

## Ein Rätsel um das episodische Gedächtnis gelöst

### **Bonner Forschende klären, wie getrennte Nervenzellgruppen kooperieren, um Erinnerungen in ihren Kontext einzubetten**

Das menschliche Gehirn muss Gedächtnisinhalte mit den Umständen verknüpfen können, in denen diese auftreten. Bonner Forschende deckten nun auf, wie das menschliche Gehirn zwei unterschiedliche Gruppen von Neuronen nutzt, um Inhalt und Kontext getrennt voneinander zu speichern. Diese Nervenzellgruppen arbeiten koordiniert zusammen, um Erinnerungen zu formen, anstatt Signale in der Aktivität einzelner Zellen zu vermischen. Die Studienergebnisse sind jetzt im renommierten Fachjournal „Nature“ veröffentlicht.

Menschen besitzen die bemerkenswerte Fähigkeit, sich an dieselbe Person oder dasselbe Objekt in völlig unterschiedlichen Situationen zu erinnern. Wir unterscheiden mühelos ein Abendessen mit einem Freund von einem geschäftlichen Treffen mit demselben Freund. „Wir wissen bereits, dass tief in den Gedächtniszentren des Gehirns spezifische Zellen, sogenannte Konzeptneuronen, auf diesen Freund reagieren, unabhängig davon in welcher Umgebung er auftaucht“, sagt Prof. Florian Mormann von der Klinik für Epileptologie am UKB, der auch ein Mitglied in dem Transdisziplinären Forschungsbereich (TRA) „Life & Health“ der Universität Bonn ist. Das Gehirn muss diesen Inhalt jedoch mit dem Kontext kombinieren können, um eine nützliche Erinnerung zu bilden. Bei Nagetieren vermischen einzelne Neuronen diese beiden Informationen oft. „Wir haben uns gefragt: Funktioniert das menschliche Gehirn hier grundlegend anders? Bildet es Inhalt und Kontext getrennt ab, um ein flexibleres Gedächtnis zu ermöglichen? Und wie verbinden sich diese getrennten Informationen, wenn wir uns bestimmte Inhalte entsprechend dem Kontext merken müssen?“, sagt Dr. Marcel Bausch, Arbeitsgruppenleiter der Klinik für Epileptologie und Mitglied im TRA „Life & Health“ der Universität Bonn.

### **Dem menschlichen Gehirn in Echtzeit zuschauen**

Um dies zu untersuchen, nutzten die Bonner Forschenden die elektrische Aktivität einzelner Neuronen im Gehirn von Menschen mit medikamentenresistenter Epilepsie. Diesen Patient\*innen wurden zu rein diagnostischen Zwecken Elektroden im Hippocampus und umliegenden Hirnregionen implantiert – Regionen, die für das Gedächtnis essenziell sind. Während der Anfallsaufzeichnung, die klären sollte, ob sie für eine Operation infrage kommen, nahmen sie freiwillig an Experimenten am Laptop teil. Dabei wurden ihnen Bildpaare gezeigt, die sie anhand unterschiedlicher Fragestellungen vergleichen mussten. Zum Beispiel mussten sie entscheiden, ob ein Gegenstand „größer“ ist, wenn der Durchgang mit der Frage „Größer?“ begann. „Dies erlaubte uns zu beobachten, wie das Gehirn exakt dasselbe Bild in unterschiedlichen Aufgabenkontexten verarbeitet“, sagt Mormann.

Das Forschungsteam analysierte über 3.000 Neuronen und identifizierte zwei weitgehend getrennte Nervenzellgruppen: Inhalts-Neurone feuerten als Reaktion auf spezifische Bilder (z. B. einen Keks), unabhängig von der Aufgabe. Kontext-Neurone feuerten als Reaktion auf spezifische Aufgabenkontexte (z. B. die Frage „Größer“), unabhängig vom gezeigten Bild. Im Gegensatz zu Nagetieren kodierten nur sehr wenige Neuronen beides gleichzeitig. „Entscheidend war, dass diese zwei unabhängigen Nervenzellgruppen Inhalt und Kontext gemeinsam und am zuverlässigsten kodierten, wenn die Patient\*innen die Aufgabe korrekt lösten“, sagt Bausch.

Die Verbindungen zwischen ihnen verstärkten sich im Laufe des Experiments: Das Feuern eines Inhalts-Neurons begann, die Aktivität eines Kontext-Neurons einige zehn Millisekunden später vorherzusagen. „Es schien, als würde das ‘Keks’-Neuron lernen, das ‘Größer?’-Neuron anzuregen“, sagt Mormann. Dies geschieht im Sinne eines Torwächters für den Informationsfluss, sodass nur der relevante Kontext, welcher zuvor aktiv war, abgerufen wird. Dieser Prozess, die sogenannte Mustervervollständigung (pattern completion), erlaubt es dem Gehirn, aus nur einer Teilinformation den kompletten Erinnerungskontext zu rekonstruieren. „Diese Arbeitsteilung erklärt wahrscheinlich die Flexibilität des menschlichen Gedächtnisses. Denn das Gehirn kann dasselbe Konzept in unzähligen neuen Situationen wiederverwenden, ohne für jede einzelne Kombination ein spezialisiertes Neuron zu benötigen, indem es Inhalt und Kontext in getrennten „neuronalen Bibliotheken“ aufbewahrt“, sagt Bausch und Mormann ergänzt: „Die Fähigkeit dieser Nervenzellgruppen, sich spontan zu verknüpfen, erlaubt es uns, Informationen zu verallgemeinern und gleichzeitig die spezifischen Details individueller Ereignisse zu bewahren“.

Zwar nutzte die Studie spezifische Fragen als interaktive Kontexte am Laptop, doch gibt es auch andere Kontexte, die passiv sind, wie zum Beispiel der Raum, in dem man sich befindet. Es bleibt zu klären, ob diese Hintergrundkontexte des Alltags durch dieselben neuronalen Mechanismen verarbeitet werden. Zudem müssen die Mechanismen auch noch außerhalb des Kliniksettings überprüft werden. Ein wichtiger nächster Schritt wird sein, zu untersuchen, ob eine gezielte Störung der Interaktion zwischen diesen Neuronen eine Person daran hindert, die richtige Erinnerung kontextgemäß abzurufen oder die richtige Entscheidung zu treffen.

**Förderung:** Die Studie wurde durch die DFG, die Volkswagen-Stiftung, und das NRW-Verbundprojekt „iBehave“ gefördert.

**Publikation:** Marcel Bausch et al.: Distinct neuronal populations in the human brain combine content and context; Nature; DOI: 10.1038/s41586-025-09910-2