



MAX PLANCK INSTITUTE
FOR HUMAN COGNITIVE AND BRAIN SCIENCES

Freie Universität  Berlin

Neurokognitive Grundlagen der Sprachentwicklung

Prof. Dr. Gesa Schaadt

Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften,
Leipzig

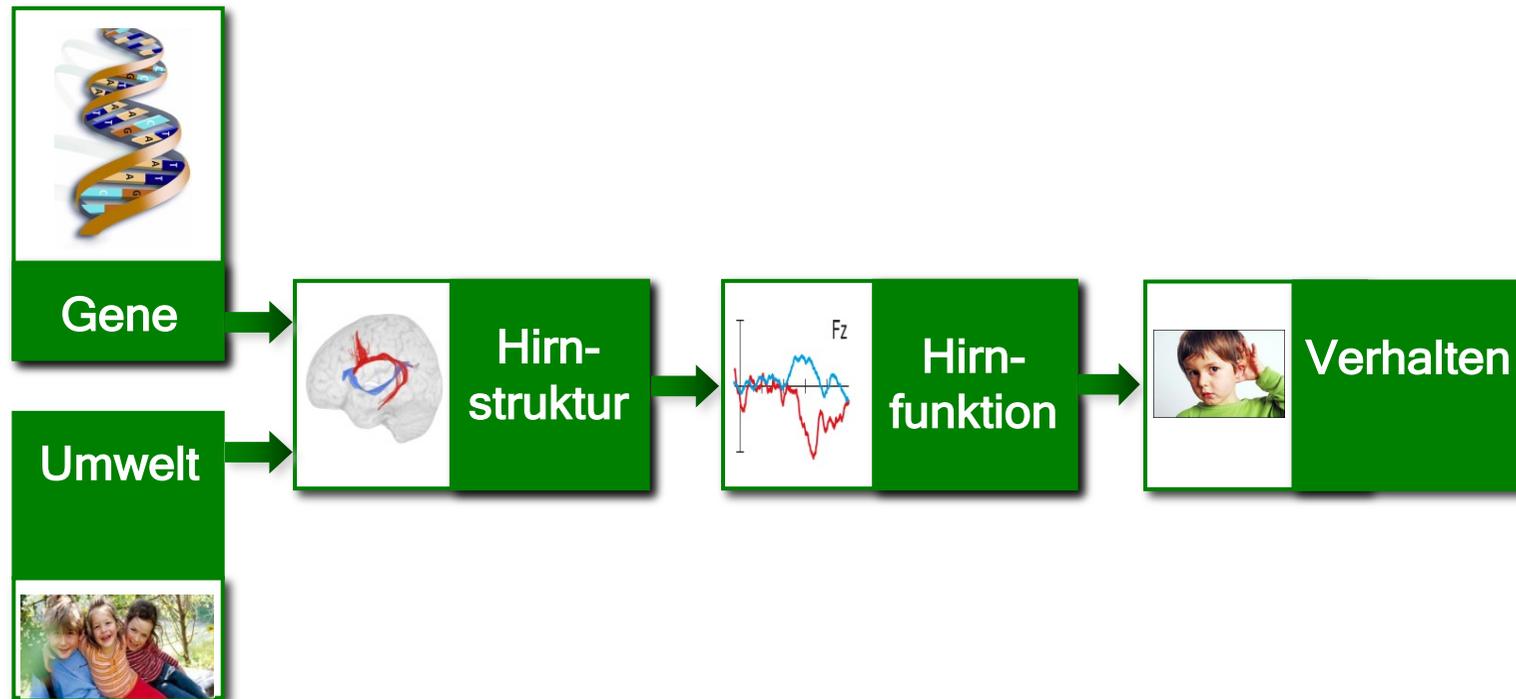
Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie
(Sonderpädagogik), Freie Universität Berlin

E-Mail: gesa.schaadt@fu-berlin.de

Überblick

- Einführung in die Bedingungsfaktoren der Entwicklung von Sprachverarbeitung und Sprachproduktion
- Methoden zur Untersuchung von Sprachverarbeitung und Sprachproduktion
 - Die Entwicklung der Sprachproduktion (vom Schreien, über das Babbeln, zur Wortexplosion)
 - Die Entwicklung der Sprachverarbeitung (von der phonologischen Verarbeitung bis zur Verarbeitung syntaktisch komplexer Sätze)
 - Die neurokognitiven Grundlagen der Sprachverarbeitung in der Entwicklung
- Wozu können Sprachverarbeitungsschwierigkeiten (bereits in der frühen Entwicklung) führen?

Welche Faktoren haben Einfluss auf die Sprachentwicklung



Gene und Sprachentwicklung

- Der Verlauf der Sprachentwicklung wird teilweise durch genetische Prädispositionen (Veranlagung) bestimmt
- Die genaue Wirkweise ist bisher noch nicht bekannt → verschiedene Kandidatengene wurden identifiziert
 - FOXP1 → Artikulationsfähigkeiten (Hamdan et al., 2010)
 - FOXP2 → Intonationsfähigkeiten (Raca et al., 2013)
 - CMIP & ATP2C2 → Grammatikalische Fähigkeiten (Cope et al., 2005; Falcaro et al., 2008)
 - DCDC2 → Phonologische Verarbeitung (Fisher et al., 1999)
- Annahme, dass Gene neuronale Entwicklung der Hirnareale beeinflussen und somit Grundlagen für Sprachentwicklung schaffen

Umwelt und Sprachentwicklung

- Der Verlauf der Sprachentwicklung wird auch durch die Umwelt beeinflusst
- Sowohl die **Quantität** als auch **Qualität** des sprachlichen Inputs beeinflusst die Sprachentwicklung von Kindern
 - **Qualität:** Infant-Directed-Speech beeinflusst die Größe des rezeptiven Wortschatzes von Kindern mit 30 Monaten (Rowe, 2008)
 - **Quantität:** Kinder mit geringerem sozioökonomischen Status (SES) haben 30 Millionen weniger Wörter gehört als Kinder mit höherem SES (Hart & Risley, 1995) → erhöht Wahrscheinlichkeit einer Sprachentwicklungsverzögerung (z.B. Brito & Noble, 2014)
- Unterschiede in der Sprachentwicklung werden schon in der frühen Kindheit durch die Umwelt hervorgerufen

Interaktion der Gene und der Umwelt im Hinblick auf die Sprachentwicklung

- Gene beeinflussen die neurokognitiven Voraussetzungen, die notwendig sind um Informationen aus der Umwelt zu verarbeiten und Sprache zu erwerben
- Die Umwelt beeinflusst wie Gene die Entwicklung beeinflussen können → ob Gene die Entwicklung beeinflussen oder daran gehindert werden
- Der Einfluss von Genen und Umwelt auf die Sprachentwicklung kann als interaktiver Einfluss beschrieben werden
 - Kinder mit unterschiedlicher genetischer Veranlagung in einer „wohlwollenden“ Umwelt zeigen eine ähnliche Sprachentwicklung
 - Kinder mit unterschiedlicher genetischer Veranlagung in einer nicht „wohlwollenden“ Umwelt zeigen eine unterschiedliche Sprachentwicklung

Sprachverhalten

- Sprachfähigkeiten können in zwei übergeordnete "Bereiche" eingeteilt werden
 - **Sprachverarbeitung:** Hören, Interpretieren, Verständnis für Laute
 - **Sprachproduktion:** Sprache nutzen, um Informationen an andere weiter zu geben



Zwischenfazit

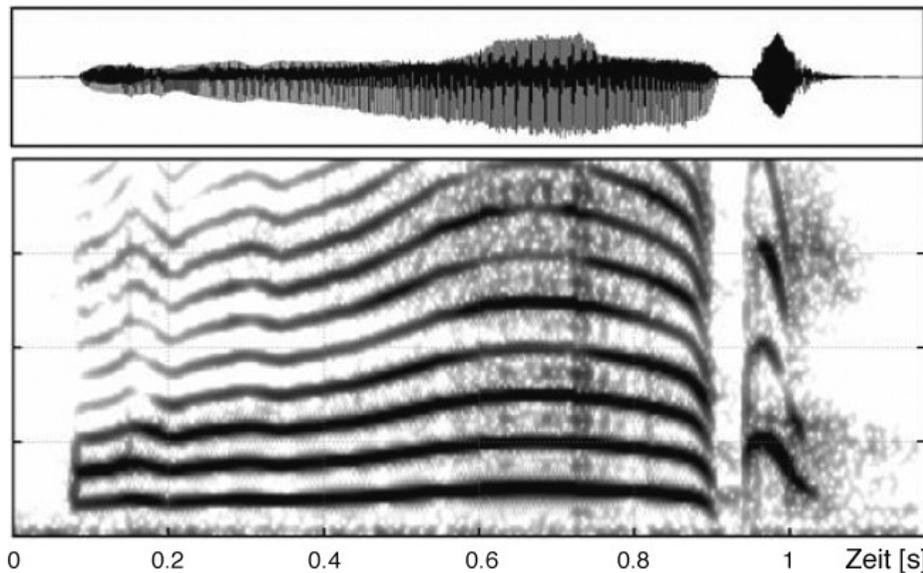
- Sowohl genetische Prädispositionen als auch die Umwelt beeinflussen wie sich Sprache entwickelt
- Man kann nicht von dem einen maßgeblichen Einfluss sprechen ...
- ... die Interaktion zwischen genetischen Prädispositionen und Umwelteinflüssen bestimmt am Ende wie sich die Sprache von Kindern entwickelt
- Bei der Sprachentwicklung spielt die Sprachproduktion und die Sprachverarbeitung eine große Rolle

Methoden zur Untersuchung der Sprachentwicklung

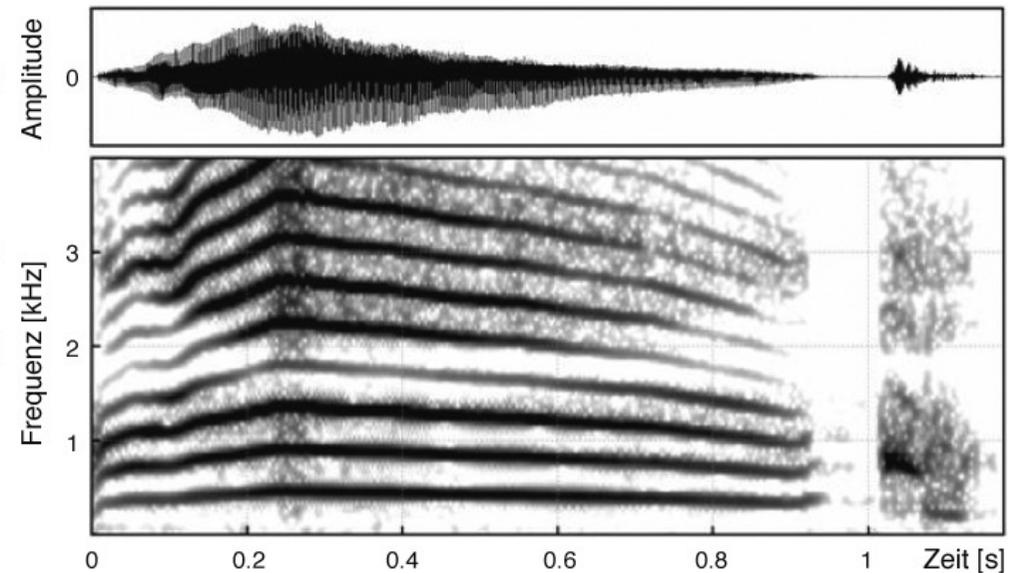
- Sprachproduktion:
 - **Analysen des Ausdrucks:** Schreianalysen, Analysen des Babbelns, Analysen von Wörtern und Sätzen
 - **Fragebogenerhebungen:** Elternfragebögen zum produktiven Wortschatz
 - **Verhaltenstests:** Verhaltenstests mit älteren Kindern
- Sprachverarbeitung:
 - **Hirnstruktur → MRT:** Magnetresonanztomographie (selten mit kleinen Kindern)
 - **Hirnfunktion → EEG:** Elektroenzephalographie (häufig mit kleinen Kindern)
 - **Verhaltenstest:** Verhaltenstests mit älteren Kindern

Frühe Sprachproduktion – Das Schreien von Babys

Französische Babys



Deutsche Babys



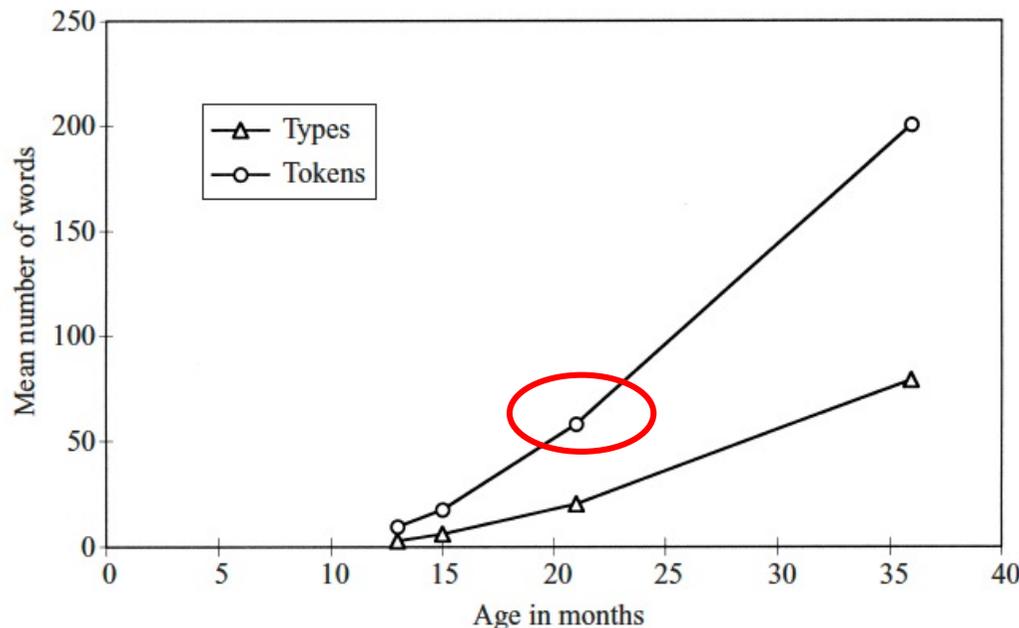
- Das Schreien von Babys ist sprachspezifisch
 - **Deutsch:** Betonung meistens auf der ersten Silbe (**Pápa**)
 - **Französisch:** Betonung auf der zweiten Silbe (**Papá**)

Frühe Sprachproduktion – ein weiterer wichtiger Schritt

- Weitere wichtige Schritte sind: Vokalisierung und Babbeln
 - Kanonisches Babbeln beschreibt die Fähigkeit erwachsenen-ähnliche Silben in Folge zu produzieren ([bababa], [dadada])
 - Je früher Babys anfangen zu Babbeln, desto größer ist der produktive Wortschatz mit 18 Monaten (Mc Gillon et al., 2016)
 - Die Häufigkeit mit der Babys im Alter von 6 Monaten vokalisieren, hängt mit dem produktiven Wortschatz im Alter von 12 Monaten zusammen (Werwach, Mürbe, Schaadt* & Männel*, in Überarbeitung)

Der Vokabelspurt

- Mit dem ersten Lebensjahr werden die ersten Wörter gesprochen (große individuelle Unterschiede)
- Die "magische" 50-Wortgrenze wird mit 18 bis 24 Monaten erreicht → der Vokabelspurt beginnt



Token = absolute Anzahl der gesprochenen Wörter

„Der Hund, der in den Garten geht“ → 7 Token

Types = distinkte Anzahl der gesprochenen Wörter

„Der Hund, der in den Garten geht“ → 6 Types

Zwischenfazit

- Um Sprachproduktion zu untersuchen, können unter anderem der sprachliche Ausdruck analysiert und Fragebogenstudien durchgeführt werden
- Die erste produktive Fähigkeit von Babys ist das Schreien, welches schon Eigenschaften der Muttersprache aufweist
- Es folgt das Babbeln: Der Beginn und die Häufigkeit sagen den Wortschatz zwischen 12 und 18 Monaten vorher
- Mit ca. 18 Monaten beginnt der Vokabelspurt → der Wortschatz wächst immer rasanter

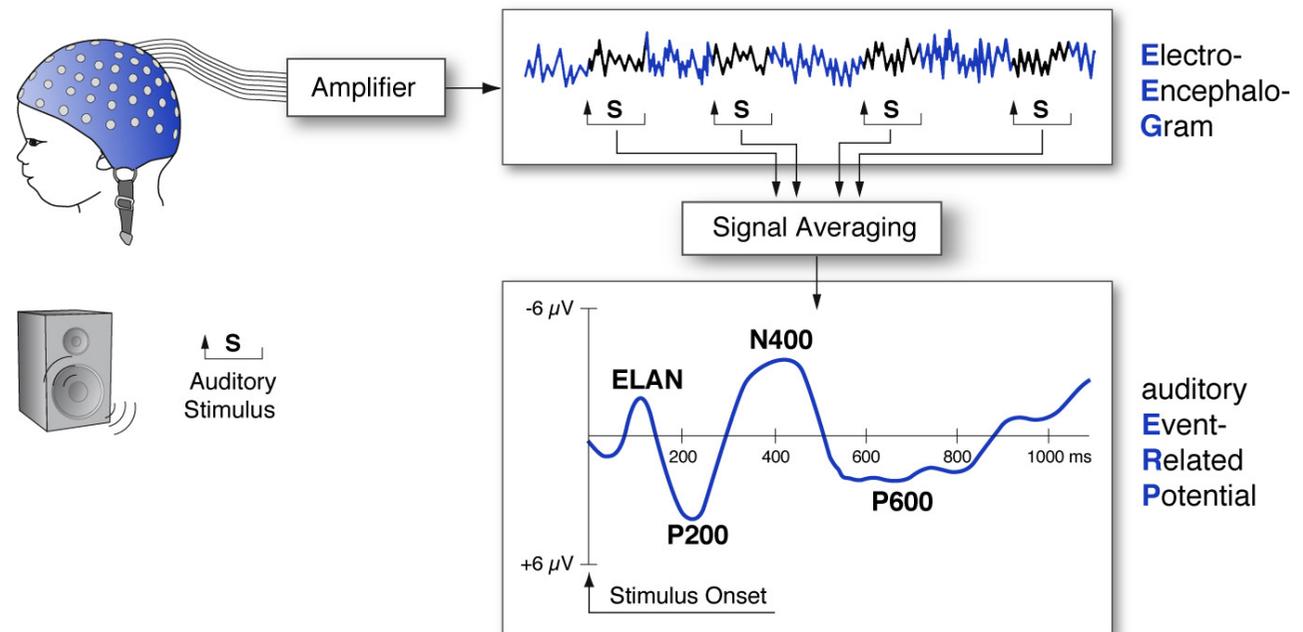
Methoden zur Messung von Sprachverarbeitung

- Mit der Magnetresonanztomographie (MRT) können Hirnstrukturen, Aktivierungen einzelner Regionen im Gehirn und Verbindungen zwischen Regionen im Gehirn untersucht werden
 - Röhrenförmiges Gerät – Personen werden auf einer Liege hineingeschoben
 - Elektrische Spulen erzeugen ein Magnetfeld
 - Auf das Magnetfeld reagieren Atomkerne in unserem Körper (Resonanz)
 - Die Signale, die daraus entstehen werden von einem Computer in Bilder umgerechnet



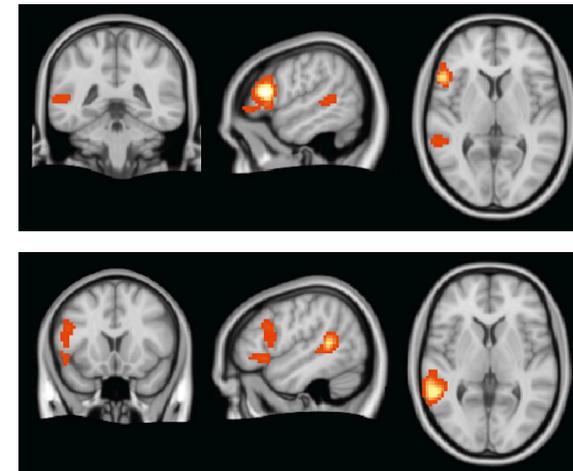
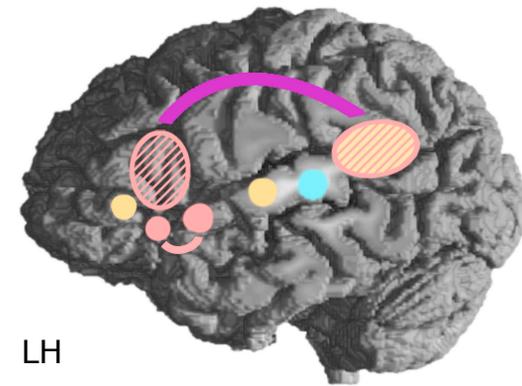
Methoden zur Messung von Sprachverarbeitung

- Mit der Elektroenzephalographie (EEG) kann die Aktivierung des Gehirns gemessen werden → besonders gut für Säuglinge und Kinder geeignet



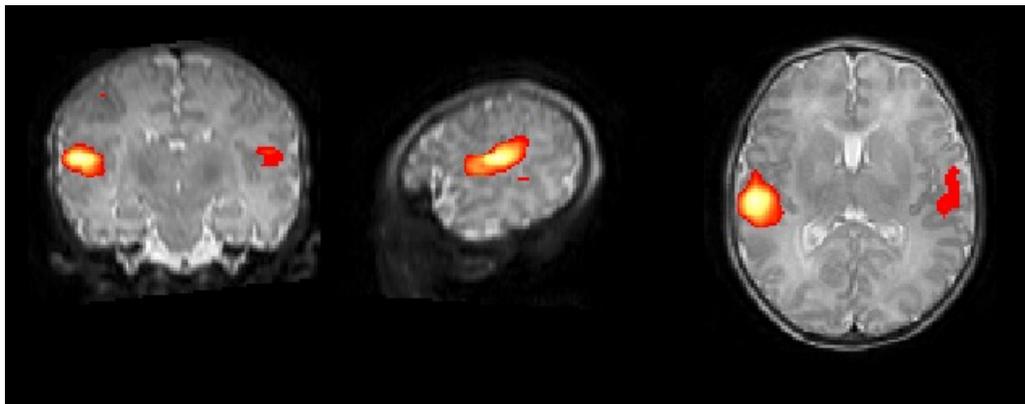
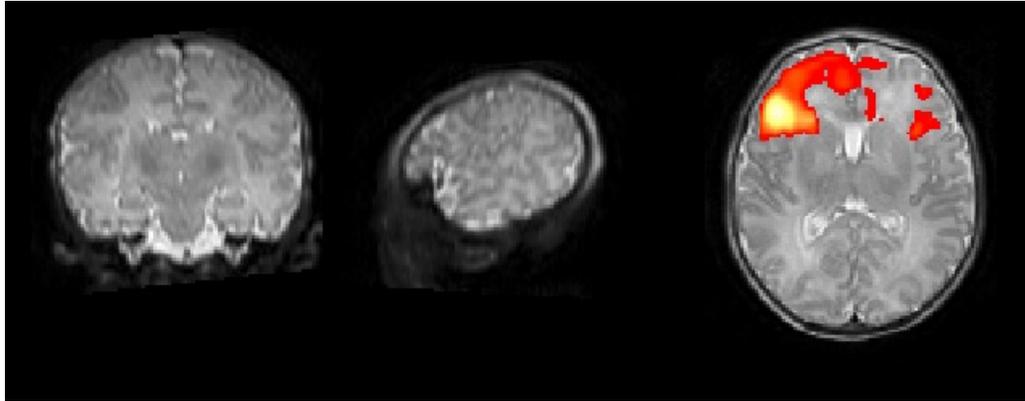
Das Sprachnetzwerk im Gehirn

- Verschiedene Hirnareale (hauptsächlich in der linken Hemisphäre, LH) sind bei der Sprachverarbeitung involviert
- Bei Erwachsenen sieht man die Aktivierung dieser Regionen bei der Verarbeitung von Sprache



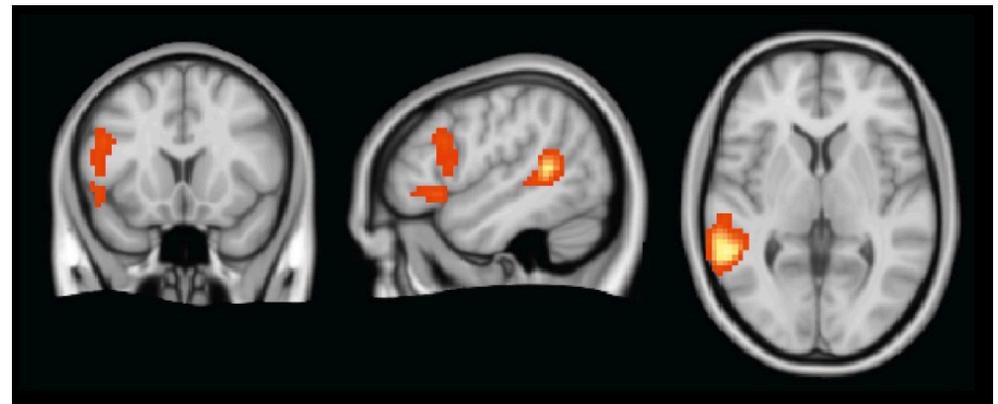
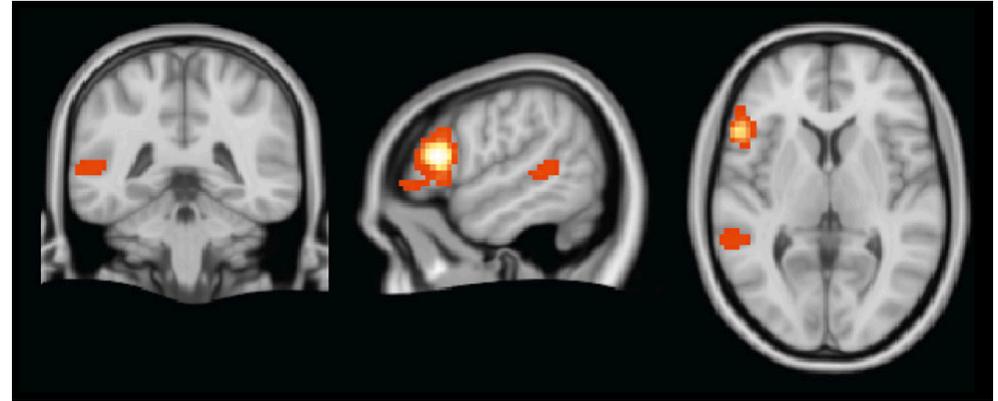
Das Sprachnetzwerk im Gehirn bei Neugeborenen

Neugeborene



0.9  1

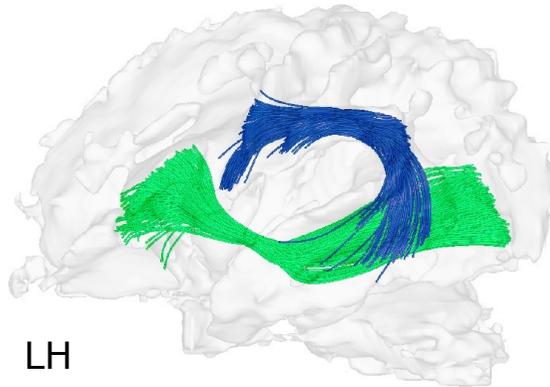
Erwachsene



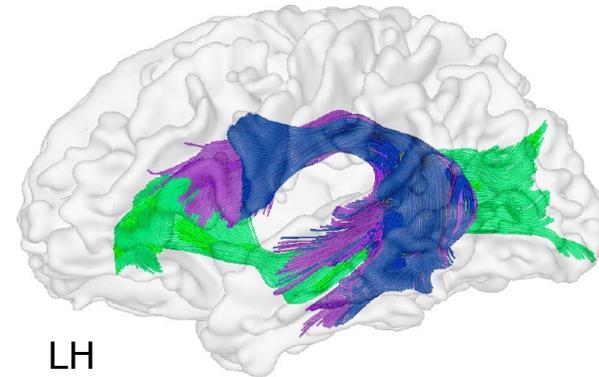
0.4  0.9

Das Sprachnetzwerk im Gehirn bei Neugeborenen

Neugeborene

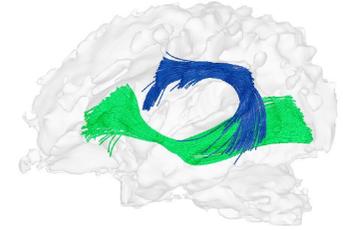


Erwachsene



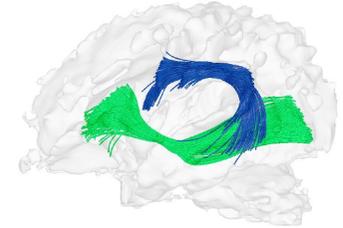
- Zwei dorsale Verbindungen bei Erwachsenen (blau und lila)
- Nur eine dorsale Verbindung bei Säuglingen (blau)
 - Blauer Pfad verbindet temporale sprachverarbeitende Areale mit motorischen Arealen (frontal) → wichtig für Produktion und phonologische Verarbeitung
 - Lila Pfad verbindet temporale sprachverarbeitende Areale mit frontalen sprachverarbeitenden Arealen → wichtig für komplexe Sprachverarbeitung (Syntax/Grammatik)

Phonologische Verarbeitungsfähigkeiten bei Säuglingen



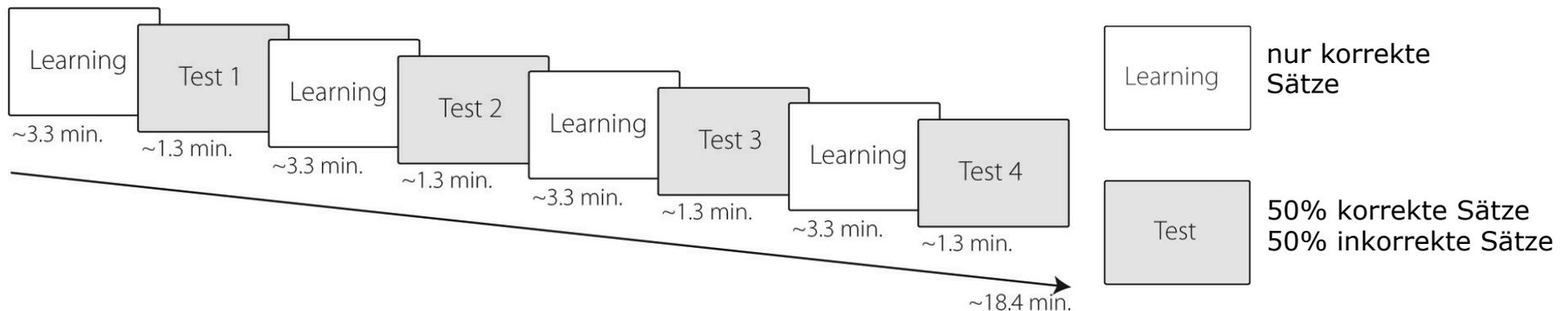
- Können Säuglinge (2 Monate) verschiedene Spracheigenschaften verarbeiten?
- Säuglinge sind schon im Alter von 2 Monaten in der Lage verschiedene phonologische Informationen der Sprache zu verarbeiten
(Werwach, Männel, Obrig, Friederici & Schaadt, in Vorbereitung)
- Die Mismatch Reaktion des Gehirns (EEG) gibt hierüber Auskunft

Syntaktische/phonologische Verarbeitungsfähigkeiten bei Säuglingen

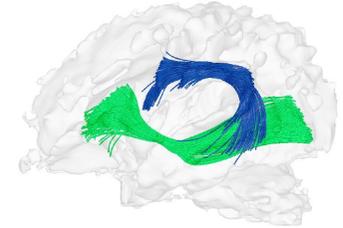


- Können Säuglinge (4 Monate) syntaktische Relationen erkennen?

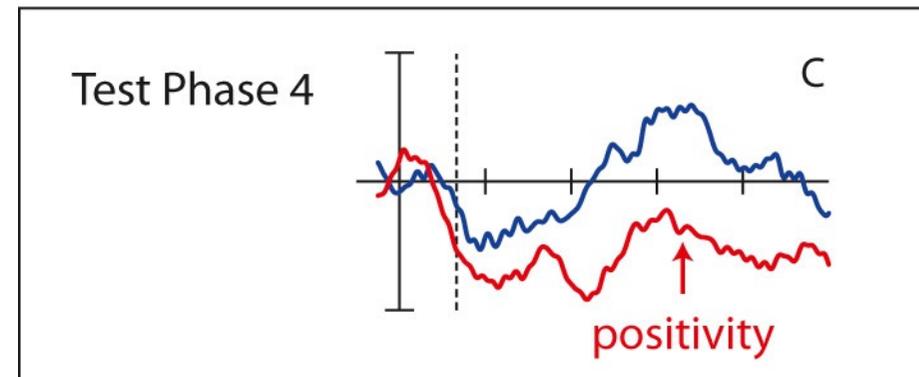
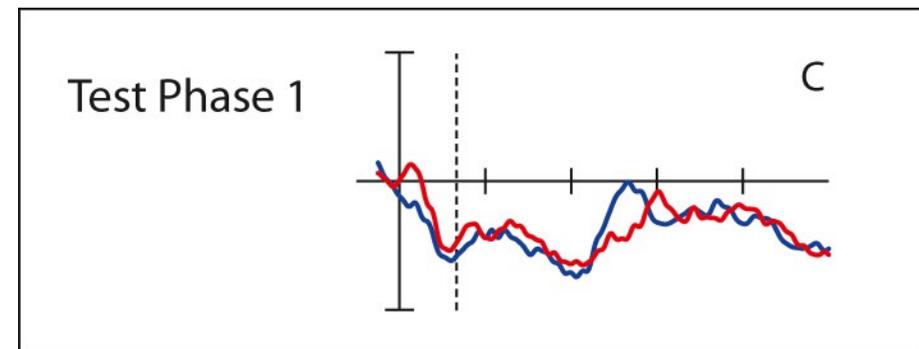
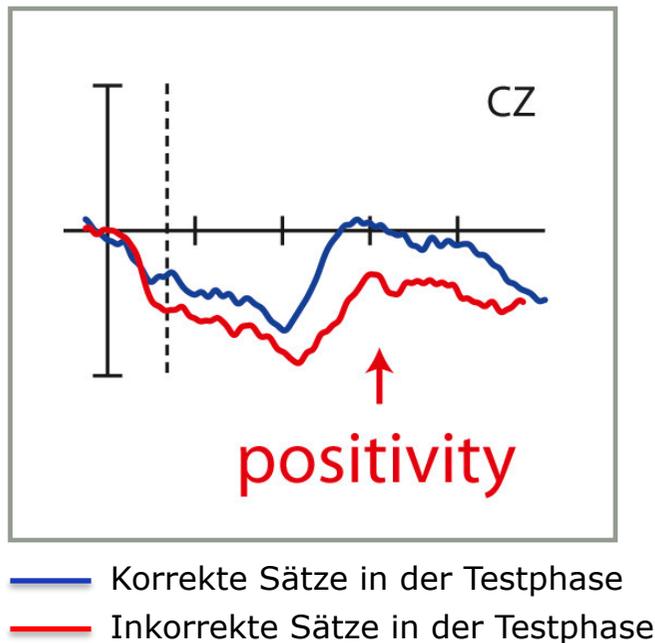
Korrekte Struktur	sta x-ando	puo x-are
Korrekte Sätze	La sorella sta cantando Die Schwester ist am Singen	Il fratello puo cantare Der Bruder kann singen
Inkorrekte Struktur	sta x-are	puo x-ando
Inkorrekte Sätze	*Il fratello sta cantare.	La sorella puo cantando



Syntaktische/phonologische Verarbeitungsfähigkeiten bei Säuglingen



- Können Säuglinge (4 Monate) syntaktische Relationen erkennen?



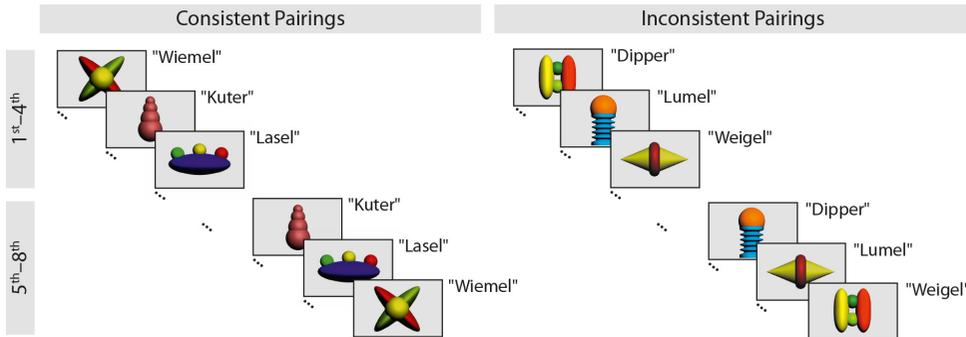
Zwischenfazit

- Sowohl das MRT, als auch EEG geben Hinweise zur Sprachverarbeitung und zu den zugrundeliegenden Hirnstrukturen
- Das erwachsene Sprachnetzwerk im Gehirn hauptsächlich linkslateral
- Sprachnetzwerk von Säuglingen → bilateral (beide Hemisphären) und geringere Verbindungen zwischen linken sprachverarbeitenden Arealen
- Phonologische Verarbeitungsfähigkeiten sind bereits bei Säuglingen ausgeprägt
- Diese Fähigkeiten unterstützen das Erkennen von syntaktischen Relationen → wichtige Voraussetzung um syntaktische Regeln einer Sprache zu erwerben

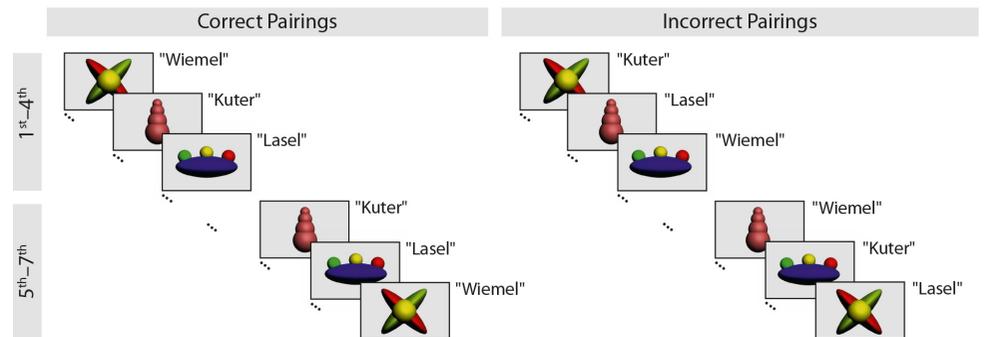
Frühes Wortlernen

- Können Säuglinge (3 Monate) neue Wörter mit neuen Objekten verbinden und lernen?

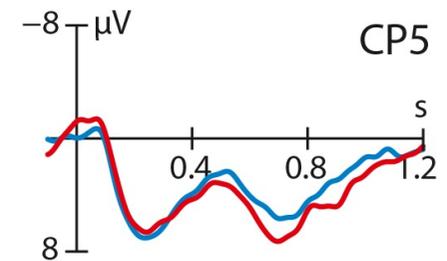
Familiarisierung (Tag 1)



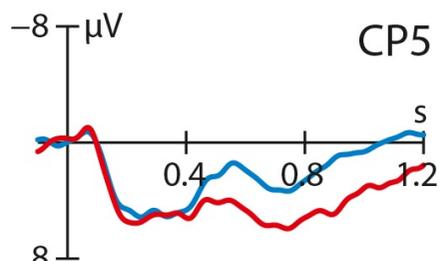
Gedächtnistest (Tag 2)



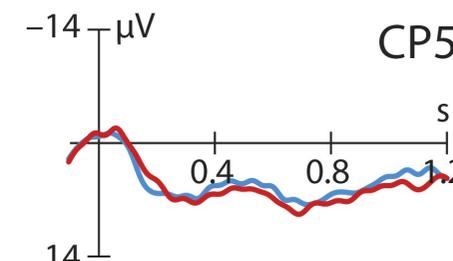
Erste Hälfte des Exp.



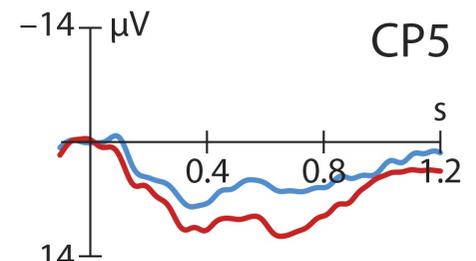
Zweite Hälfte des Exp.



Erste Hälfte des Exp.

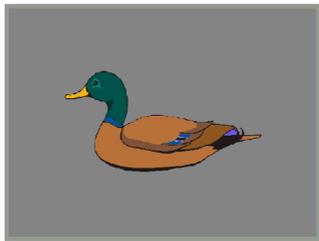


Zweite Hälfte des Exp.



Wortlernen: Lexikalisch-semantische Informationen

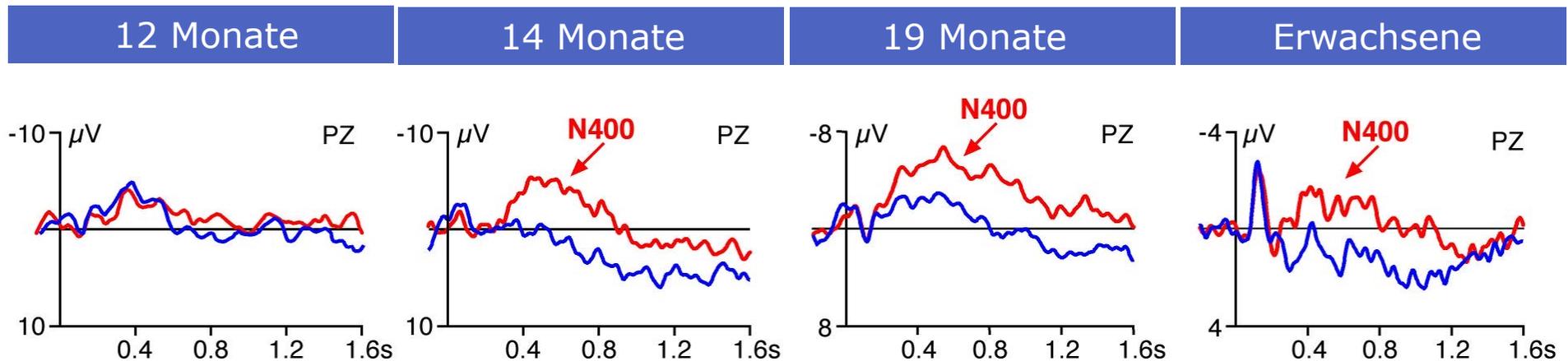
- Ab wann verarbeiten Kinder lexikalisch-semantische Informationen wie Erwachsene – Indikator für Wortwissen im Kontext



"Ente" - korrekt

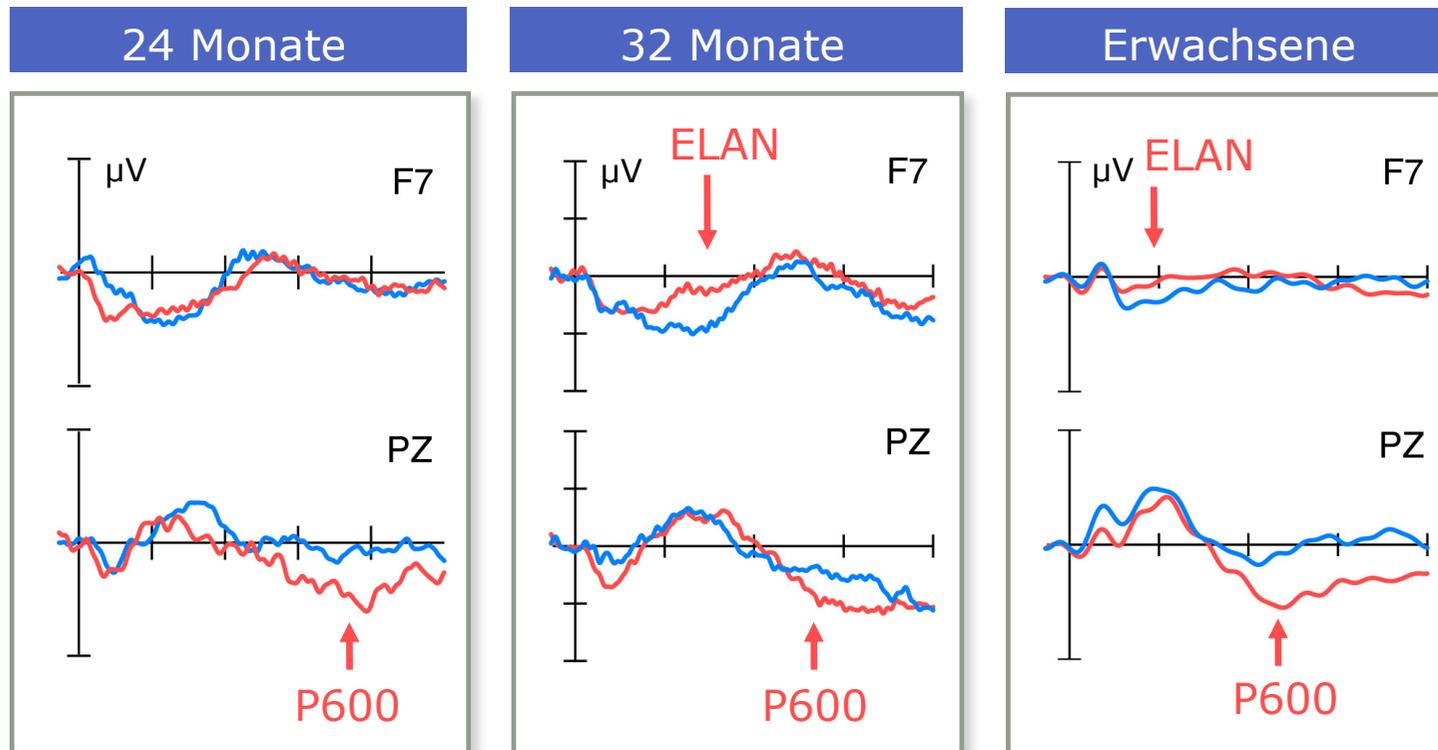


"Ball" - semantische Verletzung



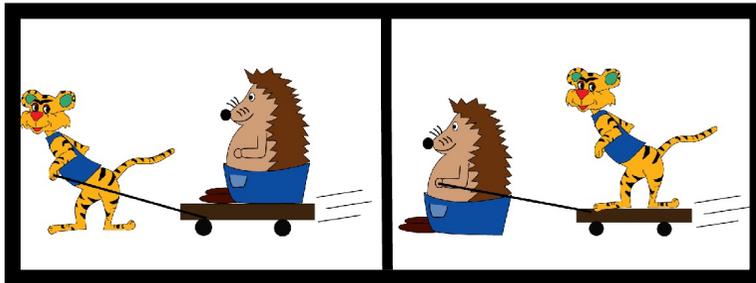
Syntaktische Verarbeitung auf Satzebene

- Ab wann können Kinder syntaktisch einfache Sätze verarbeiten?
 - Der Löwe brüllt vs. Der Löwe im brüllt



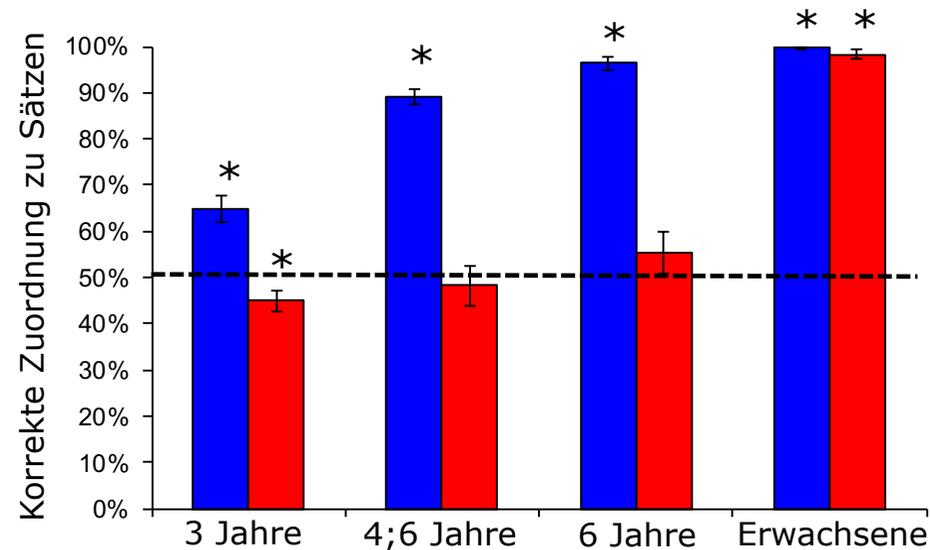
Verarbeitung komplexer syntaktischer Sätze

- Ab wann können Kinder syntaktisch komplexe Sätze verarbeiten?



Der Igel zieht den Tiger – Subjekt am Anfang des Satzes

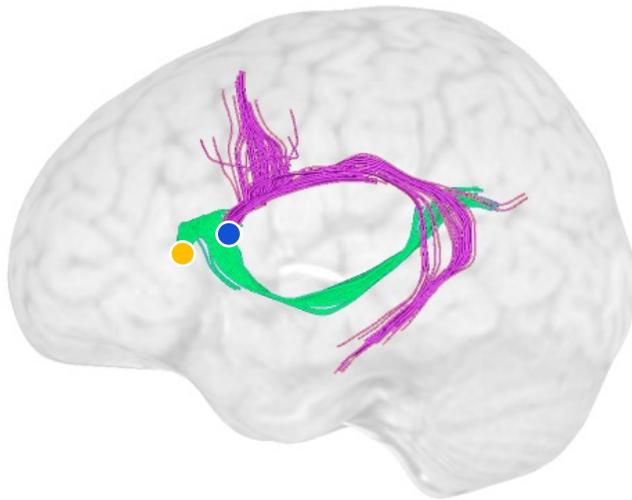
Den Tiger zieht der Igel – Objekt am Anfang des Satzes



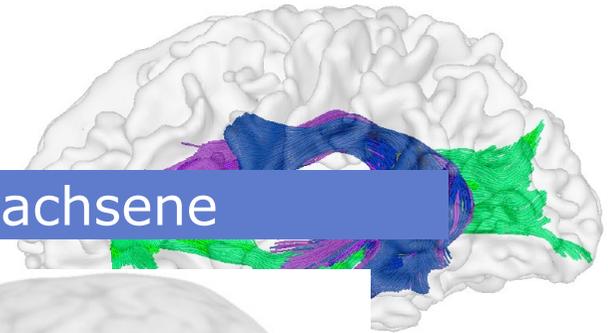
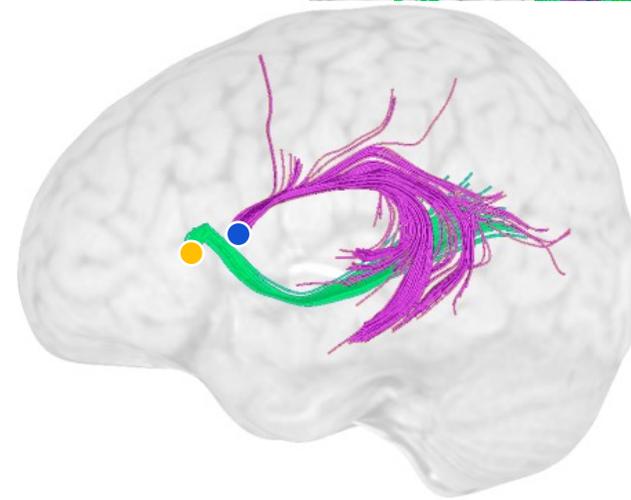
Verarbeitung komplexer syntaktischer Sätze

- Hypothese: der dorsale Pfad (lila), der temporale sprachverarbeitende Areale mit frontalen sprachverarbeitenden Areale verbindet, ist relevant

7-jährige Kinder

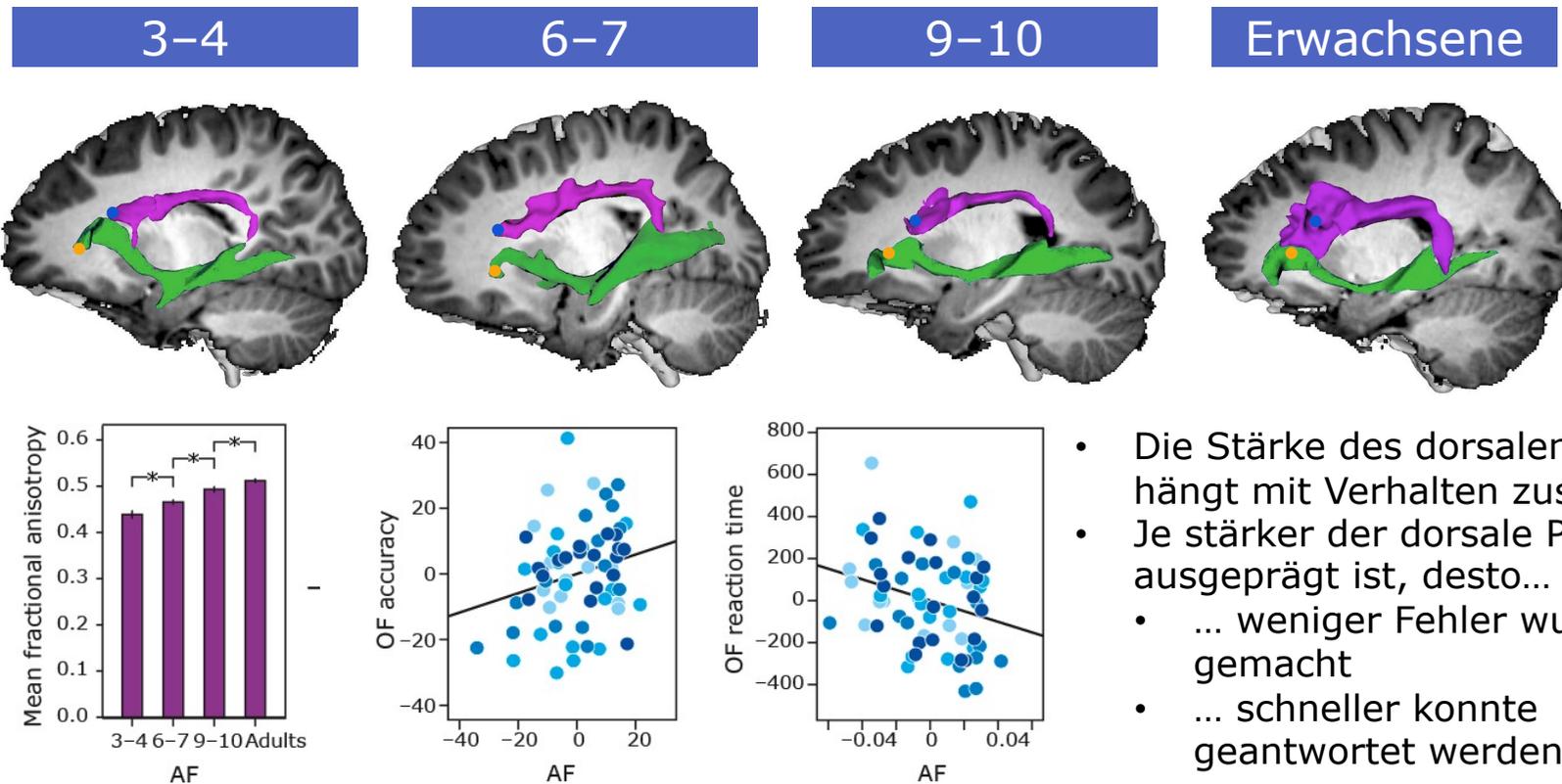


Erwachsene



Verarbeitung komplexer syntaktischer Sätze

- Der dorsale Pfad ist selbst im Alter von 9-10 Jahren noch nicht vollständig entwickelt



- Die Stärke des dorsalen Pfades hängt mit Verhalten zusammen
- Je stärker der dorsale Pfad ausgeprägt ist, desto...
 - ... weniger Fehler wurden gemacht
 - ... schneller konnte geantwortet werden

Zwischenfazit

- Säuglinge können bereits im Alter von 3 Monaten neue Wörter mit neuen Objekten verbinden → die Erinnerung ein Tag später ist noch nicht gegeben
- Im Alter von 14 Monaten erkennen Kinder, wenn Wörter nicht zu dem Kontext passen → lexikalisch-semantische Integration
- Die Fähigkeit der lexikalisch-semantischen Integration ist eine wichtige Voraussetzung für den bald folgenden Vokabelspurt

- Einfache syntaktische Sätze können von Kindern im Alter von 2,5 Jahren verarbeitet werden → syntaktisch falsche Sätze werden erkannt
- Komplexe syntaktische Sätze sind noch für Kinder im Alter von 6 Jahren sehr schwer zu verstehen
- Ein Grund ist, dass der dorsale Pfad, der temporale und frontale sprachverarbeitenden Areale verbindet, noch nicht vollständig entwickelt ist

Zusammenhang früher Sprachverarbeitung mit Leistungen in der Schule

- Wahrnehmung und Verarbeitung von Sprachinformationen ist relevant für den Schriftspracherwerb
 - Fähigkeit kleinste bedeutungstragende Einheiten der Sprache (d.h. Phoneme) wahrzunehmen und zu Verarbeiten → Voraussetzung für erfolgreichen Schriftspracherwerb

/D/ach



/B/ach



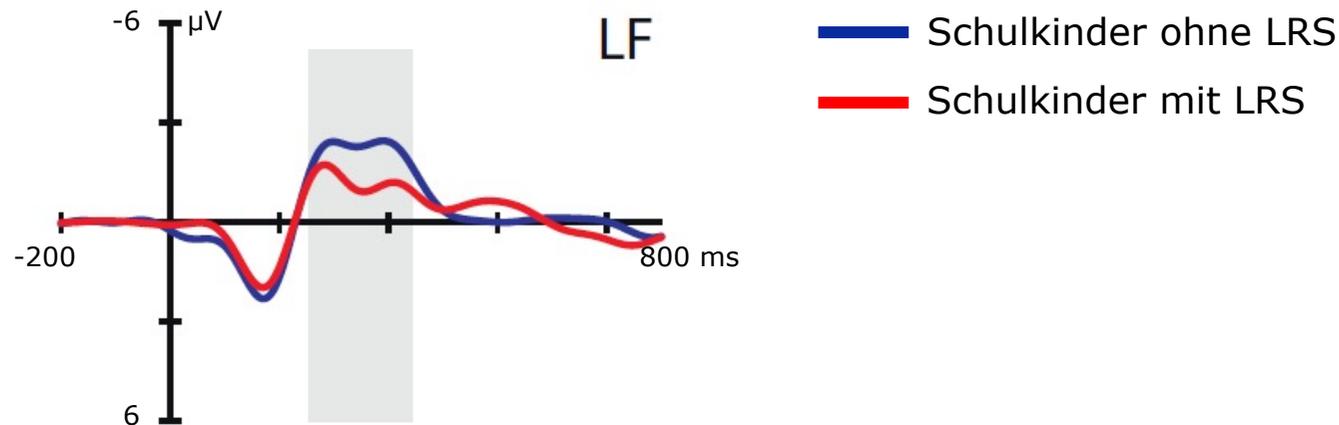
- Fähigkeiten zur Phonemverarbeitung fangen an sich direkt nach der Geburt zu entwickeln (bzw. sogar schon davor)

Zusammenhang frühe Sprachverarbeitung und Leistungen in der Schule

- Wie verarbeiten Kinder mit und ohne Lese-Rechtschreibstörung (LRS) Phoneme?



da da da ba da da ba da da

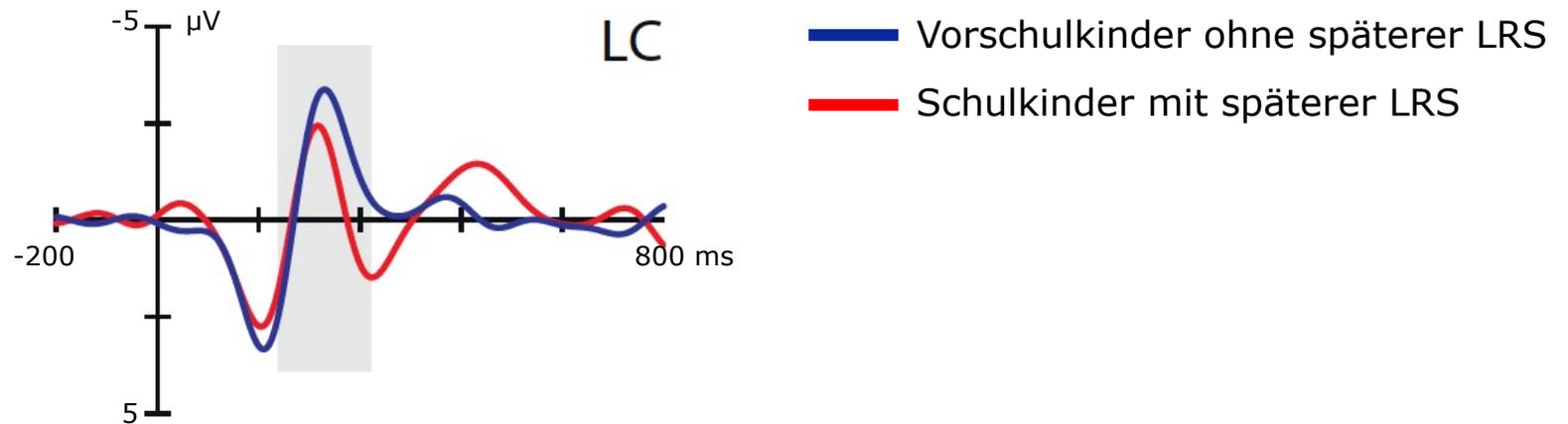


Zusammenhang frühe Sprachverarbeitung und Leistungen in der Schule

- Wie verarbeiten Vorschulkinder mit und ohne späterer Lese-Rechtschreibstörung Phoneme?



da da da ba da da ba da da

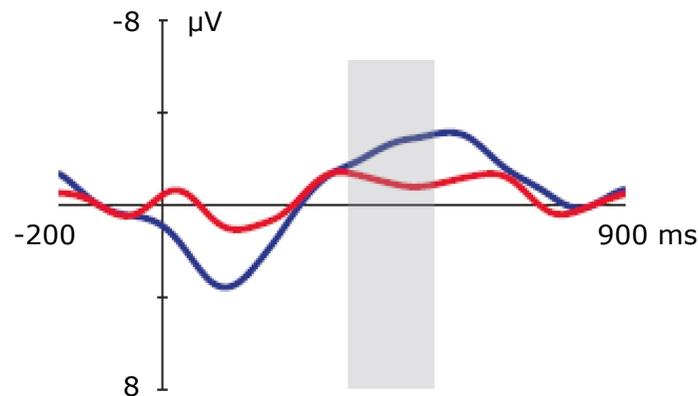


Zusammenhang frühe Sprachverarbeitung und Leistungen in der Schule

- Wie verarbeiten Vorschulkinder mit und ohne späterer Lese-Rechtschreibstörung Phoneme?



da da da ba da da ba da da da ba da da da da da da da



— Säuglinge ohne späterer LRS
— Säuglinge mit späterer LRS

Zwischenfazit

- Die Wahrnehmung und Verarbeitung von Sprachinformationen ist für schulische Fertigkeiten – Lesen und Schreiben äußerst relevant
- Schulkinder mit LRS haben Schwierigkeiten kleinste bedeutungstragende Einheiten der Sprache (d.h. Phoneme) zu verarbeiten
- Da auch Vorschulkinder und sogar Säuglinge Schwierigkeiten bei der Verarbeitung von Phonemen haben, könnte hier eine Ursache für LRS liegen
- Phonologisch-basierte Therapien für Kinder mit Defiziten im Schriftspracherwerb sind äußerst empfehlenswert

Fazit

- Bereits von Geburt an bringen Säuglinge wichtige Voraussetzungen für den Erwerb von Sprache mit
- Phonologische Verarbeitungsfähigkeiten sind im ersten Lebensjahr so weit entwickelt, dass Säuglinge syntaktische Relationen verarbeiten können
- Ebenfalls können Säuglinge bereits Assoziationen zwischen neuen Wörtern und Objekten lernen
- Lexikalisch-semantische Relationen können erst mit ca. 14 Monaten so verarbeitet werden, dass Verletzungen des semantischen Kontextes erkannt werden
- Der Vokabelspurt kann beginnen, der neben den Verarbeitungsfähigkeiten auch durch das frühe Babbeln (Vokalisierung) beeinflusst wird

Fazit

- Syntaktische Verarbeitung entwickelt sich später und komplexe syntaktische Sätze können noch immer nicht mit 6 Jahren fehlerfrei verarbeitet werden
- Die zugrundeliegenden Hirnstrukturen sind erst nach dem Alter von 9-10 Jahren so entwickelt, dass auch komplexe syntaktische Sätze ohne Einschränkungen verarbeitet werden können
- Frühe Fähigkeiten zur Sprachverarbeitung sind nicht nur für die Entwicklung von Sprache selbst relevant, sondern auch für schulische Fertigkeiten
- Kinder mit (späterer) Lese-Rechtschreibstörung zeigen schon im Säuglingsalter Schwierigkeiten bei der Verarbeitung von Phonemen



MAX PLANCK INSTITUTE
FOR HUMAN COGNITIVE AND BRAIN SCIENCES

Freie Universität  Berlin

Herzlichen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit