

Forschungsschwerpunkte – Jun.-Prof. Dr. Monika Schönauer

Das menschliche Erinnerungsvermögen ist eine unserer bemerkenswertesten Fähigkeiten. Es leitet unser Handeln und definiert, wie wir uns als Individuen verstehen und erleben. An besonders eindrückliche Begebenheiten können wir uns ein Leben lang erinnern, auch wenn wir die Erfahrung nur ein einziges Mal durchlebt haben. Wie leistet unser Gehirn das?

Meine Forschung beschäftigt sich mit der Frage, wie wir dauerhafte Erinnerungen bilden. Seit Langem ist bekannt, dass Erinnerungen weiter reifen, nachdem wir sie erstmals eingespeichert haben. Diesen Prozess, durch den Erinnerungen stabiler gegenüber äußeren Störeinflüssen und damit vor dem Vergessen geschützt werden, nennen wir Gedächtniskonsolidierung. Jedoch blieb es weitgehend unmöglich, diese Konsolidierung, die sich nach dem Erwerb im Stillen vollzieht, beim Menschen direkt zu beobachten. Meine Forschung versucht, Gedächtniskonsolidierung abzubilden und zu beeinflussen und somit die Mechanismen zu untersuchen, die fragiles neues Wissen in stabiles Langzeitgedächtnis überführen. Dabei interessieren mich nicht nur die Lernphasen, während derer Erinnerungen aktiv eingespeichert oder abgerufen werden, sondern besonders die Auszeiten und Ruhephasen, die auf das Lernen folgen.

Eine einflussreiche Theorie auf dem Gebiet der Gedächtnisforschung lautet, dass komplementäre Gedächtnissysteme einerseits das schnelle Erlernen neuer Information und andererseits eine stabile Langzeitspeicherung im Gehirn ermöglichen. Der Hippocampus, als zentrale Hirnstruktur für Gedächtnisfunktionen, erwirbt neue Inhalte bereits bei der ersten Begegnung. Die Großhirnrinde dagegen lernt langsamer und braucht viele Wiederholungen, um stabile Repräsentationen des erworbenen Wissens zu speichern. Wir gehen davon aus, dass der Hippocampus die erworbenen Inhalte nach dem Lernen wiederholt abspielt und dadurch die neuronalen Netzwerke in der Großhirnrinde trainiert. Wie aber kann dieses Training stattfinden, ohne uns bei anderen Tätigkeiten zu stören?

Eine Lösung wäre, das Training in den Schlaf zu verlegen. Dass Schlaf förderlich für die Gedächtniskonsolidierung ist, wurde bereits wiederholt nachgewiesen. In meiner Forschung nutze ich Analysemethoden zur Erkennung von neuronalen Mustern, um lernbezogene Hirnaktivität während des Schlafs aufzuspüren. So zeigten wir in der Vergangenheit, dass die menschliche Hirnaktivität während des Schlafs Informationen über eine vorangegangene

Lernerfahrung enthält: Wir konnten allein anhand der Hirnaktivität entschlüsseln, welche Bilder sich unsere Versuchspersonen am Abend zuvor eingeprägt hatten. Besonders spannend war, dass die Personen, die die Bilder im Schlaf besonders stark wiederverarbeitet hatten, sich am nächsten Morgen besser an die Bilder erinnern konnten. Die Möglichkeit, Gedächtnisreaktivierung während des Schlafs beim Menschen zu messen, hilft uns, die verborgenen Prozesse, die zur stabilen Einspeicherung von Gedächtnis beitragen, besser zu verstehen, um sie in der Zukunft auch beeinflussen zu können.

Eine weitere Möglichkeit, die langsam lernenden neuronalen Netzwerke in der Großhirnrinde ausreichend zu trainieren, um Information dauerhaft zu speichern, wäre, das Material beim Lernen selbst gezielt zu wiederholen. Traditionelle Modelle zur Gedächtnisbildung sehen diese Möglichkeit nicht vor, sondern gehen davon aus, dass Gedächtniskonsolidierung über längere Zeiträume geschieht. Um diese Idee zu prüfen, testeten wir in einer Reihe von Versuchen, ob wiederholtes Lernen die Konsolidierung von Gedächtnis beschleunigen kann. Dabei gingen wir davon aus, dass Lernwiederholungen zu einer räumlichen Verlagerung der gedächtnisbezogenen Aktivität im Gehirn führen sollte: Der Hippocampus sollte nur zu Beginn beteiligt sein und sich dann langsam abkoppeln, während die Repräsentation in der Großhirnrinde kontinuierlich stärker werden sollte. Diesen Prozess nennen wir auch „systemische Gedächtniskonsolidierung.“ Das neuronale Substrat des Gedächtnisses, also das System, in dem die Information gespeichert ist, ändert sich über die Zeit. Eines unserer Projekte untersuchte, wie unser Gehirn räumliches Gedächtnis für eine neue Umgebung bildet. Wir beobachteten, dass die Großhirnrinde überraschend schnell zur Gedächtnisfunktion beitrug: Je häufiger jemand an den gleichen Ort in der Umgebung kam, desto stärker wurde der parietale Kortex aktiv. Diese erhöhte Aktivität blieb langfristig bestehen und sagte vorher, wie gut man sich in der Umgebung zurechtfinden konnte. Systemische Konsolidierung kann also viel schneller erfolgen als bisher angenommen, nämlich innerhalb einer einzigen Lernsituation. In Folgeprojekten replizierten wir diese Befunde auch für andere Gedächtnisinhalte, wie beispielsweise verbale Lernmaterialien. Unsere Forschung konnte zeigen, dass man mit Lernstrategien, wie wiederholtem Lernen und Gedächtnisabruf, die natürlichen Prozesse der Gedächtniskonsolidierung ansprechen kann, um die Bildung von stabilem Langzeitgedächtnis zu fördern.

Neue bildgebende Methoden erlauben uns nicht nur, Gedächtnisrepräsentationen im menschlichen Gehirn dann zu messen, wenn sie aktiv verarbeitet werden, also beim Lernen, Abrufen oder wenn sie im Schlaf reaktiviert werden. Sie ermöglichen uns auch, die physischen Spuren zu messen, die Erfahrungen in unserem Gehirn hinterlassen. Dazu nutzen wir Messverfahren, die es uns erlauben, anhand des Bewegungsprofils von Wassermolekülen

im Hirngewebe Rückschlüsse auf kleinste strukturelle Veränderungen zu ziehen, die Gedächtnisbildung in unserem Gehirn hinterlässt. Damit können wir die ruhende Gedächtnisspur, das sogenannte Engramm einer Erfahrung, direkt und jederzeit messen. Wir haben uns diese Methode zunutze gemacht und damit nachgewiesen, dass bereits wenige Lernwiederholungen zur Bildung solcher Gedächtnisspuren in der Großhirnrinde führen, und zwar genau dort, wo wir in unseren Untersuchungen eine verstärkte Aktivierung des Gehirns beim Verarbeiten des Gedächtnisses finden. Dieser entscheidende Nachweis, dass die Großhirnrinde unter geeigneten Bedingungen deutlich schneller lernen kann als gedacht, leistet einen wichtigen Beitrag zu unserer Vorstellung davon, wie wir dauerhafte Erinnerungen bilden.

Gedächtnisspuren zu messen, eröffnet uns mannigfaltige Möglichkeiten, die Entwicklung von Gedächtnisrepräsentationen im menschlichen Gehirn zu verfolgen, sowohl wenn wir sie aktiv nutzen und verändern als auch wenn bereits erworbene Spuren ruhen und reifen. Ich hoffe, dass die Untersuchung dieser Plastizitätsprozesse langfristig dabei helfen wird, Ansatzpunkte für therapeutische Interventionen zu finden, zum Beispiel bei Gedächtnisstörungen.