

# Lernen im digitalen Zeitalter

Denise Manahan-Vaughan

In einem Zeitraum von wenig mehr als einem Jahrzehnt hat sich unsere Welt transformiert. Digitale Medien dominieren alle Facetten der Bildung, der Unterhaltung und der Kommunikation. Unter der Voraussetzung, dass die Informationen, die wir über diese Medien erhalten, fachlich korrekt sind, hat unsere Gesellschaft vor allem mithilfe des Internets grenzenlose Möglichkeiten, sich weiterzubilden. Schulleiter schlagen allerdings teilweise Alarm, denn die traditionellen Unterrichtsmethoden können kaum mit der Spannung und Unterhaltung konkurrieren, die digitale Medien bieten. Statt zu lernen, spielen Schülerinnen und Schüler Computerspiele, „simsen“, „surfen“ oder schauen vielleicht auch „nur“ Fernsehen. Mithilfe von Tablet-PCs und Smartphones kann dies sogar während der Schulpausen passieren. Berufstätige haben sich längst an das digitale Multitasking im Alltag gewöhnt. Ist das alles zu viel für ein menschliches Gehirn, das sich laut Evolutionsbiologen seit 30.000 Jahren nicht verändert hat? Hier schauen wir den Aufbau des Gehirns und seine Lernfähigkeit im digitalen Zeitalter an.

Wenn wir lernen, speichern wir das, was wir gelernt haben, im Gehirn. Genauer gesagt, wir speichern diese Information in unseren Hirnzellen, und zwar in speziellen Kommunikationsstellen zwischen den Hirnzellen, die „Synapsen“ genannt werden. Das gesunde menschliche Gehirn besitzt etwa 100 Mia. Hirnzellen, die wiederum durchschnittlich je 10.000 Synapsen bilden. Hochgerechnet haben wir also alle ca. 1.000.000 Mia. ( $10^{14}$ ) Synapsen im Gehirn. Unser Gehirn ist ein wahres Wunderwerk der Natur, und in Anbetracht dieser unbegreiflichen Anzahl von Synapsen

ist es eigentlich kein Wunder, dass wir von der Geburt bis zum Tod in hohem Alter täglich Neues lernen und uns dauerhaft merken können.

Unsere Gedächtnisse gliedern sich in zwei Hauptformen: deklarative bzw. explizite Gedächtnisse und nicht-deklarative bzw. implizite Gedächtnisse. Beim deklarativen Gedächtnis handelt es sich um Erinnerungen, die wir bewusst abrufen müssen, um von ihnen Gebrauch zu machen. Fakten und Erfahrungen fallen in diese Kategorie. Auch die Biografie des eigenen Lebens ist eine deklarative Erin-

nerung. Deswegen können wir eigentlich identische, gleichzeitige Erlebnisse haben wie z. B. ein Freund oder ein Familienmitglied, aber ganz unterschiedliche Erinnerungen daraus bilden. „Fakt“ ist es vielleicht, dass Sie die Weihnachtsansprache unserer Bundeskanzlerin gesehen bzw. gehört haben, aber ob Sie die gut oder weniger gut fanden, hängt allein von Ihrer subjektiven Wahrnehmung ab. Deswegen ist der Inhalt unseres Gehirns ein Unikat. Beim nicht-deklarativen Gedächtnis handelt es sich um Erinnerungen, die wir nicht bewusst abrufen, um sie benutzen zu können.

Tatsächlich finden wir es sogar schwierig, solche Erinnerungen zu verbalisieren. Emotionale Reaktionen, die wir gelernt haben (z. B. Ekelreaktionen), fallen in diese Kategorie. Aber auch hochkomplexe Fähigkeiten wie z. B. Autofahren oder Klavierspielen bilden nicht-deklarative Gedächtnisse.

### Synaptische Plastizität

Wir haben zwar sehr viele Synapsen, bilden aber auch jeden Tag viele neue Gedächtnisse. Manche behalten wir nur kurzfristig („Habe ich meinen Hausschlüssel mitgenommen?“ , „Wann muss ich heute zum Arzt?“), für manche Erinnerungen ist es lebens- bzw. beziehungsweise wichtig, dass wir sie ein Leben lang behalten (z. B. den Namen des Ehepartners, die Tatsache, dass man Diabetiker ist, die Notwendigkeit, dass man bei einer roten Ampel anhält). Aber wie funktioniert es, dass wir tatsächlich solche verschiedenen und vielfältigen Erinnerungen bilden? Unser Gehirn ist auf Effizienz ausgelegt, und nicht nur wir Menschen, sondern alle Tiere mit einem Nervensystem haben im Laufe der Evolution die Fähigkeit entwickelt, die Kommunikation zwischen Synapsen zu verstärken bzw. abzuschwächen. Dieses Phänomen heißt „synaptische Plastizität“ und wurde vor ca. 40 Jahren von Neurophysiologen zum ersten Mal beschrieben (Bliss/Lømo 1973). Sie ermöglicht, dass Hirnzellen synaptische Netzwerke bilden, in denen Gedächtnisse gespeichert werden können. Wenn unser Gehirn erkrankt, wie z. B. bei Morbus Alzheimer, verlieren wir die Fähigkeit zur synaptischen Plastizität (Ma/Klann 2012), und damit verlieren wir nicht nur alte Erinnerungen, sondern auch die Fähigkeit, neue Gedächtnisse zu bilden.

Wie funktioniert das synaptische Netzwerk? Wenn keine Information gespeichert werden soll, dann bleiben die Synapsen „naiv“, grob gesagt: Die „Werkseinstellung“ wird beibehalten. Eine langfristige Verbesserung der synaptischen Kommunikation nennt man Langzeitpotenzierung (LTP), eine langfristige Verminderung nennt man Langzeitdepression (LTD), die aber nicht mit klinischer Depression zu verwechseln ist (Kemp/Manahan-Vaughan 2007). Wenn also in einem Netzwerk von Synapsen einige im naiven, andere aber im potenzierten (LTP) bzw. abgeschwächten (LTD) Zustand sind, kann auf einmal ein einmaliges

Netzwerk entstehen. Stellen Sie sich 100 kleine Leuchten vor, die entweder stark, schwach oder normal leuchten können. Wie viele Kombinationen könnten entstehen? Jede Kombination ermöglicht die Speicherung eines einmaligen Gedächtnisses. Aber wir besitzen nicht nur 100, sondern 1.000.000 Mia. Synapsen. Da jede Synapse unverändert bleibt, potenziert oder abgeschwächt werden kann, ist die Kapazität unseres Gehirns, neue Information zu speichern, einfach atemberaubend.

### Um zu lernen, brauchen wir unsere Sinne

Um zu lernen, brauchen wir unsere Sinne. Das, was wir z. B. sehen, hören, spüren und riechen, wird (manchmal mit Vorerfahrungen) im Gehirn zusammengepuzzelt, um ein neues Gedächtnis zu bilden bzw. um ein altes Gedächtnis zu revidieren. Die unterschiedlichen Sinneserfahrungen werden zunächst im zuständigen sensorischen Teil des Gehirns (d. h. im visuellen, auditorischen, somatosensorischen bzw. olfaktorischen Kortex) verarbeitet. Diese Informationen werden dann zum Hippocampus geschickt, einer Hirnstruktur, die für die Bildung von deklarativen Gedächtnissen extrem wichtig ist (Abb. 1). Eine der Stärken des Hippocampus ist es, dass er in der Lage ist, sehr komplexe Assoziationen aus unseren Erfahrungen zu bilden. Wenn der Duft eines Parfums Sie zur ersten Begegnung mit Ihrer ersten Liebe zurücktransportiert, wenn ein altes Lied aus Ihrer Jugendzeit in Ihnen die ganze Erinnerung an Ihre Abifeier wachruft, dann war der Hippocampus am Werk.

Um zu lernen, brauchen wir also unsere Sinne. Und da liegt der Haken im digitalen Zeitalter. Wenn wir z. B. in der Schule oder im Weiterbildungsseminar neue Informationen aufnehmen, tun wir das in der Regel mittels dem, was wir sehen und hören. Später gehen wir nach Hause und spielen vielleicht ein Computerspiel oder schauen fern. Das, was wir hier erfahren, geschieht auch durch das Sehen und Hören. Bildet sich hier eine Konkurrenz? Schließlich haben Hirnforscher bereits nachgewiesen, dass unser Gehirn, um Langzeiterinnerungen bilden zu können, eine Konsolidierungsphase braucht: sozusagen eine Verschnaufpause, während der sich die neu gelernte Information im Gehirn verfestigt. Das geht, indem wir schlafen bzw. indem wir etwas ganz anderes machen als lernen. Um dieser

Frage nachzugehen, haben wir bei Nagetieren untersucht, ob dieselben Hirnmechanismen, d. h. die synaptische Plastizität, zum Lernen unter physischen wie unter digitalen Umständen benutzt werden.

### Lernen unter physischen bzw. digitalen Umständen

Wenn wir verschiedene räumliche Informationen speichern, macht sich die synaptische Plastizität im Hippocampus sichtbar (Kemp/Manahan-Vaughan 2004). Bei unserem Versuch haben Nager die Aufgabe bekommen, sich die räumliche Lage von einigen Objekten zu merken. Eine Gruppe durfte das in einem realen physischen Raum machen. Die andere Gruppe hat die Objekte am Computermonitor betrachtet. Wir beobachteten, dass eine lang anhaltende Änderung der synaptischen Plastizität unter beiden Lernbedingungen hervorgerufen wurde. Anders gesagt: Die Nager konnten gleich gut lernen und erinnern, egal, ob die Gedächtnisse durch physisches oder digitales Lernen gebildet wurden (Kemp/Manahan-Vaughan 2011).

Mittlerweile wird es für sehr wahrscheinlich gehalten, dass sowohl die LTP als auch die LTD für die Bildung von Langzeitgedächtnissen benötigt werden (Kemp/Manahan-Vaughan 2007). Sowohl die Langzeiterinnerungen als auch diese Formen der synaptischen Plastizität brauchen eine Konsolidierungsphase, während der neue Proteine gebildet werden, durch die die Langzeiterinnerungen bzw. die synaptische Plastizität aufrechterhalten werden (Flood u. a. 1973; Frey u. a. 1988; Kulla u. a. 2000). Eine Störung dieser Konsolidierungsphase durch die Aufnahme von neuen Informationen bzw. Erfahrungen führt dazu, dass eine Langzeiterinnerung unvollständig oder gar nicht gebildet wird (Robertson 2012). Diese Art „Interferenz“ findet nicht nur statt, wenn ähnliche Informationen kurz aufeinanderfolgend aufgenommen werden (z. B. das Lernen von französischen, gefolgt von spanischen Vokabeln), sondern auch, wenn ganz unterschiedliche Erfahrungen gespeichert werden sollen. Deshalb ist es z. B. möglich, dass das Spielen eines Computerspiels oder das Anschauen eines fesselnden Fernsehprogramms unmittelbar nach der Schule eine Beeinträchtigung des frisch gelernten Schulstoffs bewirken kann.

## Burn-out vermeiden

Was können wir daraus lernen? Für die Schüler ist dieser Befund – je nach Einstellung – entweder eine Hiobsbotschaft oder eine Chance. Die Integration von digitalen Medien, die sowieso einen sehr hohen Zuspruch unter Schülern genießen, könnte als Stärkung und Unterstützung der traditionellen Unterrichtsformen implementiert werden. Hier ist allerdings Innovation erforderlich. Hausaufgaben, die z. B. Themenerforschung im Internet benötigen, sind ein Schritt in die richtige Richtung, aber zweckbestimmte interaktive Lernmedien werden unumgänglich, wenn man die Spannung und Reize der digitalen Unterhaltung zugunsten der Schulausbildung umsetzen möchte. Auch diejenigen, die das Schulalter längst hinter sich gelassen haben, müssen lernen, mit der Sinnesflut, der wir durch die digitalen Medien ausgesetzt sind, umzugehen. Die Vorteile des digitalen Zeitalters sind nicht wegzureden. Es wäre durchaus denkbar, dass sich der Bildungsstand jedes Bürgers dadurch erhöhen könnte. Das Gehirn braucht allerdings Zeit, um zu lernen – und vor allem, um Gedächtnisse zu speichern. Zu viel des Guten, d. h. zu viel zum Verarbeiten, überfordert die Sortierungs- und Speicherprozesse des Gehirns. Zurzeit wird viel über das „Burn-out-Syndrom“ gesprochen, vor allem, weil offenbar momentan so viele davon betroffen sind. Ein solches Syndrom kommt durch eine Überforderung des Gehirns zustande. Das geschieht allerdings nicht allein durch Alltagsstress und zu viel Verantwortung, sondern auch durch die immer mehr zunehmende Beanspruchung des Gehirns durch das digitale Multitasking. Die Botschaft: Genießen wir die enormen Vorteile, die wir im digitalen Zeitalter zur Verfügung gestellt bekommen. Aber ab und zu mal auszuschalten, dem Gehirn eine Verschnaufpause zu gönnen, das hilft nicht nur der Gedächtnisbildung, sondern auch der Gesundheit.

### Literatur:

**Bliss, T. V./Lomo, T.:**

*Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following stimulation of the perforant path.* In: Journal of Physiology, 232/1973, S. 331–356

**Flood, J. F. u. a.:**

*The influence of duration of protein synthesis inhibition on memory.* In: Physiology & Behavior, 1973/10, S. 555–562

**Frey, U. u. a.:**

*Anisomycin, an inhibitor of protein synthesis, blocks late phases of LTP phenomena in the hippocampal CA1 region in vitro.* In: Brain Research, 452/1988, S. 57–65

**Kemp, A./Manahan-Vaughan, D.:**

*Hippocampal long-term depression and long-term potentiation encode different aspects of novelty acquisition.* In: Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 101/2004, S. 8192–8197

**Kemp, A./Manahan-Vaughan, D.:**

*Hippocampal Long-Term Depression: Master or Minion in Declarative Memory Processes?* In: Trends in Neurosciences, 2007/30, S. 111–118

**Kemp, A./Manahan-Vaughan, D.:**

*Passive Spatial Perception Facilitates the Expression of Persistent Hippocampal Long-Term Depression, Cerebral Cortex.* PMID: 21917740, 2011

**Kulla, A. u. a.:**

*Requirement of Translation but not Transcription for the Maintenance of Long-Term Depression in the CA1 Region of Freely Moving Rats.* In: Journal of Neuroscience, 2000/20, S. 8572–8576

**Ma, T./Klann, E.:**

*Amyloid  $\beta$ : linking synaptic plasticity failure to memory disruption in Alzheimer's disease.* In: Journal of Neurochemistry, 120/2012, Supplement 1, S. 140–148

**Robertson, E. M.:**

*New Insights in Human Memory Interference and Consolidation.* In: Current Biology, 2012/22, S. R66–R71

Dr. Denise Manahan-Vaughan ist Professorin für Neurophysiologie an der Medizinischen Fakultät der Ruhr-Universität Bochum. Sie studierte Naturwissenschaften mit dem Schwerpunkt Physiologie am Trinity College Dublin und promovierte im Bereich der Neuropharmakologie/Neurophysiologie.





Abb. 1:

**Hippocampus**

Der Hippocampus (Plural Hippocampi) ist ein Bestandteil des Gehirns und zählt zu den evolutionär ältesten Strukturen des Gehirns. Er befindet sich im Temporallappen und ist eine zentrale Schaltstation des limbischen Systems. Es gibt einen Hippocampus pro Hemisphäre.

**Wortherkunft:**

Ab 1706 wurde ein Hirnteil nach dem Seepferdchen (lateinisch: Hippocampus) benannt, welches seinerseits seit den 1570er-Jahren in latinisierter Form nach dem Meeresungeheuer Hippokamp aus der griechischen Mythologie [...] bezeichnet wurde, dessen vordere Hälfte ein Pferd, der hintere Teil ein Fisch ist. Das innen, zum Lobus piriformis gelegene Ende des Hippocampus ähnelt beim Menschen den Flossen dieses sagenhaften Ungeheuers.

(Zitiert aus: Wikipedia, die freie Enzyklopädie)