



Abteilung Neuropsychologie, Labor für Kindersprachforschung

Forschungsbericht 2016

- 1. Studie Das Zusammenspiel der verschiedenen Areale
im Gehirn während es Sprache verarbeitet
- 2. Studie Die Entwicklung des Sprachnetzwerkes





Die Verknüpfung der sprachverarbeitenden Hirnregionen

Wenn jemand mit uns spricht, verstehen wir meist sofort, was er oder sie sagt. Wir kennen in der Regel die verwendeten Worte, und ihre Ordnung zu Sätzen erschließt uns schnell den Sinn des Gesagten. Um diese enorme Leistung zu vollbringen, arbeiten im Gehirn verschiedene Hirnregionen in einem Netzwerk zusammen. Wenn ein Baby zur Welt kommt, ist dieses Sprachnetzwerk noch ziemlich unreif und unfertig. Das Neugeborene kennt noch nicht die Bedeutung von Wörtern und kann Sätze noch nicht verstehen. Vielmehr muss es erst noch lernen, die Wortbedeutungen und die Satzstrukturen zu entschlüsseln. Während dieses mehrjährigen Lernprozesses, stimmen die Nervenzellen ihre Arbeit immer besser aufeinander ab, sodass ihr Informationsaustausch immer zielsicherer wird. Das Sprachnetzwerk, so die Annahme, entwickelt sich dadurch immer weiter und wird immer besser darin, Sprache zu verarbeiten.

Entscheidend sind dafür vor allem das Broca-Areal im linken Stirnbereich, dem Frontallappen, und das Wernicke-Areal im linken Schläfenbereich, dem Temporallappen, und deren Zusammenarbeit. Das Broca-Areal besteht wiederum aus zwei Untereinheiten, den sogenannten Brodmann-Arealen 44 und 45, kurz BA44 und BA45 (Abbildung 1). Diese sind nach dem deutschen Neuroanatom Korbinian Brodmann benannt, der das Gehirn und seine verschiedenen Regionen zu Beginn des vorigen Jahrhunderts untersucht hat. Insbesondere von BA44 ist bekannt, dass es mit dafür verantwortlich ist, Satzkonstruktionen zu arbeiten.

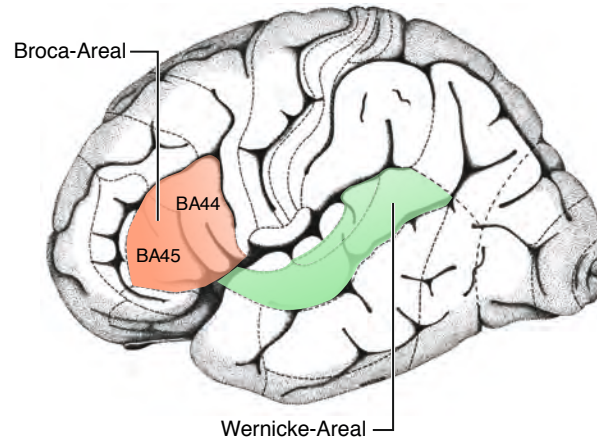


Abbildung 1: Hier ist das Gehirn in einer Ansicht von links zu sehen. Die beiden wichtigsten Areale, wenn es um Sprachverarbeitung geht, sind das Broca-Areal im linken unteren Frontallappen sowie das Wernicke-Areal im linken hinteren Schläfenlappen.

Für die Verarbeitung von Sprache arbeiten beide zusammen und tauschen dabei ständig Informationen aus. Dieser Informationsfluss führt zu einer gemeinsamen funktionellen Aktivierung.

Studie 1

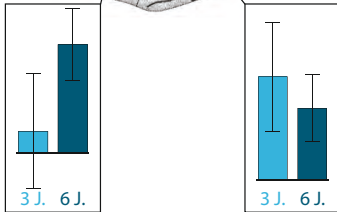
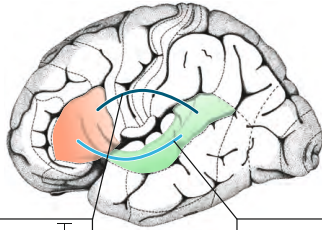
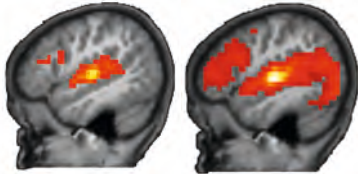
Das Zusammenspiel der verschiedenen Areale im Gehirn, während es Sprache verarbeitet

Wir wissen aus hirnanatomischen Studien der letzten Jahre, dass die Nervenfasern im Gehirn, die die beiden Sprachregionen, das Broca- und Wernicke-Areal, miteinander verbinden, im Laufe der Kindheit erst allmählich heranreifen. Um zu untersuchen, wie sich das Zusammenspiel dieser beiden Hirnregionen entwickelt hat, während es Sprache verarbeitet, haben wir Kinder zweier Altersgruppen zu uns eingeladen.

Was haben wir genau gemacht?

Um herauszufinden, welchen Einfluss die Hirnreifung auf die Zusammenarbeit der beiden Regionen hat, haben Kinder im Alter von drei und sechs Jahren bei uns ein Sprachspiel gespielt. Darin hörten sie unterschiedlich schwierige Sätze und sollten dann jeweils aus zwei Bildern das zum Satz passende Bild auswählen. Da dieses Spiel im MRT stattfand, hatten wir die Gelegenheit, ihnen dabei gleichzeitig beim Denken zuzuschauen, also Aufnahmen des Gehirns anzufertigen. Uns interessierte besonders, inwiefern sich die Zusammenarbeit von Broca- und Wernicke-Areal im Laufe der Sprachentwicklung ändert. Wir erwarteten, dass die sogenannte funktionelle Verknüpfung ansteigt, also die gemeinsame Aktivierung beider Hirnregionen.

3jährige Kinder 6jährige Kinder



Effektstärke der funktionellen Verknüpfung

Und was kam heraus?

In Abbildung 2 ist die Hirnaktivität bei den Kindern beider Altersgruppen zu sehen, während sie Sätze verstehen. Sowohl Dreijährige wie auch Sechsjährige aktivieren ihr Broca- und ihr Wernicke-Areal, Sechsjährige jedoch etwas stärker. Zudem haben wir die funktionelle Verknüpfung des Sprachnetzwerkes genauer untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass bei Sechsjährigen eine viel stärkere funktionelle Verknüpfung zwischen dem Broca-Areal BA44 und dem Wernicke-Areal besteht als bei Dreijährigen. Besonders interessant dabei: Bei den Jüngeren ist wiederum die funktionelle Verknüpfung von BA45 zum Wernicke-Areal deutlicher ausgeprägt.

Abbildung 2: Auf den MRT-Aufnahmen lässt sich erkennen, welche Hirnbereiche bei den Kindern aktiviert sind, während sie Sätze verstehen. Sowohl bei Dreijährigen als auch bei Sechsjährigen sind die beiden wichtigsten Areale des Sprachnetzwerkes, das Broca- und das Wernicke-Areal aktiviert – bei den Sechsjährigen jedoch etwas stärker. Die Diagramme zeigen, wie stark das Broca- und das Wernicke-Areal miteinander funktionell verknüpft sind, während die kleinen Studienteilnehmer Sätze verstehen. Nur bei den Sechsjährigen ist die Verknüpfung zwischen dem Areal BA44 und dem Wernicke-Areal deutlich vorhanden (dunkelblaue Verbindung), ein Zeichen, dass sie bereits Satzkonstruktionen gut verarbeiten können – ähnlich wie bei Erwachsenen. Bei den Dreijährigen ist es (noch) vor allem das Areal BA45, das mit dem Wernicke-Areal zusammenarbeitet (hellblaue Verbindung). Das beruht vermutlich darauf, dass sie stärker den Inhalt und die Wortbedeutung als Informationen nutzen, um Sätze zu begreifen.



Was bedeutet das?

Im Alter zwischen drei und sechs Jahren erlebt das Sprachnetzwerk tiefgreifende Veränderungen: Es verändert sich nicht nur dahingehend, welche Sprachareale wie stark aktiviert werden, sondern auch wie sie miteinander funktionell verknüpft sind. Eine Verknüpfung die bei Sechsjährigen besonders hervortritt, ist diejenige zwischen dem Broca-Areal BA44 und dem Wernicke-Areal – eine Partnerschaft, die auch bei Erwachsenen eine wesentliche Funktion bei der Verarbeitung von Satzstrukturen übernimmt, bei Dreijährigen hingegen kaum ausgeprägt ist. In diesem Alter übernimmt die Verknüpfung zwischen BA45 und Wernicke-Areal noch die Hauptrolle. Anhand früherer Ergebnisse vermuten wir, dass das daran liegt, dass jüngere Kinder stärker inhaltlich-semantische Aspekte nutzen, um Sätze richtig zu verstehen – eine Aufgabe, an der wiederum das Areal BA45 stärker beteiligt ist. Wir konnten somit nachweisen, dass sich die funktionelle Verknüpfung von Broca- und Wernicke-Areal während der Sprachentwicklung maßgeblich verändert.





Studie 2

Die Entwicklung des Sprachnetzwerkes

Unser Gehirn ist fortwährend aktiv und ruht niemals. Selbst wenn wir schlafen, stehen die Nervenzellen des Gehirns unablässig miteinander in Kontakt und tauschen Informationen aus. Dabei kommunizieren selbst im Ruhezustand die Nervenzellen deutlich stärker miteinander, die in einem gemeinsamen Netzwerk organisiert sind. Im Gehirn gibt es viele solcher Netzwerke, die jeweils bestimmte Aufgaben übernehmen. Auch für die Verarbeitung von Sprache gibt es ein spezialisiertes Netzwerk von Nervenzellen, das die Informationen entschlüsselt und verarbeitet, die in der Sprache stecken, und uns damit ermöglicht, Sprache zu verstehen. In Studie 1 hatten wir dies für das Satzverstehen beschrieben. Nun wollten wir verstehen, wie sich die zugrundeliegende Verknüpfung der Nervenzellen innerhalb des Sprachnetzwerkes entwickelt.

Was haben wir gemacht?

Dazu haben wir in unserer Studie 2 mit fünfjährigen Vorschulkindern untersucht, ob sich von dem Informationsaustausch innerhalb des Sprachnetzwerkes Rückschlüsse auf die Fähigkeit zur Sprachverarbeitung ziehen lassen. Diesen Austausch zwischen den beteiligten Hirnregionen haben wir im Ruhezustand gemessen, also dann, wenn sich die Kinder einfach nur ausruhen und das Gehirn keine konkrete Aufgabe auszuführen hat. An der gleichzeitigen Aktivität von Nervenzellen unterschiedlicher Hirnregionen erken-

nen wir dann, dass diese miteinander in Beziehung stehen und ein Netzwerk bilden. In einem späteren Sprachtest bekamen die Kinder die Aufgabe, Sätze anzuhören und deren Inhalte richtig zu verstehen. Unsere Vermutung dabei: Je besser ein Kind darin ist, Sätze zu verstehen, desto besser sollten die Hirnregionen des Sprachnetzwerkes miteinander verschaltet sein – und das sollte sogar im Ruhezustand beobachtet werden können. Weil wir uns außerdem dafür interessierten, wie sich das Zusammenspiel der Nervenzellen ändert, wenn die Kinder älter werden und sich ihr Sprachverständnis weiterentwickelt, haben wir alle Kinder ein Jahr später noch einmal zur selben Messung eingeladen.

Und was kam dabei heraus?

In Abbildung 3 ist zu sehen, wie sehr sich das Netzwerk der gleichzeitig aktiven Hirnregionen bei Kindern von dem Erwachsener unterscheidet: Bei Erwachsenen ist das Broca-Areal deutlich stärker mit dem Wernicke-Areal verknüpft. Bei Kindern steht das Broca-Areal hingegen in engem Austausch mit seinem Pendant in der rechten Hirnhälfte, dem sogenannten Broca-Homolog. Vergleicht man das Alter von fünf und sechs Jahren miteinander, zeigt sich, dass insgesamt die funktionelle Verknüpfung einer speziellen Hirnregion besonders stark zugenommen hat, nämlich die des Wernicke-Areals. Zudem ist bemerkenswert, dass es vor allem eine Hirnregion ist, zu der sich die Verknüpfung des Wernicke-Areals verbessert hat, dies ist das Broca-Areal (Abbildung 4). Im Alter zwischen fünf und sechs durchläuft das Sprachnetzwerk also einen echten Entwicklungssprung. Und tatsächlich: Dieser ist bei den Kindern besonders groß, die auch in ihrer Sprachentwicklung besonders große Fortschritte gemacht haben.

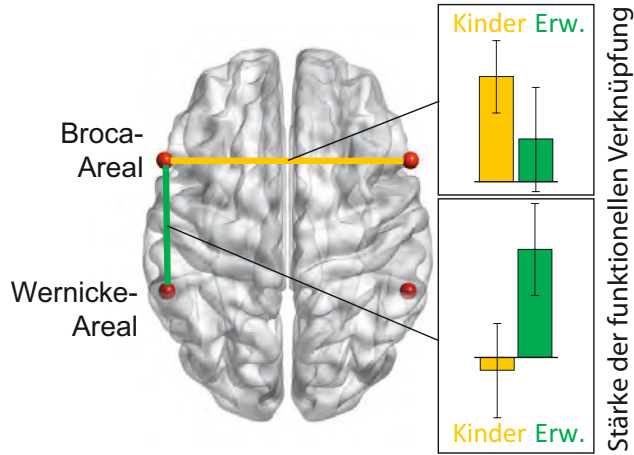


Abbildung 3: Die Abbildung zeigt, wie das Broca-Areal bei Fünfjährigen Kindern im Vergleich zu Erwachsenen funktionell verknüpft ist. Bei Kindern ist die Verknüpfung zum Wernicke-Areal im Gegensatz zu Erwachsenen noch wenig ausgeprägt.

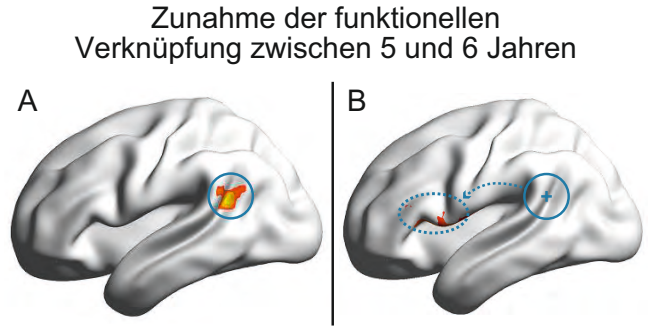


Abbildung 4: Unter den Regionen des Gehirns, die sich zwischen dem fünften und sechsten Lebensjahren besonders stark funktionell verknüpfen, sticht eine besonders heraus: das Wernicke-Areal (Abb. A) und seine funktionelle Verknüpfung zum Broca-Areal (Abb. B).



Was bedeutet das?

Wie stark die Hirnregionen des Sprachnetzwerkes miteinander verknüpft sind, lässt sich auch im Ruhezustand untersuchen. Dass diese Regionen problemlos zusammenarbeiten, ist dabei der zugrundeliegenden Verknüpfung der Nervenzellen zu verdanken. Diese verändert sich, während sich das Gehirn entwickelt. Für die Sprachentwicklung bei Kindern im Vorschulalter haben sich dabei zwei Faktoren als besonders entscheidend herausgestellt: die Verbindung zwischen Broca- und Wernicke-Areal und die Stärke dieser Verbindung.





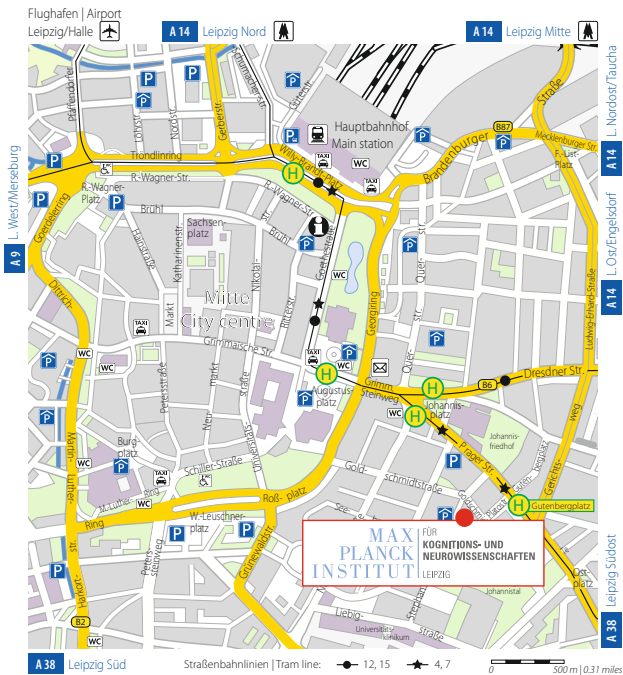
Liebe Eltern,

an dieser Stelle möchten wir uns bei Ihnen, Ihren Kindern und Babys ganz herzlich für die Teilnahme an unseren Studien bedanken, die ohne Ihre engagierte Unterstützung nicht möglich gewesen wären.

Es grüßt herzlich

Das Team des Kindersprachlabors





Ihre direkten Ansprechpartner sind:

- Ulrike Barth (Babylabor)
Telefon: 0341 9940-140
Fax: 0341 9940-113
E-Mail: barth@cbs.mpg.de
- Michael Vollmann (Kinderlabor)
Telefon: 0341 9940-196
Fax: 0341 9940-113
E-Mail: mvollmann@cbs.mpg.de



Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften
Stephanstraße 1 A • 04103 Leipzig
Telefon: 0341 99 40-00 • Fax: 0341 99 40-113
www.cbs.mpg.de • info@cbs.mpg.de

