
Vorinformation

Einige Folien des Vortrags, die noch unveröffentlichte Daten enthalten, sind in dieser Version der Präsentation nicht enthalten. Wir bitten um Verständnis.

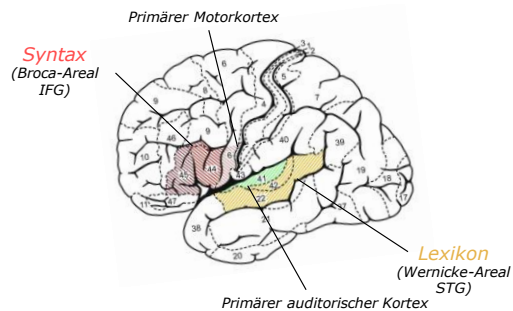
Neurowissenschaftliche Erkenntnisse zur Sprachentwicklung und Sprachentwicklungsstörungen



Jens Brauer

Max Planck Institute für Kognitions- und Neurowissenschaften, Leipzig

Sprachverarbeitung: 20. Jahrhundert



Forschungsfragen

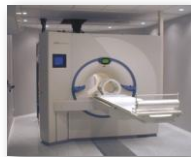
Wie verarbeitet das menschliche Gehirn Sprache?

Wie erwirbt das Kind diese Fähigkeit?

Was sind die hirnstrukturelle und hirnfunktionelle Korrelate von Störungen im Spracherwerb?

Methoden zur Beantwortung dieser Frage

→ Magnetresonanztomographie (MRI):
Hohe räumliche Auflösung



Ereigniskorrelierte Potentiale (EKP):
→ Hohe zeitliche Auflösung



Eintritt in die Sprache

Die ersten sprachlichen Schritte von Kindern basieren auf prosodischen Informationen.

→ Wortebene

Die exakte Perzeption von Betonungsmustern erleichtert die Identifizierung von Wortgrenzen (Wortbeginn und Wortende).

Wortebene Silbenlänge und Wortbetonung

Die Wortbetonung wird von einigen akustischen Parametern gekennzeichnet, die Silbenlänge ist dabei der Wichtigste.
betonte Silbe = lange Silbe

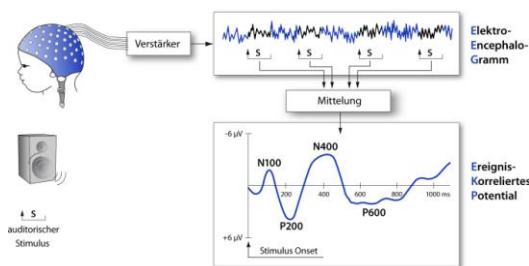
Können Säuglinge zwischen langen und kurzen Silben unterscheiden?



Perzeption:
Methode der ereignis-
korrelierten Potentiale (EKP)

- Hohe zeitliche Auflösung, da Hirnaktivität Millisekunde für Millisekunde gemessen wird.
- Messmethode erfordert keine Reaktion des Kindes.

EKP-Methode



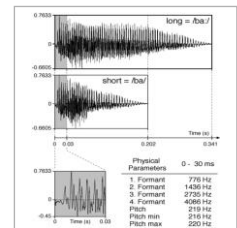
Diskriminationsparadigma

Mismatch Hirn-Antwort

... bedarf nicht der Aufmerksamkeit des Kindes.

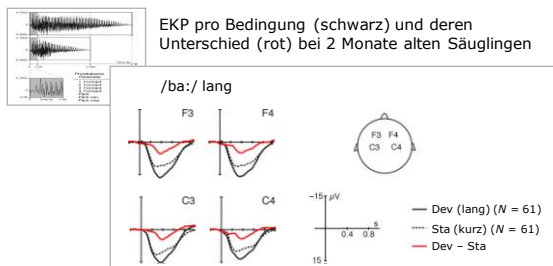
... wird ausgelöst durch eine Veränderung in der wiederholten akustischen Stimulation:

sta sta sta dev sta sta



... ist das Resultat der Detektion der Abweichung vom häufig wiederholten Stimulus.

Diskrimination von Silben von unterschiedlicher Länge



Zusammenfassung

Kleinkinder im Alter von 2 Monaten können lange von kurzen Silben unterscheiden

Frühes Erkennen von Sprachentwicklungsstörungen: Hypothese

Eine der zugrundeliegenden Ursachen bei Spezifischer Sprachentwicklungsstörung (SSES) könnte eine Störung bei der Verarbeitung prosodischer Information sein.

Wenn das so ist, dann ist bei Kindern mit SSES-Risiko vielleicht schon im Alter von 2 Monaten eine Störung beim Unterscheiden von langen und kurzen Silben zu messen.

Zusammenfassung

Kinder mit einem SSES Risiko unterscheiden sich in ihrem EKP-Muster für die Diskrimination von Silbenlängen von Kindern ohne SSES Risiko bereits im Alter von 2 Monaten.

Hat das auch für die spätere Sprachentwicklung etwas zu sagen?

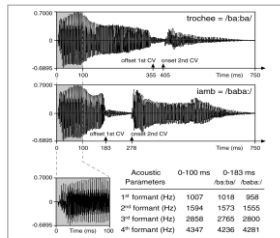
Diskrimination von Betonungsmustern

/ba:ba/ 750 ms

/baba:/ 750 ms

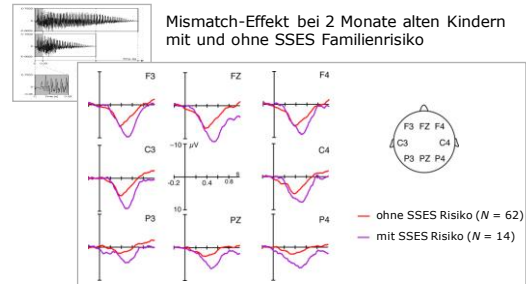
Standard $\frac{5}{6}$

Deviant $\frac{1}{6}$



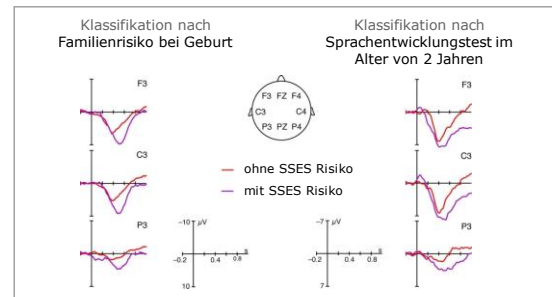
baaba baaba baaba babaa baaba baaba
babaa babaa babaa babaa babaa babaa

EKP bei SSES



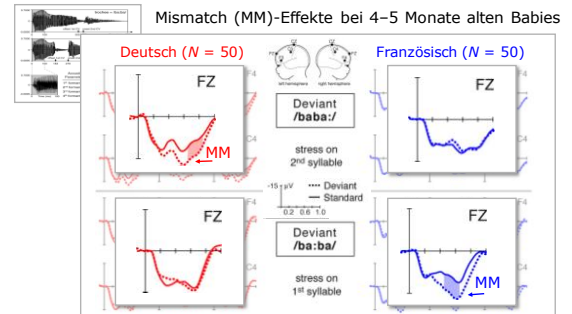
Quelle: Friedrich, Weber & Friederici, Psychophysiology, 2004

EKP-Daten gemessen im Alter von 2 Monaten



Sehr frühe Indikation möglich.

Diskrimination von unterschiedlichen Betonungsmustern



Quelle: Friederici, Friedrich & Christophe, Current Biology, 2007

Wortbetonung

Wortbetonungen sind sprachspezifisch.

Deutsch: Betonung auf der ersten Silbe
pápa

Französisch: Betonung auf der zweiten Silbe
papá

Zusammenfassung

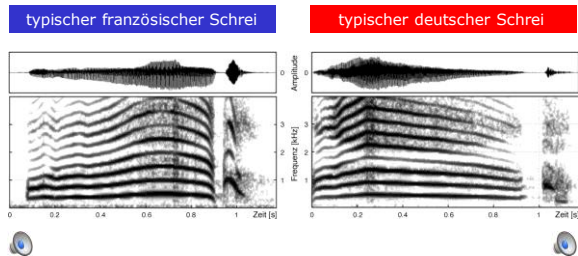
Erfahrung mit Deutsch oder Französisch als Muttersprache beeinflusst die kortikale Verarbeitung bei 4 Monate alten Säuglingen. Diejenigen rhythmischen Strukturen, die typisch für die jeweilige Muttersprache sind, werden bevorzugt.

Wortformen sind im Gehirn bereits im Alter von 4 Monaten sprachspezifisch gespeichert!

Bereits zu diesem Zeitpunkt sichtbar ist der

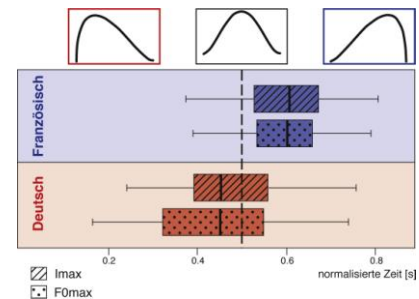
Einfluss des sprachlichen Umfeldes

Lautproduktion bei Neugeborenen



Quelle: Mame, Friederici, Christophe & Wermke, *Current Biology*, 2009

Schreie von 4 Tage alten Neugeborenen

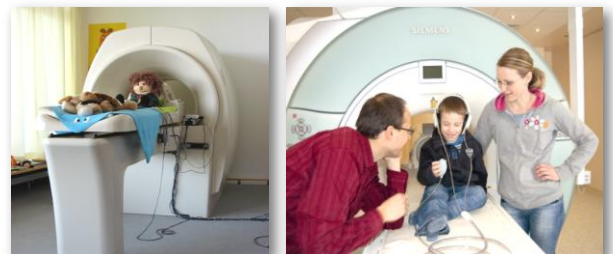


Quelle: Mame, Friederici, Christophe & Wermke, *Current Biology*, 2009

Zusammenfassung

Der Schrei eines Säuglings ist bereits sprachspezifisch.

Was sind die neuronalen Grundlagen der Satzverarbeitung im sich entwickelnden Gehirn?



Verstehen komplexer syntaktischer Strukturen Verhaltensstudie

SO Der Affe wieft **den** Käfer.

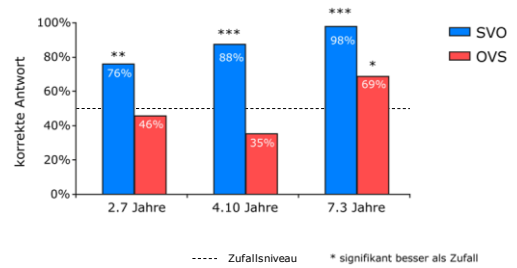


OS **Den** Affen wieft **der** Käfer.



Quelle: Dittmar, Abbot-Smith, Lieven & Tomasello, Child Development, 2008

Satzverständnis



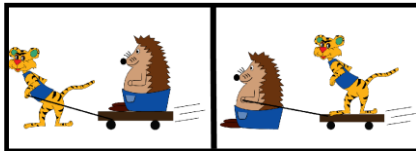
Quelle: Dittmar, Abbot-Smith, Lieven & Tomasello, Child Development, 2008

Syntaktische Verarbeitung bei 6jährigen

Subjekt-initiale Sätze

Objekt-initiale Sätze

Der_{NOM} Igel zieht den_{ACC} Tiger Den_{ACC} Igel zieht der_{NOM} Tiger

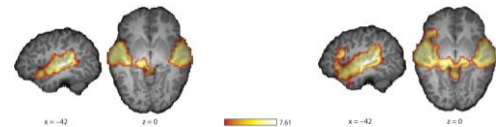


Quelle: Knoll, Obleser, Schipke, Friederici & Brauer, NeuroImage (2012)

Funktionelle Aktivierung der Sprachareale

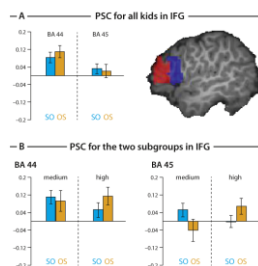
Subjekt-initiale Sätze

Objekt-initiale Sätze



Quelle: Knoll, Obleser, Schipke, Friederici & Brauer, NeuroImage (2012)

Aktivierung des Broca-Areals: BA44/45

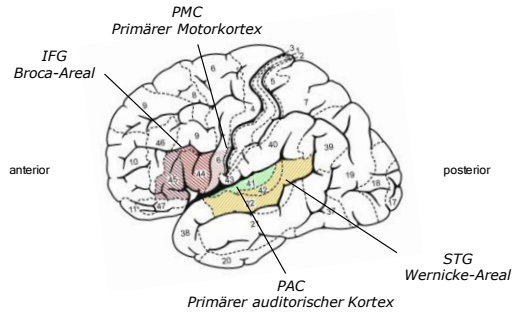


Quelle: Knoll, Obleser, Schipke, Friederici & Brauer, NeuroImage (2012)

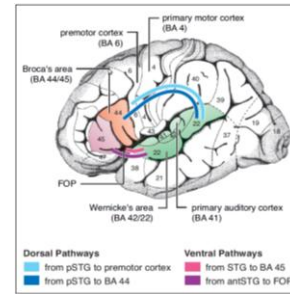
Syntaxverarbeitung

Warum? Hirnreifung?

Kortikale Sprachverarbeitungsareale (Graue Substanz)

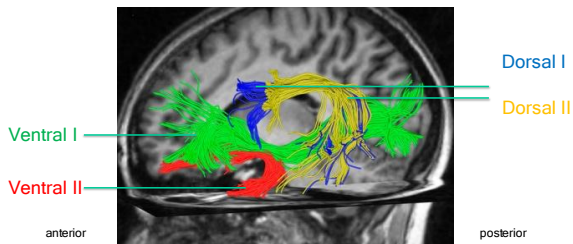


Strukturelle Hirnverbindungen zwischen den Spracharealen



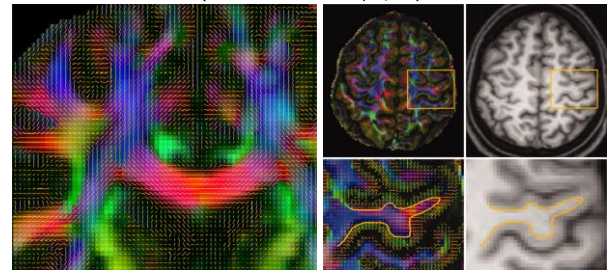
Quelle: Friederici, *Physio Rev* 2011

Nervenfaserverbindungen (Weiße Substanz)



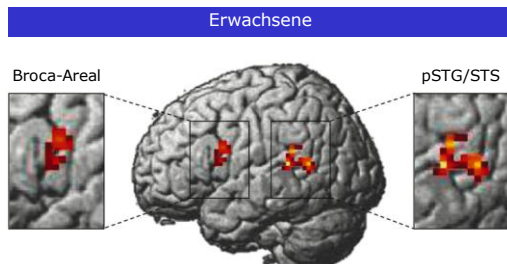
Diffusionsbildgebung

Mißt die Orientierung der Diffusion von Wasser im Gehirn (Fraktionale Anisotropie, FA)



Quelle: Heidemann et al., *MRM* 2010

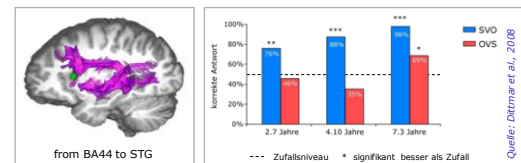
Verarbeitung syntaktisch komplexer Sätze: Funktionelle Neuroanatomie



Quelle: Friederici et al., *NeuroReport*, 2009

Hypothese

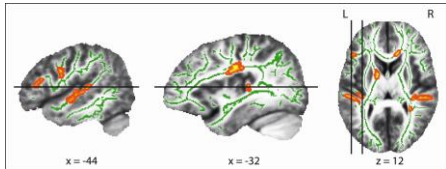
Falls die dorsale Faserverbindung verantwortlich ist für die Verarbeitung von komplexen Sätzen



dann sollte die Verbindung bei 7 Jahre alten Kindern noch **nicht** voll entwickelt sein.

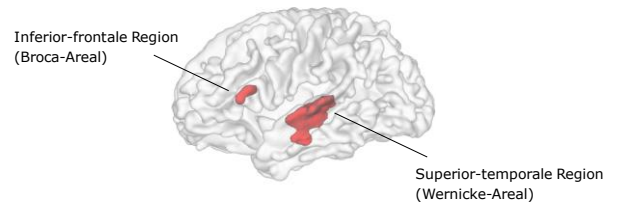
Quelle: Dittme et al., 2008

Fraktionelle Anisotropie (FA) Unterschiede zwischen Erwachsenen und Kindern



Insbesondere die sprachrelevanten perisylvischen Areale sind bei Kindern im Alter von 7 Jahren noch nicht voll ausgereift

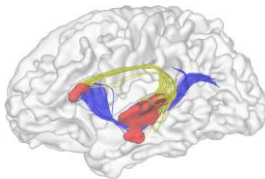
Fronto-temporale Regionen der FA-Unterschiede zwischen Erwachsenen und Kindern



Quelle: Brauer et al., Cereb Cortex 2011

Fronto-temporale Faserverbindungen

Zwei distinkte Nervenfaserverbindungen



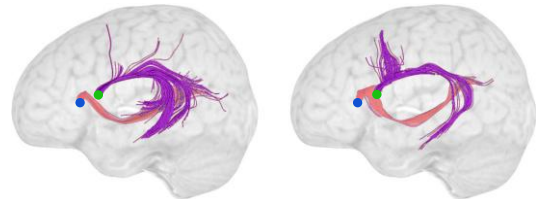
- I. Dorsale Verbindung via F. arcuatus/ F. longitudinalis superior (AF/SLF)
- II. Ventrale Verbindung via Capsula extrema (ECFS)

Quelle: Brauer et al., Cereb Cortex 2011

Faserverbindungen zwischen IFG & STG

Erwachsene

7 Jahre alte Kinder



- max. Aktivierung bei Kindern
- max. Aktivierung bei Erwachsenen
- ventrale Route
- dorsale Route

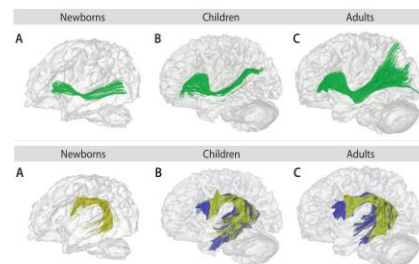
Quelle: Brauer, Anwander & Friederici, Cerebral Cortex, 2010

Zusammenfassung

Bei Kindern im Alter von 7 Jahren sind sprachrelevante Nervenfaserverbindungen (weiße Substanz), insbesondere in der dorsalen Verbindung zu BA44 im Broca-Areal, noch unausgereift

Kinder rekrutieren zusätzliche funktionale Ressourcen im Broca-Areal (BA45) und verwenden damit vor allem die ventrale Faserverbindung

Ventrale und dorsale Faserverbindungen bei Neugeborenen, 7-jährigen Kindern und Erwachsenen



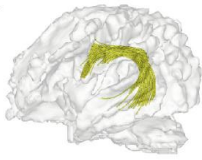
Quelle: Brauer et al., 2013

The dorsal pathway(s)

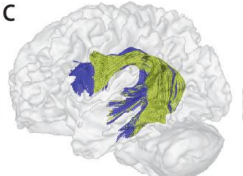
Neugeborene

Erwachsene

A



C



- Teil des AF/SLF: Verbindung zu PMC: Auditorisch-motorische Schleife
- Teil des AF/SLF: Verbindung zu Broca: Syntaxverarbeitung

Quelle: Perani et al., PNAS, 2009

Zusammenfassung

- Die Verbindung zwischen STG und PMC ist von Geburt an vorhanden und trägt möglicherweise zu frühem phonologisch basiertem Sprachlernen bei (Saur et al., PNAS, 2008).
- Die Verbindung zwischen STG und Broca-Areal ist nicht erkennbar zur Zeit der Geburt. Diese Verbindung ist wichtig für die Verarbeitung komplexer Syntax (Friederici et al., PNAS, 2006).

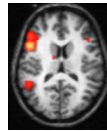
Hirnfunktion

Auswirkung auf funktionelle Verarbeitungsnetzwerke?

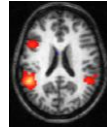
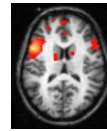
Funktionelles Sprachnetzwerk: LFF analyse

Erwachsene

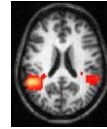
5-6-jährige



Seed in IFG



Seed in pSTG



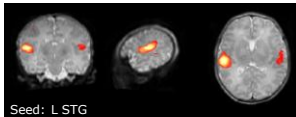
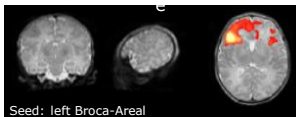
Quelle: Lohmann et al., Cereb Cortex 2010

Friederici, Brauer & Lohmann, PLoS One, 2011

Das funktionelle Sprachnetzwerk bei Neugeborenen

Neugeborene

Erwachsene



0.9 1

0.4 0.9

Quelle: Perani et al., PNAS, 2009

Zusammenfassung

Erwachsene zeigen funktionelle Korrelationen neuronaler Aktivität zwischen den sprachrelevanten Hirnarealen der linken Hemisphäre

Kinder und Neugeborene zeigen diese nicht und stattdessen vor allem gemeinsame Aktivität homologer Hirnareale in beiden Hemisphären

Legasthenie

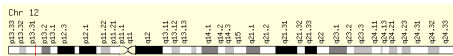
Genetische Korrelate und neuronale Grundlagen

Kandidatengene der Legasthenie

- Assoziation mit Lesen/Schreiben allgemein:
– *DCDC2, DYX1C1, KIAA0319, ROBO1, CMIP*
(Paraccini et al., 2008; Lind et al., 2010; Scerri et al., 2011)
 - Assoziation mit Legasthenie:
– *DCDC2, DYX1C1, KIAA0319, DGKI, FOXP2, MRPL19, C2ORF3*
(Schumacher et al., 2006; Anthoni et al., 2007; Wicke, Kirsten, Boltze et al., 2009, 2011)
 - Assoziation mit sprachrelevanten Prozessen:
– EEG: *SLC2A3*
(Roeske et al., 2011)
– fMRT: *FOXP2*
(Wicke, Kirsten, Boltze et al., 2011)
-

Genetik der Legasthenie

- SLC2A3
- Regulation von Glukosetransportern in Neuronen im Gehirn
- Rolle bei Sprachverarbeitungsprozessen nachgewiesen und legasthenierelevant
- SNP (*single nucleotid polymorphism*) rs11100040: Risikovariante und Nichtrisikovariante



Fazit

Die Entwicklung der Sprachfunktionen geht Hand in Hand mit der Reifung und Entwicklung von Netzwerkverbindungen des Gehirns.

Diese Reifungs- und Entwicklungsprozesse spiegeln sich in funktioneller Aktivität während der Sprachverarbeitung, in zunehmender Ausbildung struktureller Netzwerkverbindungen und funktioneller Netzwerke wider.

Störungen der Sprachentwicklung zeigen frühe messbare Auffälligkeiten der funktionellen und strukturellen Hirnentwicklung



MAX PLANCK INSTITUTE FOR HUMAN COGNITIVE AND BRAIN SCIENCES LEIPZIG

Vielen Dank

Acknowledgements

Alfred Anwander
Angela Friederici
Manuela Friedrich
Holger Kirsten
Lisa Knoll
Gabriele Lohmann
Daniela Perani
Michael Skeide
Arndt Wilcke
