. Solche Schock- und Frustrationserlebnisse fördern das Lernen nämlich nicht. Das besondere Plus des Simulators ist seine Vielseitigkeit. Es kann gezielt unter erschwerten Bedingungen gefahren werden (Regen, Nebel, Glatteis, Nacht). Außerdem können in aller Breite Gefahrsituationen geübt werden, die auf der Straße aus Sicherheitsgründen undenkbar sind: etwa riskante Ausweichmanöver oder Schlitterübungen auf glatter Straße. Oberstes Ziel der Simulatorenausbildung ist es zu lernen, durch vorausschauendes Fahren mögliche Gefahren zu vermeiden. Denn wenn ein großer Lkw erst einmal aus der Spur gerät, ist er auch mit noch so viel Fahrgeschick kaum wieder einzufangen.



Auch Fahrsimulatoren haben sich weiterentwickelt – hier ein Exemplar aus den 70er Jahren.

Die Technik eines modernen Fahrsimulators ist nicht weniger anspruchsvoll als die eines Flugsimulators. In einer Kuppel steht ein Original-Lkw-Führerhaus. Alle Bedienelemente sind mit dem Simulator verbunden.



Elektrische Stelzen sorgen im Simulator für ein realitätsnahes Fahrgefühl.

Motoren sorgen für den nötigen Lenkwiderstand und eine realitätsnahe Geräuschkulisse kommt aus dem Lautsprecher. Die 210-Grad-Rundumsicht werfen vier Projektoren auf die bogenförmige Leinwand. Für jeden der drei Rückspiegel ist ein weiterer Projektor zuständig. Echt wird das Fahrgefühl aber erst durch die Beweglichkeit der gesamten Simulorkuppel. Mit mehreren Elektroschindeln lässt sie sich blitzschnell in jede erdenkliche Richtung kippen. So können die beim Beschleunigen, Bremsen und Kurvenfahren auf den Fahrer einwirkenden Kräfte realitätsnah simuliert werden.

Kranksein verlernen

Leiden Sie vielleicht öfter unter einem verspannten Nacken? Können Sie ihre verspannten Muskeln auf Kommando entspannen? Natürlich nicht, das wäre zu einfach. Aber mit Hilfe der Biofeedbackmethode könnten Sie es erlernen. Das klingt fantastisch, ist mittlerweile aber durch viele internationale Studien belegt. Es ist möglich, die Kontrolle über eigentlich unbewusste Körperfunktionen zu erlernen. Dabei benutzen Biofeedback-Therapeuten das einfachste und erfolgreichste Lernprinzip – nämlich das Lernen am Erfolg.

Damit man überhaupt bewusst wahrnimmt, dass man seine Nackenmuskeln verspannt, benötigt man Informationen über den jeweiligen Muskelzustand. Das ermöglicht ein Biofeedbackgerät, das mit Hautelektroden den Spannungszustand der Muskeln misst. Sind die Muskeln verspannt, ertönt ein unangenehmer Ton, der erst wieder verschwindet, wenn sich die Verspannung gelöst hat. Wer eine Weile mit diesem Gerät übt, lernt, wie er seine Haltung verändern muss, damit dieser Ton und damit auch die Verspannung verschwindet.



In unserer Sendung entspannte Ranga Yogeshwar seine Nackenmuskulatur mit Biofeedback.

Auch wenn die Anwendung eines solchen Biofeedbackgerätes relativ einfach ist, sollte sie immer von einem kompetenten Biofeedback-Therapeuten überwacht werden. Ein gutes Muskelfeedbackgerät ist zudem teuer und eine private Anschaffung lohnt sich daher nicht. Solche Biofeedbacksysteme sind auch deswegen so erfolgreich, weil viele Krankheiten von unserem Körper erst „erlernt“ werden. Rückenbeschwerden oder Spannungskopfschmerzen entstehen beispielsweise, weil jemand sich eine falsche Haltung angewöhnt und sie so quasi erlernt hat.

Aber Biofeedbacksysteme können auch bei viel komplexeren Krankheiten erfolgreich sein. Epilepsiepatienten lernen damit, ihre eigenen Anfälle zu kontrollieren. Ein epileptischer Anfall entsteht, wenn ganze Verbände von Nervenzellen übererregbar sind und plötzlich anfangen, unkontrolliert Nervenimpulse abzufeuern. Ein Epilepsiepatient, der mit einem Biofeedbacksystem übt, ist dabei an ein EEG-Gerät angeschlossen, das den Erregungszustand seines Gehirns misst. Ein Computerprogramm wertet diese Daten aus. Sind die Gehirnwellen in einem normalen Zustand, erscheint auf dem Monitor ein Ball, der sich in ein Tor bewegt. Dadurch weiß der Patient: Ich mache alles richtig. Natürlich dauert es eine Weile, bis man gelernt hat, seine Gehirnwellen zu kontrollieren. Aber die Mühe lohnt sich, denn bei 30 Prozent aller Epilepsiepatienten helfen keine Medikamente. Die Biofeedbackmethode ist zwar nicht für jeden Patienten geeignet. Da sie aber weder schmerzhaft ist noch Nebenwirkungen hat, sollte sie einen Versuch wert sein. Mit einem Problem haben die Biofeedback-Forscher und -Therapeuten allerdings zu kämpfen: Die hohen Kosten für die Therapie übernimmt zurzeit noch keine Krankenkasse. (Informationen erhalten Sie über die Deutsche Gesellschaft für Biofeedback. Ihre Anschrift finden Sie hinten im Adressteil.)

9 Gelernt – und vergessen

Das gewöhnliche Vergessen



Heute gewusst und morgen vergessen?

Viele Fragen zum Vergessen können Wissenschaftler bis heute noch nicht beantworten. Das fängt damit an, was Vergessen überhaupt ist. Sind die Informationen tatsächlich ausgelöscht oder haben wir vielmehr ein Zugriffsproblem, können also die nach wie vor gespeicherten Gedächtnisinhalte nur nicht wiederfinden? Bevor man überhaupt von Vergessen sprechen kann, muss man sich im Klaren darüber sein, ob das vermeintlich Gelernte überhaupt schon in das Langzeitgedächtnis gelangt war (vgl. auch Kapitel 1). Viele Menschen behaupten, sie hätten ein schlechtes Namensgedächtnis. Häufig ist es aber so, dass sie dem Namen einfach nicht genug Aufmerksamkeit beigemessen und ihm so den Eintritt ins Langzeitgedächtnis verwehrt haben. Und was dort nicht angekommen ist, kann später natürlich auch nicht erinnert werden. Normalerweise ärgern wir uns, wenn wir etwas vergessen haben. Führt man sich jedoch die eigentliche Funktion des Lernens vor Augen – eine beschleunigte Anpassungsfähigkeit an veränderte Umweltbedingungen (vgl. Kapitel 1) –, dann erscheint Vergessen durchaus sinnvoll.



Wer den alten Ballast über Bord wirft, kann sich im Hier und Jetzt auf die wichtigen Dinge besser konzentrieren. In der Regel funktioniert diese „Müllabfuhr des Gehirns“ ganz automatisch: An die meisten Dinge können wir uns umso schlechter erinnern, je länger sie zurückliegen. Weniger schnell vergessen wir, wenn ein Ereignis emotional sehr bedeutsam war (das erste Rendezvous) oder wir etwas immer und immer wieder gemacht oder geübt haben (Schwimmen). Was wir auf Dauer behalten, ist also sehr selektiv. Unser Gedächtnis wird dadurch ein wesentliches Element der eigenen Persönlichkeit. Ein Patient namens E. D., der nach einem Reitunfall sein „episodisches Gedächtnis“ verloren hatte, stand vor dem autobiografischen Nichts. In diesem Teil des Gedächtnisses werden persönliche Lebenserinnerungen gespeichert. Wenn es durch eine Krankheit zerstört ist, kann man sich vielleicht noch an in der Schule gelernte Fakten erinnern, nicht aber zum Beispiel an seine Schulfreunde. Noch gravierender sind die Auswirkungen der Alzheimer'schen Krankheit (vgl. S. 28). Aus eigener Erfahrung weiß jeder, dass man Gedächtnisinhalte am besten assoziativ wiederfindet. Wer den

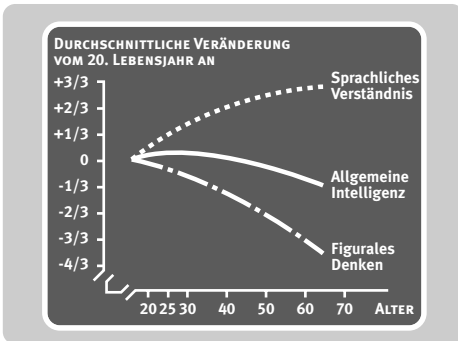
Namen eines Schulfreundes vergessen hat, erinnert sich vielleicht, wenn er ein Foto sieht oder die Stimme hört. Je mehr solcher Zusatzinformationen vorhanden sind, um so besser kann man sich erinnern. Offenbar müssen ganz bestimmte Muster von Nervenzellen gleichzeitig erregt sein, damit wir das Erinnerte wirklich vor Augen haben. Das Vergessen könnte also ein Mechanismus sein, der dafür sorgt, dass die Erregung nicht überhand nimmt. Denn wenn wir ständig von Erinnerungen überschwemmt würden, könnten wir uns kaum auf eine Sache konzentrieren. Obendrein könnte Vergessen eine Strategie sein, um Energie zu sparen. Denn unser Gehirn ist ein großer Energieverbraucher.

Es liegt mir auf der Zunge ...

Ein holländischer Gedächtnisforscher machte einen Selbstversuch. Er notierte seine Erlebnisse täglich auf Karteikarten. Sechs Jahre später fragte ihn seine Sekretärin nach den Ereignissen jedes Tages. Manchmal brauchte er starke Hilfen, um sich zu erinnern. Zum Beispiel verriet sie ihm, mit wem er an einem bestimmten Tag gesprochen hatte. Dann konnte er sich gut an den Gesprächsinhalt erinnern. So konnte der Wissenschaftler sich an jeden Tag der vergangenen sechs Jahre erinnern. Keine einzige Gedächtnisspur war also wirklich ausgelöscht. Oft scheinen nur die nötigen Abrufreize zu fehlen, um sich an ein Ereignis zu erinnern.



Gedächtnisprobleme im Alter



Erfahrung zählt: Wer älter wird, hat ein besseres Sprachverständnis, aber größere Mühe eine neue Sprache zu lernen.

Auch wenn viele Kinder die Schule als wahre Last empfinden, nie lernt es sich so einfach wie in jungen Jahren. Besonders eindrucksvoll zeigt sich dies bei Sprachen. So mühelos wie als Kind lässt sich eine Sprache später nicht mehr lernen. Genauso gewiss erscheint vielen der Abbau geistiger Fähigkeiten im Alter (wie etwa das Lernvermögen). Dass manches im Alter schwerer fällt als in jungen Jahren ist wohl unvermeidlich; doch wie sehr, das ist individuell sehr unterschiedlich ausgeprägt. Das Sprichwort „Wer rastet, der rostet“ scheint im Alter tatsächlich zu gelten. Forscher konnten an älteren Nonnen beobachten, dass, wer sich geistig rege betätigt, den intellektuellen Verfall offenbar abmildern kann. Lange Zeit nahm man an, dass die für das Alter typischen Defizite auf einen Abbau von Nervenzellen zurückzuführen seien, wie er in extremer Form bei der Alzheimerschen Krankheit auftritt. Nach neueren Ergebnissen ist aber nicht ein Abbau der Nervenzellen, sondern auch eine Beeinträchtigung der so genannten Langzeitpotenzierung (LPT, s. S. 8) Ursache für die größeren Schwierigkeiten älterer Menschen beim Lernen

und Erinnern. Diese LPT findet vor allem im „Tor zum Gedächtnis“, dem Hippocampus, statt. Ein Verlust von Andockstellen, die die Übertragung von Nervenreizen ermöglichen, könnte eine Ursache für Vergesslichkeit im Alter sein.

Programmiertes Vergessen: Alzheimer

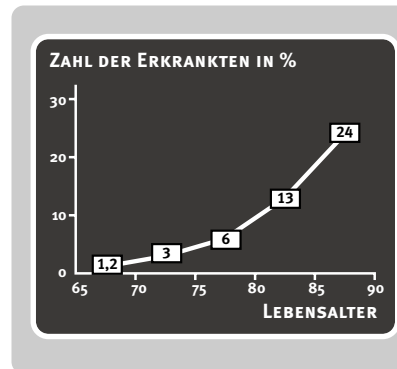
Nimmt das Wissen im Leben durch Lernen stetig zu, so ist die andere Seite der Medaille das Vergessen. Alzheimer ist eine Krankheit, die wie keine andere für diesen „Umkehrprozess“ des Lernens steht. Benannt ist diese bisher unheilbare Krankheit nach dem deutschen Arzt Alois Alzheimer (1864–1915), der schon 1906 das erste Mal über eine Patientin berichtete, die unter zunehmender Gedächtnisschwäche litt. Knapp eine Million Menschen leiden heute in Deutschland an einer Form einer Hirnleistungsstörung (Demenz). Zwei Drittel davon sind an Alzheimer erkrankt.



Alzheimer kann jeden treffen. Rita Hayworth und Ronald Reagan erkrankten an dieser tückischen Krankheit.

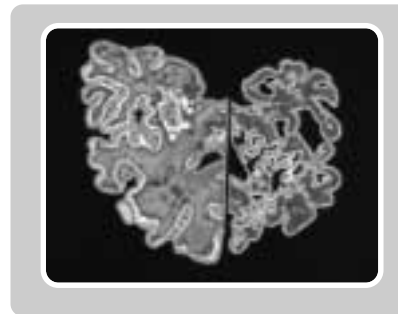
Die meisten der an Alzheimer erkrankten Menschen sind Frauen über 65 Jahre. Auf Grund der immer älter werdenden Bevölkerung nimmt die Zahl der Erkrankungen zu. In der Altersgruppe der 70- bis 74-Jährigen sind rund drei Prozent von einer Demenz betroffen, bei 85- bis 89-Jährigen bereits 24 Pro-

zent. Der Umgang, die Behandlung und die Pflege von Menschen, die an Alzheimer erkrankt sind, gehören schon heute zu den bedeutendsten Problemen im Gesundheitsbereich unserer westlichen Gesellschaften, die sich durch eine hohe Lebenserwartung auszeichnen.



Der wachsende Bevölkerungsanteil alter Menschen in der Gesellschaft sowie die zunehmende Zahl sehr alter Menschen, hat zu einem starken Anstieg der Demenz-Erkrankungen geführt.

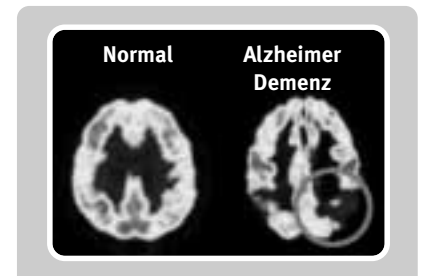
Diagnose und Verlauf der Erkrankung



Alzheimer: Man erkennt deutlich den Gehirnmassenverlust; links ein gesundes, rechts ein erkranktes Gehirn.

Alzheimer ist eine Erkrankung des Gehirns, bei der die Gehirnmasse im Verlauf der Krankheit immer weiter abnimmt.

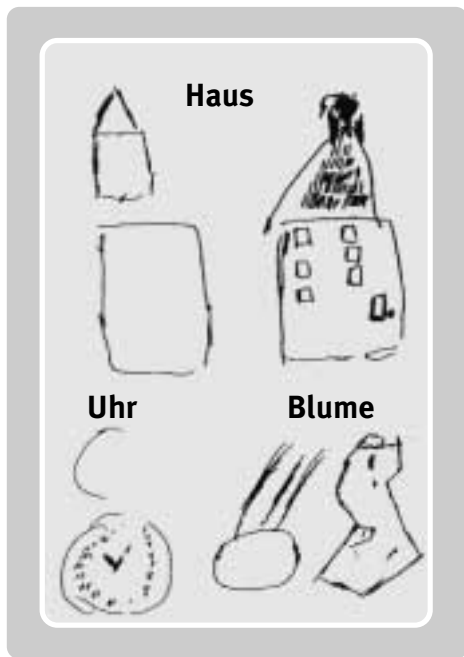
Eine sichere Diagnose zu Lebzeiten ist auch heute noch nicht möglich. Man kann aber mit der so genannten Positronenemissionstomografie (PET) den Glukosestoffwechsel im Gehirn sichtbar machen. Bei Alzheimerpatienten ist der Stoffwechsel auf Grund abgestorbener Nervenzellen vor allem in den Bereichen des Gehirns reduziert, die mit Lernen, kognitiven und intellektuellen Fähigkeiten zu tun haben (Großhirnrinde).



In der Großhirnrinde eines an Alzheimer erkrankten Menschen findet nur noch ein reduzierter Stoffwechsel statt (dunkler eingekringelter Bereich).

In so genannten Memory-Kliniken können Ärzte und Psychologen außerdem durch spezielle Ausschluss-Tests (z. B.: Zeichnen von vorgegebenen Begriffen) die Diagnose untermauern. Dort werden auch die Angehörigen über die Krankheit und ihren Verlauf aufgeklärt. An Alzheimer erkrankte Menschen erleben oft zunächst noch sehr bewusst, dass „in ihrem Kopf etwas nicht stimmt“. Zuerst beginnt alles relativ harmlos mit Gedächtnisproblemen. In der Regel sind diese Menschen nicht sonderlich in ihrer Arbeit und Freizeit eingeschränkt. Dadurch, dass im Verlauf der Krankheit immer größere Bereiche des Gehirns betroffen sind, bekommen die Menschen später auch Sprachschwierigkeiten, können immer weniger Probleme lösen und ihr Urteilsvermögen ist vermindert. Zudem

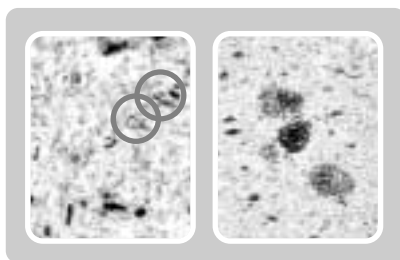
stellt sich irgendwann eine Art innere Unruhe ein, die durch einen starken Bewegungsdrang gekennzeichnet ist. Alzheimerpatienten versinken immer mehr in der Krankheit und bekommen immer weniger von ihrer Umwelt mit. Sie vergessen sogar Familienangehörige, können später nicht mehr selbstständig essen oder normal gehen. Das Endstadium der Krankheit ist dann meist durch viele körperliche Fehlfunktionen geprägt. Die Menschen verlieren im Krankheitsverlauf immer mehr von ihrer Persönlichkeit und werden sozusagen wieder zum Kleinkind. Im gleichen Maße wie das Verstehen bei diesen Menschen abnimmt, wird aber oft beobachtet, dass die Gefühlsebene dieser Menschen stark zunimmt – es entwickelt sich ein großes Bedürfnis nach Nähe. Auf der anderen Seite können jedoch auch Aggressionen auftreten.



Diese Bilder erinnern an Kinderzeichnungen. Menschen, die an Alzheimer leiden, gelingt es immer schwerer, detailgenau zu zeichnen.

Was passiert im Gehirn bei Alzheimer-Patienten?

Für das Absterben von Nervenzellen im Gehirn werden vor allem zwei Veränderungen verantwortlich gemacht, die man bei Gehirnschnitten unter dem Mikroskop erkennen kann; sie sind typisch für eine Alzheimer-Erkrankung. Zum einen fanden Wissenschaftler deutliche Eiweißablagerungen (so genannte Amyloid-Plaques).



„Amyloid-Plaques“ (links) und „Tangles“ (rechts) führen zum Absterben von Nervenzellen.

Die Plaques entstehen dadurch, dass es beim ganz gewöhnlichen Abbauprozess von Nervenzellen in lösliche Bestandteile zu einer Fehlfunktion kommt. Dabei werden Eiweiße in Bruchstücke geschnitten, die so nicht mehr vom Körper abgebaut werden können. Diese lagern sich dann mit anderen Bestandteilen zu den Plaques zusammen. Diese Plaques wiederum führen zu Funktionsbeeinträchtigungen und wirken letztendlich toxisch, da sie zum Absterben von Nervenzellen im Gehirn führen.

Die Entstehung der Tangles wird vor allem mit einem bestimmten Eiweiß in Verbindung gebracht: dem Tau-Protein. Dieses Protein ist ein wesentlicher Bestandteil des Zellgerüsts, das bei der Alzheimer-Erkrankung wegbricht. Somit verliert die Nervenzelle ihre Struktur und der Nährstofftransport innerhalb der Zelle wird unterbunden. Auch hier ist die Folge das Absterben von Nervenzellen.

Nur bei einem kleinen Teil (etwa zwei Prozent) der an Alzheimer leidenden Menschen ist die Krankheit vererbt worden. Ein durch Mutation hervorgerufener Gendefekt verursacht hierbei Alzheimer. Bei der genetisch bedingten Variante beginnt die Krankheit in der Regel sehr viel früher als mit 65 Jahren. Im schlimmsten Fall kann Alzheimer dann schon mit etwa 30 Jahren auftreten. Die Symptome sind jedoch dieselben, wie bei der spät einsetzenden Form der Erkrankung. Zwei Drittel der an Alzheimer erkrankten Menschen werden zu Hause von Angehörigen versorgt. Der im Verlauf der Krankheit immer größer wer-

Wichtig ist auch eine gute Tagesstrukturierung, z. B. durch die regelmäßigen Mahlzeiten. Fortschrittlich geführte Heime zeichnen sich dadurch aus, dass individuelle Frühstücksgewohnheiten und -zeiten berücksichtigt werden. Die Auswahl eines Heims oder die Überlegung, selbst eine Art Alzheimer-Wohngemeinschaft mit anderen Betroffenen zu gründen, muss sicherlich gut überlegt sein. Häufig führt eine solche Lösung aber für alle Betroffenen zu einer großen Erleichterung.

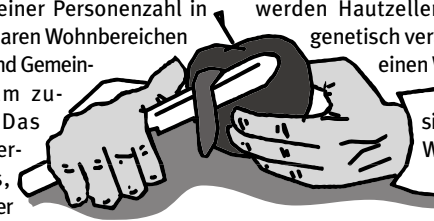
Eine Chance auf Heilung?

Alzheimer ist bis jetzt noch nicht heilbar. Bisher werden zwar relativ erfolgreich Glutamat-Antagonisten oder Acetylcholinesterase-Hemmer eingesetzt. Diese Medikamente können den Verlauf der Krankheit aber lediglich hinauszögern, sie jedoch nicht heilen. Trotzdem ist eine frühzeitig beginnende Behandlung von Alzheimer wichtig.

Auch wenn sehr viel Geld in die Erforschung von Alzheimer fließt, ist immer noch kein Durchbruch gelungen. Von den unzähligen Therapieversuchen, kommt das jüngste Beispiel aus den USA. Ein kalifornisches Forscherteam um den Wissenschaftler Mark Tuszynski setzt bei der Behandlung von Alzheimerpatienten auf eine Gentherapie. Dabei werden Hautzellen der Patienten genetisch verändert, damit sie einen Wachstumsfaktor produzieren, der sich positiv auf das Wachstum von Nervenzellen auswirkt. Diese werden dann direkt in das Gehirn injiziert. Die Nebenwirkungen dieser Behandlungsmethode sind allerdings noch nicht geklärt. In Deutschland ist diese Form der Therapie allerdings nicht erlaubt.

Leben zu Hause oder im Heim?

dende Pflegeaufwand beansprucht die Angehörigen aber sehr stark, da man die erkrankte Person in der Regel rund um die Uhr betreuen muss. Ob das Heim eine richtige Lösung ist, muss individuell geklärt werden. Leider gibt es erst sehr wenige Pflegeeinrichtungen, die den speziellen Anforderungen gerecht werden. Einige Heime sind jedoch auf die Pflege von an Alzheimer erkrankten Menschen ausgerichtet und mit genügend Fachpersonal ausgestattet. Diese Einrichtungen bieten den Kranken beispielsweise gute Orientierungshilfen vor Ort. Die Menschen leben in kleiner Personenzahl in überschaubaren Wohnbereichen mit Küche und Gemeinschaftsraum zusammen. Das Personal vermeidet es, die Bewohner mit ihren Schwächen zu konfrontieren. Vielmehr ist man bemüht, die noch vorhandenen Fähigkeiten – beispielsweise das Schälen von Obst und Gemüse – positiv wahrzunehmen.



Lerngene gibt es viele

Irgendwann ist die Lernpille da – das glaubt auch Erik Kandel. Er ist Hirnforscher und hat bereits vor dreißig Jahren die wichtigsten neurobiologischen Grundlagen des Lernens bei

der Meeresschnecke *Aplysia*

untersucht. Dafür erhielt

Erik Kandel im Jahr 2000

den Nobelpreis für

Medizin.

Er forscht

in seinem

New Yorker Labor auch

heute noch an den lernfähigen

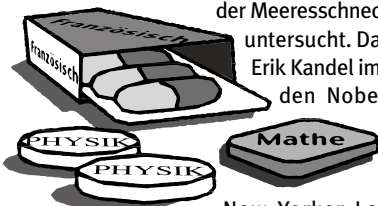
Schnecken. Sie eignen sich so gut für

seine Experimente, weil sie ein über-

schaubares Nervensystem mit

besonders großen Nervenfasern

besitzen.



Erik Kandel sagt über die Schnecke „*Aplysia*“: „Sie sieht aus, wie eine große Kartoffel mit Ohren ... aber sie lernt wirklich alles.“

Andere Forschungsgruppen arbeiten mit Mäusen als Modelltier. Mit ihrer Hilfe will Erik Kandel eine Gedächtnispille entwickeln. Sie soll aber in erster Linie nicht die Lernfähigkeit von gesunden Patienten verbessern, sondern beispielsweise

Alzheimerpatienten helfen, ihr Gedächtnis und ihre Lernfähigkeit nicht zu verlieren. Erik Kandel hat schon ein Eiweiß entdeckt, das bei Lernprozessen eine Rolle spielt. Aber das haben andere Forscher auch. Anfang der 90er Jahre verkündeten die Fachzeitschriften immer wieder, irgendein Wissenschaftler habe ein Eiweiß entdeckt, das zentral für alle Lernprozesse verantwortlich sei, und durch dessen Entdeckung eventuell auch eine Lernpille möglich sei. Dem amerikanischen Wissenschaftler Joe Z. Tsien gelang es immerhin, durch gentechnische Eingriffe eine Maus zu züchten, die in Lernexperimenten deutlich besser abschneidet als ihre gewöhnlichen Verwandten. Aber trotz solcher Erfolge: Eine Lernpille gibt es bislang nicht.

Der Multiproteincomputer

Das liegt daran, dass das Lernen auf molekularer Ebene sehr viel komplizierter ist, als man bislang glaubte. Es gibt wohl nicht den einen Schalter im Gehirn, den man bedienen muss, um lernen oder besser lernen zu können. Der britische Wissenschaftler Seth Grant von der Universität Edinburgh hat möglicherweise eine Lösung für dieses Problem gefunden. Er fand heraus, dass sehr viele von den neu entdeckten Lerneiweißen zusammenkleben. Seiner Theorie zufolge bilden sie eine Art Multiproteincomputer, das so genannte Hebbosom. Dieser Multiproteincomputer sitzt vermutlich in den Synapsen der Nervenzellen. Er wertet das Aktivierungsmuster der eingehenden Impulse aus. Wenn die Zelle wiederholt gereizt wird, bemerkt das Hebbosom das und veranlasst einige Änderungen an der Zelle, zum Beispiel, dass mehr Botenstoffe freigesetzt werden, damit der Impuls besser übertragen werden kann. Das ist

sehr wichtig für Lernprozesse (s. Seite 8). Ein Medikament, das Lernen und Gedächtnis verbessert, könnte an dieser Stelle ansetzen, indem es die Funktion des Multiproteincomputer Hebbosom beeinflusst. Aber trotz aller Forschungserfolge sieht es im Moment nicht so aus, als würde demnächst so ein Wirkstoff auf den Markt kommen. Erik Kandel dagegen ist viel optimistischer. Er glaubt, dass es nur noch fünf bis zehn Jahre dauert, bis es soweit ist.

ALISON GOPNIK, PATRICIA KUHLMAN, ANDREW MELTZOFF

FORSCHERGEIST IN WINDELN – WIE IHR KIND DIE WELT BEGREIFT

ARISTON, 2000, 293 SEITEN, ISBN 3-7205-2150-8, DM 36,-

Die drei amerikanischen Autoren sind selbst Entwicklungspsychologen. Sie führen auf faszinierende Weise vor, zu welchen Höchstleistungen Babys fähig sind. Sie vergleichen Kinder mit Wissenschaftlern, da sie vom ersten Tag an die Welt erforschen. In dem Buch werden aktuelle Studien vorgestellt – so spannend und unterhaltsam, dass man gar nicht merkt, wie viel man gerade über die lernfähigen Kinder lernt.

HOLK CRUSE, JEFFREY DEAN, HELGE RITTER

DIE ENTDECKUNG DER INTELLIGENZ – ODER: KÖNNEN AMEISEN DENKEN?

DEUTSCHER TASCHENBUCHVERLAG MÜNCHEN, DTV 33064, 2001, ISBN 4-423-33064-3, DM 19,50

Intelligenz ist ohne Lernen nicht vorstellbar. Lange Zeit hat man versucht, beiden Phänomenen durch Untersuchungen am menschlichen

Gehirn auf die Schliche zu kommen. Die Autoren dieses Buches verfolgen einen anderen, sehr aktuellen, wissenschaftlichen Ansatz: An einfachen Organismen, wie Insekten oder ein-

fachen Robotern, lassen sich die grundlegenden Prinzipien intelligenter Verhaltensweisen

viel einfacher studieren als am menschlichen Gehirn mit seinen Milliarden von Nervenzellen.



DIETER BRINKMANN
**MODERNE LERNFORMEN UND LERN-
TECHNIKEN IN DER ERWACHSENEN-
BILDUNG: FORMEN DES SELBSTGE-
STEUERTEN LERNENS**
IFKA, BIELEFELD 2000
In dieser Studie werden die wichtigsten
Lern Techniken (auch Superlearning
u.a.) – vorgestellt und eingeordnet.

WINFRIED RIEF UND NIELS BIRBAUMER
**BIOFEEDBACK-THERAPIE – GRUND-
LAGEN, INDIKATION UND PRAKTISCHES
VORGEHEN**
SCHATTAUER VERLAG, 2000, 1. AUFLAGE,
244 SEITEN, ISBN 3-7945-1968-X,
DM 69,-
Das Buch richtet sich eher an Ärzte
und Therapeuten, die sich für die
Biofeedbacktherapie interessieren.
Ohne medizinische Vorkenntnisse
ist es nur schwer zu verstehen. Es wer-
den verschiedene Biofeedback-
Therapien vorgestellt.

FREDERIC VESTER
**DENKEN, LERNEN, VERGESSEN – WAS
GEHT IN UNSEREM KOPF VOR, WIE
LERNT DAS GEHIRN, UND WANN LÄSST
ES UNS IM STICH?**
DEUTSCHER TASCHENBUCHVERLAG
MÜNCHEN, DTV 33045, 27. AUFLAGE,
2000, ISBN 3-423-33045-7, DM 16,50
Trotz gegenteiliger Beteuerungen
im Vorwort ist dieses Buch seit der
Erstauflage in den 70er Jahren nicht
wirklich überarbeitet worden. Es
kann als veraltet gelten.

ALZHEIMER EUROPE (HG.)
**„LIEBE OMA“ – EIN KINDERBUCH
ZU BESTELLEN BEI DER DEUTSCHEN
ALZHEIMER-GESELLSCHAFT (ADRESSE
S.U.), DM 10,-**
Das Buch zeigt in 70 Seiten Höhen
und Tiefen, die eine Familie erleben
kann, wenn ein Mitglied an Alzheimer
erkrankt. „Liebe Oma“ ist eine Art
Tagebuch (illustriert mit Zeichnungen)
von Lukas und seiner kleine Schwester

Julia und ihre Sichtweise auf die
Dinge. Dabei kommt heraus, dass
Kinder die schwierigen Situationen
der Krankheit oftmals besser bewäl-
tigen als ihre Eltern. Einfach und
auf den Punkt gebracht. Empfehlens-
wert nicht nur für Kinder.

Zeitschriftenartikel

JENS UND AXEL BRANER
**ALZHEIMER – IM ENDSTADIUM STEHT
MAN WIEDER AM ANFANG**
IN: UNTERRICHT BIOLOGIE, HEFT 233
„NEUROBIOLOGIE“, APRIL 1998, S.
48-49
Nicht jeder, der sich über seine Ver-
gesslichkeit wundert, hat eine Demenz
vom Alzheimer-Typ.

JÜRGEN LETHMATE
INTELLIGENZ VON ORANG-UTANS
IN: SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT,
11/1994, S. 78–89
Eine lebendig geschriebene Schilder-
ung der Intelligenz von Orang Utans
und Schimpansen.

ERIC R. KANDEL
KLEINE VERBÄNDE VON NERVENZELLEN
IN: SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT
1983: GEHIRN UND NERVENSYSTEM,
REIHE VERSTÄNDLICHE FORSCHUNG,
ISBN 3-922508-21-9, S. 76–85
Ein ausführlicher Artikel über die
Erforschung der Lernmechanismen bei
der Meeresschnecke Aplysia.

HANS J. MARKOWITSCH
**NEUROPSYCHOLOGIE DES GEDÄCHT-
NISSES**
IN: SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT,
SEPTEMBER 1996, S. 52 FF.
Ein guter Übersichtsartikel über die
psychologische Gedächtnisforschung.

FRANZ E. WEINERT
**WISSEN UND DENKEN. DIE UNTER-
SCHÄTZTE BEDEUTUNG DES GEDÄCHT-**

NISSES FÜR DAS MENSCHLICHE DENKEN.
IN: NATURWISSENSCHAFTLICHE RUND-
SCHAU 5/1997, 169–174
Weinert erörtert, warum ein Schach-
spieler nur durch Übung gut wird, was
einen Experten von einem intelli-
genten Novizen unterscheidet und
warum allgemeine intellektuelle
Fähigkeiten nicht reichen, wenn
inhaltsrelevantes Wissen fehlt. Ein kri-
tischer Blick auf die These: „Es reicht
zu wissen, wo es geschrieben
steht.“GERD MIETZEL

Bücher zum Thema „Lernen in der Schule – Konstruktivismus“

**PÄDAGOGISCHE PSYCHOLOGIE DES
LERNENS UND LEHRENS**
HOGREFE-VERLAG GÖTTINGEN, 6.
AUFLAGE, 2001, ISBN 3-8017-1436-
5, DM 69,00
Mit der 6. Auflage liegt dieses umfas-
sende Werk in einer aktuellen und sehr
verständlichen Form vor. Die neuen
Erkenntnisse aus der Pädagogischen
Psychologie, die in jüngerer Zeit
eine vollständige Neuorientierung
erfahren hat, sind hier ausführlich dar-
gestellt. Besonders positiv fällt auf,
dass die Theorien nie ohne ihren kon-
kreten Bezug zum Unterricht darge-
stellt werden.
Beim Lesen des Buches wird klar,
warum Schule „eigentlich“ gar nicht
funktionieren kann und was sich
ändern muss, damit Lehrer nicht
weiterhin vor allen Dingen „träges“
Wissen vermitteln, sondern Schüler
in die Lage versetzen, das in der Schule
Gelernte auch endlich zu verstehen.
Das knapp 500 Seiten dicke Buch eig-
net sich nicht nur für Studierende des
Lehramts, sondern auch für „alte
Hasen“ im Lehrerberuf.

PETER HÄUSSLER U.A.
**PERSPEKTIVEN FÜR DIE UNTERRICHTS-
PRAXIS**

INSTITUT FÜR DIE PÄDAGOGIK DER
NATURWISSENSCHAFTEN (IPN) KIEL
1998, ISBN 3-89088-124-6, DM 20,-
Mit diesem Band legt das IPN ein sehr
verständliches und an der Praxis
ausgerichtetes Buch vor. Es fasst
die Ergebnisse der fachdidaktischen
Forschung zusammen, die für einen
erfolgreichen naturwissenschaftlichen
Unterricht bedeutsam und
hinreichend abgesichert sind. Themen
des Buchs sind u.a.: Interessen-
forschung, Unterrichtsforschung,
Behaltensforschung und Schüler-
vorstellungsforschung. Ganz her-
vorragend gelungen ist das letzte
Kapitel, in dem die Ergebnisse der
Forschung und ihre Auswirkungen auf
den Unterricht übersichtlich und
kurz zusammengefasst sind.

REINDERS DUIT, CHRISROPH VON
RHÖNECK (HG.)
**LERNEN IN DEN NATURWISSEN-
SCHAFTEN**
INSTITUT FÜR DIE PÄDAGOGIK DER
NATURWISSENSCHAFTEN (IPN) KIEL
1996, 256 S., ISBN 3-89088-105-X,
420 S., DM 32,-
Die 16 Beiträge in diesem Buch
basieren auf Vorträgen, die 1995 auf
einem Workshop an der Pädago-
gischen Hochschule in Ludwigsburg
gehalten wurden. Schwerpunkte sind
Beiträge aus der Psychologie und der
Neurobiologie und Lernstudien mit
unterschiedlichen Schwerpunkten.
Insbesondere die Schilderung von
Unterrichtssituationen, die zu einen
falschen Verständnis bei den Kindern
führen, sind sehr aufschlussreich.

JOHANNA MEIXNER
**KONSTRUKTIVISMUS UND DIE
VERMITTLUNG PRODUKTIVEN WISSENS**
REIHE „PÄDAGOGIK – THEORIE UND
PRAXIS“
LUCHTERHAND VERLAG, 1997, 228 S.,
ISBN 3-472-02170-5, DM 38,-
In ihrer Dissertation beschreibt

Meixner Möglichkeiten, wie Fremdsprachenunterricht konstruktivistisch umgesetzt werden kann.

LANDESINSTITUT FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG (Hg.)

KONSTRUKTIVISMUS UND UNTERRICHT
VERLAG FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG, BÖNEN 1999, ISBN 3-8165-4175-5, DM 12,00

In der Kürze liegt die Würze: Auf gerade mal 60 Textseiten informiert das Bändchen über theoretische Hintergründe, Ausprägungsformen und Probleme konstruktivistischer Didaktik. Hervorragend gelungen ist die pointierte Darstellung wichtiger Literatur zu diesem Thema.

In derselben Reihe sind zwei weitere Bändchen erschienen, die wir aber nur sehr interessierten Lesern vorschlagen möchten. Sie sind wenig praxisorientiert und bieten überwiegend theoretische Abhandlungen: **LEHREN UND LERNEN ALS KONSTRUKTIVE TÄTIGKEIT** 1995, ISBN 3-8165-4108-9, DM 12,- **ÜBER DIE NUTZLOSIGKEIT VON BELEHRUNGEN UND BEKEHRUNGEN** 1996, ISBN 3-8165-4124-0, DM 12,-

J. NUSSBAUM UND J.D. NOVAK
AN ASSESSMENT OF CHILDREN'S CONCEPTS OF THE EARTH UTILIZING STRUCTURED INTERVIEWS
IN: SCIENCE EDUCATION, 1979, 60 S. 535-550



Links und Adressen:

Interessante Experimente zum Thema Lernen, die ursprünglich für fortgeschrittene Biologiestudenten zusammengestellt wurden.

<http://bio233.uni-bielefeld.de/~sascha/memex/memo.html>

Das **SEMINAR FÜR DIDAKTIK DES SACHUNTERRICHTS AN DER UNIVERSITÄT MÜNSTER** beschäftigt sich intensiv mit der konstruktivistischen Sichtweise des Lernens in der Grundschule – auch in einem DFG-Forschungsprojekt.

<http://dds.uni-muenster.de/www/>

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR BIOFEEDBACK E.V.

Am Roseneck 6, 83209 Prien
Tel.: 08051/680
<http://www.dgbfb.de/>

DEUTSCHE ALZHEIMER GESELLSCHAFT E.V.

Friedrichstraße 236
10969 Berlin
Tel.: 030/31 50 57 33
Fax.: 030/31 50 57 35
<http://www.deutsche-alzheimer.de/>

12 Index

Affen 9 ff
Alzheimer'sche Krankheit 28 ff
Aplysia 32
Axon 8

Baby 6 f
Behaviorismus 15
Biofeedback 25 f

Dendrit 8

Entwicklung des Gehirns 7
Epilepsie 26

Gedächtnis 4
Gedächtnistypen 4 f
Gehirn 4 ff
Gehirn-Entwicklung 7
Geschichte des Lernens 14 ff
Grundschulunterricht 18 ff

Habituation 12
Hebbosom 32 f

Konditionierung 12 f, 14 f
Konstruktivismus 17 ff
Kurzzeitgedächtnis 4

Langzeitgedächtnis 5
Langzeitpotenzierung (LTP) 8 f
Lehrerbildung 17 f
Lerneiweiß 32 f
Lernen
– Babys 6 f
– Affen 9 ff
– im Alltag 12 ff
– Schüler 17 ff
– Geschichte des ~ 14 ff
– am Simulator 24 ff
Lernforschung 14 ff
Lernpille 32 ff

Muskelverspannung 25 f

Nervenzelle 8 f

Pawlow, Iwan 12, 14 f
Piaget, Jean 17
Priming-System 5

Schule 17 ff
Simulatoren 24 ff
Skinnerbox 15
Sprache 6, 12, 28
Synapse 8 f

träges Wissen 22 f

Unterricht, naturwissenschaftlicher 18 ff

Vergessen 26 ff
Versuch und Irrtum 13
Vorwissen 17 ff

Wissen, träges 22 f

Das „Q“-Shirt.

DM 22,90
plus Versand DM 5,-.

Jetzt erhältlich:
Das offizielle „Q“-Shirt.
Blau mit goldgelber Aufschrift,
Vorderseite Q, Rückseite Quarks & Co,
zweiGrößen, zum Preis von DM 22,90
plusVersand DM 5,-.

Bitte verwenden Sie das Bestell-Formular.



Hiermit bestelle ich das „Q“-Shirt

Preis: DM 22,90 plus einmalig DM 5,- Versandkosten

Bitte in Druckschrift ausfüllen

Größe T-Shirt: L XL

Anzahl T-Shirt:

Name:

Straße:

PLZ, Ort:

Telefon:

Verrechnungsscheck ist beigefügt:

Schecknr.:

Kontonr.:

BLZ:

Betrag, DM:

Lastschriftverfahren, Abbuchung

vom Konto:

Kontonr.:

BLZ:

Bank:

Datum:

Unterschrift:

Und nun das Ganze an:

Maus & Co
Der WDR-Laden
50608 Köln

Wir liefern per Post. Nachnahmesendungen sind uns leider nicht möglich.



In der Reihe „Quarks Script“ sind bisher Broschüren zu folgenden Themen erschienen:

Neues vom Kopfschmerz
Allergien – Neue Therapien in Sicht?
Die Wissenschaft vom Wein
Die Datenautobahn
Wenn das Gedächtnis streikt
Vorsicht Fett
Aus der Apotheke der Natur
Vorsicht – Parasiten!
Das Wetter
Die Wissenschaft vom Bier
Eine Reise durch Magen und Darm
Die Geheimnisse des Kochens
Unsere Haut
Gesünder Essen
Unser Schweiß
Neues vom Krebs
Faszination Kaffee
Gute Zähne schlechte Zähne
Das Wunder Haar
Abenteuer Fahrrad
Das Herz
Castor, Kernenergie & Co
Schokolade – die süße Last
Kampf dem Schmutz
Mindestens haltbar bis ...

Der Traum vom langen Leben
Die Kunst des Klebens
Biochemie der Liebe
Die Börse – einfach erklärt
Energie der Zukunft
Diäten unter der Lupe

(Stand Juni 2001)

Und so bestellen Sie das „Quarks-Script“: Beschriften Sie einen C-5-Umschlag mit Ihrer Adresse und mit dem Vermerk „Büchersendung“ und frankieren Sie ihn mit 1,50 DM. Schicken Sie den Umschlag in einem normalen Briefkuvert an:

WDR
Quarks & Co
Stichwort „Thema des Scripts“
50612 Köln