# Neue Erkenntnisse aus der Gedächtnisforschung

**Eine neue Studie des Zentrums für Molekulare Neurobiologie Hamburg (ZMNH) und des Mannheimer Zentrums für Translationale Neurowissenschaften (MCTN) der Medizinischen Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg beleuchtet eines der hartnäckigsten Rätsel der Neurowissenschaften: Wie kann das Gehirn stabile Erinnerungen bewahren, wenn sich die physischen Strukturen, die diesen Erinnerungen zugrunde liegen, ständig verändern? Die Forschungsergebnisse von Dr. Cynthia Rais (ZMNH) und Professor Dr. Simon Wiegert, der am MCTN die Abteilung Neurophysiologie leitet, zeigen, dass die funktionelle Stärke einer synaptischen Verbindung direkt vorhersagt, wie lange diese Verbindung bestehen bleibt.**

Das Gehirn speichert Erinnerungen in verteilten Netzwerken von Nervenzellen (Neuronen), die durch Synapsen miteinander verbunden sind. Jedes Neuron verfügt über Tausende dieser Verbindungsstellen – viele davon befinden sich auf mikroskopisch kleinen Strukturen, den sogenannten dendritischen Dornen. Ähnlich wie Transistoren in einem Computer steuern Synapsen den Informationsfluss im neuronalen Netzwerk. Im Gegensatz zu einem Computerschaltkreis, in dem nur binäre Zustände (an/aus) existieren, sind Synapsen jedoch sehr dynamisch: Sie können ihre Stärke kontinuierlich verändern und sogar über Tage und Wochen hinweg vollständig verschwinden und wieder auftauchen. Trotz dieser hohen Dynamik können Erinnerungen bis zu einem ganzen Leben lang bestehen bleiben. Wie das Gehirn diesen Widerspruch auflöst, ist bislang weitgehend unklar.

„Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Gehirn eine elegante Lösung für das Dilemma zwischen Stabilität und Plastizität hat. Was in vielen früheren Studien nur vermutet wurde, konnten wir im lebenden Gehirn zeigen: Dass starke synaptische Verbindungen bevorzugt erhalten bleiben, während schwächere schneller abgebaut werden", erläutert Simon Wiegert. „Darüber hinaus sorgt die Summe vieler Synapsen für die Stabilität der Informationen – ein Mechanismus, der für die langfristige Speicherung von Erinnerungen entscheidend sein könnte."

Cynthia Rais und Simon Wiegert wandten die Methode der Optogenetik in Verbindung mit dem Zwei-Photonen-Kalzium-Imaging an, um über zwei Wochen hinweg dieselben dendritischen Dornen im Hippocampus von wachen Mäusen, einer für viele Formen des Gedächtnisses wichtigen Hirnregion, zu verfolgen. Sie stimulierten eine bestimmte Population von Neuronen (CA3) und beobachteten dabei, wie verbundene Neuronen (CA1) reagierten – bis auf die Ebene einzelner dendritischer Dornen.

Die besondere Herausforderung bestand darin, dass Synapsen in der Regel extrem klein sind – nahe an der Auflösungsgrenze optischer Mikroskope –, und die Bewegung des Tieres oft zu einem Verlust der Fokussierung führt. Häufig verwenden Forscher Anästhetika, um Bewegungsartefakte zu vermeiden. Anästhetika verändern jedoch auch die Übertragung und die Stabilität der Synapsen, was die gleichzeitige Untersuchung der Funktion und der Morphologie von Synapsen im selben Experimenten erschwert. Rais und Wiegert meisterten diese Herausforderung, indem sie die Mäuse so an die Versuchsanlage gewöhnten, dass diese während der Bildgebung stillhielten. Mithilfe eines Closed-Loop-Systems gelang es ihnen so, die synaptische Aktivität und Morphologie ohne jegliche Bewegung zu messen.

Auf diese Weise konnten sie einen direkten Zusammenhang zwischen der funktionellen Stärke dendritischer Dornen und ihrem Schicksal im lebenden Gehirn herstellen – etwas, das bisher in keiner Studie gelungen war. Eine hohe neuronale Aktivität korreliert mit einer stabilen Verbindung der Synapsen. Darüber hinaus konnten die Wissenschaftler auch erstmals im lebenden Gehirn bestätigen, dass größere Synapsen nicht nur stabiler sind als kleinere, sondern dass diese größeren Synapsen auch stärkere Synapsen darstellen.

Eine weitere wichtige Erkenntnis aus dieser Studie war, dass trotz der hohen Variabilität einzelner Synapsen über die Zeit hinweg, die Signalübertragung auf der Ebene der dendritischen Äste konstant war, das Gehirn also einen zuverlässigen Informationsfluss auf dieser Ebene aufrechterhält. Diese Stabilität der Informationsübertragung wurde auch auf der Ebene der Nervenzellen beobachtet. Sie zeigten über mehrere Sitzungen hinweg zuverlässige Reaktionen auf dieselben Reize.

Somit kann eine hohe Redundanz im synaptischen Informationsfluss die Informationsübertragung zwischen Neuronen stabilisieren. Diese Beobachtung könnte das Rätsel lösen, wie das Gehirn trotz ständiger dynamischer Veränderungen an seinen wichtigsten Kommunikationseinheiten – den Synapsen – stabile Erinnerungen bewahrt. Genau wie bei einer Ameisenstraße, wo sich einzelne Tiere scheinbar zufällig bewegen, aber die gesamte Population der Tiere einen stabilen Weg einhält.

Die vorliegende Studie hilft, die Mechanismen, die neurodegenerativen Erkrankungen wie Alzheimer zugrunde liegen – deren wesentliches Merkmal ein früher Verlust von Synapsen ist – besser zu verstehen. Sie wirft aber auch neue Fragen darüber auf, was mit diesem Stabilisierungsprozess während des Lernens und der Gedächtnisbildung geschieht, wenn Synapsen selektiv gestärkt oder geschwächt werden. Diese Prozesse, die als Langzeitpotenzierung und Langzeitdepression bezeichnet werden, gelten als Grundlage für die Bildung und Aktualisierung von Erinnerungen.

**Publikation**
Rais, C., Wiegert, J.S.
Functional synaptic connectivity shapes spine stability in the hippocampus.
Nat Commun 17, 3218 (2026).
DOI: 10.1038/s41467-026-71332-z

## Pressemitteilung

09.04.2026
Quelle: Medizinische Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg

## Weitere Informationen

- Medizinische Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg