

Gedächtnissysteme

(Paul Natterer)

Lernen umfasst grundsätzlich zum Einen klassische und operante Konditionierung. Dies ist das **Verhaltensgedächtnis**. Zum anderen umfasst Lernen kognitive Prozesse. Diese sind das **Wissensgedächtnis**. Das Verhaltensgedächtnis ist also das Resultat von assoziativem Reiz-Reaktions-Lernen. Das Wissensgedächtnis ist das Resultat von Informations-Kodierung, -Speicherung und -Abruf mentaler Repräsentationen und sensomotorischer Fertigkeiten.

- Diese Speicher- und Abrufkompetenzen sind in drei nach Aufgabe und Aufbau unterschiedenen Gedächtnissystemen verkörpert: **sensorische Register – Arbeitsgedächtnis – Langzeitgedächtnis**.
- Die **sensorischen Register** enthalten eine ultrakurze **Erstrepräsentation** (von 0,5 Sekunden bei visuellen Reizen bis 2 Sekunden bei akustischen Reizen) mit **großer Kapazität**. Im sensorischen Register erfolgt vorbewusst die Kodierung des Reizes (Reizintensität), die Musterextraktion (Signalqualität) und der automatische Vergleich (*matching*) mit dem Langzeitgedächtnis (LZG).
- Das **Kurzzeitgedächtnis** (KZG) ist neurobiologisch mit sogenannter Langzeitpotenzierung (LTP) und Langzeitdepression (LTD) in Hippokampus und Kortex verknüpft. Das KZG leistet die bewusste und kontrollierte Verarbeitung neuer und komplexer Situationen und Handlungen und enthält eine **kurze Repräsentation** (20 Sekunden) mit **geringer Kapazität** (7+/-2 anschauliche Merkmale oder sprachliche Glieder). Hier wird die Information zu unverwechselbaren **zeitlichen Sequenzen, räumlichen Konfigurationen und bedeutungsmäßigen** (semantischen) **Beziehungen** verarbeitet. Dies geschieht in zwei Repräsentations-Codes mit je zwei Verarbeitungsstufen. Die beiden Codes sind der akustisch-sprachliche (die Endprodukte werden hier zeitliche **Ketten** oder *chunks* genannt) und der visuell-räumliche Code (die Endprodukte sind hier Bilder oder räumliche **Muster**). Sowohl die *chunks* wie die Muster werden strukturell (als Zeitstruktur bzw. Raumstruktur) und semantisch (begriffliche Bedeutungen) verarbeitet und gespeichert.
- Das **Langzeitgedächtnis** (LZG) umfasst drei Systeme: (1) das **prozedurale LZG** betrifft Fertigkeiten wie Radfahren, Maschinenschreiben oder Kraulschwimmen – (2) das **deklarativ-semantische LZG**

betreffs begrifflicher Bedeutungen – (3) das **deklarativ-episodische LZG** betreffs autobiographischer Fakten und ihres Raum-Zeit-Erfahrungszusammenhangs.

- Das **prozedurale LZG** hängt vom motorischen Großhirn und vom Kleinhirn ab. Physiologisch geht es mit vermehrter bzw. verminderter synaptischer Transmitterfreisetzung in Kleinhirn und Hippokampus einher. Das prozedurale Gedächtnis folgt den lernpsychologischen Gesetzen der assoziativen Konditionierung ohne ausdrückliche Verarbeitung und Konsolidierung; die Wiedergabe ist automatisch und reflexiv ohne aktiven Suchprozess, sowie relativ unabhängig vom Kontext.
- Neuroanatomisch und neurophysiologisch ist das **deklarative LZG** im präfrontalen motorischen Kortex, im sensorischen Assoziationskortex, im Hippokampus und im Limbischen System überhaupt verortet. Der Übergang vom KZG zum deklarativen LZG heißt Konsolidierung und hängt von Genexpression (veränderte genetische Regulierung) und Proteinbiosynthese (also der Produktion von Enzymen und Struktureiweißen der Zellen) ab. Die erzeugten Stoffe wirken dann als Katalysatoren bzw. stellen Substanzen bereit für den Aufbau von Dendritenzweigungen und -fortsätzen, Rezeptoren, Synapsen. Das deklarative Wissensgedächtnis kann nur reflektiv über einen aktiven zielgerichteten Suchprozess abgerufen werden und ist kontextsensitiv.
- Wie wird nun der spezifische Inhalt der Gedächtnisinhalte (Engramme) bestimmt? Diese Bestimmung hat äußere (epigenetische) Bedingungen und innere (genetische) Bedingungen. Erstere stehen wahrscheinlich unter dem Prinzip der gemeinsamen Aktivierung einer Neuronenpopulation: kohärentes Entladungsverhalten eines identischen Zellensembles des ZNS, kurz: **kohärenter synchroner Erregungskreis**. Logische Struktur (Syntax) und begriffliche Bedeutung (Semantik) des Inhalts wird dabei repräsentiert durch (1) **Frequenz** und **Rhythmus** des **Erregungskreises** (Oszillationsfrequenz) – (2) **Form des Zellensembles**: Populationskode – (3) **Ort des Zellensembles**.
- Die inneren genetischen Bedingungen, stehen – wie oben gesagt - unter dem Gesetz der Genexpression und Proteinbiosynthese. Gedächtnisinhalte werden neurochemisch nicht durch Genmutation (Veränderung der genetischen *Struktur*), sondern durch veränderte Genregulation (Veränderung der genetischen *Funktion*) möglich gemacht. Die o.g. epigenetischen Bedingungen verändern (1) die Gen-Transkription, d.h. die interne Kopie des Gens von der DNA des Zellkerns auf die sogenannte Boten-RNA (mRNA) und die Gen-Translation, d.h. die Gen-Übersetzung in spezifische Baupläne von Enzymen und Struktureiweißen in den Ribosomen. Jedes Gen hat drei Regionen: eine Kodierungsregion (Strukturcode) – eine Promotor-Region (Zugangscod) – und eine sog.

Enhancer-Region (Schlüsselcode). Letzterer wird durch spezifische Regulatorproteine aktiviert. (2) Dies erfolgt in zwei Phasen: frühe Reaktionsgene modifizieren die Regulatorproteine, die die späten Gene aktivieren. (3) Diese bewirken dauerhafte synaptische Veränderungen als Sensitivierung (Aufbau) oder Habituation (Abbau) durch den Transport der neu synthetisierten Genprodukte an die Zielorte der Zellmembran. Diese Veränderungen sind im Einzelnen **Zu- oder Abnahme von Verzweigungen** (Dendriten) – **Verdickung und damit Beschleunigung der Axone** (Myelinisierung) – **Zu- oder Abnahme von Synapsen** – veränderte **Struktur, Qualität und Kombination der Neurotransmitter und Rezeptoren**. (4) Seit wenigen Jahren ist bekannt, dass über die Lebensspanne sogar die **Bildung neuer Neuronen**, also Zellvermehrung und damit eine noch weitgehendere Plastizität des Gehirns in Abhängigkeit von Erfahrung und Wissen möglich ist.

- Die genannten genetischen und epigenetischen Prozesse bringen eine anatomische und physiologische Formbarkeit des Gehirns mit sich, welche zu einer erworbenen Individualität jedes Gehirns führt, welche sich z. B. auch in unterschiedlichen, individuellen ortssensitiven und zeitsensitiven Hirnkarten niederschlägt.