

# UNTERSUCHUNG ZUR REPRÄSENTATION VON VERSTÄNDLICHER UND UNVERSTÄNDLICHER SPRACHE IM KORTEX MIT FUNKTIONELLER MRT

Hagen Wierstorf Stefan Uppenkamp  
Medizinische Physik, Fakultät V, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg  
hagen.wierstorf@uni-oldenburg.de

## Zusammenfassung

Mit Hilfe von verzerrter Sprache und dem *Pop-Out-Effekt* wird ein Verarbeitungszweig für den Sinngehalt von Sprache im menschlichen Kortex lokalisiert. Dabei ist in folgenden Schritten vorgegangen worden:

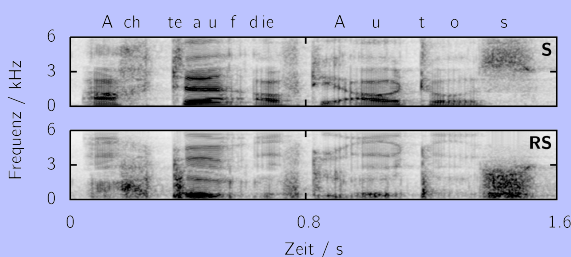
- (1) Erzeugung von verzerrter Sprache durch Rotation des Kurzzeitspektrums
- (2) Psychoakustische Untersuchung der Verständlichkeit von rotierter Sprache in Abhängigkeit des *Pop-Out-Effektes*
- (1) Aufnahme von funktionellen MRT-Bildern für verzerrte und natürliche Sprache
- (2) Lokalisation der Verarbeitung des Sinngehaltes von Sprache durch akustisch identische Stimuli, die sich nur in ihrer Verständlichkeit unterscheiden

**Abkürzungen:** STs *sulcus temporalis superior*, GTs *gyrus temporalis superior*, GTm *gyrus temporalis medius*, Gsm *gyrus supramarginalis*, GFi *gyrus frontalis inferior*, GFm *gyrus frontalis medius*, PCu *Precuneus*, GPrC *gyrus precentralis, a anterior, p posterior*

## 1. Rotierte Sprache

Aus 152 Sätzen des Göttinger Satztestes [1] ist eine verzerrte Version nach [2] erzeugt worden. Dazu sind folgende Schritte durchgeführt worden:

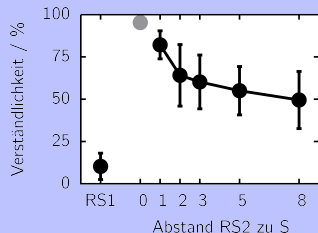
1. Tiefpassfilterung bei 5,7 kHz (S);
  2. Ausgleich des Spektrums, um ein sprachähnliches Langzeitspektrum der verzerrten Version zu garantieren;
  3. Modulation mit einem Sinus der Frequenz 6 kHz;
  4. Tiefpassfilterung bei 5,7 kHz (RS).
- Die auf diese Weise verzerrte Sprache wird als rotierte Sprache bezeichnet.



**Abbildung 1:** Spektrogramme der unverzerrten (S) und der verzerrten (RS) Version des Satzes "Achte auf die Autos".

## 2. Psychoakustik

Es wurde für 15 Probanden die Verständlichkeit von rotierten Sätzen in Abhängigkeit ihrer Darbietungsposition zur unverzerrten Version des jeweils selben Satzes überprüft. Die Messung wurde in einer Hörkabine über Kopfhörer durchgeführt. Aufgabe der Probanden war es, zu wiederholen, welche Wörter sie verstanden hatten.



**Abbildung 2:** Verständlichkeit der dargebotenen Wörter in Prozent. Mit Abstand RS2 zu S wird die Anzahl anderer Sätze zwischen S und RS2 bezeichnet. Grau: Ergebnis aus Vormessung.

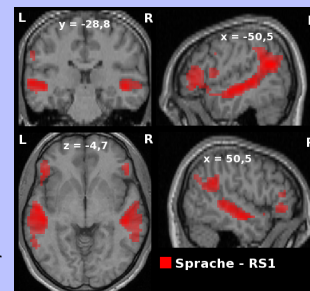
### Pop-Out-Effekt

Wird ein rotierter Satz vor (RS1) und nach (RS2) seiner unverzerrten Version (S) abgespielt, ist er davor nicht verständlich, danach aber sehr wohl. [3]

## 3. fMRT - Sprachverarbeitung

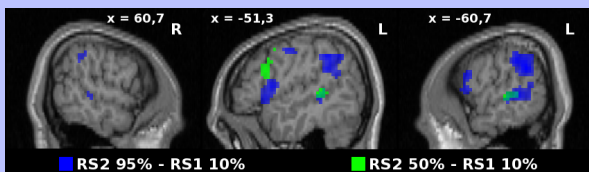
### Methode:

- Siemens Sonata 1,5 Tesla Scanner
- *sparse temporal imaging* zur Unterbindung des Scannerlärms [4]
- EPI-Sequenz mit  $TR = 9$  s,  $TE = 63$  ms, 21 axiale Schnitte, Voxelgröße  $1.95 \times 1.95 \times 5$  mm<sup>3</sup>
- 9 verschiedene Konditionen mit unterschiedlicher Verständlichkeit, 38 Wiederholungen pro Kondition
- Aufgabe: subjektive Beurteilung der Verständlichkeit (ja/nein)
- 15 Probanden: 24 Jahre (18-35 J), 12 rechtshändig, 3 beidhändig
- Datenauswertung mit SPM5 [5]
- *fixed-effects*-Regressionsmodell für die gesamte Gruppe.



**Abbildung 3:** Kontrast zwischen Sprache und 10%-verständlicher rotierter Sprache (RS1). Aktivierungen sind *bilateral* zu sehen im STs, pSTs (Wernicke), GTm, pGTs, Gsm, GFi, PCu; *nur links*: aSTs, GPrC (Broca).

## 4. fMRT - Sprachverarbeitung



**Abbildung 4:** Blau: Kontrast zwischen RS2 95% verst. und RS1 10% verst. (*identische akustische Stimuli*). Es sind folgende Aktivierungen zu erkennen: *bilateral* im Gsm, pSTs (Wernicke); *links* im GPrC (Broca + Brodmann 6) und GPrC (Motorkortex). Grün: Kontrast zwischen RS2 45% verst. und RS1 10% verst. (*identische akustische Stimuli*). Es sind Aktivierungen in der *linken* Hemisphäre im pSTs (Wernicke) und GFi, GFm (Broca + Brodmann 6) zu erkennen.

Wernicke und Broca Areale können der Verarbeitung des Sinngehaltes von Sprache zugeordnet werden. Es gibt keine signifikanten Unterschiede in auditorischen Arealen. Die Verarbeitung findet stark lateralisiert statt. Je höher die Anzahl an verstandenen Wörtern desto größer die gefundene Aktivierung.

## Fazit

- Die Verständlichkeit eines nach [2] verzerrten Sprachsignals lässt sich von "gar nicht" bis "vollständig verstanden" durch seine Positionierung relativ zur unverzerrten Version des gleichen Signals beeinflussen.
- Es konnte mit fMRT durch den Kontrast zwischen unverständlicher rotierter Sprache und natürlicher Sprache eine bilaterale sprachspezifische Aktivierung hauptsächlich in den Temporallappen lokalisiert werden. Dieses Ergebnis unterstützt das Modell eines dorsalen und ventralen Verarbeitungszweiges für Sprache, wie es z.B. in [3,6] vorgeschlagen wird.
- Mit Hilfe des *Pop-Out-Effektes* konnten identische Stimuli verwendet werden, um unabhängig von der akustischen Realisation die Verarbeitung des Sinngehaltes von Sprache im Kortex zu identifizieren. Gleichzeitig konnte so festgestellt werden, dass die Lateralisierung der Sprachverarbeitung in die linke Hemisphäre erst auf dieser späten Verarbeitungsstufe stark ausgeprägt ist.

## Danksagung

Die Autoren danken B. Kollmeier und der Arbeitsgruppe Medizinische Physik. Diese Arbeit wurde von der DFG unterstützt (Up 10/2-2).

## Literatur

- [1] Kollmeier B und Wesselkamp M: *Development and evaluation of a german sentence test for objective and subjective speech intelligibility assessment*, J Acoust Soc Am **102** 2412-2421, 1997
- [2] Blesser B: *Speech Perception under Conditions of Spectral Transformation: I. Phonetic Characteristics*, J Speech Hear Res **15** 5-41, 1972
- [3] Davis MH und Johnsrude IS: *Hearing speech sounds: top-down influences on the interface between audition and speech perception*, Hear Res **229** 132-147, 2007
- [4] Hall DA et al: *"Sparse" temporal sampling in auditory fmri*, Hum Brain Mapp **7** 213-223, 1999
- [5] <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/software/spm5>, Stand 02.09.2008
- [6] Scott SK und Wise RJS: *The functional neuroanatomy of prelexical processing in speech perception*, Cognition **92** 13-45, 2004