



Abteilung Neuropsychologie, Labor für Kindersprachforschung

## Forschungsbericht 2017

1. Was passiert im Gehirn, wenn Kinder neue Wörter lernen?
2. Wie wir Sprachlaute verarbeiten und was das mit dem Schreibenlernen zu tun hat





## Studie 1: Was passiert im Gehirn, wenn Kinder neue Wörter lernen?

Kinder lernen ständig neue Dinge, nicht zuletzt vergrößert sich ihr Wortschatz täglich. Dieses neue Wissen wird im Gehirn gespeichert. Gleichzeitig bedeutet die Entwicklung eines Kindes auch, dass sein Gehirn reift. Die dabei ablaufenden Entwicklungsprozesse werden sowohl von Aufbau-, als auch von Abbauprozessen begleitet. So nimmt etwa die Stärke der Nervenfasern im Laufe der Zeit zu, während gleichzeitig die Anzahl der Synapsen, also der Zellverbindungen, abnimmt.

Diese Verbindungen sind zu Beginn außergewöhnlich zahlreich und unsortiert vorhanden, werden im Laufe der Gehirnentwicklung aber auf die wichtigen und oft genutzten Verbindungen zurechtgestutzt, sodass diese schneller und effizienter arbeiten können. Das Aussortieren ungenutzter Zellverbindungen führt so zu einer entwicklungsbedingten Verringerung der Dicke der Hirnrinde (Kortex). Dieser ganz normale Abbauprozess beginnt schon sehr früh, gleich nach der Geburt.

Gleichzeitig ist jedoch aus anderen Studien mit Erwachsenen bekannt, dass das Erlernen neuer Fertigkeiten mit einer Zunahme der Kortexdicke einhergehen kann, da, wenn nötig, in den dafür verantwortlichen Hirnregionen wieder neue Verbindungen geknüpft werden können.

In unserer Studie wollten wir untersuchen, wie diese Prozesse der entwicklungsbedingten Abnahme und der lernbedingten Zunahme der kortikalen Dicke, durch ein Sprachtraining zum Erlernen neuer Worte beeinflusst werden. Wir wollten herausfinden, was genau im Gehirn passiert, wenn Kinder neue Worte lernen.

### Was haben wir gemacht?

Bei unserer Studie haben wir uns auf 4-jährige Kinder konzentriert und untersucht, ob diese mit Hilfe eines Sprachtrainings unbekannte Worte erlernen und zuordnen können und ob bzw. wie sich dadurch entsprechende Strukturen im Gehirn verändern. Das Training war dabei in eine Geschichte eingebunden: *Eine kleine Hexe hext das Königreich ungewollt dunkel, weil ihr Freund, der Zauberer, ihr Lieblingsbuch so verzaubert hat, dass die Bezeichnungen der Zauberwesen darin nicht mehr zu den Bildern passen.* Die Kinder sollten nun der Hexe und dem Zauberer helfen, den Zauberwesen wieder ihre Namen zuzuordnen und dadurch das Königreich wieder hell zu zaubern. Dafür zeigten wir den Kindern eine Reihe von Bilderpaaren, auf denen jeweils zwei dieser Zauberwesen zu sehen waren. Die Kinder hörten dann ein ihnen unbekanntes neues Wort (z.B. „Zulipa“) und sollten das dazu passende Zauberwesen auswählen, indem sie eine entsprechende Taste auf dem Laptop drückten (Abbildung 1). Die Kinder erkundeten so die Namen der Zauberwesen über einen Zeitraum von 3 Wochen hinweg und besuchten uns vor und nach dem Training im Magnetresonanztomographen (MRT).



**Abbildung 1.** Das Beispiel zeigt zwei Zauberwesen. In einem Spiel muss ihnen der richtige Name zugeordnet werden. Die 4-jährigen Kinder lernten so deren Namen und Aussehen und erweiterten dadurch innerhalb kurzer Zeit ihren Wortschatz.

### Und was kam heraus?

Es zeigte sich, dass die Kinder die Namen sehr schnell lernten und sich auch noch einige Wochen danach an sie erinnern konnten. Es zeigte sich, dass die Kinder, die das Sprachtraining absolvierten, im Vergleich zu Kindern, die kein Sprachtraining erhielten, keine Abnahme der kortikalen Dicke zeigten, während die Kinder ohne Sprachtraining dieses typischerweise zu erwartende Entwicklungsmuster aufwiesen. Dieses Ergebnis fanden wir speziell innerhalb einer wichtigen Region des Sprachnetzwerks der linken Hirnhälfte (Abbildung 2). Diese Region, das sogenannte Broca-Areal, unterstützt den Zugriff auf Worte.

## Was bedeutet das?

Für 4-jährige Kinder ist es ein Leichtes, eine bestimmte Anzahl unbekannter Vokabeln zu lernen. Unsere Ergebnisse konnten nachweisen, dass bei Kindern bereits über den sehr kurzen Zeitraum von drei Wochen die entwicklungstypische Abnahme der kortikalen Dicke im Gehirn zu beobachten ist. Ein Wortschatztraining wirkte dieser entwicklungstypischen Abnahme entgegen. Es handelt sich dabei um die trainingsspezifische Zunahme in der Kortexdicke. Dieser Effekt lies sich ausschließlich im Sprachnetzwerk beobachten, welches ja durch das Training gefordert worden war. Es ist davon auszugehen, dass das Gehirn als Antwort auf den Lernprozess zusätzlich gebildeten Synapsen nutzt, die somit der Abnahme der kortikalen Dicke im Broca-Areal vorübergehend entgegenwirken. Dieses Beispiel verdeutlicht eindringlich, wie plastisch unser Gehirn ist, und dass es sich den wechselnden Anforderungen des Alltags beständig anpasst.

**Abbildung 2.** (A) Die blaue Region zeigt den Teil des Broca-Areals in der linken Hirnhälfte, wo sich der Effekt des Wortschatztrainings zeigte. (B) Das Balkendiagramm verdeutlicht die Veränderung der kortikalen Dicke, gemessen vor und nach dem Training. Während Kinder, die kein Training erhalten hatten, eine für die Hirnreifung typische Abnahme der kortikalen Dicke aufwiesen, war dies bei Kindern, die das Wortschatztraining erhalten hatten, nicht der Fall. Hier zeigt sich die Reaktion des Gehirns auf die Trainingsanforderungen, die der entwicklungsbedingten Abnahme entgegenwirkt.

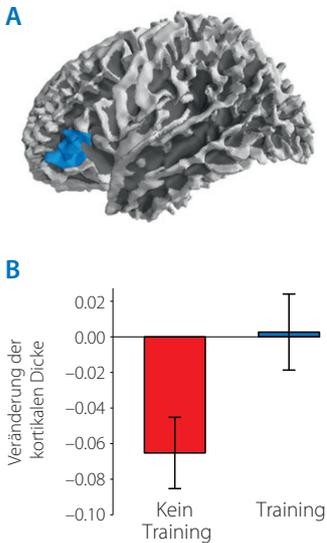
## Studie 2: Wie wir Sprachlaute verarbeiten und was das mit dem Schreibenlernen zu tun hat

Wenn Kinder in die Schule kommen, lernen sie Lesen und Schreiben. Manchen Kindern fällt das leicht und anderen vielleicht etwas schwerer. Die Gründe dafür sind vielfältig und noch nicht völlig aufgeklärt. Uns hat deshalb interessiert, welche grundlegenden Prozesse der Sprachverarbeitung bei Kindern das Erlernen des Schreibens beeinflussen. Wir wollten in dieser Studie herausfinden, ob bei Kindern, die Schwierigkeiten haben, richtig Schreiben zu lernen, die Art und Weise, wie Sprachlaute von ihnen gehört und verarbeitet werden, verändert ist.

### Was haben wir untersucht?

Wir haben Schulkinder eingeladen, einfache Silben anzuhören, wie etwa [ba] oder [da], die sich in nur einem Laut unterscheiden. Währenddessen haben wir mit einigen Elektroden auf dem Kopf mithilfe der Methode der Elektroenzephalographie (EEG) die Signalübertragung der Nervenzellen des Gehirns aufgenommen. Dabei war für uns vor allem von Interesse, wie die akustischen Signale, also die Silben, vom Ohr zum Gehirn geleitet und dort weiterverarbeitet werden.

Diese erste Weiterverarbeitung im Gehirn geschieht im sogenannten Hirnstamm. Dabei sind die von den Nervenzellen des Hirnstamms erzeugten elektrischen Signale den akustischen Signalen der Schallwellen, die das Ohr erreichen, erstaunlich ähnlich. In Abbildung 3 sind beide Signale einander gegenübergestellt.



### Was kam dabei heraus?

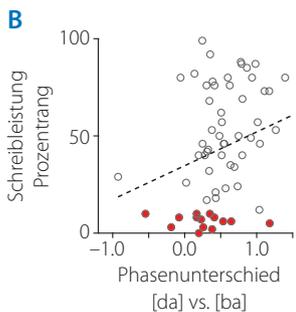
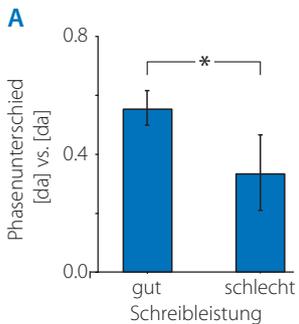
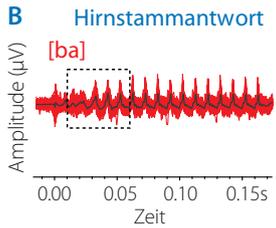
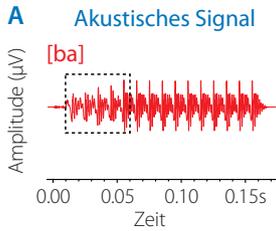
Die Ähnlichkeit der Hirnstammantwort mit dem akustischen Signal, wie in Abbildung 3 zu sehen, ist kein Zufall. Der Hirnstamm leitet also ein sehr spezifisches elektrisches Signalmuster an die verarbeitenden Hirnregionen weiter. Je feiner die Unterscheidungsleistung des Hirnstamms dabei ist, umso genauer wird die weitere Verarbeitung im Gehirn sein. So unterscheidet sich zum Beispiel das akustische Signal für die Silbe [da] leicht von dem für die Silbe [ba]. Und auch in der Hirnstammantwort spiegelt sich dieser feine Unterschied wider. In unserer Studie zeigte sich nun, dass Kinder mit Problemen im Erlernen des Schreibens weniger gut die feinen akustischen Unterschiede verarbeiten, und zwar bereits auf der Hirnstammebene. Das Muster der Hirnstammantwort ist bei ihnen weniger eindeutig für einzelne Laute oder Silben. Dies ist in Abbildung 4 verdeutlicht.

**Abbildung 3.** (A) Hier ist beispielhaft das akustische Signal der Silbe [ba] dargestellt, so wie es als Schallwelle auf das Trommelfell trifft und weitergeleitet wird. (B) Auf die Reizung durch das akustische Signal erfolgt ein Antwortsignal im Hirnstamm in Form von elektrischen Entladungen der Nervenzellen. Es ist gut zu erkennen, dass beide Signale sehr ähnliche Eigenschaften aufweisen. Die Hirnstammaktivität ist eine sehr spezifische Antwort, die vom akustischen Signal abhängt.

### Was genau bedeutet das?

Diese Ergebnisse zeigen, dass schon die Art und Weise der sehr grundlegenden Verarbeitung von Sprachlauten im Hirnstamm einen Einfluss auf das Erlernen des Schreibens hat. Je genauer der Hirnstamm zwischen ähnlichen Lauten unterscheiden kann, desto größer sind die Fortschritte im Schreibenlernen. Da diese Lautverarbeitung auch schon bei kleineren Kindern untersucht werden kann, ist es denkbar, dass diese Erkenntnisse dazu beitragen, bereits bei sehr jungen Kindern ihre spätere Schreibleistung vorherzusagen. Es ließe sich also für Kinder, die eigentlich noch gar nicht zur Schule gehen, eine Aussage treffen über deren später zu erwartenden Lernerfolg bzw. über eventuell zu erwartende Probleme beim Schreibenlernen. So wäre es möglich, früher als bisher darauf zu reagieren und schon die Zeit vor dem Schulbeginn für entsprechende förderliche Trainingsprogramme zu nutzen. Bis zur Umsetzung eines solchen Vorsorgetests in die Praxis sind allerdings noch weitere Forschung und Studien nötig.

**Abbildung 4.** (A) Wie genau der Hirnstamm auf bestimmte akustische Signale, z.B. auf zwei unterschiedliche Silben, reagiert, lässt sich etwa über den sogenannten Phasenunterschied zwischen den elektrischen Antwortsignalen der Nervenzellen untersuchen. Je besser die Unterscheidungsleistung des Hirnstamms, desto deutlicher fällt der Phasenunterschied aus. Bei Kindern mit weniger guten Schreibleistungen fällt bereits diese Unterscheidungsleistung weniger deutlich aus, der Hirnstamm regiert also auf unterschiedliche Laute eher ähnlich. (B) Das wird verdeutlicht, wenn man die Unterscheidungsleistung des Hirnstamms zur Schreibleistung in Beziehung setzt. Dabei steht jeder der eingetragenen Punkte für das gemeinsame Ergebnis eines Kindes aus Phasenunterscheidungsleistung des Hirnstamms und der Schreibleistung. Der Anstieg der gestrichelten Linie verdeutlicht, dass es einen Zusammenhang zwischen beiden Maßen gibt.





## Ihre direkten Ansprechpartner sind:

- Ulrike Barth (Babylabor)  
Telefon: 0341 9940-140  
Fax: 0341 9940-113  
E-Mail: [barth@cbs.mpg.de](mailto:barth@cbs.mpg.de)
- Michael Vollmann (Kinderlabor)  
Telefon: 0341 9940-196  
Fax: 0341 9940-113  
E-Mail: [mvollmann@cbs.mpg.de](mailto: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](http://www.cbs.mpg.de) • [info@cbs.mpg.de](mailto:info@cbs.mpg.de)

