

Bewegungslernen aus neurobiologischer Sicht

(Jürgen Birklbauer, IFFB für Sport- & Bewegungswissenschaft der Universität Salzburg)

Lernen ist aus neurobiologischer Sicht die erfahrungsabhängige Modifikation der synaptischen Übertragungsstärke. Synapsen, die Verbindungen zwischen den Nervenzellen, verändern sich gebrauchtsabhängig; in ihnen ist letztlich die Statistik ihres Gebrauchs kodiert und damit unsere Erfahrungen und unser Gedächtnis. Dies umfasst kognitive, emotionale und ebenso motorische Gedächtnisinhalte. Die Idee zu diesem grundlegenden neurobiologischen Prinzip des Lernens hatte bereits 1890 der amerikanische Psychologe William James. 1949 wurde es von Donald O. Hebb präzisiert und 1973 von den norwegischen Wissenschaftlern Tim Bliss und Terje Lomo experimentell bestätigt. Der in Österreich geborene Nobelpreisträger Eric Kandel konnte zeigen, dass die Veränderung synaptischer Verbindungen zentral mit Lernmechanismen in Verbindung steht. Seit 1999 existieren lichtmikroskopische Bilder und seit 2002 Videoaufnahmen, die diese „synaptic plasticity hypothesis“ eindrucksvoll belegen.

Der für die Didaktik des Lernens maßgebliche Aspekt liegt nun darin, dass unser Gehirn völlig automatisch aus unseren Erfahrungen (aus dem Einzelnen) Regeln (die Gemeinsamkeiten, die hinter den einzelnen Erfahrungen liegen) extrahiert. Einzelne zufällige Erfahrungen werden in unseren neuronalen Verbindungen kaum berücksichtigt, da sich diese ja gebrauchtsabhängig verändern. Unser Gehirn ist also nicht für das Lernen von Einzelheiten gemacht, wenngleich wir auch dazu in der Lage sind (vor allem dann, wenn diese in einem emotionalen Zusammenhang stehen); es kann aber hervorragend – und zwar besser und schneller wie jeder Computer – das Gemeinsame hinter dem Einzelnen herausfiltern, d. h. ihre Regeln automatisch abbilden. So ist es auch zu erklären, wie 5- bis 6-jährige Kinder die Grammatik ihrer Muttersprache beherrschen, ohne dass ein Lehrer diese ihnen explizit erklärt. Wobei tatsächlich, wie Studien gezeigt haben, die Regeln (implizit) gekonnt werden, obwohl sie natürlich nicht in der Lage sind, diese explizit zu benennen. Zur Lösung der Aufgaben von morgen helfen nicht die Zufälligkeiten von gestern, diese sind definitionsgemäß morgen anders, sondern das, was den einzelnen Erfahrungen gemeinsam ist – also deren Regeln, was aus lerntheoretischer und evolutionsbiologischer Sicht in höchstem Maße bedeutsam ist. New Yorker Sprachwissenschaftler haben 1999 eindrucksvoll nachweisen können, dass diese Fähigkeit bereits ab dem sechsten bis siebten Lebensmonat vorhanden ist. Der deutsche Psychiater und Leiter des Transferzentrums für Neurobiologie und Lernen Manfred Spitzer bezeichnet Kinder als wahre „Regelaufsaugschwämme“. Die einzelnen Beispiele, d. h. unsere Erfahrungen sind entscheidend dafür, welche Regeln wie (gut) gelernt werden – in kognitiven wie in motorischen Lernprozessen.

In der Motorikforschung hat sich nicht zuletzt aufgrund der sprunghaft angestiegenen Kenntnisse im Bereich der Neurobiologie (maßgeblich verursacht durch die Ent-

wicklung neuer bildgebenden Verfahren, wie z. B. das fMRI) das so genannte variable bzw. differenzielle Lernen als effiziente Lernmethode entwickelt. Dieses Konzept bildet seit Anfang der 70iger Jahre den Gegenpol zu den ingenieurwissenschaftlich orientierten Modellen motorischer Programme, in denen die Datenverarbeitung von Computern zum Vorbild motorischer Lernprozesse diente und das „Einschleifen“ von Bewegungen durch ständiges Wiederholen der gleichen Bewegungslösung zum Kredo wurde. Im Gegensatz dazu wird im Konzept des variablen Übens der Lernende dazu angehalten verschiedene Bewegungslösungen auszuführen, um dadurch jene „Regeln“ extrahieren zu können, die ihn dazu befähigen, neue Bewegungssituationen bzw. -aufgaben bestmöglich zu lösen. Um fertigkeitübergreifende Regeln und damit allgemein koordinative Fähigkeiten zu erwerben, müssen dementsprechend Erfahrungen aus verschiedenen Fertigkeiten gesammelt werden. Um bestimmte Bewegungstechniken zu optimieren, müssen ebenso jene Bewegungserfahrungen gemacht werden, die die Generierung jener „Regeln“ fördert, die eine möglichst schnelle und adäquate Anpassung an neue Situationen gewährleistet. „Don't repeat an exercise twice“ ist eine der zentralen Forderungen dieses Lernkonzeptes, dessen Effizienz auch an unserem Institut im Rahmen mehrerer Studien bestätigt wurde.

Darüber hinaus zeichnet sich das variable Üben durch Freude und Spaß an der Bewegung/Sport und am Erlernen von Neuem aus. Dass beim Kennen lernen und Entdecken von Neuem das körpereigene Belohnungssystem (in Form des Neurotransmitters Dopamin) aktiviert wird, das wiederum die synaptischen Übertragungsstärken und damit das Lernen positiv moduliert, gehört sicherlich zu den spannendsten Entdeckungen der Neurobiologie in den letzten 50 Jahren.

„Was Hänschen nicht lernt, lernt Hans nimmer mehr“ ist eine jener Volksweisheiten, die durch die neurobiologischen Forschungen Bestätigung findet. So existieren für bestimmte Lerninhalte entsprechende Zeitfenster („Tuningphasen“), in denen diese leichter und außerhalb derer schwerer bis gar nicht mehr vermittelt werden können. Um diesen und verwandten Fragestellungen nachzugehen hat sich eine neue Forschungsrichtung mit dem Namen „developmental cognitive neuroscience“ entwickelt, die noch in den Kinderschuhen steckt, aber in naher Zukunft sicherlich für die Lernpraxis ganz entscheidende Kenntnisse liefern wird. In den USA sitzen Zweijährige durchschnittlich 2,2 h vor dem Fernseher (ca. 20 % der Wachzeit) Vierjährige im Mittel 3,6 h; in Deutschland sind es 800.000 Kinder im Kindergartenalter, die um 22:00 Uhr, 200.000 um 23:00 Uhr und noch 50:000 Kinder, die um 24:00 Uhr vor dem Fernseher hocken. „Erfahrung ist der wichtigste Architekt unseres Gehirns“ hat Donald Olding Hebb treffend bemerkt. Vor den Augen solcher Horrorzahlen und dem heutigen Kenntnissen darüber, wie wichtig die „richtigen“ Erfahrungen in diesem Alter für kognitive und motorische Lernvorgänge sind, mag es nicht verwundern, wenn sich Bewegungsmangel bald als Volkskrankheit Nummer Eins etablieren wird sowie Aufmerksamkeits- und Lernschwierigkeiten drastisch zunehmen. Der Zusammenhang zwischen dem Fernsehkonsum im Alter vom ersten bis dritten Lebensjahr und Auf-

merksamkeitsdefiziten im siebten Lebensjahr konnte 2004 von Christakis et al. 2004 nachgewiesen werden. Dass Aufmerksamkeit(slenkung) und in diesem Zusammenhang die Person des Lehrers bzw. Trainers für jeden Lernprozess eine ganz entscheidende Funktion übernimmt, lässt sich bereits auf zellulärer Ebene erklären und mit Lernstudien belegen (Kuhl et al. 2003).

Das noch vor 10 Jahren weit verbreitete Dogma, dass sich im Laufe des Lebens keine neuen Nervenzellen mehr bilden, ist heute durch mehrere Tier- und Humanstudien widerlegt. Im Jahr 2001 konnte von Shors et al. im Tierversuch nachweisen, dass die Neubildung von Nervenzellen (Neuroneogenese) bei Lernprozessen eine Rolle spielt. Zwei Jahre zuvor zeigte Van Praag, dass Ausdauertraining die Neuroneogenese positiv beeinflusst – jedoch nur solange man nicht zum Training gezwungen wird, denn Stress, insbesondere das Stresshormon Cortisol, gilt als Feind der Nervenzelle. In Ulm wurde vor kurzem eine groß angelegte Studie, die den Zusammenhang von Ausdauertraining und kognitiver Leistungsfähigkeit mit umfangreichen Tests (inkl. fMRI) untersucht, abgeschlossen, deren Ergebnisse mit Spannung im März 2007 erwartet werden.

Dass Schlaf nicht nur zur Regeneration dient, sondern tatsächlich im Schlaf aktiv gelernt wird, d. h. Lerninhalte des Tages konsolidiert werden, zeigen beeindruckende Studien der letzten Jahre (u. a. Siegel 2001; Maquet 2001; Nielsen & Stenstrom 2005; Marshall et al. 2006). Dabei stehen der Tiefschlaf (SWS) im Zusammenhang mit der *Konsolidierung* episodischer und der REM-Schlaf mit prozeduralen Gedächtnisinhalten. Dass nächtelanges Lernen ohne ausreichend Schlaf dem längerfristigen Festigen des Gelernten hinderlich ist (wenn überhaupt nur kurzfristige Effekte zeigt), scheint vor diesem Hintergrund klar.