



**Universität
Zürich^{UZH}**



Jenseits von Broca und Wernicke

Neue Erkenntnisse zur funktionellen Neuroanatomie der Sprache

Martin Meyer
University of Zurich, Switzerland

- **Früher**

- **Heute**

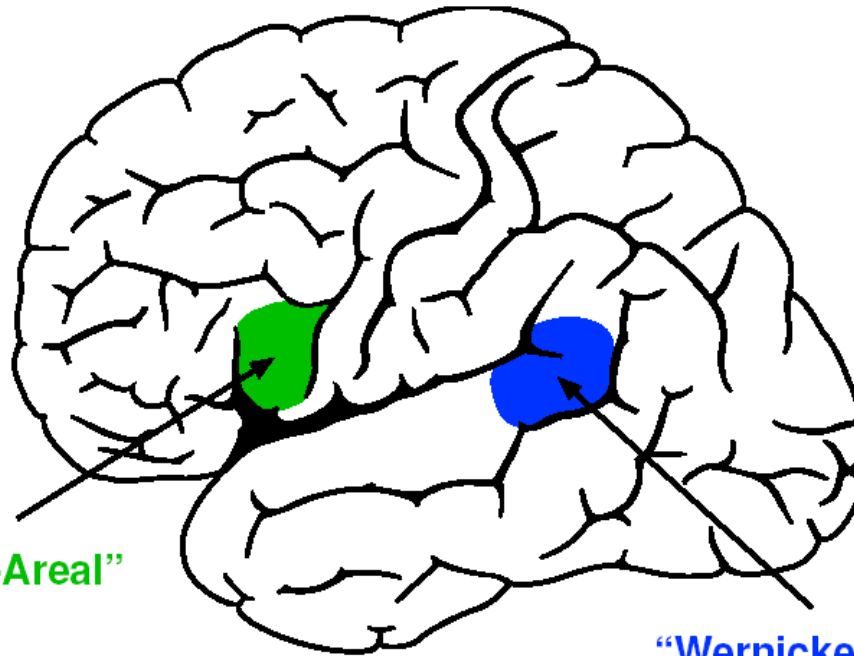
- **Morgen**

- **Früher (1860 – 2000)**
- **Nicht ganz so viel früher (2000 – 2015)**
- **Gestern, heute, morgen (2015 – ?)**

Das Wernicke-Lichtheim Modell (1884)



Paul Broca, 1865

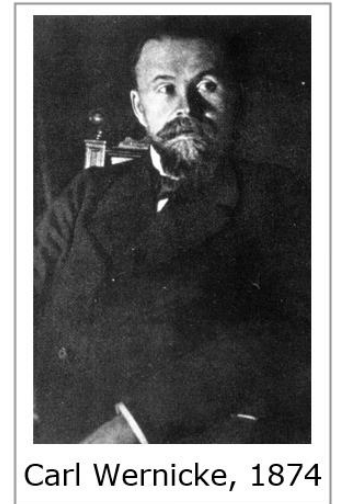


“Broca-Areal”

“Wernicke-Areal”

Artikulation

Sprachverarbeitung



Carl Wernicke, 1874

Das klassische Modell ist limitiert, weil

- a) Auf die Wortebene beschränkt
- b) Auf Performanz beschränkt (Artikulieren, Wiederholen)
- c) Anatomisch schlecht definiert
- d) Auf Läsionsdaten basierend

Review

Broca and Wernicke are dead, or moving past the classic model of language neurobiology



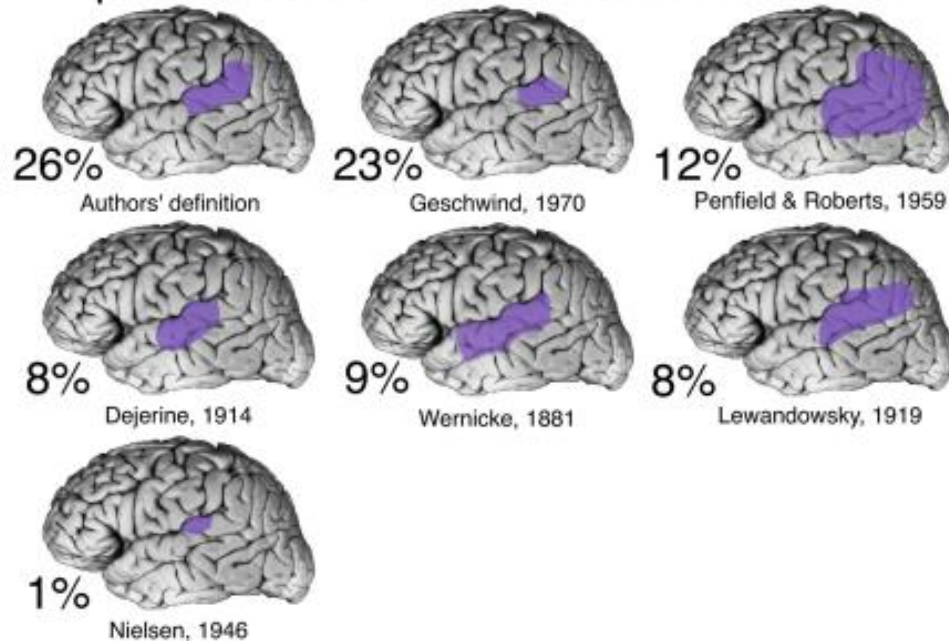
Pascale Tremblay^{a,b}, Anthony Steven Dick^{c,*}

^a *Département de Réadaptation, Faculté de Médecine, Université Laval, Québec City, QC, Canada*

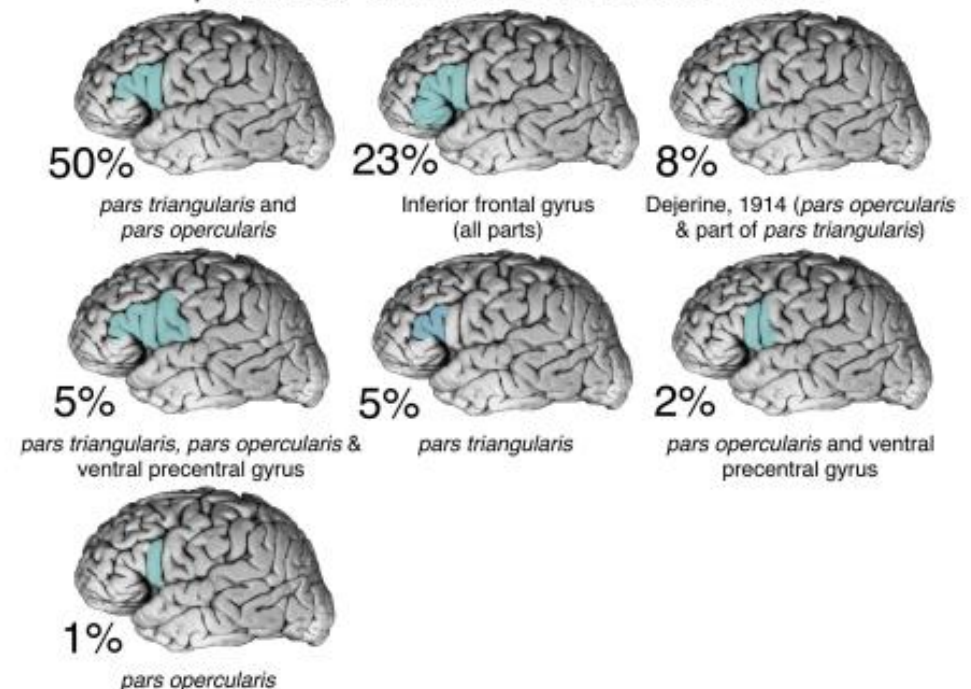
^b *Centre de Recherche de l'Institut Universitaire en Santé Mentale de Québec, Québec City, QC, Canada*

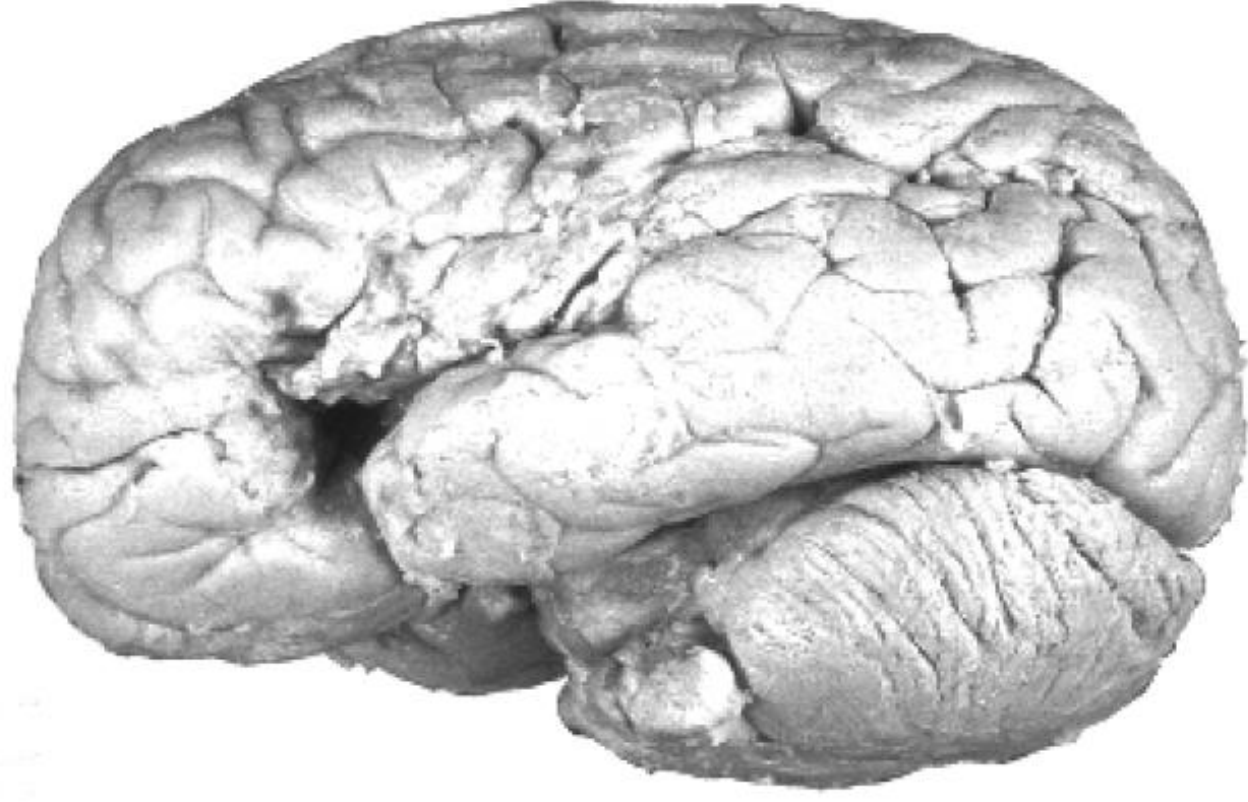
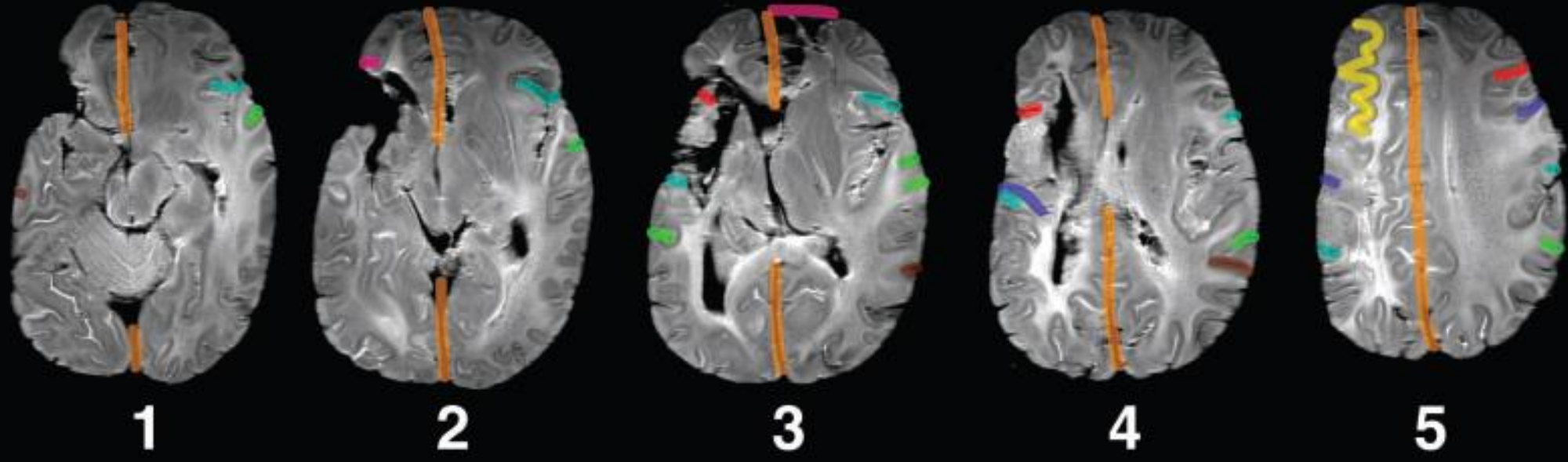
^c *Florida International University, Miami, FL, USA*

Percentage of respondents endorsing particular definitions of Wernicke's Area

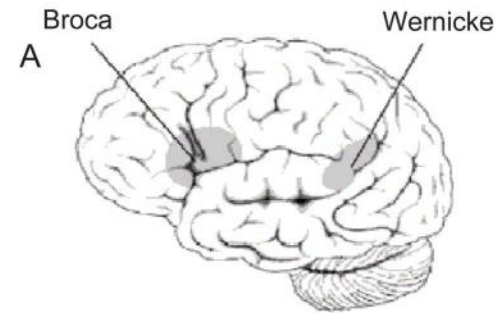
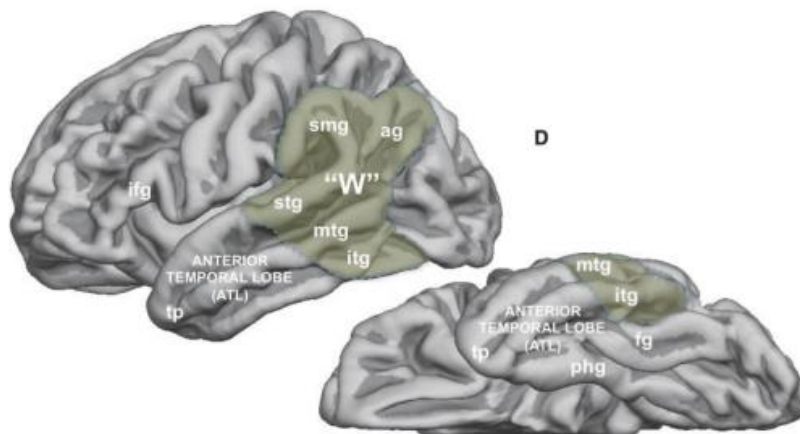
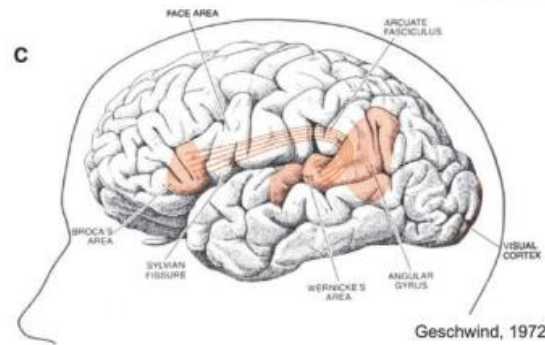
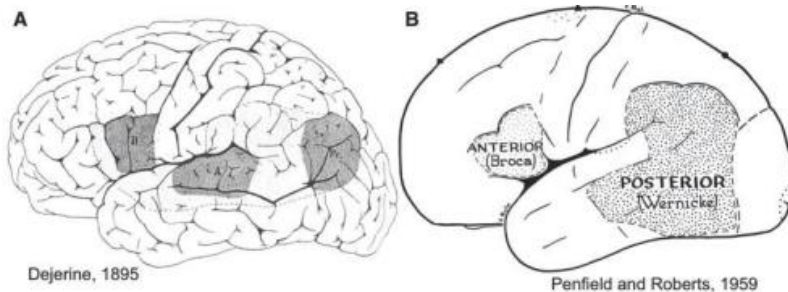


Percentage of respondents endorsing particular definitions of Broca's Area

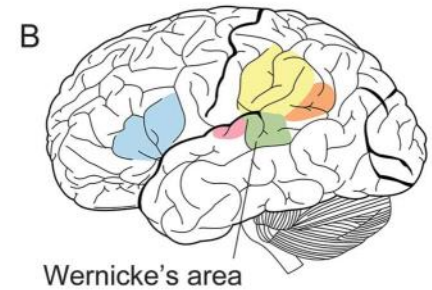




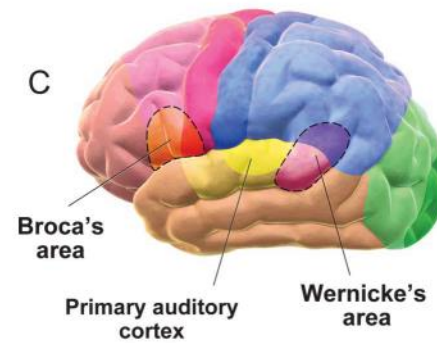
What and where is Wernicke's area?



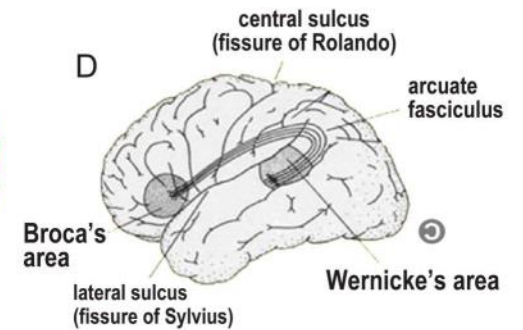
en.wikipedia.org



brainareas.pbworks.com



commons.wikimedia.org



thebrain.mcgill.ca

WERNICKE'S REGION—WHERE IS IT?

J. E. Bogen and G. M. Bogen*

*Ross-Loos Medical Group
Los Angeles, California 90026*

In this subject, the first question both logically and chronologically was and is: Can a lesion (focal damage) of the cerebrum cause a loss of language without causing a loss of intelligence? That is the original question, still debated hotly by many people. Much of the heat is attributable to the way in which the question is phrased. Suppose we phrase it relatively, as follows: Can a lesion of the cerebrum produce a deficit in language that is *far in excess* of the concomitant deficit in intelligence? Asked in this way, almost everyone would answer yes. There are worthy persons who are still arguing that anyone who has a loss of language from a cerebral lesion must have some accompanying loss of intelligence. Similarly, there are equally worthy persons recurrently showing us that intelligence can be preserved in spite of severe aphasia. Both parties are undoubtedly correct. But the force of either argument is largely dissipated when the question is rephrased in the relative way. Of course, how much intelligence is lost (or retained) depends upon how one goes about measuring intelligence; but with almost any measures, except those strictly linguistic, the answer will be yes. Indeed, if the answer were *not* yes, there would not be such a thing as aphasia, since a "selective loss of language from a cerebral lesion" is what the word "aphasia" means in contemporary usage.

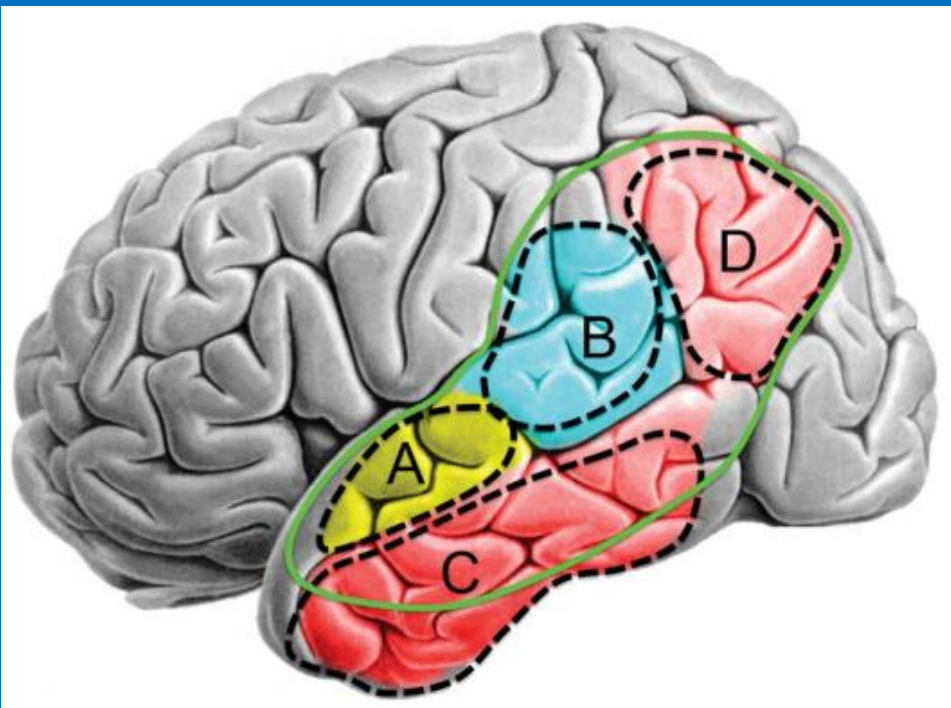


Wernicke-Region = Wernicke Aphasie ?

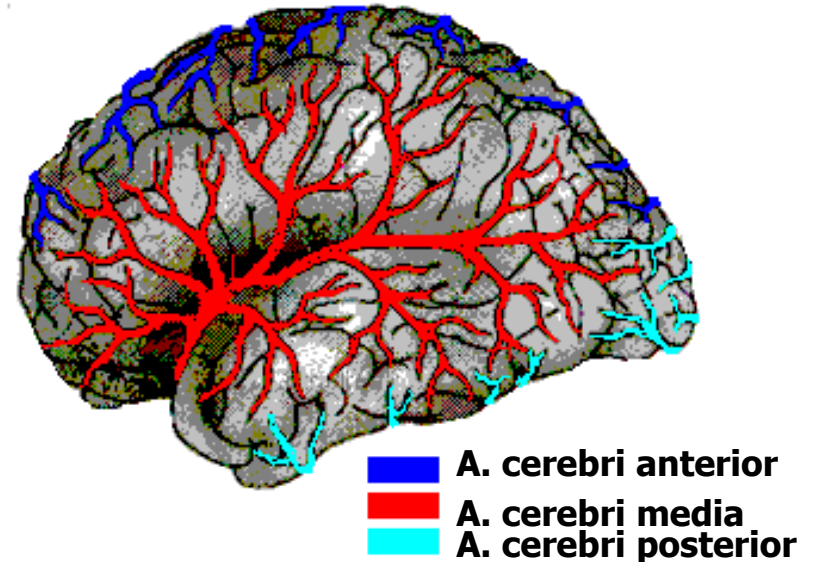
Wernicke-Region = Leitungsaphasie

Weitflächige Läsionen im Bereich des gesamten Temporallappens und des inferior parietalen Kortex können in einer Wernicke-Aphasie resultieren

Schwierigkeiten beim Wiederholen von Wörtern oder Sätzen, auch wenn die Verständnisfähigkeit intakt ist.



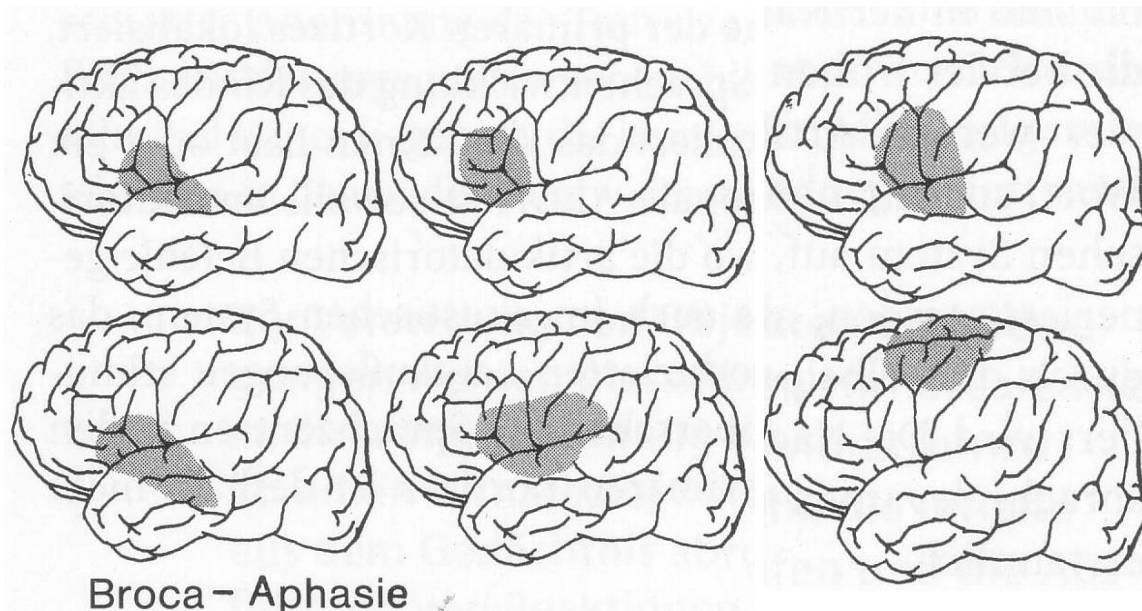
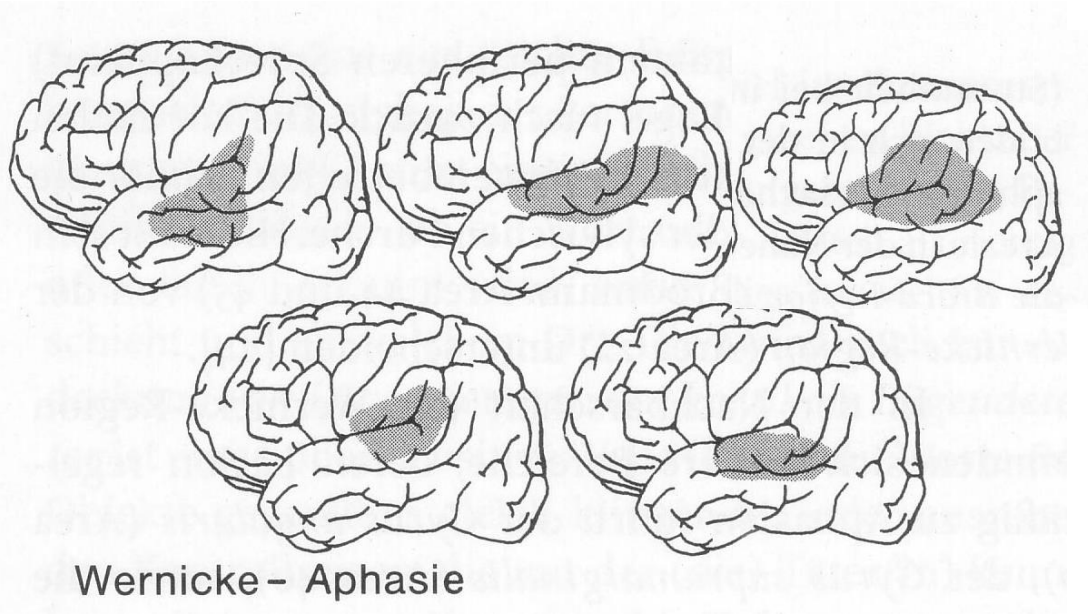
Broca-Area = Broca-Aphasie ???



Eine **Läsion der Broca-Area verursacht keine Broca Aphasie**, sondern eine transiente Beeinträchtigung der Sprachexpression

Eine **Läsion der Wernicke-Area (wo ist die eigentlich?) verursacht keine Wernicke-Aphasie.**

Die Begriffe Broca-Aphasie und Wernicke-Aphasie finden nach wie vor im klinischen Kontext Verwendung, aber sind von der alten Zentrenlehre entbunden

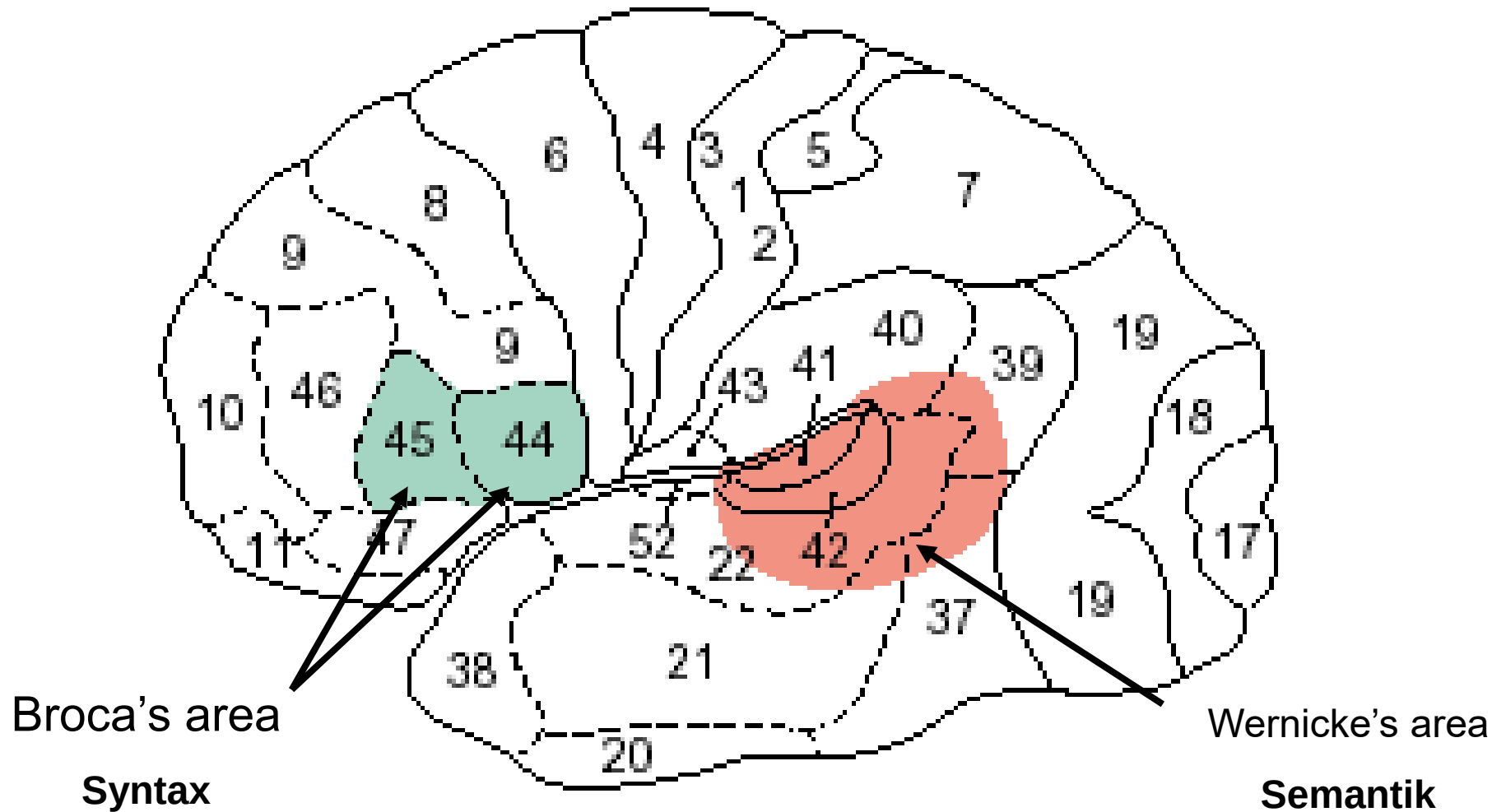


Grosse
Variationen
bei
Lokalisation
von Läsionen

Klassifikation und Leitsymptome der aphasischen Syndrome

	amnestische Aphasie	Broca Aphasie	Wernicke Aphasie	globale Aphasie
Sprachproduktion	meist flüssig	verlangsamt	flüssig	sehr spärlich, oft nur sprachautomatismen (recurring utterances)
Artikulation	meist nicht gestört	oft dysarthrisch	meist nicht gestört	meist dysarthrisch
Prosodie	meist gut erhalten	oft nivelliert	meist gut erhalten	oft nivelliert; bei Automatismen gut erhalten
Satzbau	kaum gestört	reduziert: einfache Satzstrukturen, Funktionswörter fehlen (Agrammatismus)	überschiessend: Satzteile verdoppelt und/oder verschränkt (Paragrammatismus)	Sprachautomatismen; nur Einzelwörter
Wortwahl	einige semantische Paraphasien; Ersatzstrategien bei Störungen in der Wortfindung	relativ begrenztes Vokabular; zuweilen semantische Paraphasien	viele semantische und/oder phonematische Paraphasien	äusserst begrenztes Vokabular; grob vom Zielwort abweichende Paraphasien
Lautstruktur	einige phonematische Paraphasien	viele phonematische Paraphasien	viele phonematische Paraphasien bis zu Neologismen	sehr viele phonematische Paraphasien und Neologismen
Sprachverständnis	besser erhalten als die Benennungsfähigkeit	gestört je nach der Komplexität des Materiales	stark gestört	sehr stark gestört (im Gespräch weniger auffallend)

Neurologisches Modell der Sprache (1960er)



Source: Elliot 1969/Kaan & Swaab 2002

- Früher (1860 – 2000)
- **Nicht ganz so viel früher (2000 – 2015)**
- Gestern, heute, morgen (2015 – ?)

Syntax

Der Hund beisst die Frau.

Das Kind schlägt den Hund.

Der Mann schimpft das Kind.

*Das ist die Frau die der Hund den das Kind das der Mann geschimpft
geschlagen gebissen hat.*

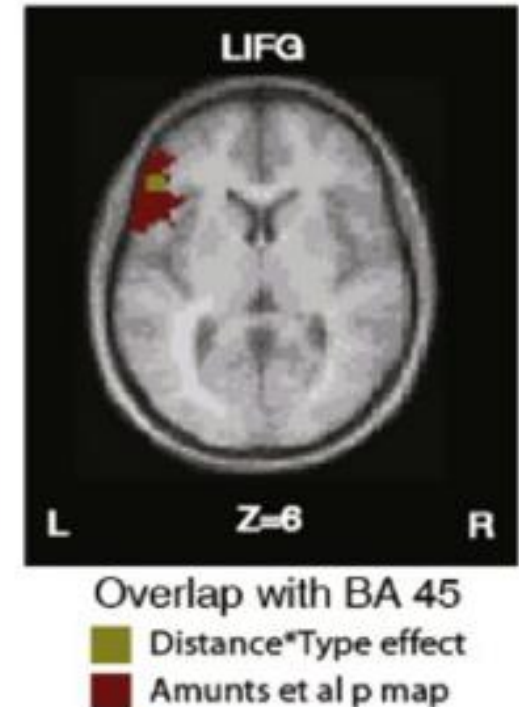
*Das ist die Frau **die der Hund den das Kind** das der Mann geschimpft
geschlagen gebissen hat.*

“The battle for Broca’s region”

(a) Heute hat der Opa **dem Jungen** *den Lutscher* geschenkt

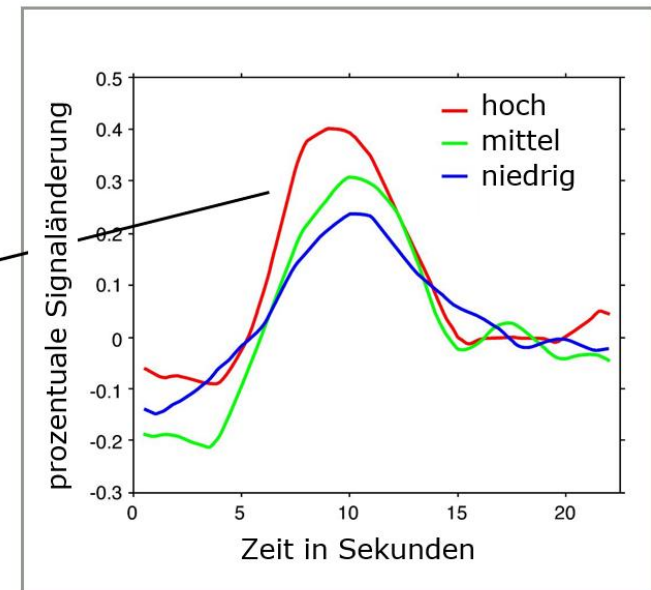
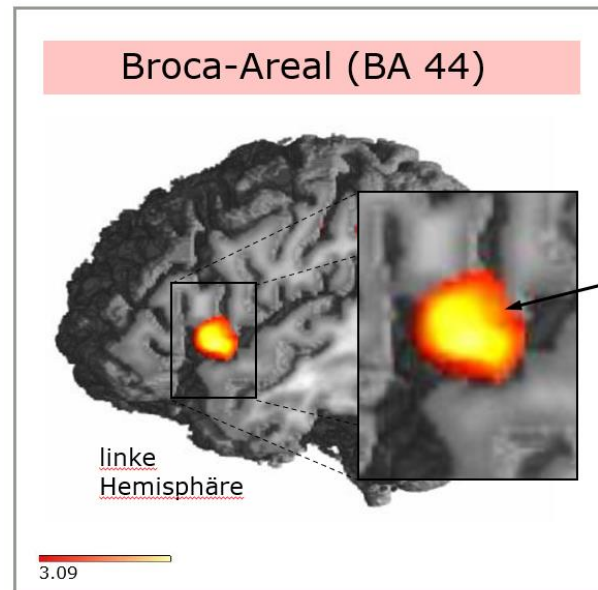
(b) Heute hat **dem Jungen** der Opa **den Lutscher** geschenkt
 2 1 3

(c) Heute hat **dem Jungen** *den Lutscher* der Opa geschenkt
 2 3 1



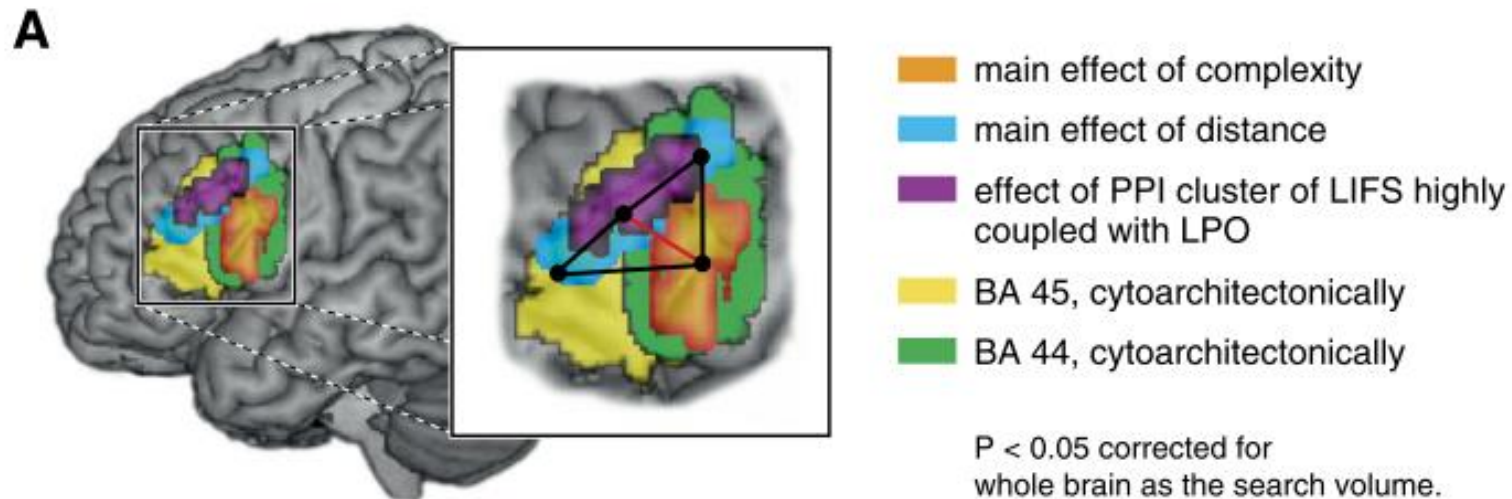
Grodzinsky & Santi (2006)

Verarbeitung
syntaktischer Komplexität

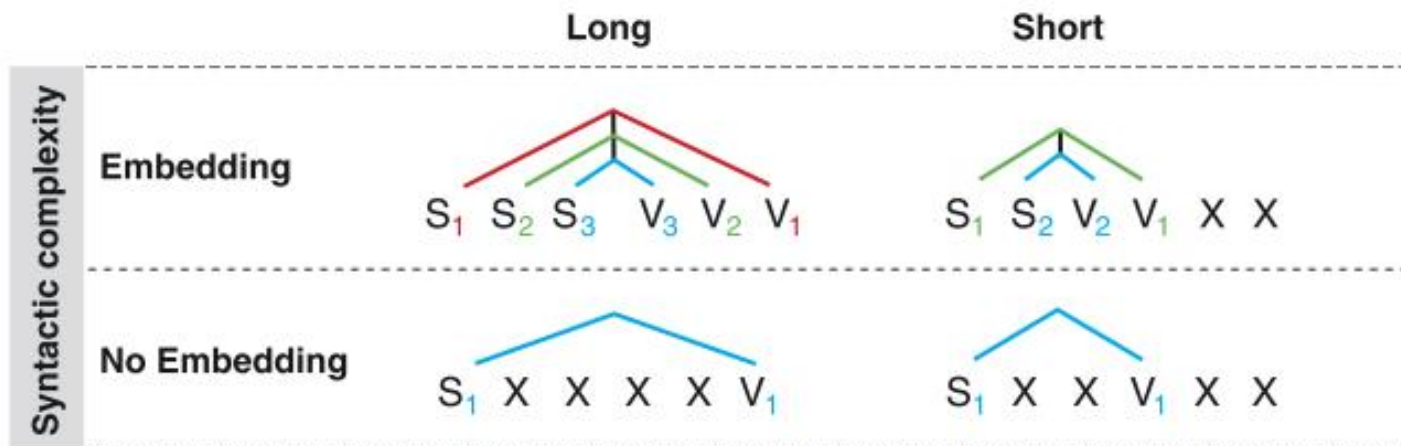


Friederici et al. (2006) Cereb Cort

Syntax oder mehr ? Die «Wahrheit» über die Broca-Area

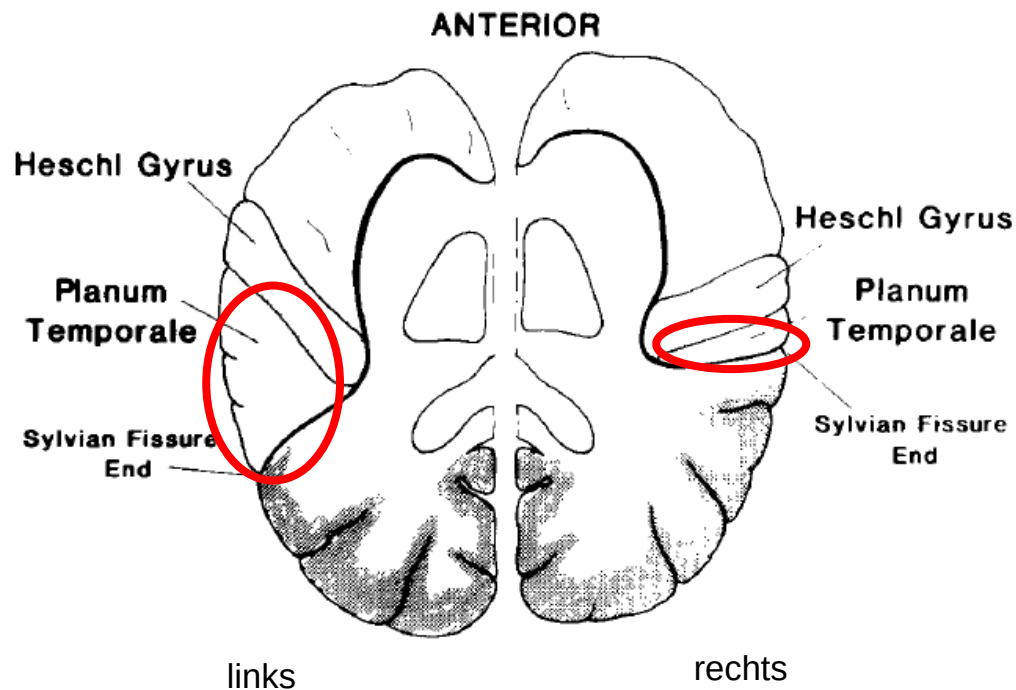


B Distance of dependency between subject (S) and verb (V)



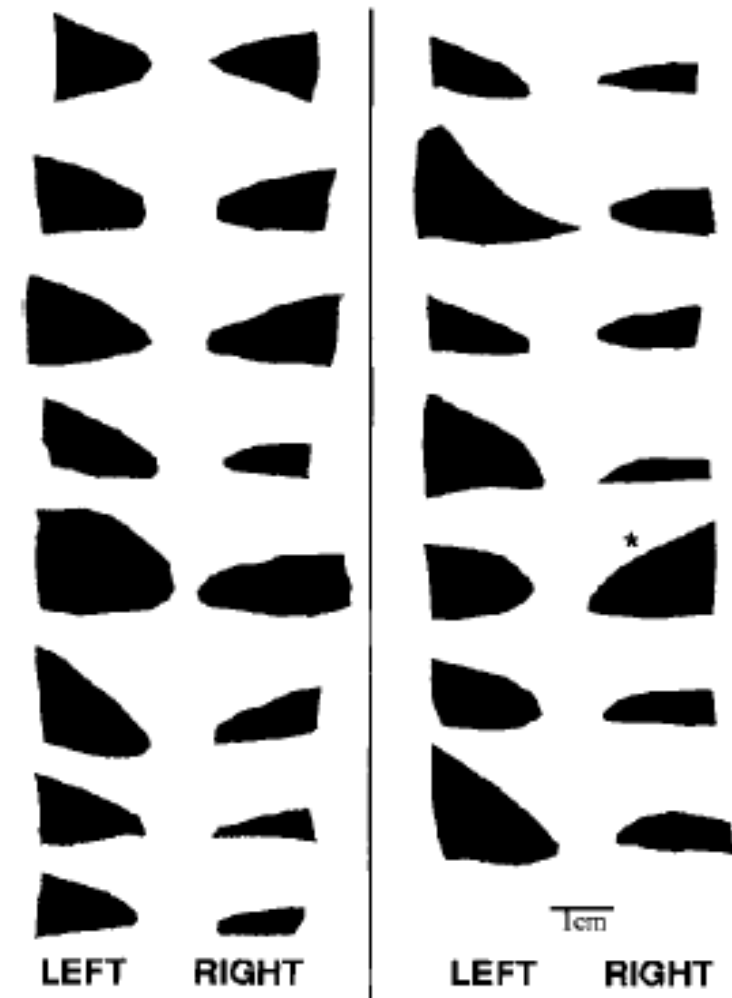
Hemisphärenasymmetrie und perzeptive Vokalisation

Planum temporale



Mensch

Galaburda et al. (1978), Arch Neurol

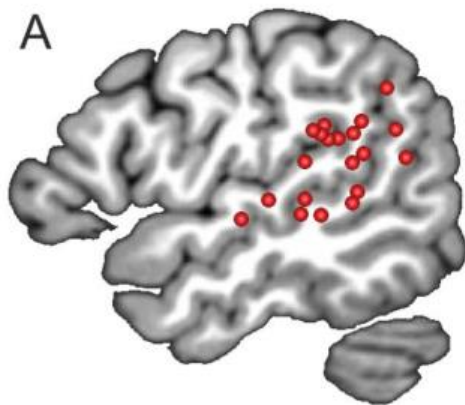


Menschenaffen

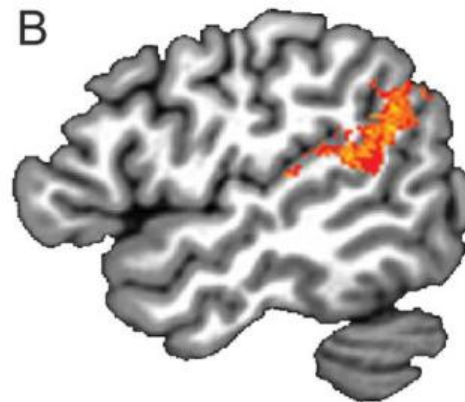
Gannon et al. (1998), Science

Verstehen oder weniger ? Die «Wahrheit» über die Wernicke-Area

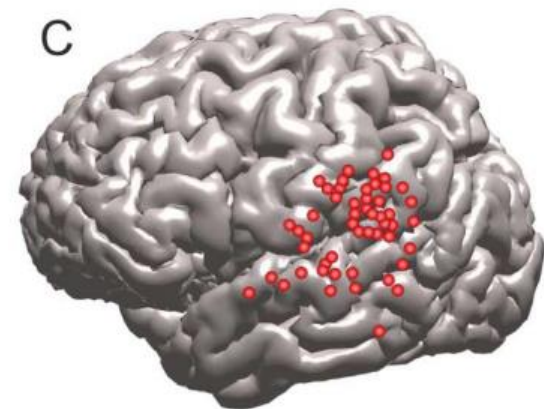
Metaanalyse



Läsionen

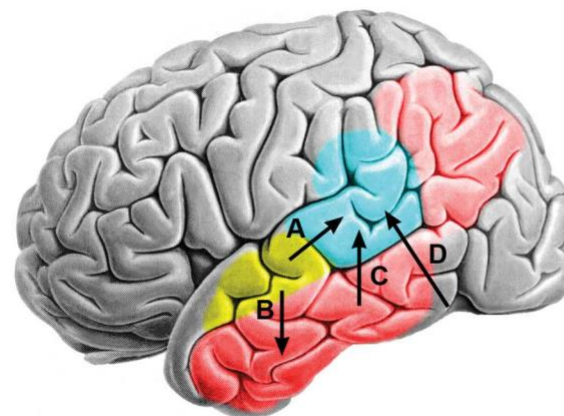


Stimulation



„Phonological Retrieval“ unabhängig von semantischer Verarbeitung, Sprach-Artikulation und auditorischer Wahrnehmung

Ein funktionales Modell der temporo-parietalen „Sprachregionen“



A. Speech repetition	
Phoneme perception	
Phonologic retrieval	
B. Speech comprehension	
Phoneme perception	
Word meaning	
C. Word retrieval	
Word meaning	
Phonologic retrieval	

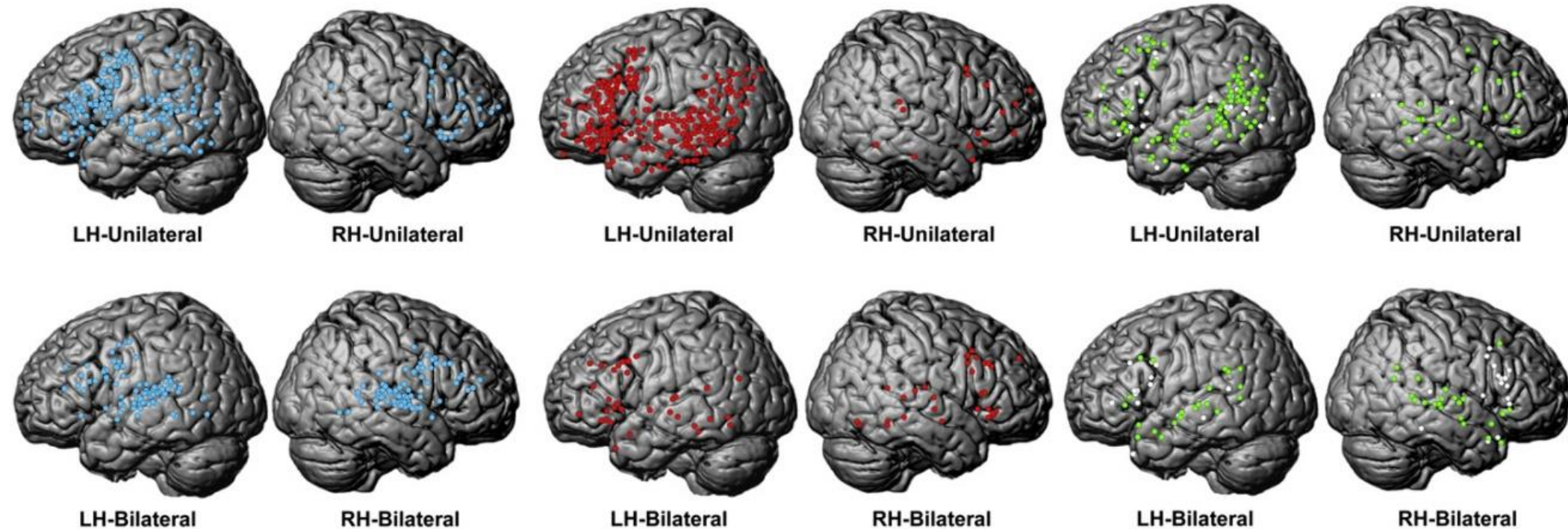
Meta-analysis across 128 studies

Total number of peaks: 946

Phonological processing (353)

Semantic processing (367)

Sentence/text processing (226)

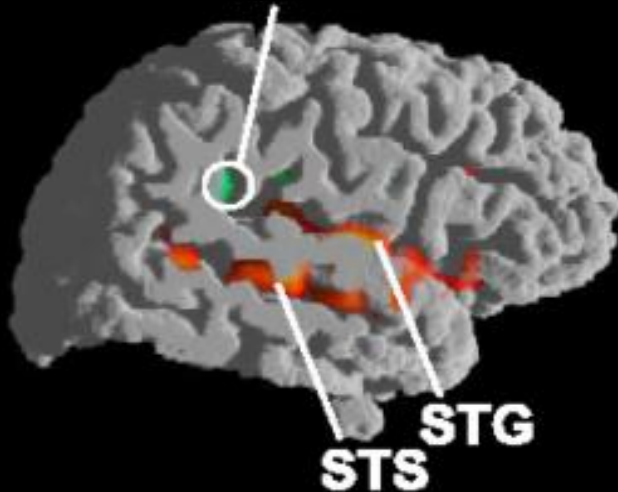


Suprasegmentale Spracherkennung: Prosodie und Rhythmus

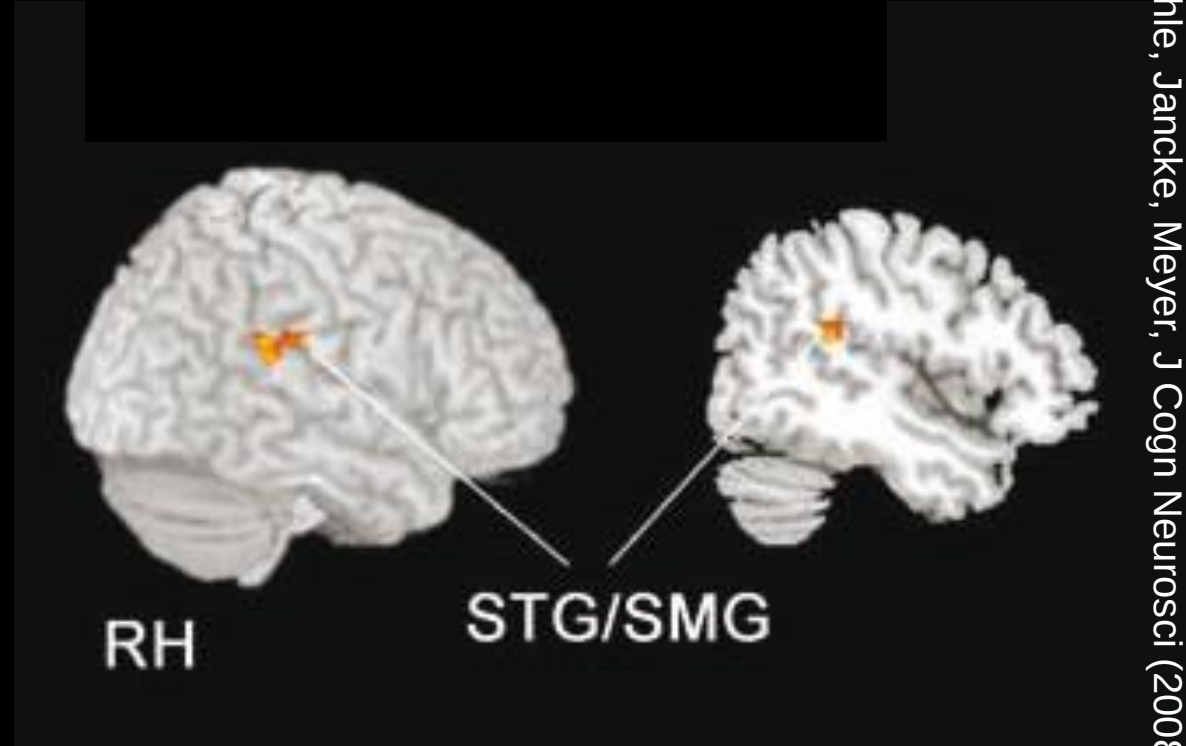
Satzmelodie vs. Monotone Intonation



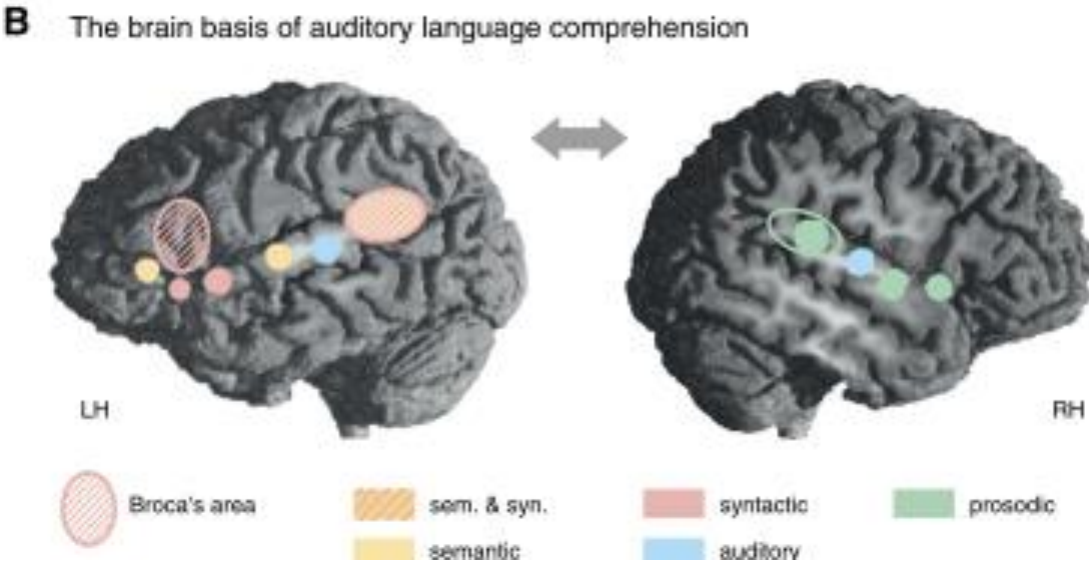
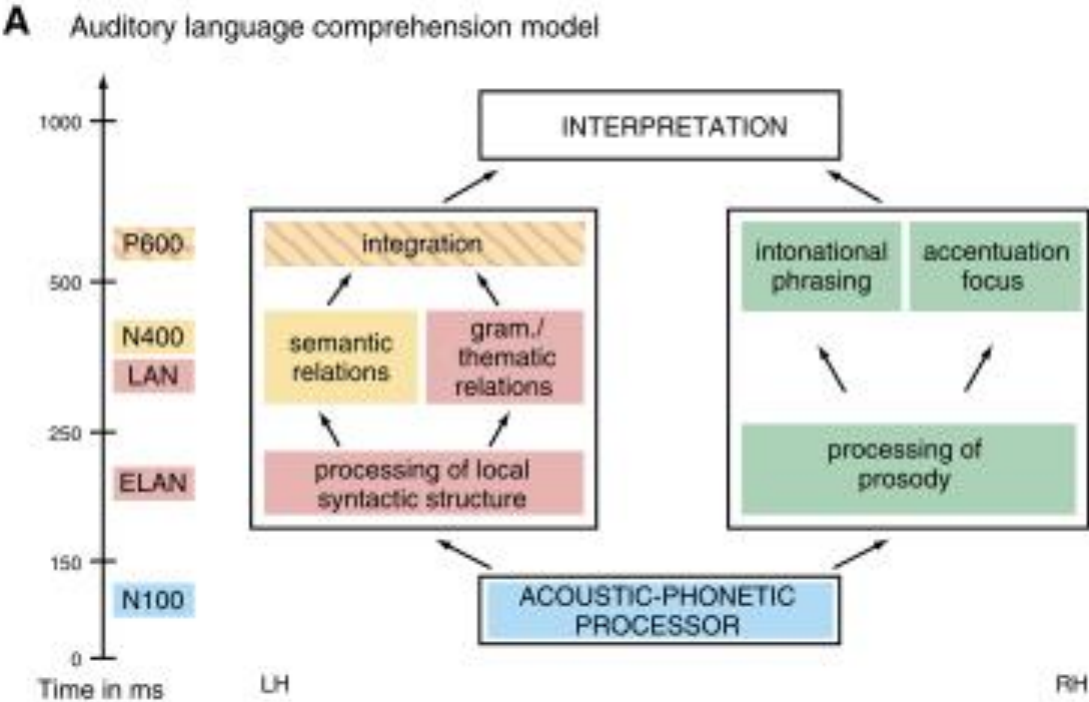
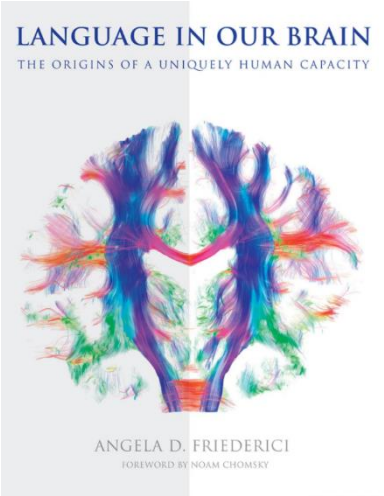
Planum temporale



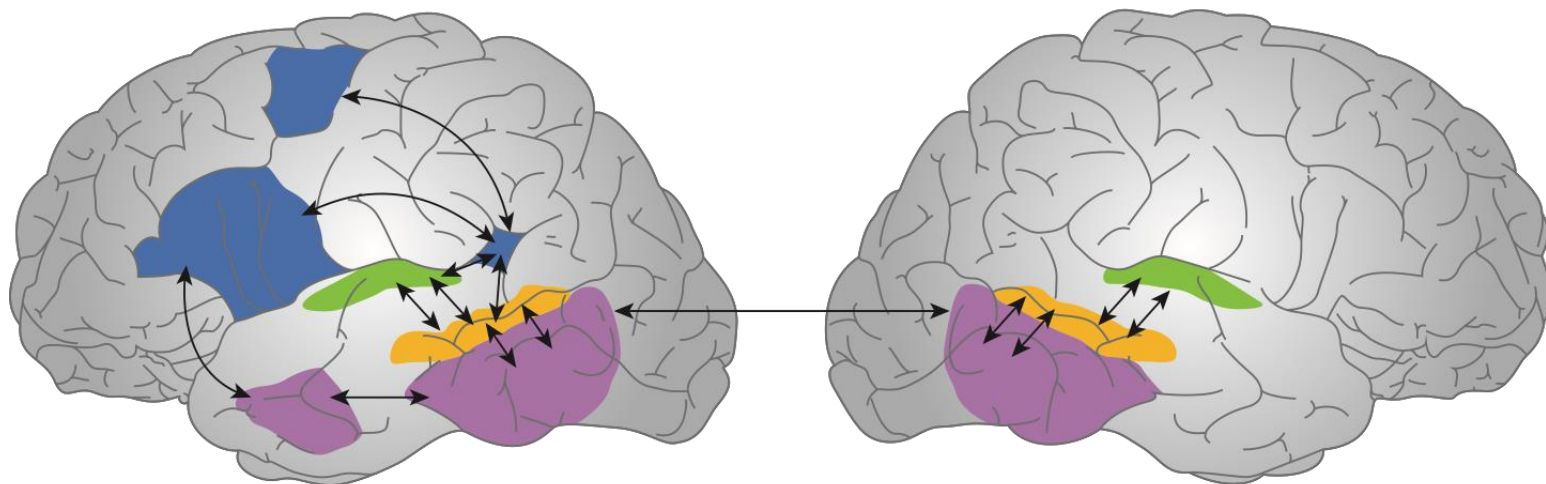
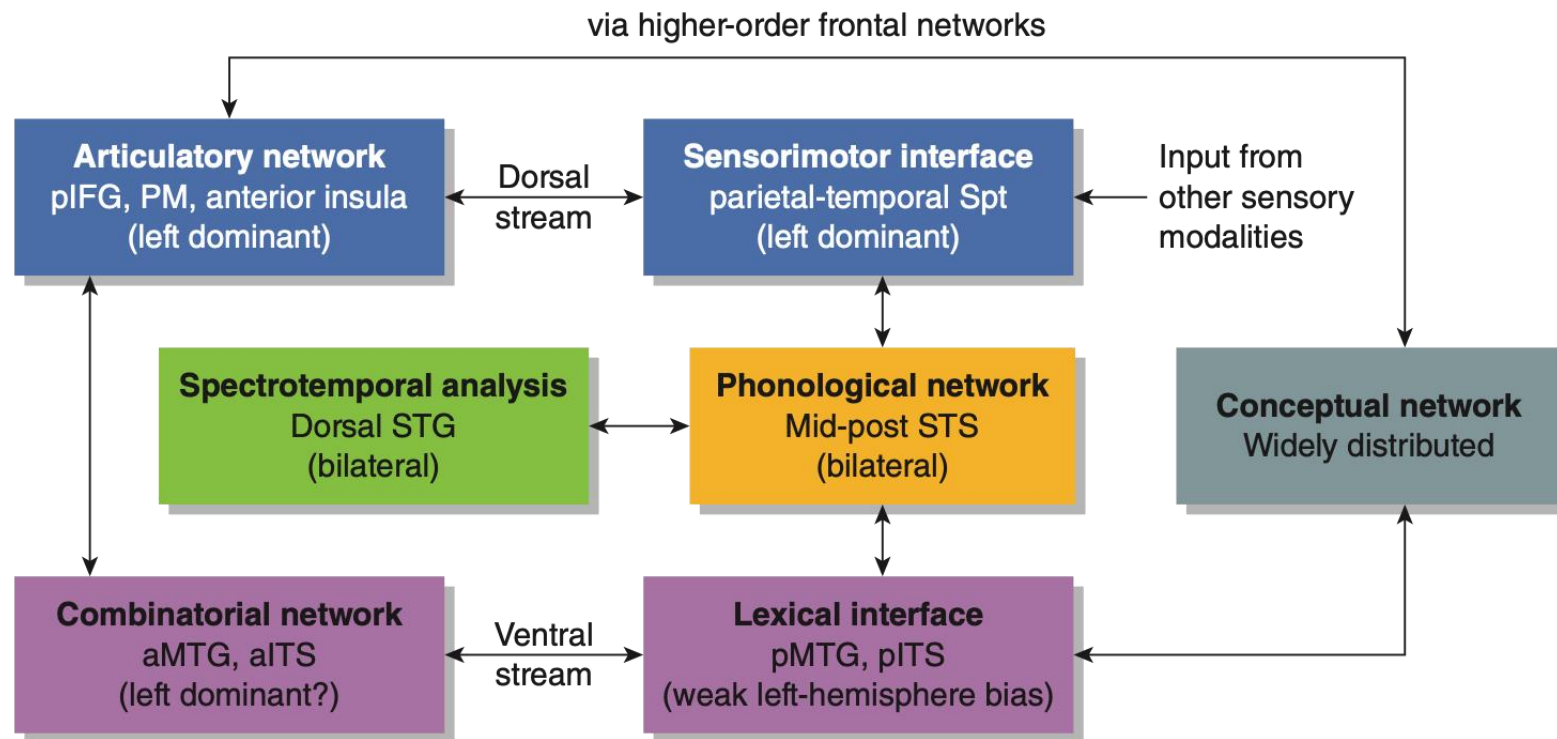
Metrische vs. Nichtmetrische Sätze



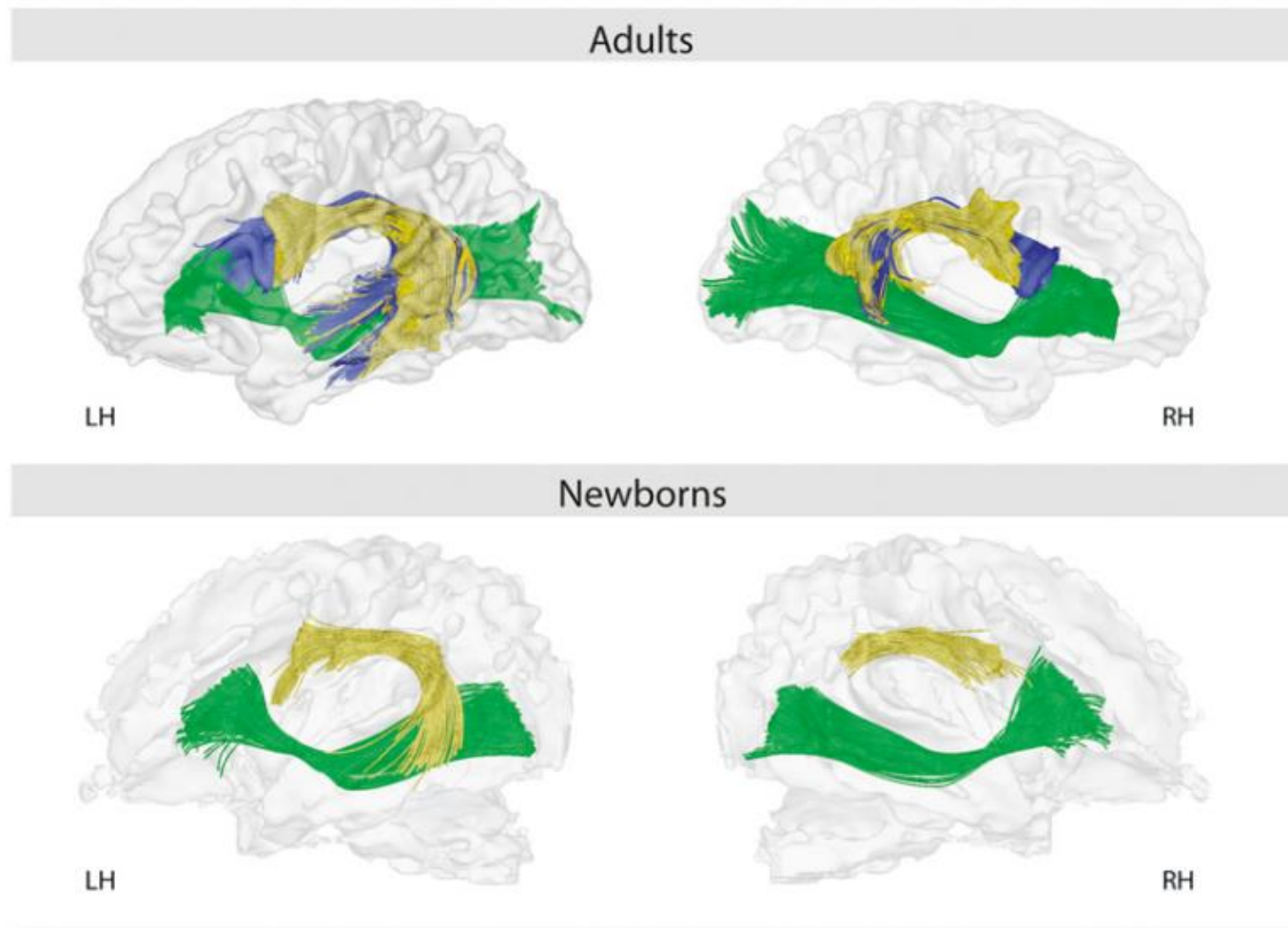
Rechtshemisphärische Lateralsierung für langsame akustische Modulation



(Ein) Dual Stream-Modell

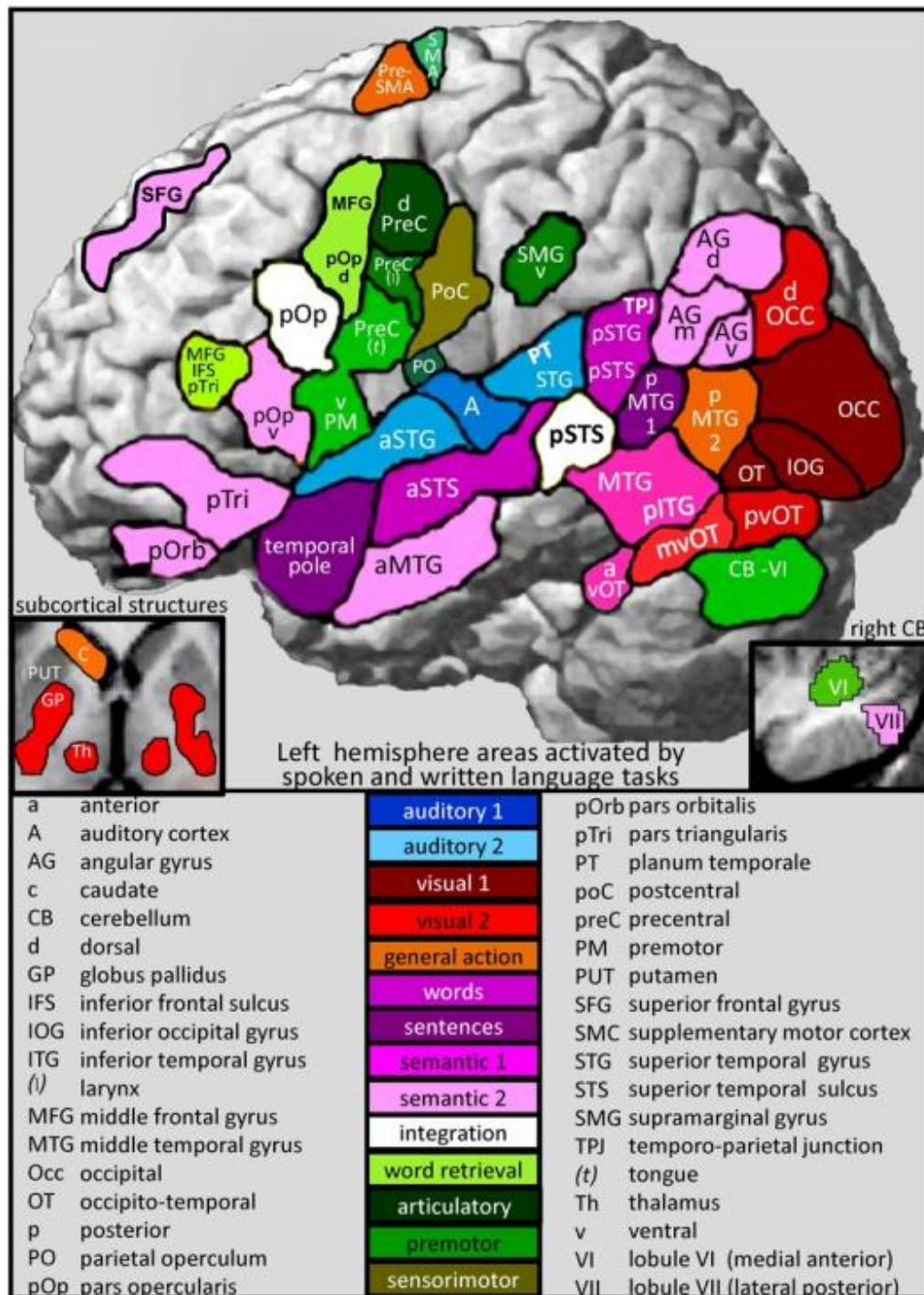


Strukturelle Konnektivität der Sprachnetzwerke



- Dorsal pathway: Part of the AF/SLF connecting to Broca's area
- Dorsal pathway: Part of the AF/SLF connecting to precentral gyrus premotor cortex
- Ventral pathway connecting the ventral portion of the inferior frontal gyrus to the temporal cortex via the extreme fiber capsule system

- Früher (1860 – 2000)
- Nicht ganz so viel früher (2000 – 2015)
- **Gestern, heute, morgen (2015 – ?)**

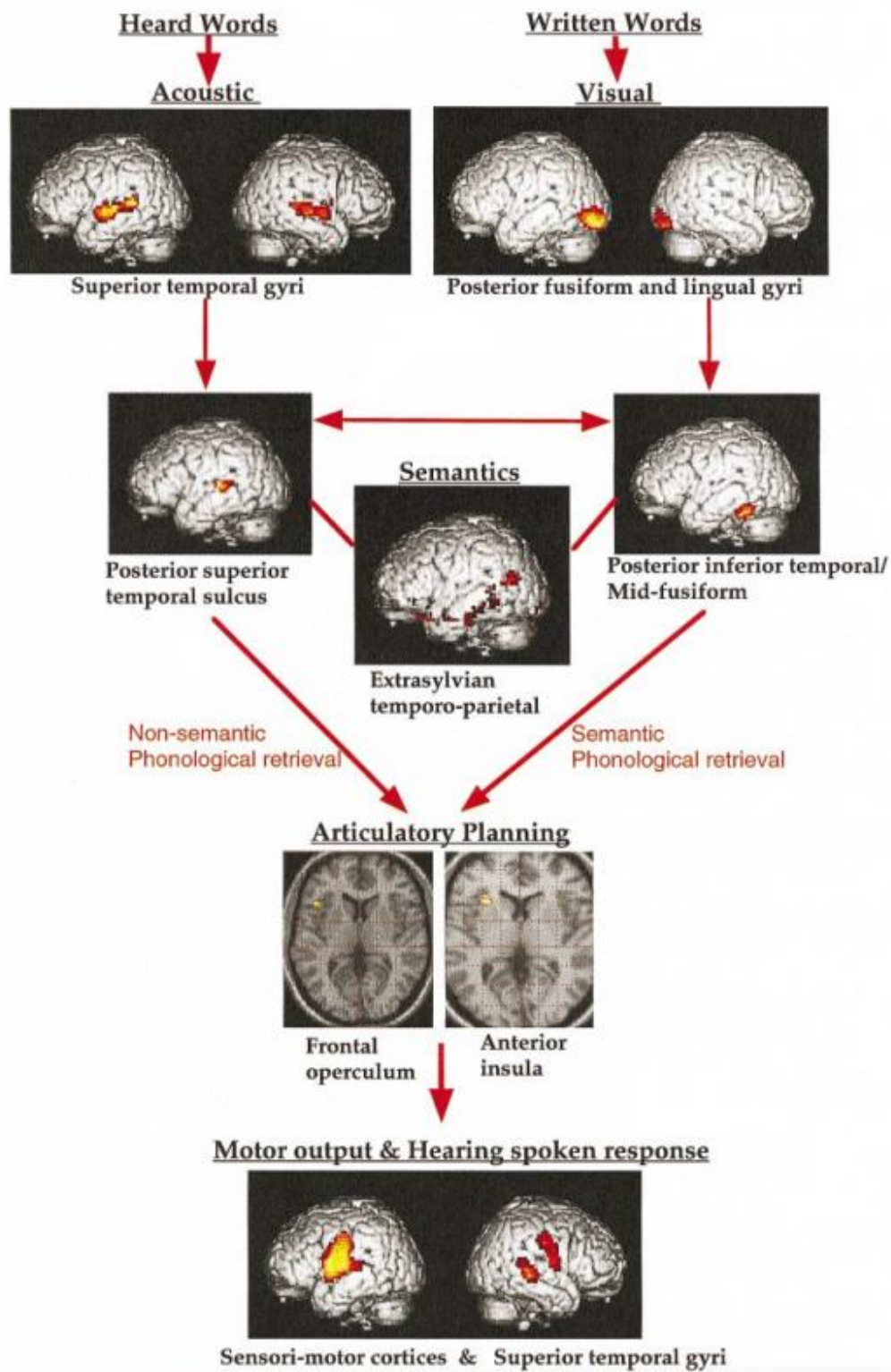


When it comes to understanding how to relate ... brain circuitry and cognitive faculties, we are in the dark”

Cedric Boeckx (2010)

We have very little to no idea as to how the stuff of thought relates to the stuff of brains, especially in the case of speech and language – and virtually all other cases

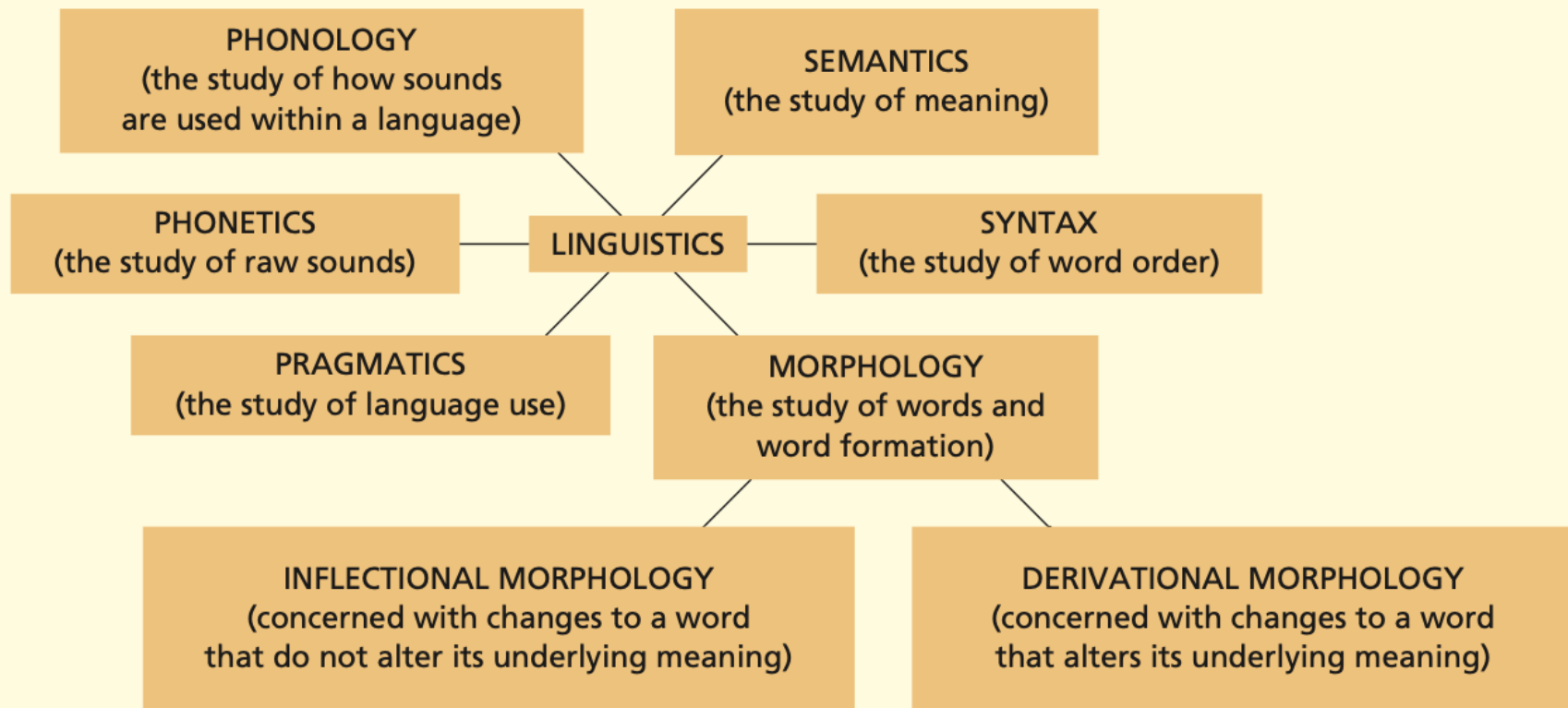
David Poeppel (2012)



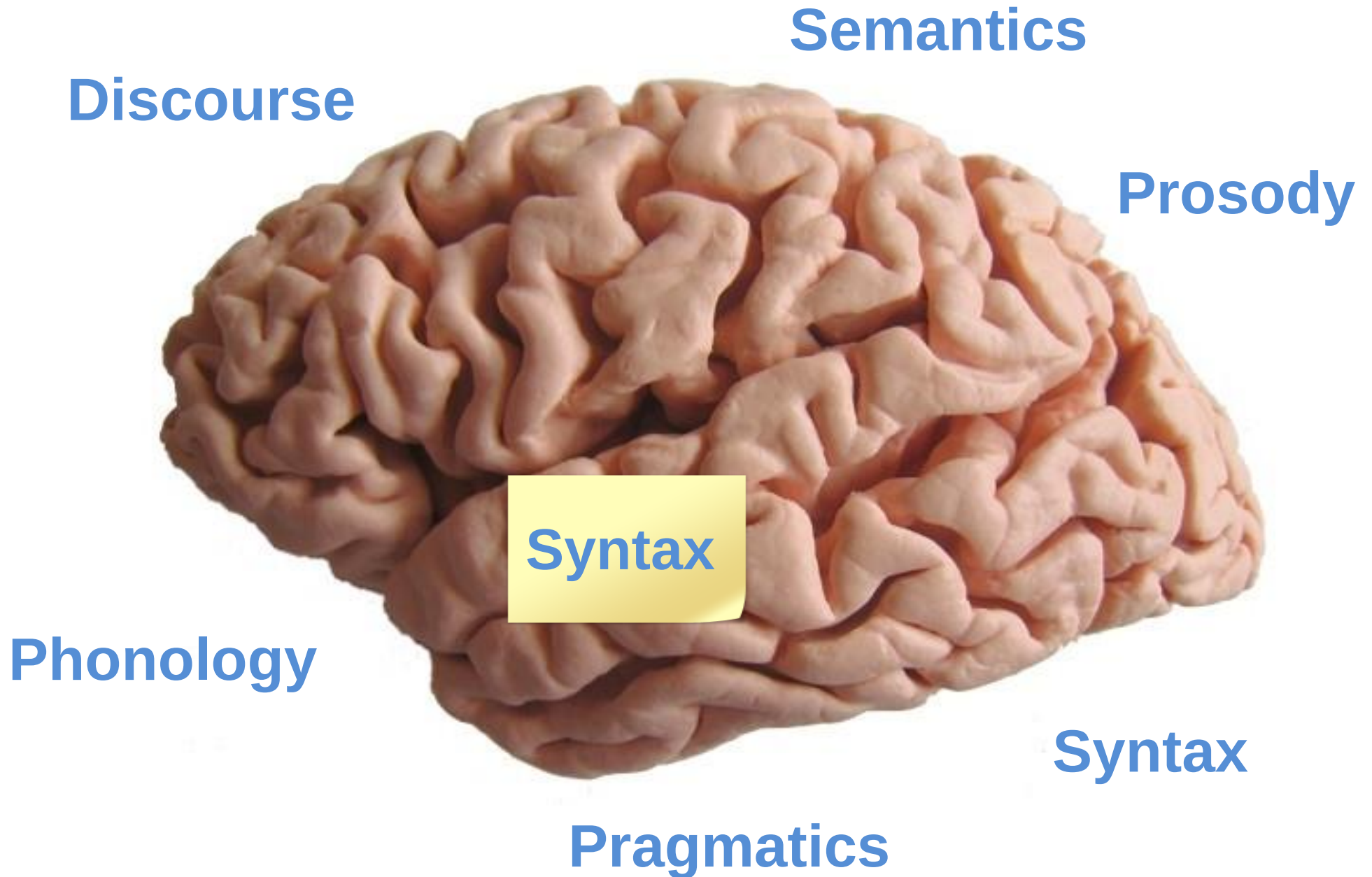
„When neuroimaging is the answer,

what is the question?“

Was ist Sprache ???

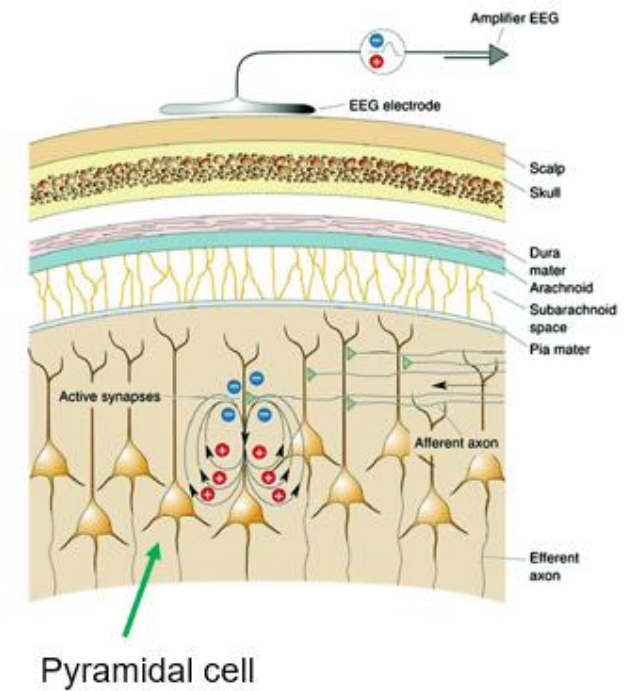
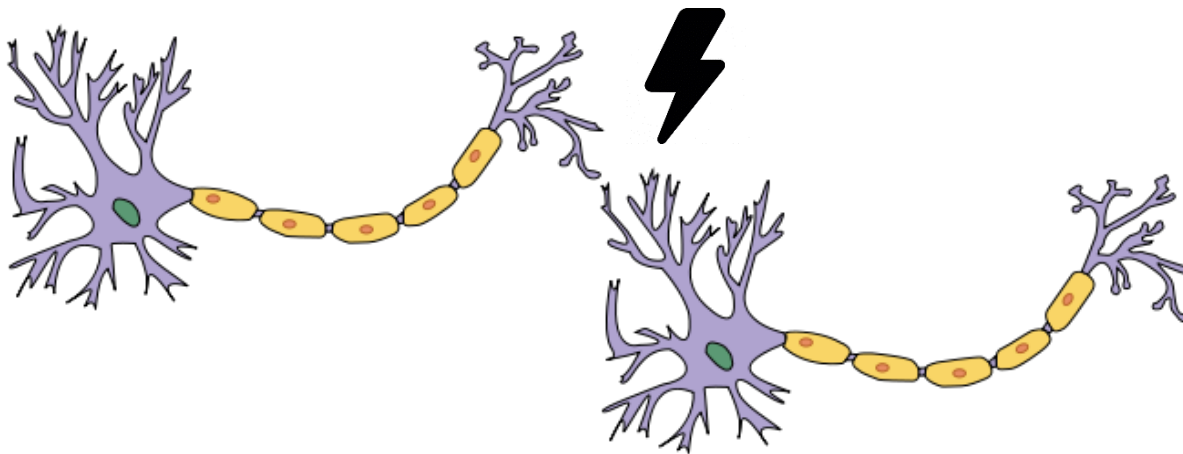
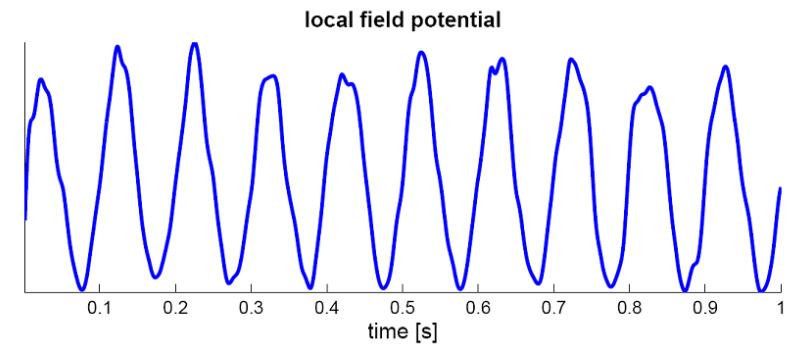


Die Sprache des Gehirns?

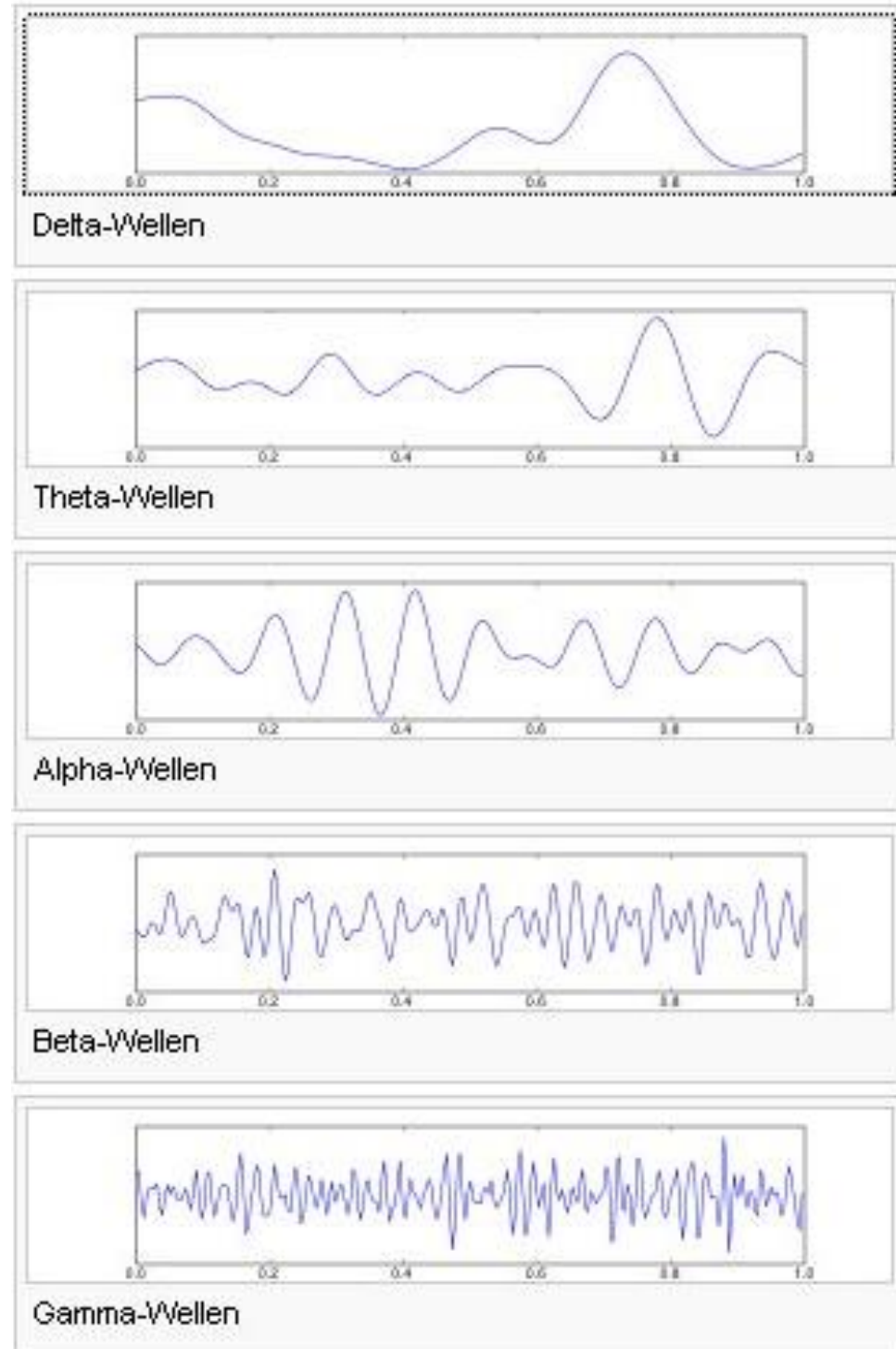


Die Sprache des Gehirns

Elektrische Übertragung von Information



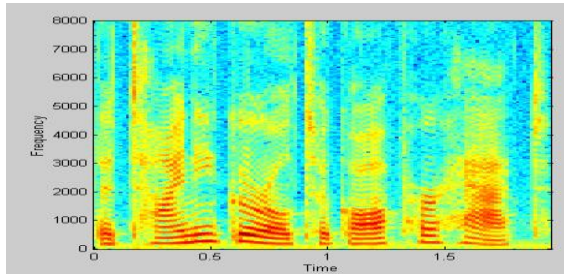
Oszillationen – Die „Dialekte“ des Gehirns



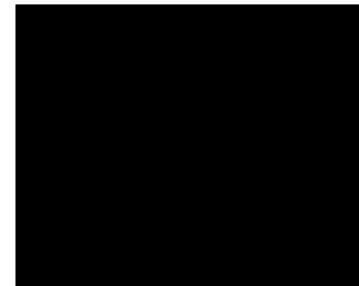
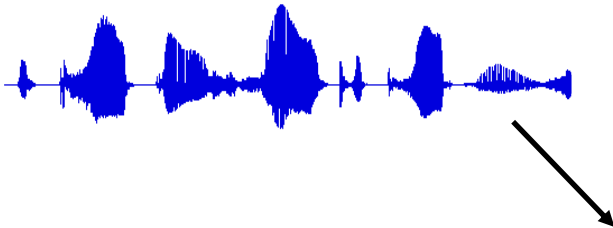
From vibrations of air to a linguistic representation in the brain

Sounds

Speech



Continuously varying sounds made up of spectrotemporal patterns of differential complexity ...

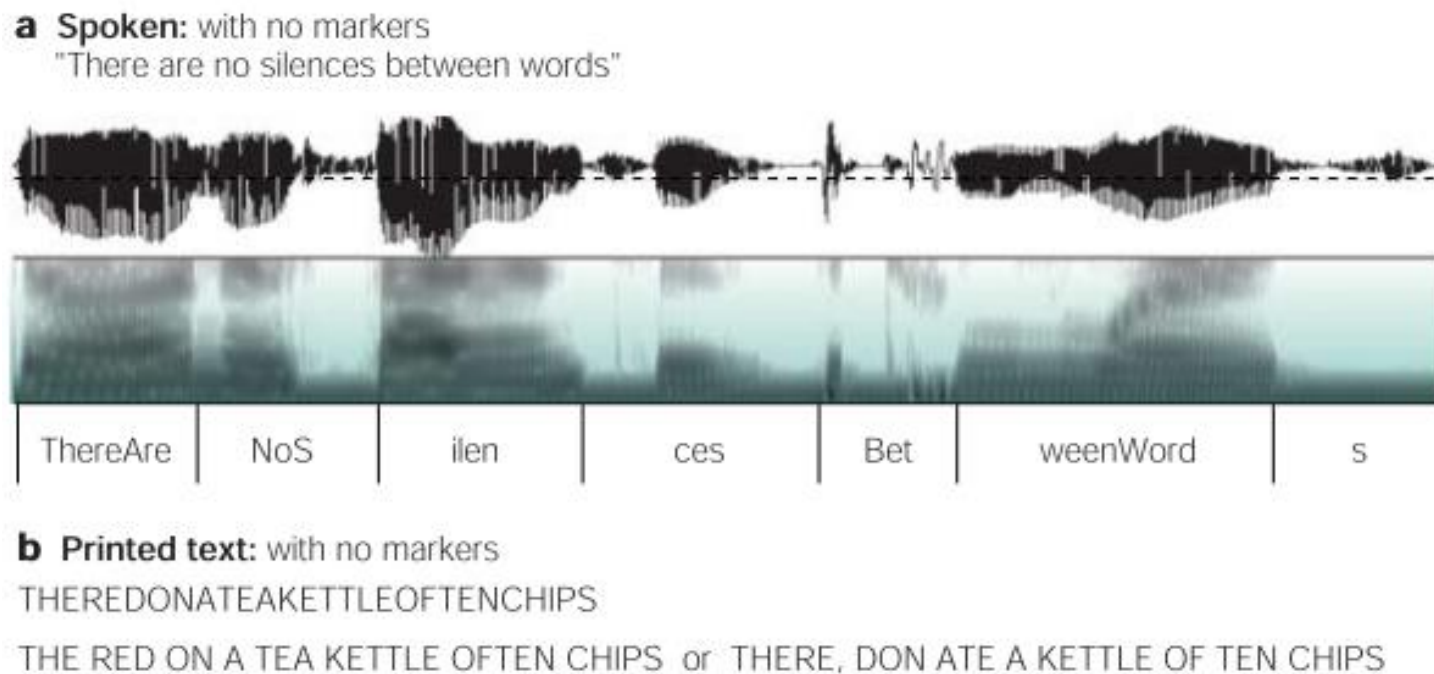


... Have to be recognized as "speech" and transferred to higher language regions ...



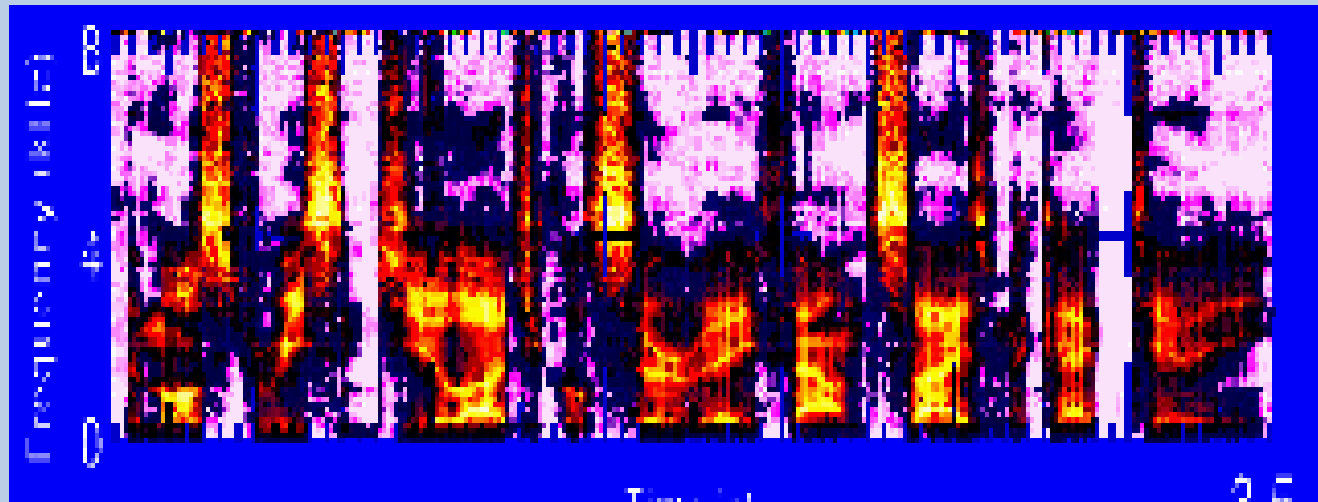
so that we are able to construe a spoken utterance.

da es keine Grenzen zwischen gesprochenen Wörtern gibt, ist es umso erstaunlicher, dass das Gehirn in der Lage ist, einzelne Wörter aus dem Lautstrom der gesprochenen Wörter zu extrahieren und sie als separate Lauteinheiten zu erkennen. Somit gibt es auf der akustischen Ebene eigentlich keine Entsprechung zur linguistischen Ebene der Beschreibung von gesprochenen Wörtern. Sprachdiagnostisch ist das, was wir in diesem Zustand nicht bewusst sind, lässt die Fähigkeit des Gehirns umso erstaunlicher erscheinen.



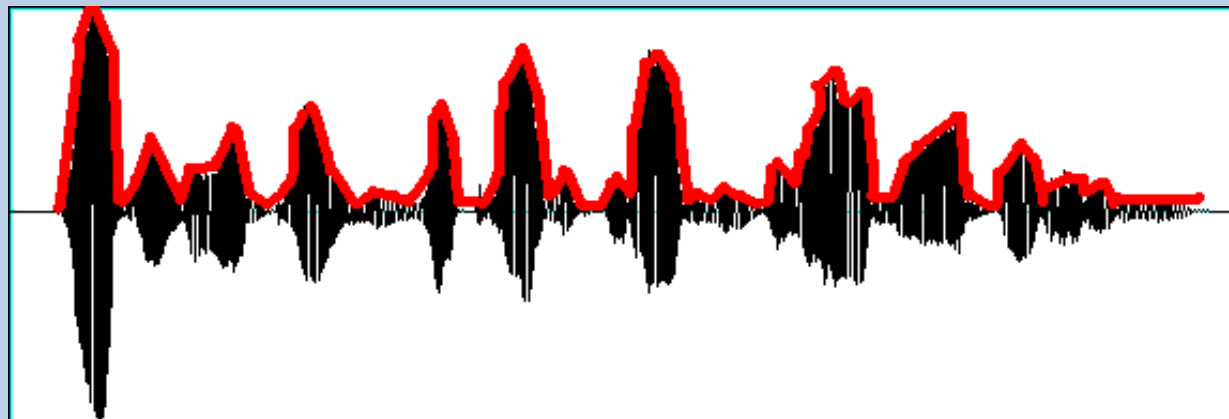
Akustische und artikulatorische phonetische Phänomene treten auf unterschiedlichen Zeitskalen auf (Rosen 1992)

Phenomena at the scale of short-duration acoustic-phonetic cues
“short stuff” -- order of magnitude **20-50ms**



*short-
scale
changes*

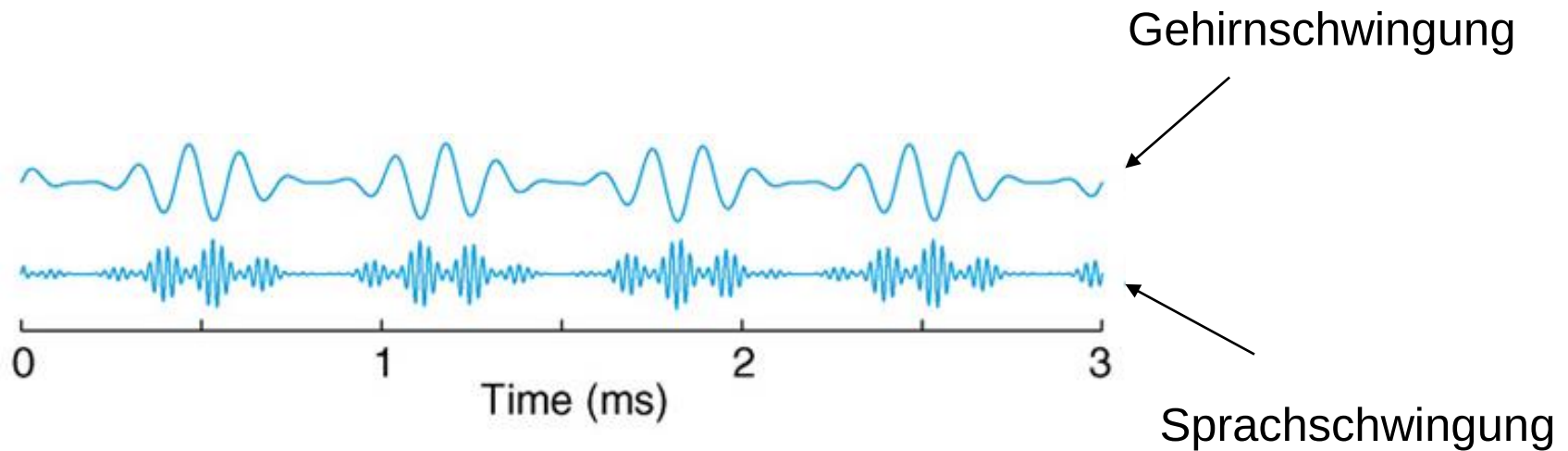
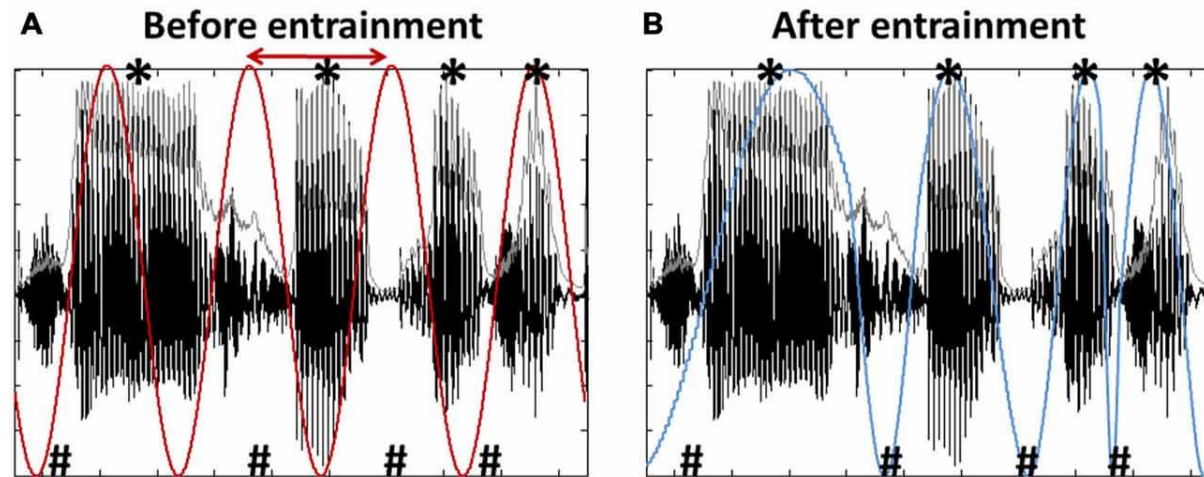
Phenomena at the scale of syllables (tonality and prosody)
“long stuff” -- order of magnitude **150-300ms**



envelope

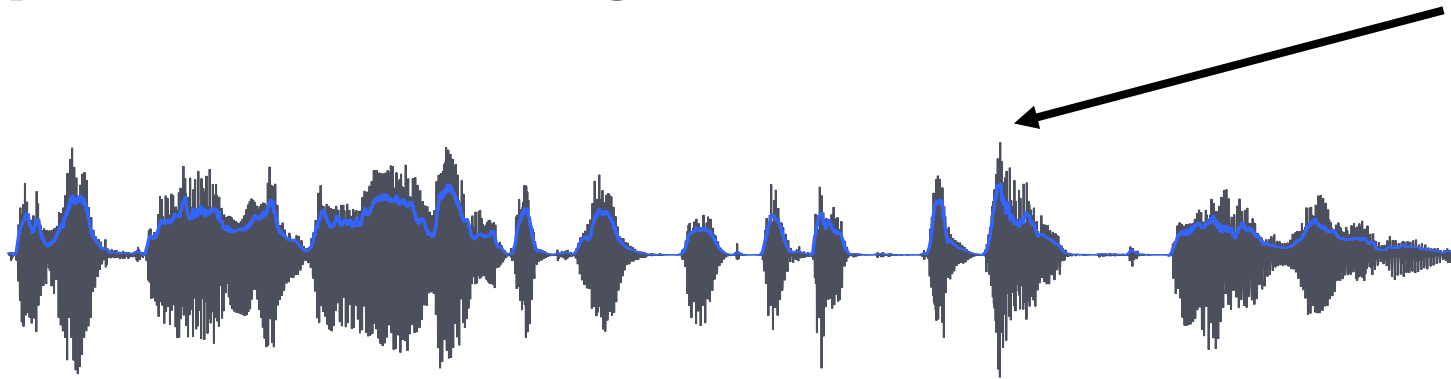
Neuronales «Speech Tracking»

Schwingungen des Gehirns passen sich langsamen Schwingungen in der Sprache an.



Speech Tracking

Was kann das bedeuten?



- Das Sprachsignal ist kontinuierlich und variabel, enthält aber diskrete sprachliche Einheiten wie Phoneme, Silben, Phrasen/Sätze ...

Cortical Speech Tracking:

Beschreibt die Fähigkeit des Gehirns, seine rhythmische Aktivität (Oszillationen) mit dem Rhythmus von Klängen (einschließlich Sprache) zu synchronisieren

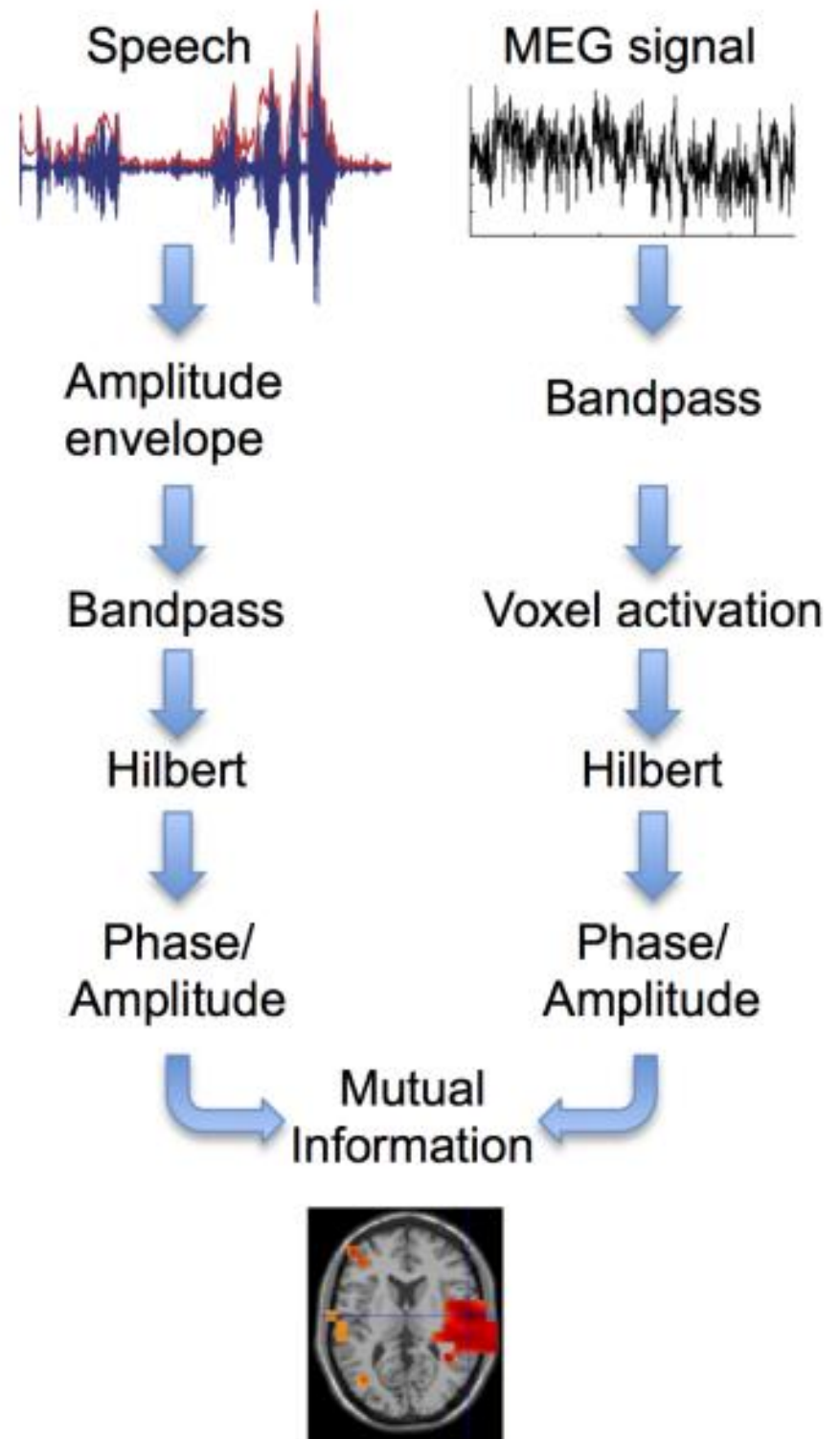
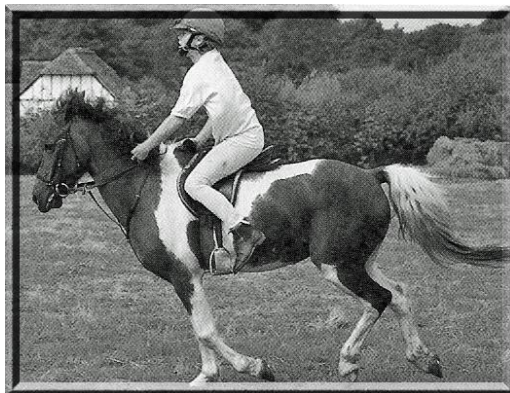
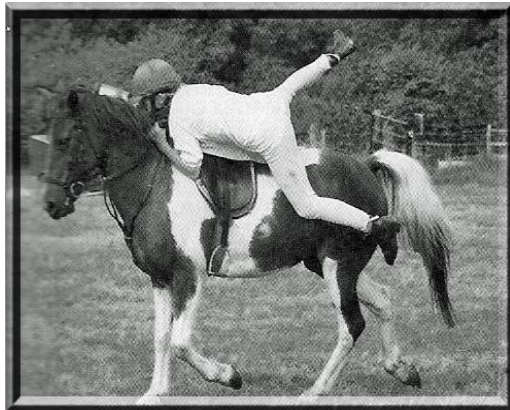
Speech Tracking



Schwache
Synchronisation

Hohe
Synchronisation

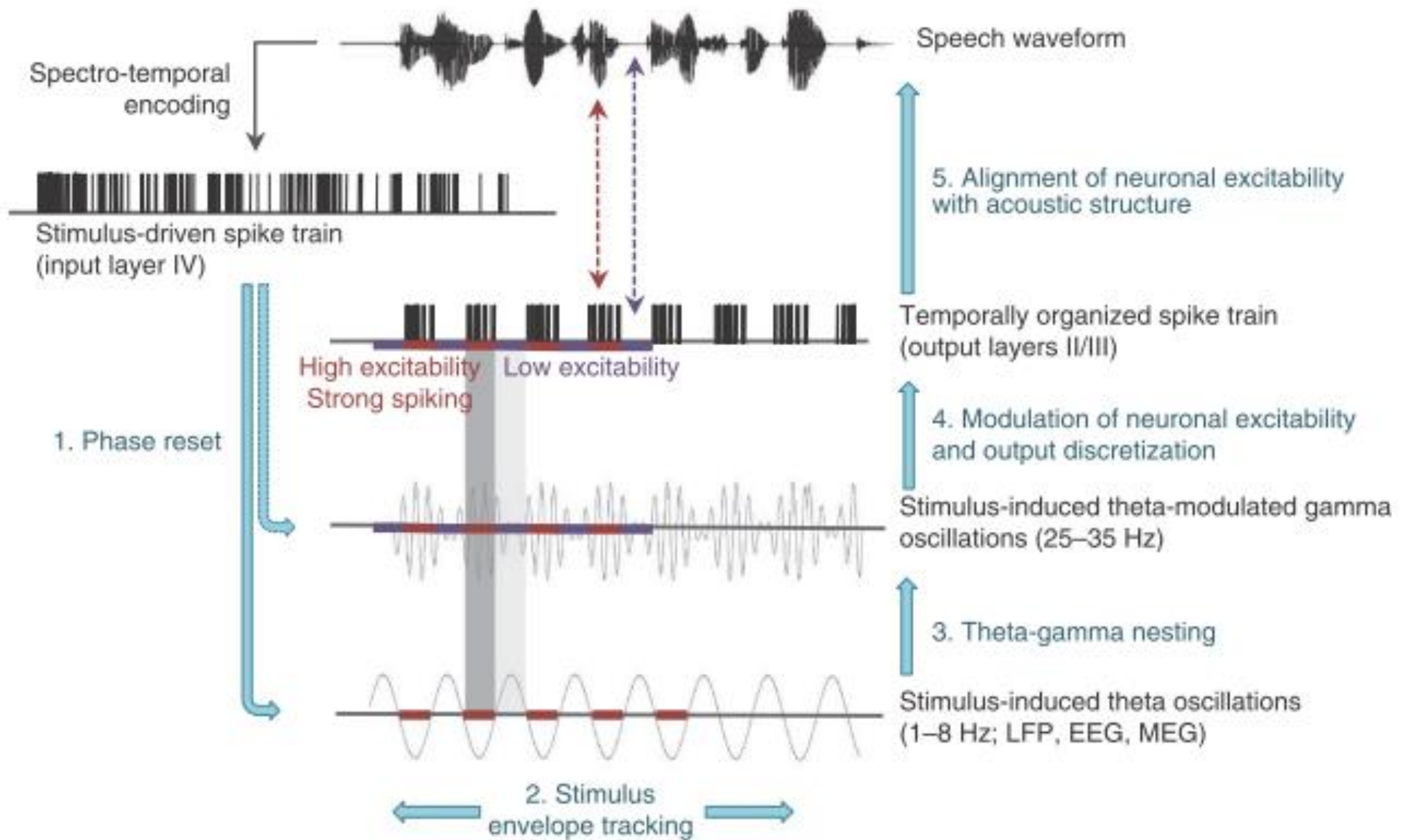
Sprache und Gehirn im Dialog



Speech Tracking

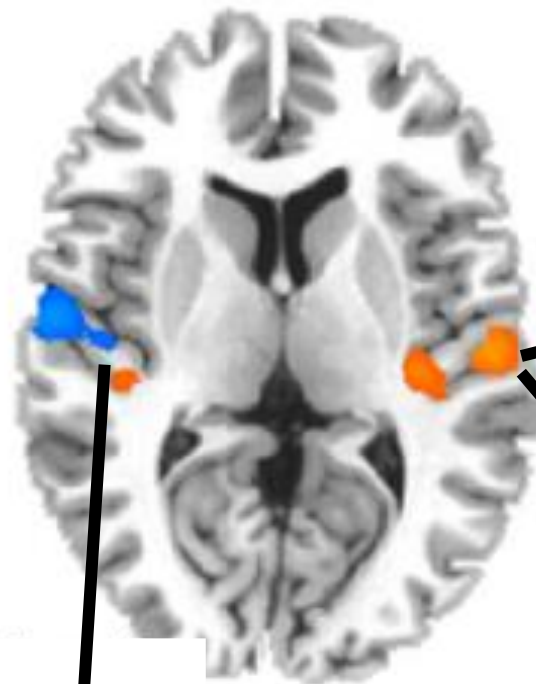
- **Cortical Speech Tracking:**
 - Zeitliche Übereinstimmung zwischen der Fluktuationsgeschwindigkeit der Oszillationen und der Geschwindigkeit, mit der sprachliche Einheiten im Sprachsignal auftreten
 - Delta oscillations (1-4 Hz) -- > phrases (Sätze)
 - Theta oscillations (4-8 Hz) -- > syllables (Silben)
 - Gamma oscillations (30-50 Hz) -- > phonemes (Phoneme)
 - Auf diese Weise erstellt das Gehirn phonem-/silben-/satzgroße Einheiten, die es an Hirnregionen weitergeben kann, die an weiteren Operationen wie der syntaktischen Verarbeitung beteiligt sind

„Nesting“ von gamma- & theta Band

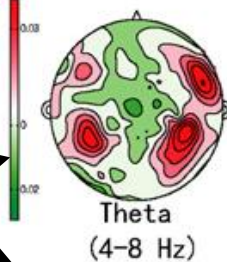


Endogene und evozierte Oszillationen während auditorischer Satzverarbeitung

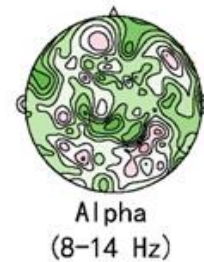
A. Topography (12 subjects)



C



Theta
(4-8 Hz)



Alpha
(8-14 Hz)



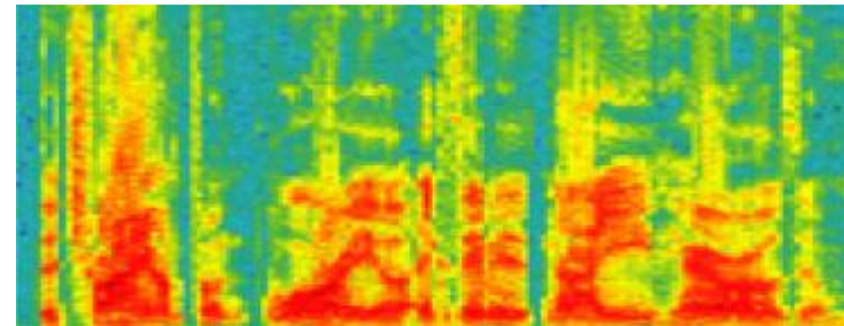
Beta1
(14-20 Hz)



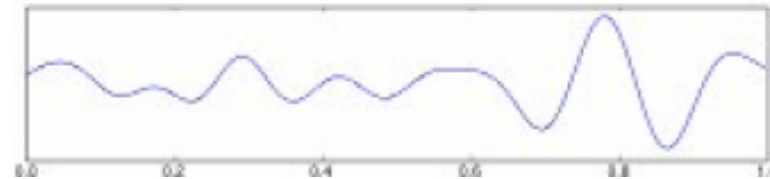
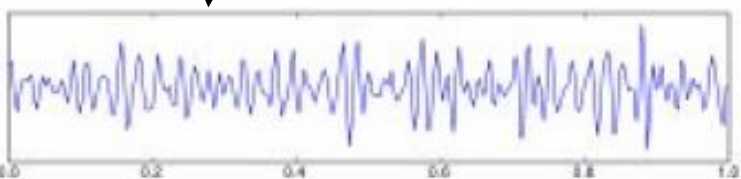
Beta2
(20-30 Hz)



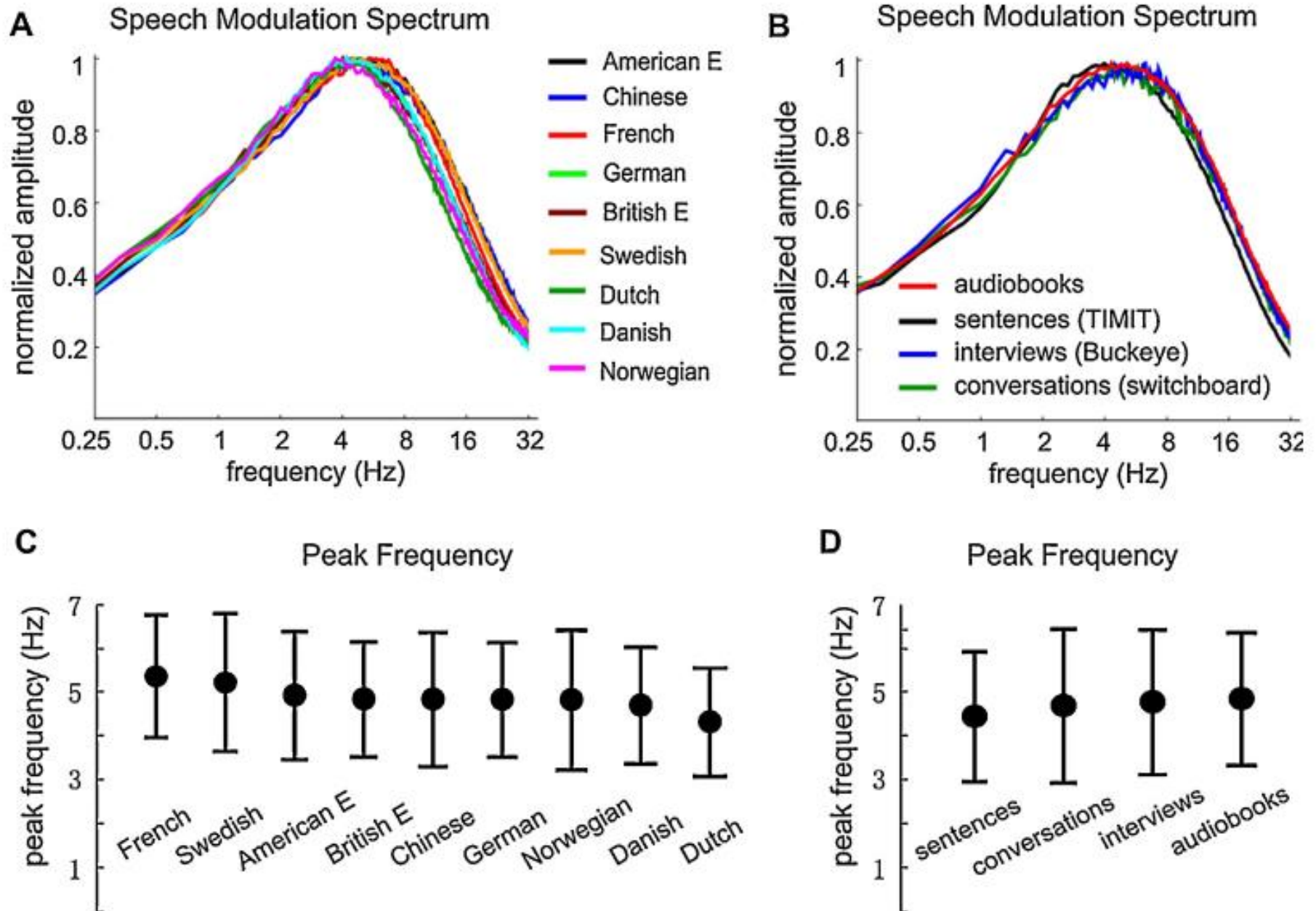
Gamma
(30-50 Hz)



Langsame EEG-Frequenzen
korrespondieren mit suprasegmentaler
Sprachverarbeitung



Zeitliche Modulationen in Sprachen

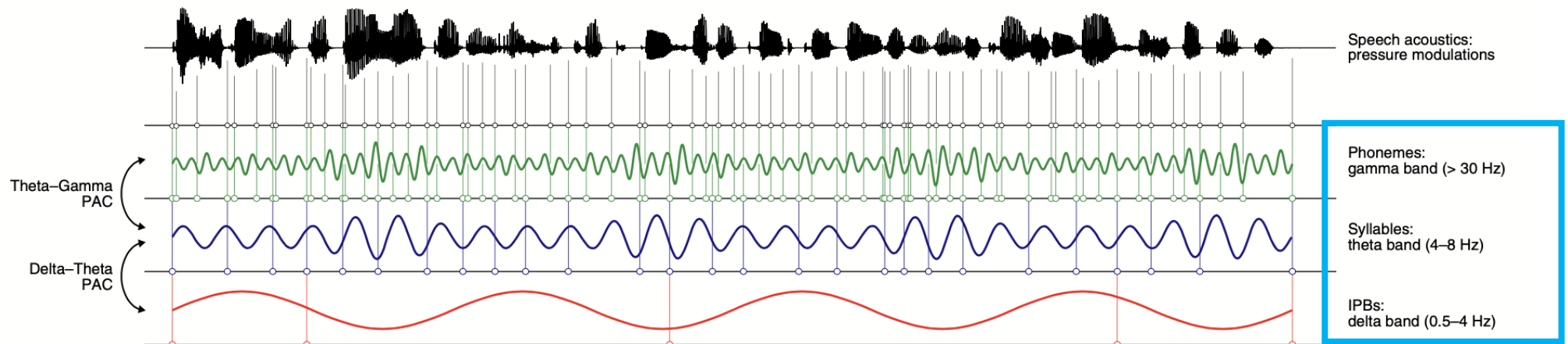


Speech Tracking

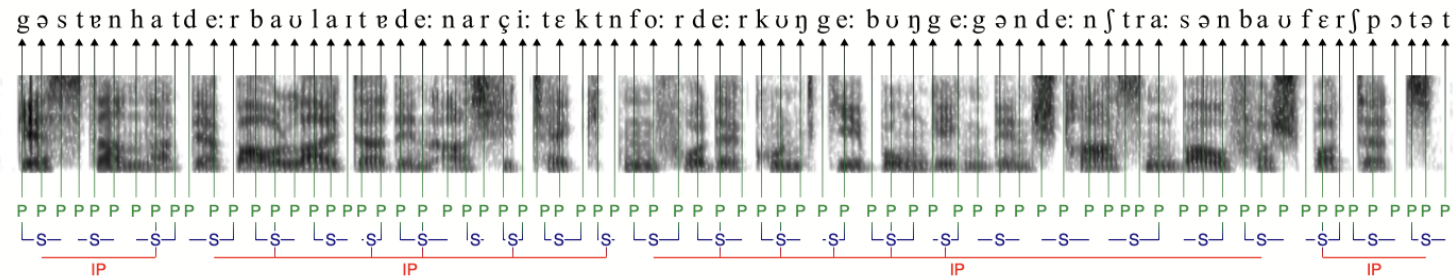
A

Gestern hat der Bauleiter den Architekten vor der Kundgebung gegen den Straßenbau verspottet.

Yesterday, before the demonstration against the roadworks, the construction manager made fun of the architect.



B

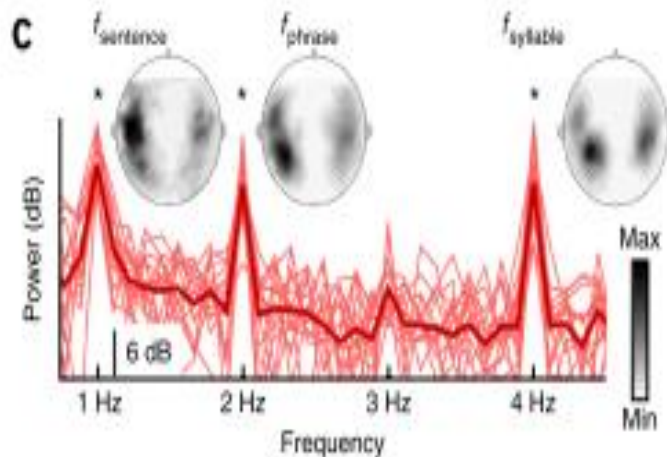
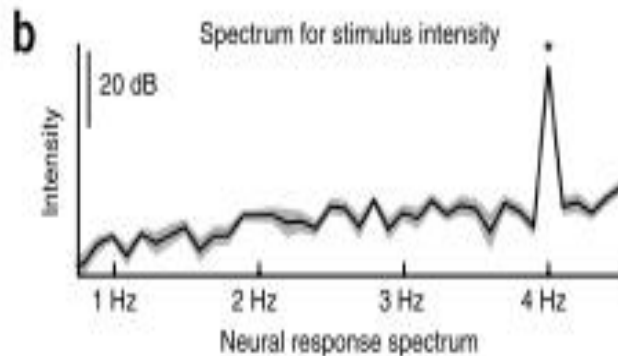
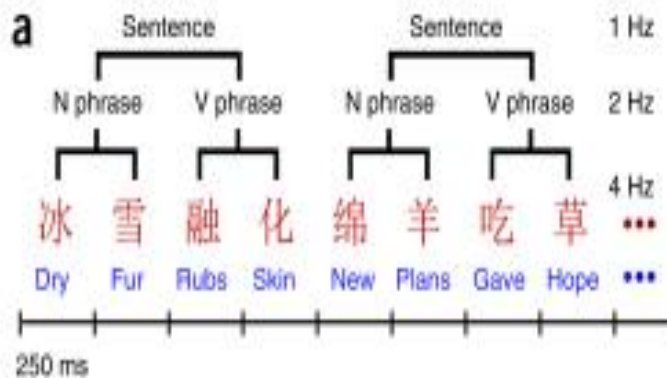


Phonological
identification

Readout of
spectral detail

Hierarchical temporal
segmentation (from A)

Kortikales «Tracking» hierarchischer linguistischer Strukturen



Chinesische Muttersprachler hörten Sätze, die aus 2 Phrasen bestanden (die wiederum aus einsilbigen Wörtern zusammengesetzt waren)

Jedes Element tritt mit einer stabilen Häufigkeit auf: 250ms/4 Hz, 500ms/2 Hz, 1000ms/1 Hz

Powerspektren zeigen, dass das Gehirn sowohl akustische als auch abstrakte sprachliche Strukturen auf verschiedenen hierarchischen Ebenen verfolgt

Acoustic landmarks drive de-
comprehension by facilitatin

Keith B. Doelling^a, Luc H. Arnal^a, O

^a Department of Psychology, New York University, USA
^b NYUAD Institute, New York University Abu Dhabi, P.O. Box
^c Department of Biomedical Engineering, Boston University, U

Corinna E. Bonhage^{a,b,*}, Lars Meyer^a, Tl

^a Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences
^b Max Planck Institute for Empirical Aesthetics, Neuroscience D
^c Institute of Psychology, Osnabrueck University, Osnabrueck, C

Oscillatory EEG dynamics underlying automatic chunking during sentence
processing

Perceptually relevant speech tracking in
auditory and motor cortex reflects distinct
linguistic features



Oscillations for all へ(ツ)へ? A commentary on Meyer, Sun & Martin (2020) Joachim Gross^{1,2}, Christoph Kayser^{1,3}

Anne-Lise Giraud

Department of fundamental neurosciences, University of Geneva, Geneva, Switzerland

science and Psychology, University of Glasgow, Glasgow, United Kingdom, 2 Institute for
Biosignalanalysis, University of Münster, Münster, Germany, 3 Cognitive Neuroscience,
/, Bielefeld, Germany

The ne
language
mecha

Con
entr

EEG oscillat
speech sou

Brain Oscillations during Spoken Sentence Processing

Marcela Peña^{1,2} and Lucia Melloni^{2,3}

Benedikt Zoefel^{*}, Rufin VanRullen

Université Paul Sabatier, Toulouse, France
Centre de Recherche Cerveau et Cognition (CerCo), CNRS, UMR5549, Pavillon Baudot CHU Purpan, BP 25202, 31052 Toulouse Cedex, France

Linking speech percep
decoding guided by cascaded oscillators locked to the input
rhythm

and endogenous cortical rhythms of

Oded Ghitza^{1,2*}

¹ Hearing Research Center, Boston University, Boston, MA, USA
² Center for Biodynamics, Boston University, Boston, MA, USA

neuroscience, Max Planck Institute for Empirical Aesthetics, Frankfurt am Main, Germany; ⁵Psychology of Language Department, Max Planck
Institu
Psych

Spontaneous synchronization to speech reveals
neural mechanisms facilitating language learning

Cortical oscillations as
emerging computatio

M. Florencia Assaneo^{1,7*}, Pablo Ripollés^{1,7}, Joan Orpella^{2,3,4,7}, Wy Ming Lin¹,
Ruth de Diego-Balaguer^{2,3,4,5,8} and David Poeppel^{1,6,8}

Anne-Lise Giraud¹ & David Poeppel²

Vielen Dank fürs Zuhören

