
Preface

Dieses Handout enthält die im Vortrag gezeigten Folien abzüglich solcher, die noch unveröffentlichte Daten präsentierten. Wir bitten um Verständnis.

Sprachentwicklungsstörungen aus Neurowissenschaftlicher Perspektive



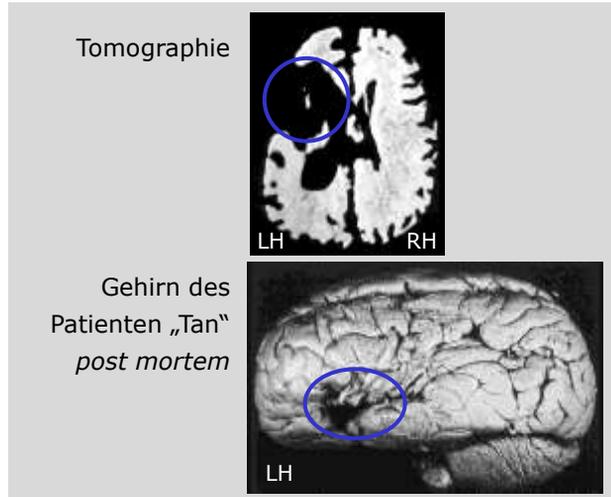
Jens Brauer

Max Planck Institute für Kognitions- und Neurowissenschaften. Leipzig

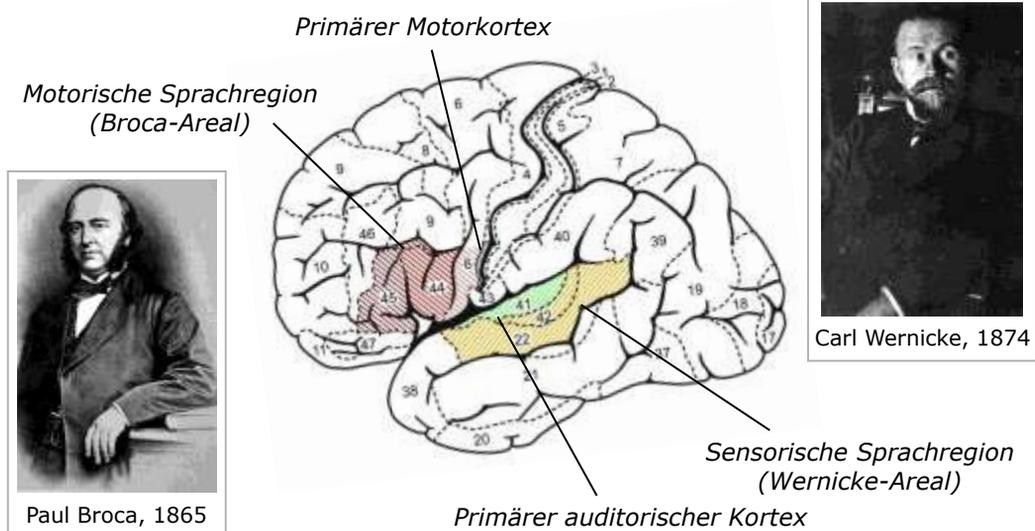
Sprache im Gehirn



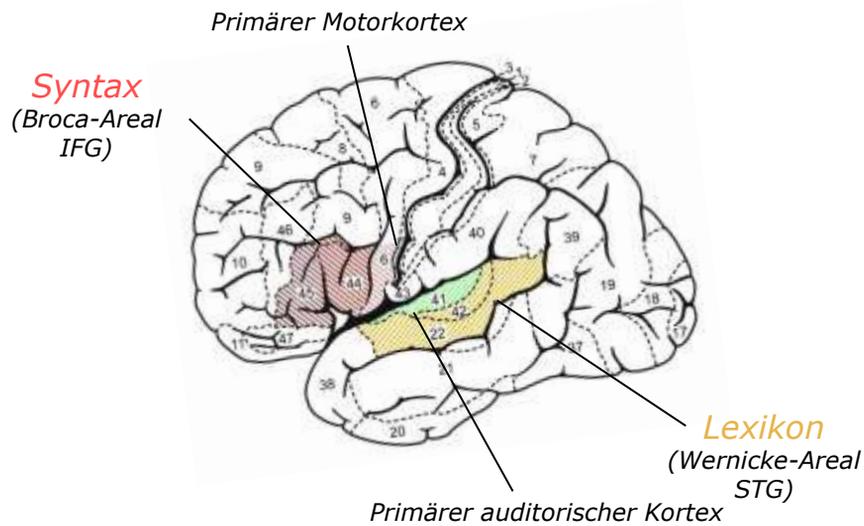
Paul Broca, 1865



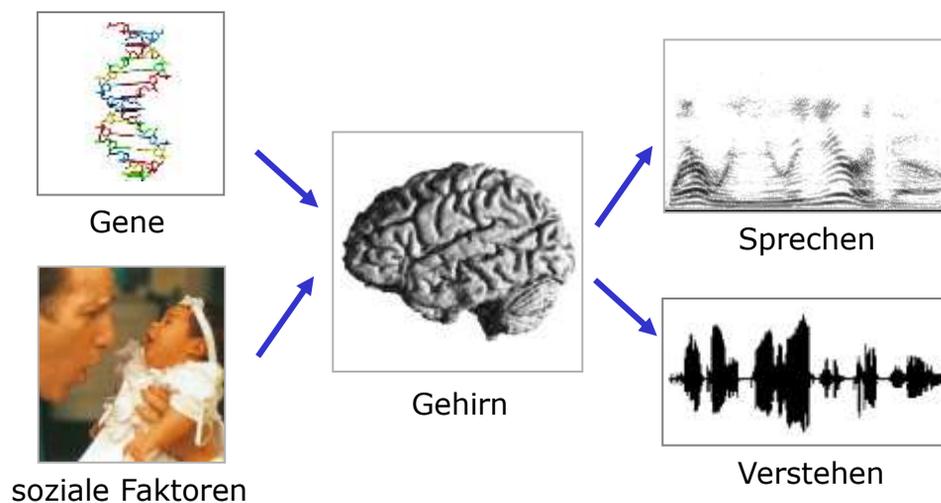
Sprachverarbeitung: 19. Jahrhundert



Sprachverarbeitung: 20. Jahrhundert



Was sind die neurobiologischen Grundlagen des Spracherwerbs des Menschen?



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

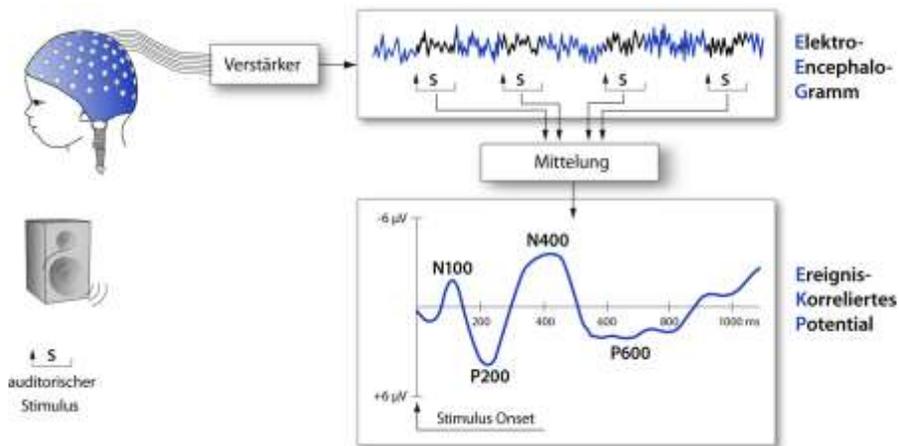
Die exakte Perzeption von Betonungsmustern erleichtert die Identifikation von Wortgrenzen (Wortbeginn und Wortende).

Wortebene: Silbenlänge und Wortbetonung

Die Wortbetonung wird von einigen akustischen Parametern gekennzeichnet, die Silbenlänge ist dabei einer der Wichtigsten.

Können Säuglinge im Alter von 2 Monate zwischen langen und kurzen Silben unterscheiden?

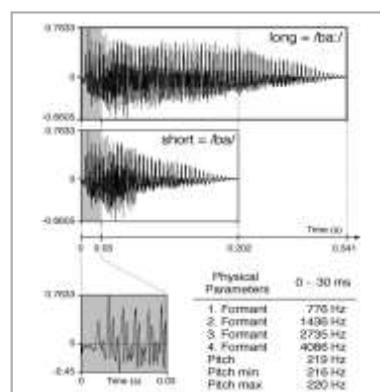
EKP-Methode



Diskriminationsparadigma

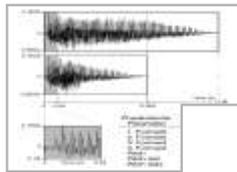
Mismatch Hirn-Antwort

- ... bedarf nicht der Aufmerksamkeit des Kindes.
- ... wird ausgelöst durch eine Veränderung in der wiederholten akustischen Stimulation:

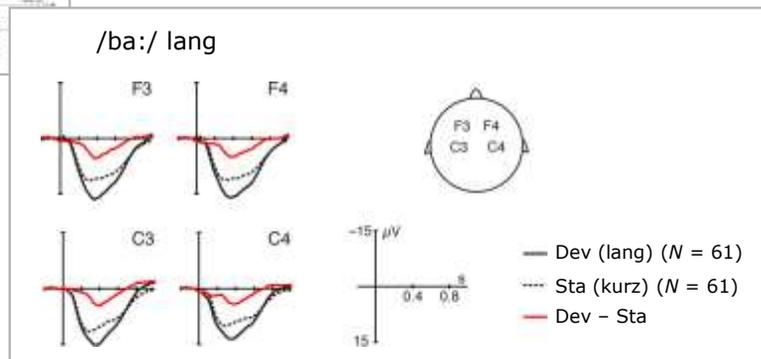


- ... ist das Resultat der Detektion der Abweichung vom häufig wiederholten Stimulus.

Diskrimination von Silben von unterschiedlicher Länge



EKP pro Bedingung (schwarz) und deren Unterschied (rot) bei 2 Monate alten Säuglingen



Quelle: Friederici, Friedrich & Weber, *NeuroReport*, 2002

Salzburg, 24. Mai 2014

MPI for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig

Interim

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

Salzburg, 24. Mai 2014

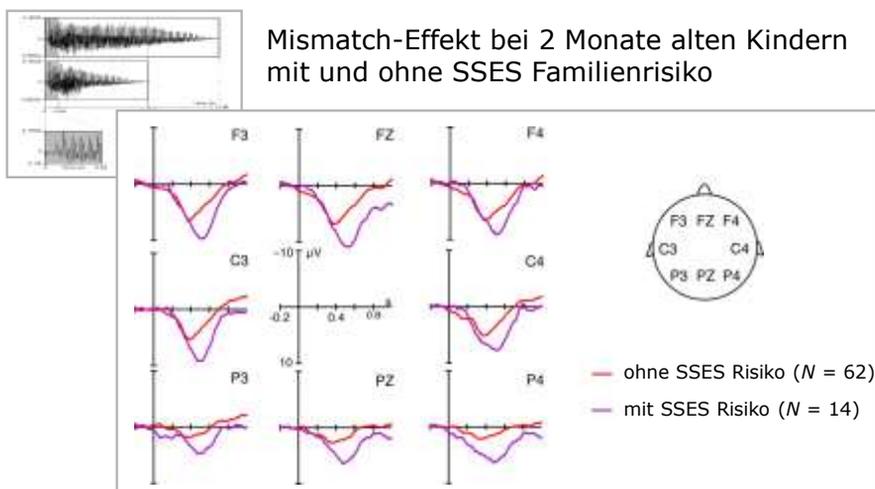
MPI for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig

Frühes Erkennen von Sprachentwicklungsstörungen: Hypothese

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

Wenn dem 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.

EKP bei SSES

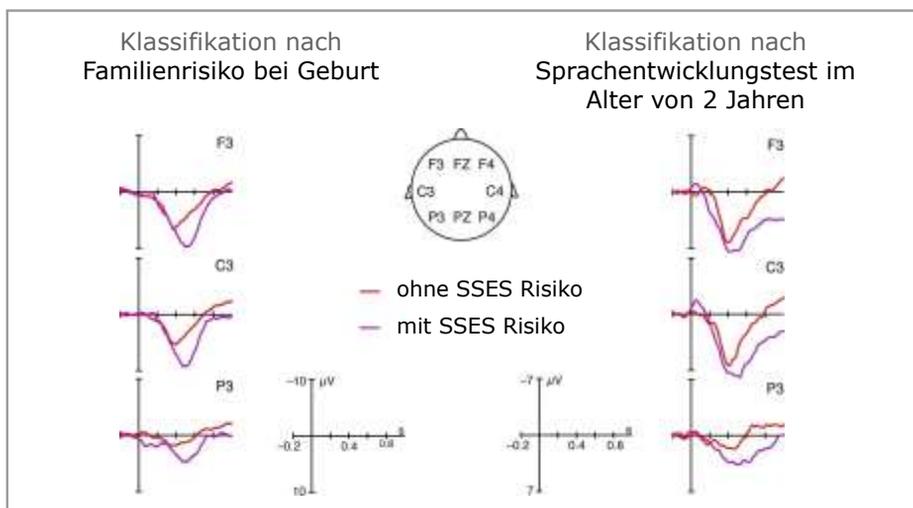


Interim

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?

EKP-Daten gemessen im Alter von 2 Monaten



Sehr frühe Indikation möglich.

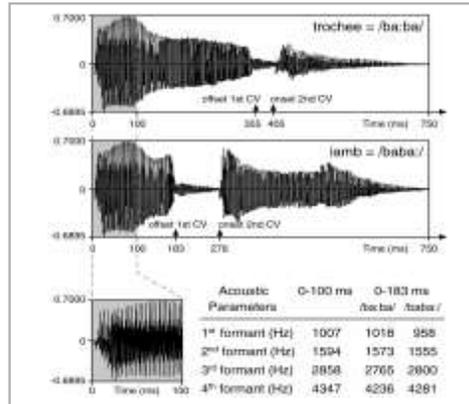
Diskrimination von Betonungsmustern

/ba:ba/ 750 ms

/baba:/ 750 ms

Standard $\frac{5}{6}$

Deviant $\frac{1}{6}$

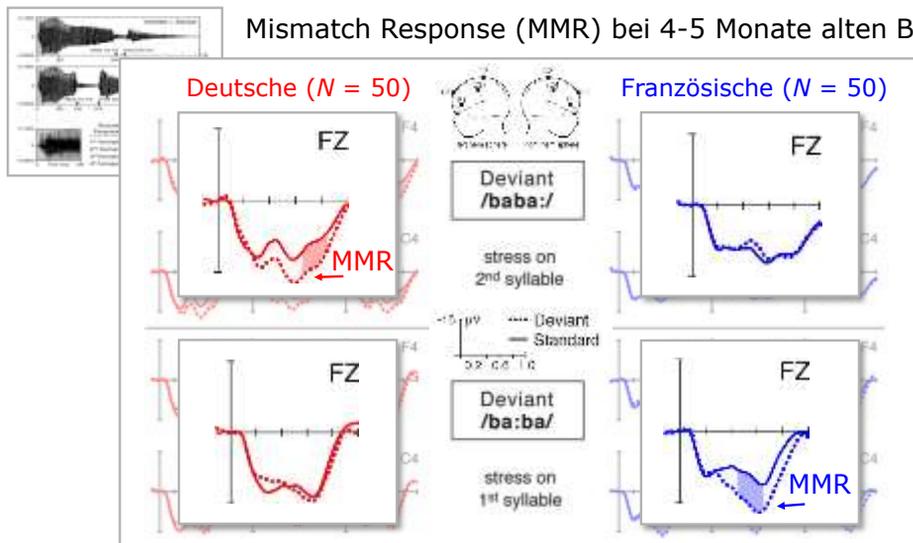


bàba bàba bàba babà bàba bàba

babà babà babà babà bàba babà

Diskrimination von Betonungsmustern

Mismatch Response (MMR) bei 4-5 Monate alten Babies



Wortbetonung

Wortbetonungen sind sprachspezifisch.

Deutsch: Betonung auf der ersten Silbe
pápa

Französisch: Betonung auf der zweiten Silbe
papá

Interim

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!

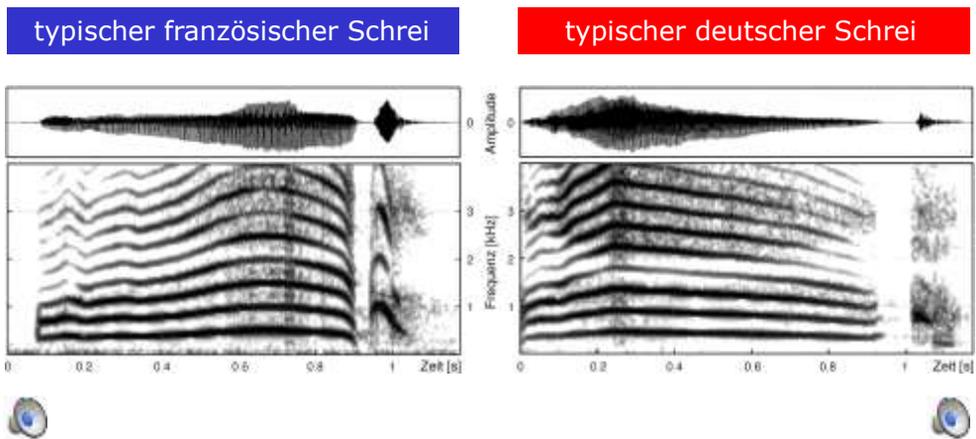
Bereits zu diesem Zeitpunkt sichtbar ist der

Einfluss des sprachlichen Umfeldes

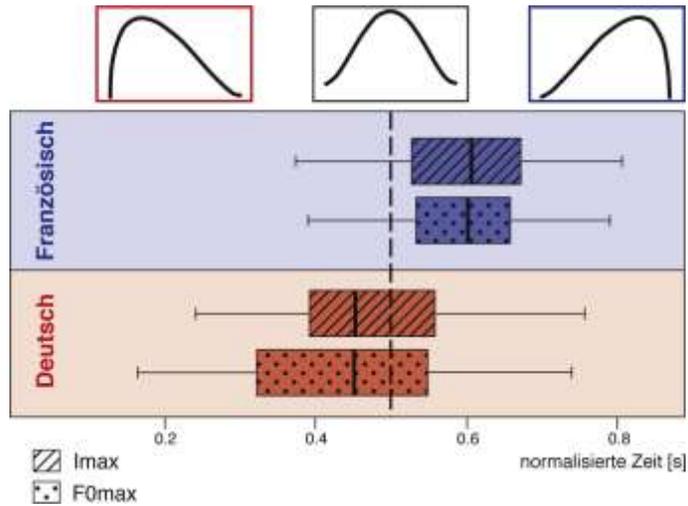
Lautproduktion bei Neugeborenen



Lautproduktion bei Neugeborenen



Schreie von 4 Tage alten Neugeborenen



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

Salzburg, 24. Mai 2014

MPI for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig

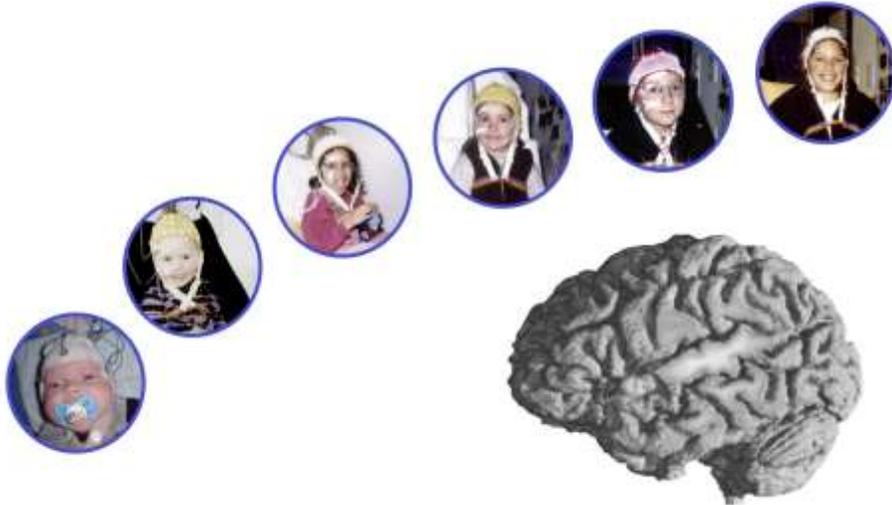
Interim

Der Schrei eines Säuglings ist bereits sprachspezifisch.

Salzburg, 24. Mai 2014

MPI for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig

Wie entwickeln sich die Sprachprozesse weiter?



Salzburg, 24. Mai 2014

MPI for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig

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



Salzburg, 24. Mai 2014

MPI for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig

Verstehen komplexer syntaktischer Strukturen Verhaltensstudie

SVO Der Affe wieft **den** Käfer.



OVS **Den** Affen wieft **der** Käfer.

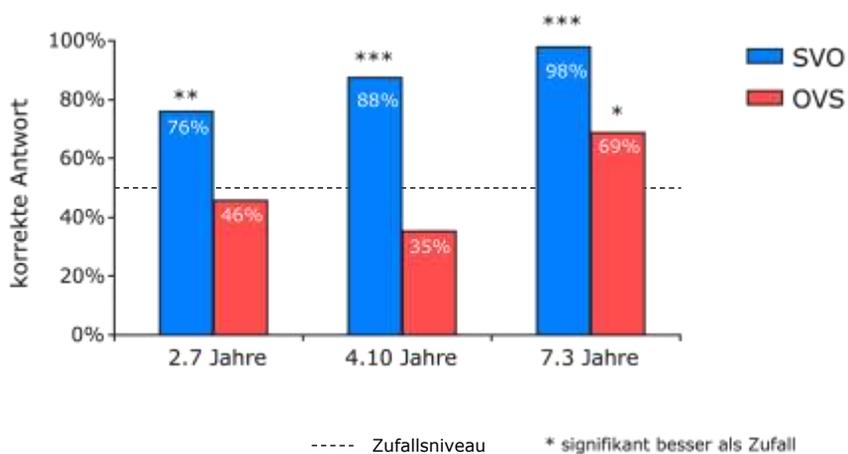


Quelle: Dittmar, Abbot-Smith, Lieven & Tomasello, *Child Development*, 2008

Salzburg, 24. Mai 2014

MPI for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig

Satzverständnis



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

Salzburg, 24. Mai 2014

MPI for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig

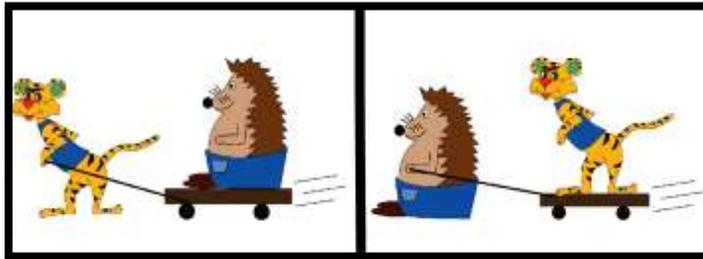
Syntaktische Verarbeitung bei 6jährigen

Subjekt-initiale Sätze (SVO)

Objekt-initiale Sätze (OVS)

Der_{NOM} Igel zieht den_{ACC} Tiger

Den_{ACC} Igel zieht der_{NOM} Tiger



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

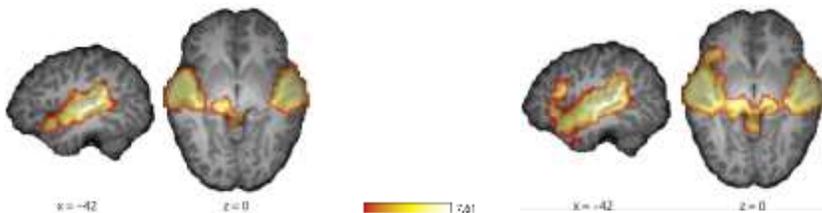
Salzburg, 24. Mai 2014

MPI for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig

Funktionelle Aktivierung der Sprachareale

Subjekt-initiale Sätze (SVO)

Objekt-initiale Sätze (OVS)

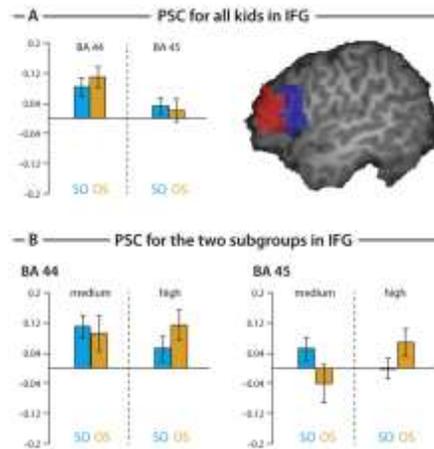


Quelle: Knoll, Obleser, Schipke, Friederici & Brauer, NeuroImage (2012)

Salzburg, 24. Mai 2014

MPI for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig

Aktivierung des Broca-Areals: BA44/45



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

Salzburg, 24. Mai 2014

MPI for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig

Interim

Bei 6jährigen zeigen nur diejenigen Kinder bereits eine erwachsenenähnliche Aktivierung des IFG, die in standardisierten Syntaxtests bereits hohe Werte erreichen.

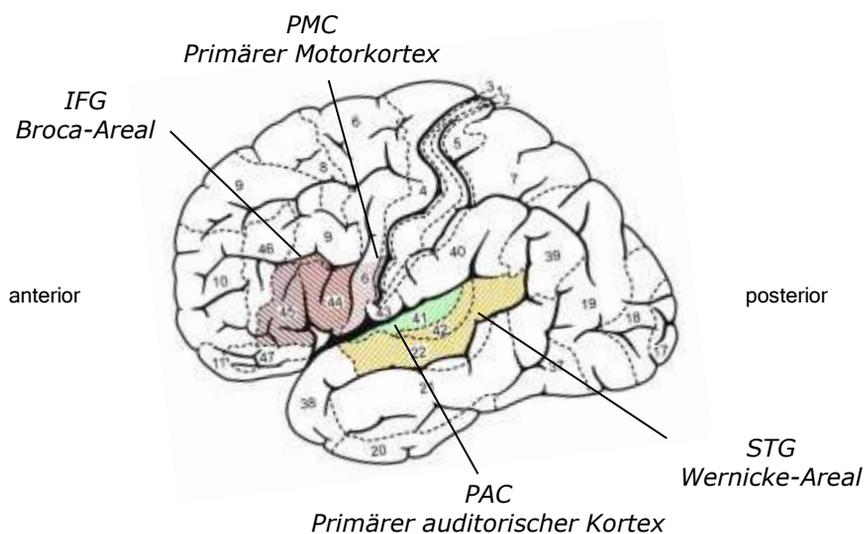
Salzburg, 24. Mai 2014

MPI for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig

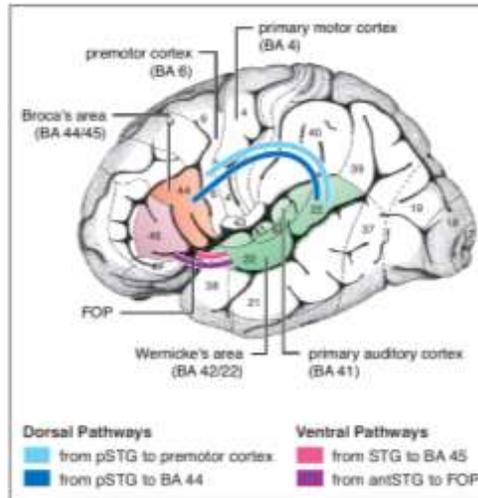
Kortikale Sprachverarbeitung

Warum? Hirnreifung?

Kortikale Sprachverarbeitungsareale (Graue Substanz)

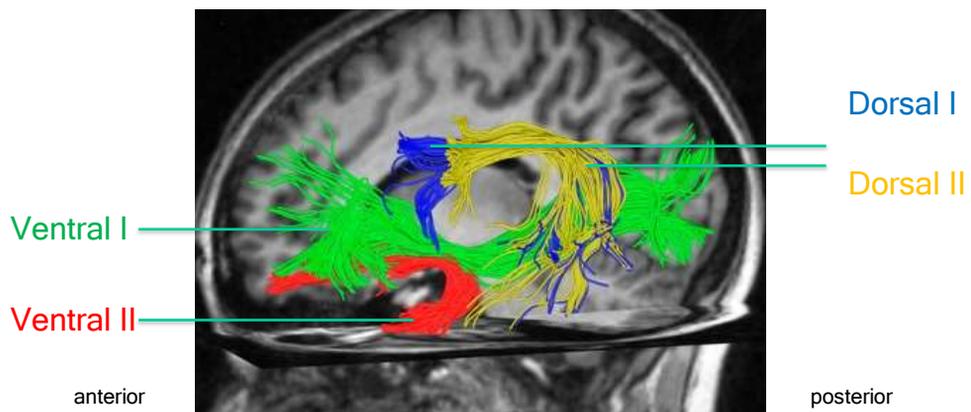


Strukturelle Hirnverbindungen zwischen den Spracharealen



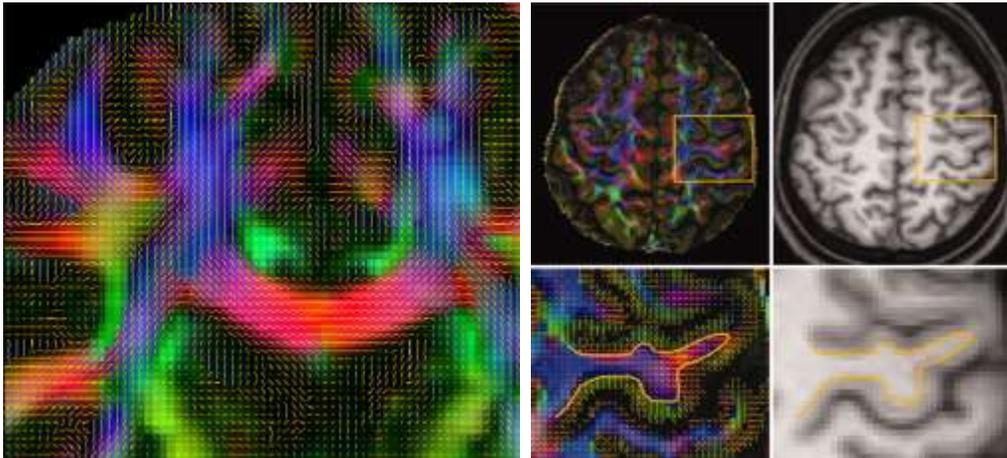
Quelle: Friederici, *Physio Rev* 2011

Nervenfaserverbindungen (Weiße Substanz)



Diffusionsbildgebung

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



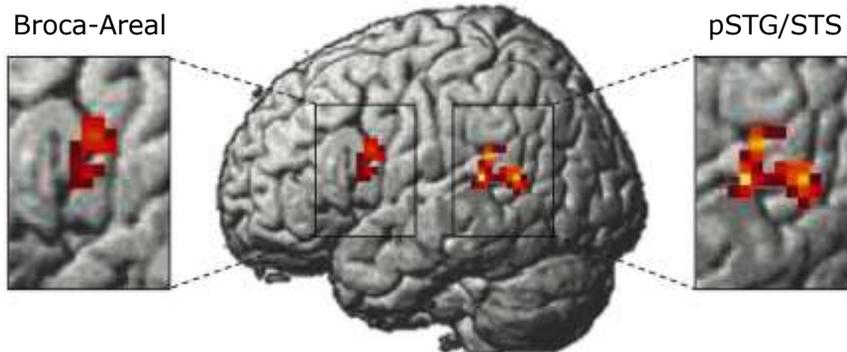
Quelle: Heidemann et al., MRM 2010

Salzburg, 24. Mai 2014

MPI for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig

Verarbeitung syntaktisch komplexer Sätze: Funktionelle Neuroanatomie

Erwachsene



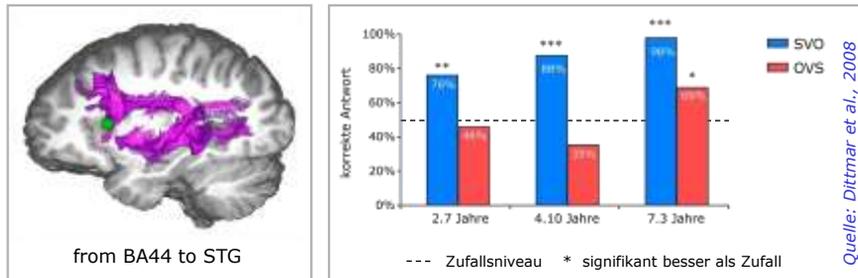
Quelle: Friederici et al., NeuroReport, 2009

Salzburg, 24. Mai 2014

MPI for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig

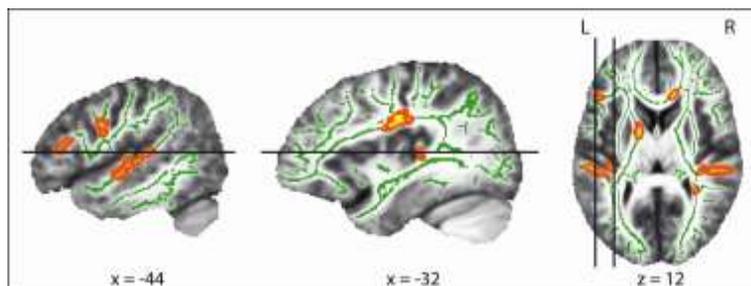
Hypothese

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.

Fraktionelle Anisotropie (FA) Unterschiede zwischen Erwachsenen und Kindern

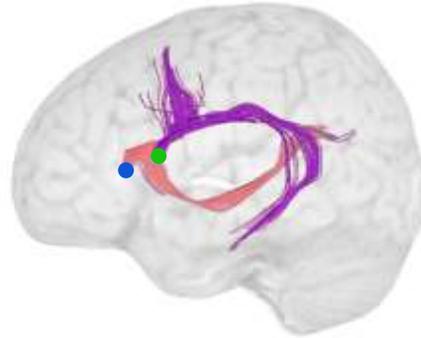
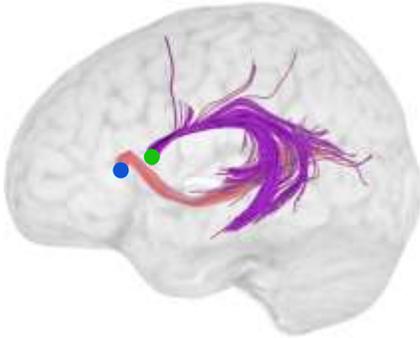


Insbesondere die sprachrelevanten perisylvischen Areale sind bei Kindern im Alter von 7 Jahren noch nicht voll ausgereift

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*, 2011

Salzburg, 24. Mai 2014

MPI for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig

Interim

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

Salzburg, 24. Mai 2014

MPI for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig

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