

Autor:



UNIV.-PROF. DR. RICHARD FORTMÜLLER
Stellvertretender Vorstand des Institutes
für Wirtschaftspädagogik an der
Wirtschaftsuniversität Wien

IM FOKUS

Lernen

Forschung. Neurobiologische Forschungsbefunde und psychologische Theorien zur Grundbedingung der Möglichkeit wirksamen Schulunterrichts.

1. Wozu brauchen wir überhaupt Lerntheorien?

Im Unterschied zu vielen anderen Berufen besteht die Aufgabe von Lehrern darin, eine Leistung zu erbringen, deren Ergebnis nicht sichtbar ist: Lernprozesse zu initiieren, die zum erwünschten Wissen und Können führen. Um dieses Ziel zu erreichen, können verschiedene Methoden und Medien eingesetzt werden. Welche kognitiven Aktivitäten sie aber bei den Schülern auslösen, ist nicht direkt feststellbar. Es kann lediglich versucht werden, vom beobachtbaren Verhalten bei Prüfungen darauf zu schließen, welche Kognitionen ihm zugrundeliegen. Das setzt jedoch bereits Vorannahmen über die mentalen Prozesse bei den Schülern voraus.

Empathie und Spiegelneuronen

Eine Kategorie von Vorannahmen ist uns allen schon von Geburt an mitgegeben: die Annahme, dass man in der gleichen Situation bei gleichem Verhalten auch das Gleiche erleben würde wie der Beobachtete. Diese Annahme äußert sich in der subjektiven Wahrnehmung in der Form, dass wir nachempfinden können, was der andere denkt und fühlt. Wer beispielsweise beobachtet, dass ein Schüler im Rahmen der Rechnungswissenschaften die Prüfungsangabe fixiert und keine anderen Handlungen ausführt als sich am Kopf zu kratzen, wird dieses Verhalten nicht auf Hygienemängel zurückführen, sondern als Nachdenken interpretieren. Da die Lehrerin die Aufgabenstellungen kennt, kann sie auch abschätzen, worüber der Schüler nachdenkt. Vielleicht gelingt es ihr sogar, zu errahnen, worin im Detail die Schwierigkeiten liegen und mit welchen Hinweisen die Blockade überwunden werden könnte. Außerdem kann die Lehrerin gut nachempfinden, wie sich der Schüler in dieser Situation fühlt. Das genannte kognitive und emotionale Einfühlungsvermögen wird als Empathie bezeichnet. Empathie beruht darauf, dass die Aktivität des Beobachtens anderer Personen beim Beobachter die Konturen jenes mentalen Zustandes erzeugt, den er selbst in einer vergleichbaren Situation hätte. Die

Methode, mit der das Gehirn diese Aufgabe bewältigt, ist verblüffend einfach: das Beobachten des Verhaltens anderer aktiviert zum Teil dieselben Gehirnareale wie die eigene Ausführung der beobachteten Handlungen oder das eigene Erleben der beobachteten Gefühlsregungen. Die entsprechenden Nervenzellen werden als Spiegelneuronen bezeichnet. Ihre Aktivität setzt uns in die Lage, uns in die Lage anderer zu versetzen. „Der Spiegelmechanismus verbindet Gehirne.“ (Rizzolatti, Fogassi & Gallese 2007, 50). Welche Bedeutung ihm zukommt, wird besonders dort deutlich, wo aufgrund neuronaler Fehlschaltungen das Spiegelsystem weitgehend versagt: beim Autismus (vgl. Ramachandran & Oberman 2007).

Die Grenzen des Spiegels

Das Spiegelsystem ermöglicht das Nachvollziehen der Absichten und Gedanken sowie das Nachempfinden der Gefühle anderer. Es sind aber die eigenen Neuronen, die dies leisten, und somit die eigenen Gedanken und Gefühle und nicht jene des anderen. Daher kann auch ein funktionierendes Spiegelsystem in die Irre führen, wenn der Erfahrungshintergrund des Beobachters ein anderer ist als jener des Beobachteten. Beispielsweise könnte ein aus einer schriftlosen, aber läusereichen Welt stammender Beobachter das Kopfkratzen des Schülers als Körperpflege interpretieren, die mit einer angenehmen Verringerung des Juckreizes verbunden ist.

Die Evolution hat dafür gesorgt, dass wir in den wesentlichen Dingen des Lebens nicht ganz danebenliegen. So zeigen Experimente aus dem Bereich der (evolutionären) Psychologie der Partnerwahl, dass unser phylogenetisches (stammesgeschichtliches) Erbe zwar kulturell überlagert, aber nicht ganz außer Kraft gesetzt wird (vgl. Buss 2004). Beispielsweise finden Frauen einen Mann, der sich mit Kindern beschäftigt, attraktiver als denselben Mann, wenn er nur neben dem Kind steht und geradeaus blickt (vgl. Buss 2004). Ersteres wird als Zuneigung zu Kindern gedeutet (Spiegelmechanismus) und

dies wiederum beeinflusst das Attraktivitätsempfinden. Zur Zeit der Evolution des menschlichen Gehirns gab es allerdings weder Mathematik noch Rechnungswesen, weder Betriebswirtschaftslehre noch Übungsfirmen. Wie gut man sich in die diesbezüglichen Kognitionen der Schüler hineindenken und intuitiv angemessen darauf reagieren kann, ist – im Unterschied zum phylogenetisch bedingten grundlegenden Einfühlungsvermögen – durch die persönlichen Erfahrungen (also ontogenetisch) bestimmt. So fällt es zum Beispiel ausgezeichneten Mathematikern nicht immer leicht, zu verstehen, warum die Zuhörer nichts verstehen. Im Rechnungswesenunterricht soll – wie man hört – Ähnliches auch schon vorgekommen sein.

Sich selbst als Maß der anderen zu betrachten, kann also mitunter zu Fehlinterpretationen führen. Ein zutreffendes Bild ist nicht ausschließlich durch Empathie, sondern nur bei zusätzlicher Berücksichtigung von Faktoren zu gewinnen, die außerhalb der Zugänglichkeit des empathischen Einfühlungsvermögens liegen. Zu Letzteren zählen insbesondere auch jene Bedingungsfaktoren des Lernens, die nicht bewusstseinsfähig sind, wie etwa die kognitiven Voraussetzungen, die Wahrnehmen, Verstehen und Lernen erst möglich machen. Mit der Beschreibung und Erklärung dieser Voraussetzungen beschäftigt sich die Lerntheorie.

2. Neurobiologische Grundlagen des Lernens

Lernen besteht in der Veränderung der Stärke der Nervenverbindungen im Gehirn. Das menschliche Gehirn umfasst etwa 100 Milliarden Neuronen (Nervenzellen). Jedes Neuron kann mit mehreren tausend anderen Neuronen verbunden sein (vgl. Spitzer 2005). Das ergibt eine Anzahl von geschätzten 100 Billionen Verbindungsstellen im Gehirn.

Neuronen und Synapsen

Abbildung 1 gibt stark vereinfacht den Aufbau einer Nervenzelle wieder. Sie besteht aus dem Zellkörper, der Nervenfaser (dem Axon) und den Dendriten. Von der Nervenzelle erzeugte elektrische Impulse pflanzen sich entlang der Nervenfaser fort, bis sie an deren Endstellen angelangt sind. Die Endstellen der Nervenfaser sind jedoch nicht mit den Empfangsstellen – den Dendriten – anderer Neuronen zusammengewachsen, sondern durch den sogenannten synaptischen Spalt getrennt (vgl. Abb. 2). Daher springt der elektrische Impuls auch nicht von einer Zelle auf die andere über, sondern er bewirkt an den Synapsen die Ausschüttung chemischer Substanzen. Diese sogenannten Neurotransmitter überwinden den synaptischen Spalt und verändern bei der Empfangszelle die Bereitschaft, ihrerseits einen elektrischen Impuls zu erzeugen. Ist die Empfangszelle durch

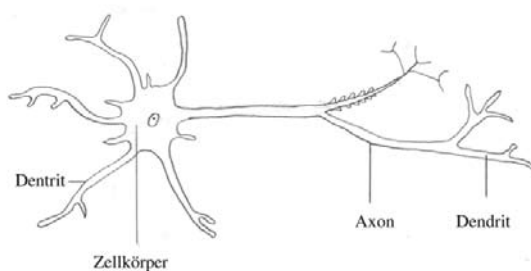


Abbildung 1: Schematische Darstellung einer Nervenzelle

einlangende Signale von verschiedenen Neuronen ausreichend aktiviert, erzeugt sie einen elektrischen Impuls, der sich über die Nervenfaser zu den synaptischen Verbindungen mit anderen Neuronen ausbreitet (vgl. Carlson 2004).

Lernen als Veränderung der neuronalen Vernetzung

Je häufiger eine Synapse aktiviert und zur Ausschüttung von Neurotransmittern veranlasst wird, desto stärker wächst sie und desto größer ist ihr Potential, die Empfangszelle zu aktivieren. Das Umgekehrte gilt bei mangelnder Aktivierung. Durch das Wachstum bzw. die Rückbildung der Synapsen wird das neuronale Netzwerk ausdifferenziert in leicht bzw. schwer passierbare Verbindungen. Es wird gelernt. Neben der Strukturierung der neuronalen Vernetzungen durch die Stärkung bzw. Schwächung bestehender Synapsen kann Lernen auch in der Entwicklung neuer Synapsen bestehen. Der zweitgenannte neuronale Lernmechanismus ist „besonders in jungen Gehirnen“, der erstgenannte hingegen „besonders in reiferen Gehirnen wirksam“ (Spitzer 2005, 65). Ab dem frühkindlichen Alter besteht Lernen vorwiegend in der Veränderung der Stärke verschiedener Nervenverbindungen als Folge des unterschiedlichen Ausmaßes ihrer Nutzung. In psychologischen Begriffen ausgedrückt, basiert somit die Entwicklung neuer Fähigkeiten (selektive Stärkung von Nervenverbindungen) auf der Ausführung bereits verfügbarer Fähigkeiten (selektive Aktivierung vorhandener Nervenverbindungen). Lernen kann daher – allgemein gesprochen – nur auf der Grundlage von Vorwissen erfolgen.

Neuronale Determiniertheit der Wahrnehmung

Umweltreize sind nicht a priori Informationsquellen, sondern Auslöser von neuronalen Aktivitäten, deren Ergebnis in der Wahrnehmung von Sachverhalten besteht. Dass es letztlich die neuronale Struktur ist, welche den Wahrnehmungsprozess determiniert, wird uns üblicherweise nur dann bewusst, wenn wir den Blickwinkel wechseln und zugeben müssen, dass wir etwas gesehen haben, das gar nicht vorhanden ist. Ein Beispiel hierfür sind die Scheinrechtecke in Abbildung 3 auf Seite III (vgl. Ramachandran & Rogers-Ramachandran 2007, 74 f.). Aus dem Blickwinkel der Gehirnforschung sind allerdings nicht nur die elementaren Wahrnehmungsprozesse, sondern alle kognitiven Aktivitäten und auch die emotionalen Empfindungen durch die neuronale Struktur determiniert (vgl. Roth 2004; Singer 2002, 2004). Sogar subjektiv als frei erlebte Willensentscheidungen werden auf vorgängige (unbewusste) Gehirnaktivitäten zurückgeführt (vgl. Libet 2005; Prinz 2004; Singer 2003).

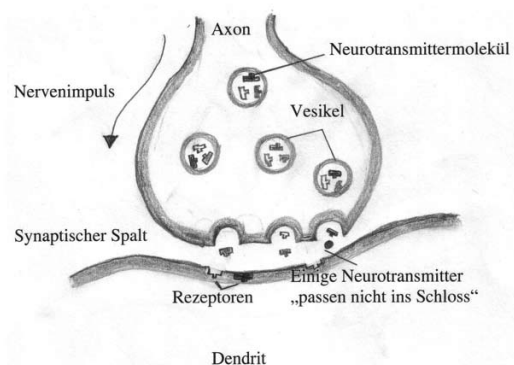


Abbildung 2: Schematische Darstellung einer Synapse

3. Gehirnforschung und Pädagogik

Bildgebende Verfahren, welche die Gehirnaktivitäten der Versuchspersonen während der Durchführung psychologischer Experimente messen, ermöglichen zunehmend detaillierte Aussagen über die Korrelationen zwischen den neuronalen Aktivitäten und den kognitiven Leistungen und Gefühlszuständen von Menschen. Allerdings ist nicht nur der Auflösungsgrad der Messverfahren noch zu gering, sondern es fehlen auch schlüssige Theorien über den Zusammenhang zwischen der neuronalen und mentalen Betrachtungsebene, um aus der Gehirnforschung neue Antworten auf psychologische und didaktische Fragen ableiten zu können. Dementsprechend stellen Gehirnforscher ihren Beiträgen zum Lehren und Lernen in der Schule oft Statements wie das folgende voran: „Nichts von dem, was ich sagen werde, ist einem guten Pädagogen neu. Der Fortschritt besteht vielmehr darin zu zeigen, warum das funktioniert, was eine gute Pädagoge tut, und das nicht, was ein schlechter tut.“ (Roth 2006, 49) Die aus pädagogischer Sicht wesentlichsten Sachverhalte, die neurobiologisch in Ansätzen erklärt und begründet werden können, sind:

- ▶ der Stellenwert des Interesses und der Motivation für das Lernen,
- ▶ die Entwicklung ausgeprägter Abneigungen gegenüber Schulfächern,
- ▶ die große Bedeutung von Beispielen für das Lernen von Regeln,
- ▶ der Stellenwert des fachbezogenen Vorwissens für das Lernen,
- ▶ der Unterschied zwischen implizitem und explizitem Lernen und Wissen.

Lediglich das Konzept des privilegierten Lernens (vgl. Stern 2006) wurde erst im Rahmen der Auseinandersetzung mit neurobiologischen Forschungsbefunden in die pädagogische Diskussion eingebracht.

Interesse und Motivation

Das neurobiologische Korrelat von Interesse und Motiviertheit besteht in der Aktivierung von drei Gehirnarealen: eines ist für die allgemeine Aufmerksamkeit (noradrenerges System), eines für die gezielte Aufmerksamkeit und Konzentration (cholinerges System) und eines für die Neugier und Belohnungserwartung (dopaminerges System) zuständig. „Diese Systeme machen die Großhirnrinde und den Hippocampus bereit zum Lernen und fördern die Verankerung des Wissensstoffes im Langzeitgedächtnis.“ (Roth 2006, 57) Allerdings: „Wie dies genau passiert, ist nicht bekannt ... Was den Schüler im Einzelnen interessiert, kann ... außerordentlich unterschiedlich sein.“ (Roth 2006, 57) Mangels Einsetzbarkeit bildgebender Verfahren im Unterricht ist also der Lehrer weiterhin vorwiegend auf seine Spiegelneuronen angewiesen. Er weiß jedoch nun aufgrund der Ergebnisse der Gehirnforschung, dass und wozu er sie hat. Wie in der Mythologie, haben auch im Gehirn die aus Lehrersicht

positiven Kräfte ein negatives Pendant: den Mandelkern (vgl. Spitzer 2002). Die subjektiven Korrelate seiner Aktivität sind Angst und Fluchtneigung. Wird im Unterricht zu oft und nachhaltig der Mandelkern aktiviert, beeinträchtigt dies

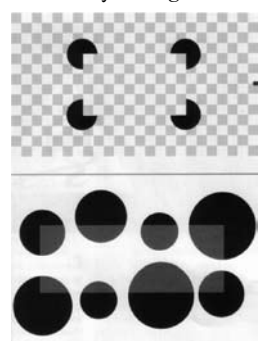


Abbildung 3: Zwei Scheinrechtecke

nicht nur den Lernerfolg, sondern es besteht auch die Gefahr, dass zukünftige Kognitionen im entsprechenden Fachgebiet den Mandelkern aktivieren. Der Schüler möchte fliehen, d.h. er will am liebsten nichts mehr mit dem Fach zu tun haben.

Implizites und explizites Lernen

Die Evolution des menschlichen Gehirns hat schon in der Steinzeit den heutigen neurobiologischen Entwicklungsstand erreicht. Das hat verschiedene Folgen, welche die evolutionäre Psychologie mit Experimenten und Beobachtungen zu erforschen versucht (vgl. Buss 2004). Ein pädagogisch relevantes evolutionäres Erbe besteht darin, dass unser Gehirn nicht darauf vorbereitet ist, abstrakte Theorien zu lernen, sondern vielmehr darauf, auf Basis konkreter Erfahrungen (Beispiele) die dahinterliegende Regelmäßigkeit zu erfassen (vgl. Spitzer 2002). Sehr deutlich wird dies beim Vergleich des Lernens der Grammatik der Muttersprache mit dem Lernen der Grammatik einer Fremdsprache. Ersteres geschieht auf der Grundlage von Sprechbeispielen, Zweiteres auf Basis von explizit dargelegten Regeln, die aber nur sehr holprig angewandt werden können.

Das Gehirn ist also in einer Weise organisiert, dass es wie ein „Regeldetektor“ funktioniert. Wie dies genau geschieht, ist nicht bekannt. Möglicherweise besteht der Lernmechanismus einfach darin, dass die von allen Beispielen aktivierten Nervenverbindungen gestärkt werden. Das intuitive Erfassen der hinter den Beispielen stehenden Regel stellt implizites Lernen dar. Die Fähigkeit, eine Regel korrekt anzuwenden, ohne sie (notwendigerweise) wiedergeben zu können, wird als implizites Wissen bezeichnet. Die grammatikalisch korrekte Formulierung eines Satzes in der Muttersprache basiert also auf implizitem Wissen, das durch implizites Lernen erworben wurde. Im Unterschied dazu werden die Grammatikregeln einer Fremdsprache explizit vermittelt und gelernt, und das erworbene Wissen ist explizit reproduzierbar (explizites Wissen). Erst nach entsprechender Übung können die fremdsprachigen Grammatikregeln intuitiv richtig angewandt werden (implizites Wissen). Für das explizite Lernen sind zwei neuronale Strukturen von zentraler Bedeutung: der Hippocampus und der limbische Cortex (vgl. Carlson 2004). Ist – zum Beispiel wegen eines Schlaganfalls – der Hippocampus geschädigt, tritt eine Störung des sogenannten episodischen Gedächtnisses auf. Das heißt, die Person ist nicht mehr in der Lage, sich neue Ereignisse zu merken. Im Extremfall kann sie wiederholt dieselbe Zeitung lesen und jedes Mal von den Neuigkeiten überrascht sein. Jedoch selbst bei Ausfall des Hippocampus ist das semantische Gedächtnis (für Bedeutungen von Begriffen und allgemeine Zusammenhänge) noch funktions- und begrenzt lernfähig. Ist hingegen auch der limbische Cortex zerstört, kann weder episodisches noch semantisches, also überhaupt kein neues deklaratives Wissen erworben werden.

Privilegiertes Lernen

Das Erlernen der Muttersprache ist zugleich auch ein Beispiel für das sogenannte privilegierte Lernen: Kinder verfügen über eine Prädisposition für das Erlernen einer Sprache. Auch das Zählenlernen ist privilegiert (vgl. Stern 2006). Die meisten Lehrplaninhalte berufsbildender Schulen gehören hingegen nicht zur Kategorie der privilegiert lernbaren Wissensgebiete. Das liegt daran, dass zur Zeit der Evolution unseres Gehirns eine privilegierte Lernfähigkeit für die höhere Mathematik oder die doppelte Buchhaltung mit keiner höheren Reproduktionswahrscheinlichkeit des Besitzers oder der Besitzerin derartiger

Eigenschaften verbunden gewesen wäre. In den meisten schulischen Sachgebieten kann daher nicht jeder beliebige Sachverhalt, sondern immer nur auf der Grundlage geeigneten Vorwissens privilegiert gelernt werden (vgl. Stern 2006). Wahrscheinlich ist genau das der Grund, warum wir Schulen brauchen. Sie müssen – günstigenfalls bei biologisch privilegiertem Lernen beginnend – sukzessive in zunächst nicht privilegiert lernbare Bildungsinhalte einführen, damit die Schüler einen Wissens- und Fähigkeitsstand entwickeln, auf dessen Grundlage ein selbständiges und privilegiertes Weiterlernen (Weiterbildung) möglich ist. Biologisch privilegiertes Lernens hingegen könnte auch weitgehend ohne Schule erfolgen.

4. Behaviorismus

E. Thorndike oder B. Skinner wussten weder etwas von den neuronalen Belohnungssystemen (noradrenerges, cholinerges und dopaminerges System) noch vom Mandelkern. Ihre Lerntheorie – das Konzept des operanten Konditionierens – setzt jedoch genau hier an (vgl. Thorndike 1970; Skinner 1973).

Lernen als Folge operanten Konditionierens

Abbildung 4 gibt die zentralen Grundannahmen der Theorie des operanten Konditionierens in schematischer Form wieder.

- ▶ Verhalten, dem eine positive Konsequenz folgt („Verstärkung“), wird in Zukunft häufiger gezeigt.
- ▶ Verhalten, dem eine negative Konsequenz folgt, wird in Zukunft seltener gezeigt.

Nach einer hinreichend großen Zahl von Lerndurchgängen ist in entsprechenden Situationen nur mehr das verstärkte und nie mehr das bestrafte Verhalten zu beobachten. Skinner hat angeblich seine Lerntheorie sehr anschaulich im Hörsaal demonstriert. Zum Beispiel in der Form, das er Tauben das Tanzen beibrachte, indem er zunächst jede Bewegung, die einem Tanzschritt ähnelte, und anschließend immer nur die weiteren Fortschritte mit Futter belohnte. Gemäß der Lerntheorie von Thorndike und Skinner sind die Lernfortschritte der bis vor kurzem freitagabendlich im ORF zu beobachtenden Dancing Stars in gleicher Weise zu erklären. Nur mit dem Unterschied, dass nicht Getreide, sondern das öffentliche Rampenlicht als Verstärker eingesetzt wird.

Neurobiologische Grundlagen des operanten Konditionierens

Aus dem Blickwinkel der Gehirnforschung sind die Effekte der Verstärkung und Bestrafung auf die Aktivierung der Belohnungssysteme bzw. des Mandelkerns zurückzuführen. Dementsprechend sind auch die pädagogischen Forderungen nicht unähnlich: „... nach einer sehr groben Schätzung verlangt ein leistungsfähiges mathematisches Verhalten Verstärkungsmechanismen in der Größenordnung 25 000“, schrieb Skinner (1965, 73) vor ungefähr vierzig Jahren. Und er kritisierte, dass Lehrer anstatt des Einsatzes positiver Verstärker vor allem mit negativen Folgen drohen und dadurch Angstreaktionen hervorrufen (vgl. Skinner 1965). Vor wenigen Wochen hat M. Spitzer in der Wiener Stadthalle den ungefähr tausend anwesenden Lehrern Aufnahmen von Gehirnaktivitäten mit Hilfe bildgebender Verfahren gezeigt und mit großer Eloquenz dargelegt, wie wichtig es ist, dass – in der Metapher der gezeigten Bilder ausgedrückt – die Belohnungssysteme und nicht der Mandelkern aufleuchten. Trotz der Parallelen dürfen aber die Unterschiede nicht übersehen werden. Die Gehirnforschung

untersucht Korrelationen zwischen neuronalen Aktivitäten und subjektiven Erlebnisberichten sowie kognitiven Leistungen. Wegen der bildgebenden Messverfahren – wie z.B. Magnetresonanztomografie – sind allerdings die Umgebung reizarm und der Bewegungsspielraum eingeschränkt. Der Erfolg der Untersuchung hängt unter anderem davon ab, dass die Personen gedanklich beim untersuchten Sachverhalt sind (zum Beispiel wahrheitsgetreu angeben, wo der Zeiger auf der Uhr stand, als sie sich entschlossen, die Hand zu bewegen). Behavioristen hingegen vertreten die Position, wissenschaftliche Theorien seien ausschließlich mit Hilfe von Begriffen zu formulieren, die etwas objektiv Messbares bezeichnen. Gedanken sind aber nicht objektiv messbar, sondern existieren nur in der subjektiven Wahrnehmung. Verhalten hingegen ist beobachtbar. Dasselbe gilt für die Situation, in der das Verhalten gezeigt wurde, und insbesondere für die Konsequenzen (z.B. Futter, Jubel des Publikums) die dem Verhalten folgen. Aus diesem Grund stellt aus behavioristischer Sicht die Behauptung, ein Gedanke oder ein Wunsch hätten ein bestimmtes Verhalten verursacht, keine wissenschaftliche Aussage dar. Vielmehr ist der Zusammenhang zwischen der Situation und dem Verhalten zu ermitteln.

Die Grenzen des Behaviorismus

Die Wirksamkeit der Verstärkung (zwecks Verhaltensaufbau) und der Bestrafung (für den Verhaltensabbau) ist unbestritten. Die Evolution hätte aber kein Organ hervorgebracht, das 20% der Energie des gesamten Körpers verbraucht (vgl. Kiefer 2007) und nicht mehr kann, als einen Reiz mit einer Reaktion zu assoziieren. Das ginge wohl mit weniger Aufwand: auch das Tauben- und das Rattengehirn lassen sich konditionieren. Der Behaviorismus entgeht zwar der Gefahr der unwissenschaftlichen Spekulation, jedoch zum Preis, dass ein zentraler Bereich der Leistungen des menschlichen Gehirns ausgeblendet bleibt: die Kognitionen, welche dem Verhalten zugrunde liegen.

5. Informationsverarbeitungstheorie des Lernens

Abbildung 5 auf Seite V zeigt ein Rahmenmodell zur Beschreibung der menschlichen Kognitionen, das in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts in der dargelegten oder in leicht abgewandelter Form den zentralen theoretischen Bezugspunkt der Forschung bildete (vgl. Neves & Anderson 1981; Anderson 1983; Baddeley 1986; Haberlandt 1994; Fortmüller 1997; Newell 1990; Hussy 1998).

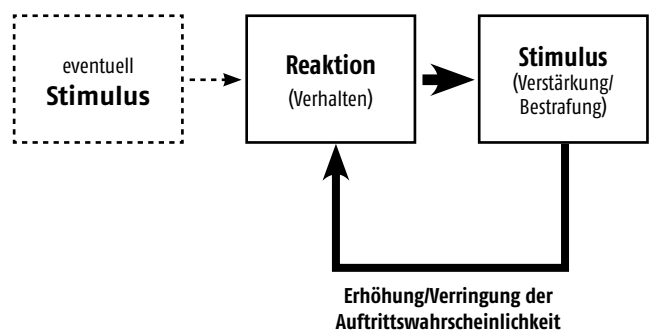


Abbildung 4: Konzept des operanten Konditionierens

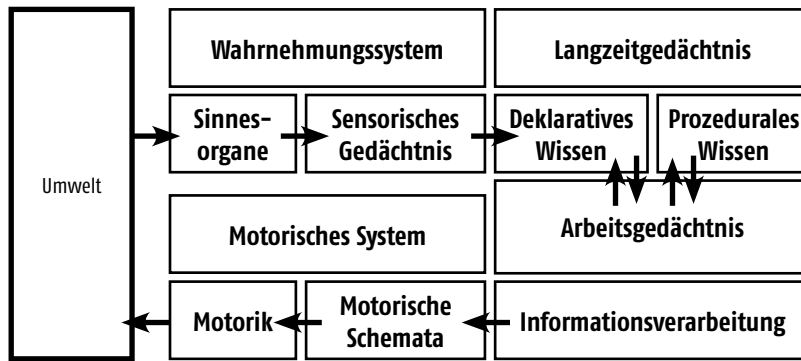


Abbildung 5: Informationsverarbeitungstheorie des Lernens

5.1 Konzept der Symbolverarbeitung

Die ursprüngliche Fassung dieses Rahmenmodells war stark an der Computermetapher angelehnt, d.h., es wurden folgende Analogien unterstellt: das Arbeitsgedächtnis entspricht dem Arbeitsspeicher, das deklarative Wissen den Daten, das prozedurale Wissen den Programmen, das Wahrnehmungssystem den Eingabe- und das motorische System den Ausgabestationen. Selbstverständlich hat niemand behauptet, dass die genannten Entsprechungen auch im Detail gegeben sind, d.h., dass etwa menschliches Denken (Anwendung prozeduralen Wissens) ein ähnlich starres Abarbeiten von gespeicherten Programmen darstellt wie das Rechnen mit kommerziellen Computern. Die „mentale Software“ ist offenkundig wesentlich flexibler. Im Prinzip wurde jedoch davon ausgegangen, dass zumindest die folgende Analogie zutrifft:

- ▶ Bei Computern entsprechen die physikalischen Zustände (z.B. eine Stelle auf der Festplatte ist magnetisiert oder nicht magnetisiert) jeweils einem Symbol (z.B. den binären Zahlen 1 und 0). Mit Hilfe dieser Symbole können nun Informationen und Programme im Computer repräsentiert (z.B. auf der Festplatte gespeichert) werden.
- ▶ Gehirne nehmen verschiedene physikalische Zustände an (z.B. Neuronen senden elektrische Impulse aus). Diese haben die Funktion von Symbolen, die Kenntnisse (deklaratives Wissen) sowie Fertigkeiten und Fähigkeiten (prozedurales Wissen) repräsentieren.

Würde diese Analogie zutreffen, wären Gehirne ebenso wie Computer symbolverarbeitende Systeme. Einer der bedeutendsten Kognitionspsychologen, der konsequent diesen Standpunkt vertreten hat, war Allen Newell. Sein Hauptargument lautete: „... that humans deal with so much variety that they must be symbol systems – that no system of less power and universality could suffice.“ (Newell 1990, 115).

5.2 Konzept der vorwissensabhängigen Rekonstruktion

Die Computeranalogie ignoriert jedoch ein zentrales Problem: Computer können entgegen des gängigen Alltagssprachgebrauches keine Informationen speichern und verarbeiten. Alles, was geschieht, ist eine Veränderung des physischen Zustandes des Computers nach bestimmten – von den Computertechnikern und Programmierern vorgegeben – Regeln. Diese physischen Zustände (z.B. Strom/kein Strom) können als Symbole (z.B. 1 oder 0) interpretiert werden, die für etwas anderes stehen, also eine Bedeutung haben. Erst aufgrund dieser Bedeutung werden die physischen Zustände zur Information. Der Computer enthält jedoch keine Bedeutungen, auch auf dem Bildschirm erscheinen keine Bedeutungen, sondern wir

interpretieren die physischen Zustände (z.B. die Verteilung schwarzer Farbe auf weißem Hintergrund) als Information (z.B. als Bilanzgewinn in Höhe von 170 000 Euro) und schreiben diesen somit eine Bedeutung zu. Die Computermetapher kann also gerade das nicht erklären, was das menschliche Wissen eigentlich erst zu einem solchen macht. Hierauf haben nicht nur Konstruktivisten (z.B. Baumgartner & Payr 1994), sondern auch Realisten (z.B. Searle 1996) wiederholt hingewiesen. Ungeachtet der theoretischen Schwierigkeiten (vgl. Neuweg 2000) hat die empirische Forschung auf Basis des Informationsverarbeitungsparadigmas jedoch zu zahlreichen Befunden geführt, die auch dann von Relevanz sind, wenn das Konzept der Symbolverarbeitung abgelehnt wird (vgl. Baddeley 1986; Anderson 1995; Fortmüller 1997; Fortmüller & Silberbauer 2004; Keane & Eysenck 2005; Zimbardo 2004). Im Folgenden soll daher eine Fassung des Informationsverarbeitungsparadigmas beschrieben werden, welche dem Aspekt des Bedeutungsgehaltes des Wissens und Denkens besser Rechnung trägt (vgl. hierzu insbesondere auch Hussy 1998).

Sensorisches Gedächtnis

Umweltreize führen zu einer Aktivierung der Nervenzellen in den Sinnesorganen (z.B. Augen oder Ohren), die ihrerseits Nervensignale an das Gehirn weiterleiten. Die Nervensignale haben im Prinzip immer die gleichen physikalischen Merkmale, unabhängig davon, von welchem Sinnesorgan sie stammen. Ob in der subjektiven Wahrnehmung ein Bild oder Ton entsteht, hängt davon ab, in welchen Gehirnarealen die Nervensignale eintreffen. Bilder, Töne oder Gerüche werden also durch die Gehirntätigkeit hervorgebracht, wobei bereits im Rahmen der elementaren Wahrnehmungsprozesse Gestaltgesetze zum Tragen kommen. Diese angeborenen Interpretationsmuster führen zum Beispiel dazu, dass wir in Abbildung 3 Rechtecke sehen, obwohl keine solchen vorhanden sind. Das Ergebnis des Wahrnehmungsprozesses – z.B. das Sehen der Rechtecke – wird als sensorisches Gedächtnis bezeichnet.

Vorwissensgeleitete Bedeutungszuschreibung

Das sensorische Gedächtnis repräsentiert nur die wahrgenommenen physikalischen Merkmale des beobachteten Sachverhaltes, zum Beispiel Ecken, Linien und Flächen. Um das Gesehene interpretieren, d.h. ihm eine Bedeutung zuschreiben zu können, muss auch Vorwissen aus dem sogenannten Langzeitgedächtnis aktiviert und mit den sensorischen Wahrnehmungen in Beziehung gesetzt werden. Beispielsweise kann jemand das in Abbildung 3 Gesehene nur dann als Rechtecke bezeichnen und diese als grundsätzlich andere Kategorie von geometrischen Figuren als die ebenfalls in Abbildung 3 erkenn-

baren Kreisflächen betrachten, wenn ihm die entsprechenden Begriffe und Kategorisierungen bekannt sind. Noch deutlicher wird der Stellenwert des Vorwissens für die Bedeutungserfassung bzw. Bedeutungszuschreibung bei sprachlichen Mitteilungen. Das sensorische Gedächtnis umfasst nur die äußeren Merkmale des Schrift- bzw. Klangbildes. Um den Inhalt des Geschriebenen/Gesprochenen zu verstehen, muss zum einen die Bedeutung der einzelnen Worte bereits bekannt sein (semantisches deklaratives Vorwissen). Zum anderen setzt die Erfassung der Aussage des ganzen Satzes auch die Beherrschung der Grammatikregeln voraus (prozedurales Vorwissen).

Deklaratives Wissen

Wurde ein Objekt als Rechteck identifiziert oder der gesprochene Satz verstanden, liegt deklaratives Wissen über den entsprechenden Sachverhalt vor. Die deklarative Wissensstruktur umfasst sowohl Informationen über konkrete Gegebenheiten und Ereignisse (episodisches Wissen) als auch die Kenntnis allgemeiner Konzepte und Zusammenhänge (semantisches Wissen). Deklaratives Wissen kann in der Regel explizit wiedergegeben werden (explizites Wissen) und den Gegenstand von Informationsverarbeitungsprozessen (Anwendung prozeduralen Wissens) bilden.

Arbeitsgedächtnis

Das aktuell der kognitiven Weiterverarbeitung zugängliche deklarative Wissen wird als Arbeitsgedächtnis bezeichnet. Dessen Kapazität ist beschränkt, d.h., ein Mensch kann immer nur eine begrenzte Zahl von ca. fünf bis sieben Informationseinheiten („chunks“) gleichzeitig im Rahmen von Denkprozessen berücksichtigen. Allerdings hängt es vom Wissens- und Könnensstand ab, worin die Informationseinheiten bestehen. Beispielsweise ist für einen Schachgroßmeister die ganze Stellung, für den Anfänger eine einzelne Schachfigur ein Chunk.

Prozedurales Wissen

Der Schachgroßmeister verfügt über schachspezifische Fertigkeiten, also über sogenanntes bereichsspezifisches prozedurales Wissen, das nur durch Übung erworben werden kann. Ein Laie hingegen muss mangels bereichsspezifischen prozeduralen Schachwissens auf sein deklaratives Wissen über Schach zurückgreifen und allgemeine Denkfähigkeiten (fachübergreifendes bzw. heuristisches prozedurales Wissen) einsetzen, um den nächsten Zug zu planen. Diese Form der Aufgabenbewältigung ist kognitiv aufwändig (hohe Belastung des Arbeitsgedächtnisses) und sehr fehleranfällig. Dementsprechend chancenlos ist der Anfänger gegen den Großmeister.

Motorische Schemata

Hat der Informationsverarbeitungsprozess zur Auswahl eines Zuges geführt, wird das motorische System aktiviert und eine Schachfigur auf ein anderes Feld gestellt. Hierbei gelangen eingübte motorische Fertigkeiten (motorische Schemata) zur Ausführung.

6. Radikaler Konstruktivismus

Die soeben skizzierte Version des Informationsverarbeitungsparadigmas kommt dem Konstruktivismus insofern entgegen, als angenommen wird, dass die Bedeutungszuschreibung durch den Wahrnehmenden selbst erfolgt. Informationen werden nicht aufgenommen, sondern mit Hilfe des Vorwissens rekonstruiert. Sie entstehen also erst im Kopf des Lernenden.

Dieser Standpunkt entspricht auch der Sichtweise der meisten Gehirnforscher (die in der Regel Konstruktivisten sind bzw. dem Konstruktivismus nahestehen).

Im Unterschied zum radikalen Konstruktivismus (z.B. v. Glasersfeld 1994; v. Förster 1994; Maturana & Varela 1987) wird jedoch unterstellt, dass eine zutreffende Rekonstruktion zwar nicht notwendigerweise gelingen muss, aber unter günstigen Umständen doch gelingen kann. Zum Beispiel sollte ein Objekt gelegentlich tatsächlich rechteckig sein, wenn es als rechteckig wahrgenommen wird, und mit einer Aussage tatsächlich das gemeint gewesen sein, was man verstanden hat.

Lernen als subjektiv passende Organisation subjektiver Erlebnisse

Das Konzept des radikalen Konstruktivismus basiert hingegen in der subjektivistischen Version (z.B. v. Glasersfeld 1994) auf der Überlegung, dass immer nur subjektive Erlebnisse mit subjektiven Erlebnissen und nicht mit den Gegebenheiten der Außenwelt als solche verglichen werden können. Daher kann Lernen immer nur darin bestehen, die verschiedenen subjektiven Erlebnisse durch Denken und Handeln so aufeinander zu beziehen, dass sie einigermaßen schlüssig zusammenzupassen. Dass auf diese Weise ein zutreffendes Bild von der außer-subjektiven Wirklichkeit entstehen kann, wird als unmöglich betrachtet.

Strukturdeterminiertheit des Lernens

Die neurobiologische Argumentationslinie des Konstruktivismus (z.B. Maturana & Varela 1987; v. Förster 1994) lautet, dass die Aktivität unseres Gehirns unsere subjektive Sichtweise der Welt erzeugt. Die neuronale Struktur des Gehirns – und nicht die Umwelt – determiniert das Denken und Handeln. Die Umwelt löst nur neuronale Aktivitäten und dadurch Lernprozesse aus, instruiert aber nicht. Überall dort, wo unser Handeln scheitert, wissen wir, dass wir falsch liegen. Negative Wahrheiten sind also erkennbar. Positive Wahrheiten bleiben hingegen unzugänglich, da auch eine wiederholte Bestätigung von Annahmen niemals deren Gültigkeit beweisen kann. Eine bekannte Metapher für diesen Standpunkt ist das Huhn, das den fütternden Bauern so lange für seinen Wohltäter hält, bis es in der Bratpfanne landet.

Aus objektivistischer Sicht hingegen wird von dem optimistischeren Standpunkt ausgegangen, dass ein Gehirn, welches in der Lage ist, Umweltgegebenheiten zutreffend zu rekonstruieren, doch deutliche Vorteile bringt. Dementsprechend könnte der Selektionsdruck im Rahmen der Evolution des Menschen zu einer neuronalen Architektur des Gehirns geführt haben, die auch zu einigen wahren Erkenntnissen befähigt.

Literaturverzeichnis abrufbar auf:

<http://www.wu-wien.ac.at/wipaed/mitarb/intern/lv-lernen>
Informationen: richard.fortmueller@wu-wien.ac.at