



**BVHI**

Bundesverband der  
Hörsysteme-Industrie

## Mittels EEG dem Gehirn beim Hören zusehen

Oder: Was müssen Hörsysteme  
können, damit sie wirklich  
helfen  
Dipl.-Ing. Horst Warncke

# Ziel: Brillanter Klang für das Gehirn mit Hörsystemen

Im Stimmgewirr Einzelpersonen besser verstehen

Ermöglicht größere Merkfähigkeit, Teilhabe und Engagement



# Kontinuierliche Forschung

Signifikant **verbessertes Sprachverstehen im Lärm**

Signifikant **reduzierter Höraufwand**

Signifikant **verbesserte Merkfähigkeit**

# Selektive Aufmerksamkeit

**Bisherige Theorie:**

**Arbeitet wie ein Scheinwerfer**

**Logische Analogie bei Hörverlust:**

**Richtmikrofon im Hörsystem  
"Scheinwerfer"**



# Methoden beim Zusehen

**EEG-Messungen** (ElektroEncephaloGramm)

**Elektroden auf der Kopfhaut**

**Hirnstrom-Messung**

**Nicht-Invasiv**



Alickovic, E., Lunner, T., Gustafsson, F., & Ljung, L. (2019). A tutorial on auditory attention identification methods. *Frontiers in Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00153>

*Eriksholm Research Centre/DK*

# Methoden beim Zusehen

**MEG-Messungen** (MagnetoEncephaloGramm)

“Helm” zur Messung von Magnetfeldern

Erzeugt von den Hirnströmen

**Nicht-Invasiv**



(Quelle: Elekta Neuromag TRIUX)

Puvvada, K. C., & Simon, J. Z. (2017). Cortical representations of speech in a multitalker auditory scene. *Journal of Neuroscience*, 37(38), 9189-9196.

*Univ. Maryland/Maryland/USA*

# Methoden beim Zusehen

Mikroelektroden

Elektroden IM Gehirn

Hirnstrom-Messung

Invasiv, Mikro-Bohrungen



O'Sullivan, J., Herrero, J., Smith, E., Schevon, C., McKhann, G. M., Sheth, S. A., . . . Mesgarani, N. (2019). Hierarchical Encoding of Attended Auditory Objects in Multi-talker Speech Perception. *Neuron*, 104(6), 1195-1209. e1193. *(please note that the drawing in the middle is also inspired by this publication)*

*Columbia Univ./New York*

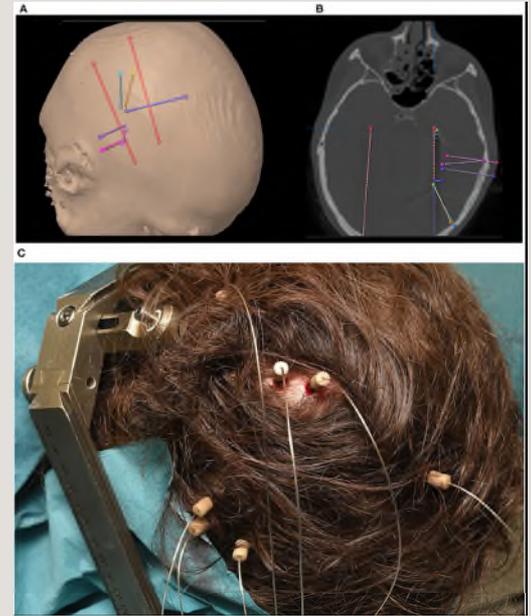
# Methoden beim Zusehen

## Mikroelektroden

## Elektroden IM Gehirn

## Hirnstrom-Messung

## Invasiv, Mikro-Bohrungen



O'Sullivan, J., Herrero, J., Smith, E., Schevon, C., McKhann, G. M., Sheth, S. A., . . . Mesgarani, N. (2019). Hierarchical Encoding of Attended Auditory Objects in Multi-talker Speech Perception. *Neuron*, 104(6), 1195-1209. e1193. *(please note that the drawing in the middle is also inspired by this publication)*

*Columbia Univ./New York*

# Methoden beim Zusehen



**EEG**

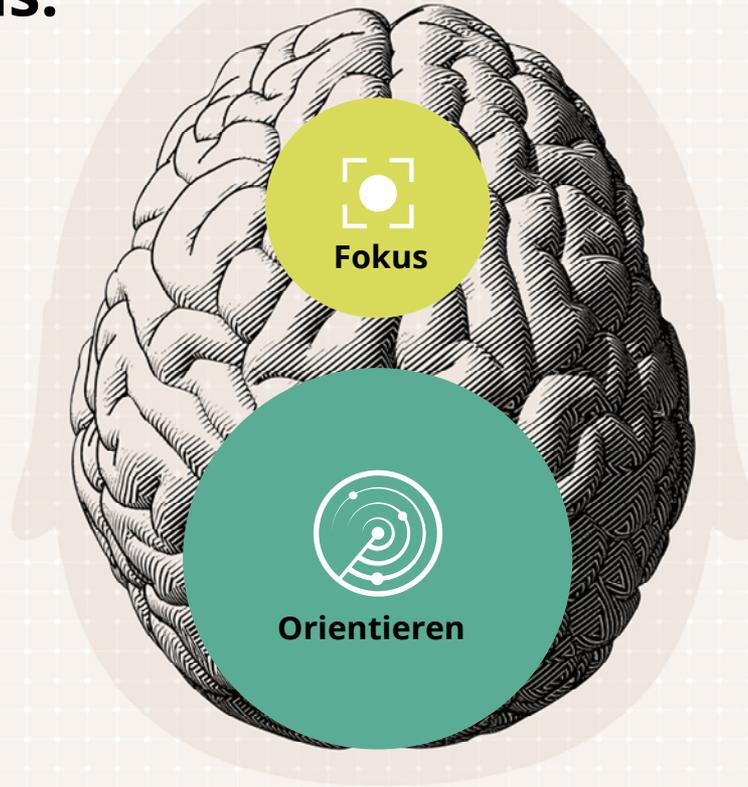


**MEG**



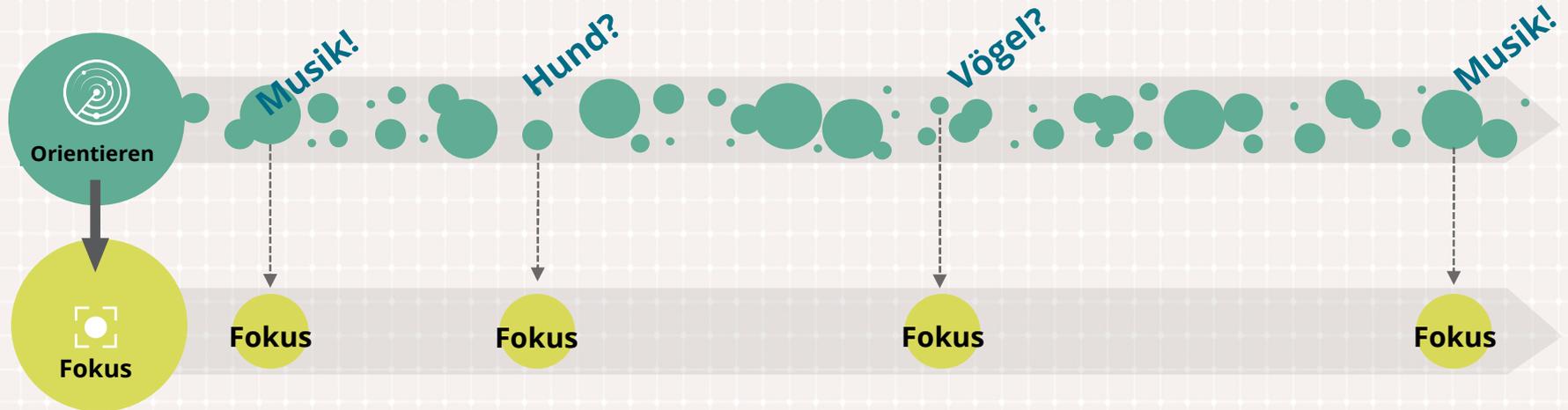
**Mikroelektroden**

# Neue Erkenntnis:



# Neue Erkenntnis:

Beide Subsysteme arbeiten **kontinuierlich und simultan** zusammen



# Neue Erkenntnis:

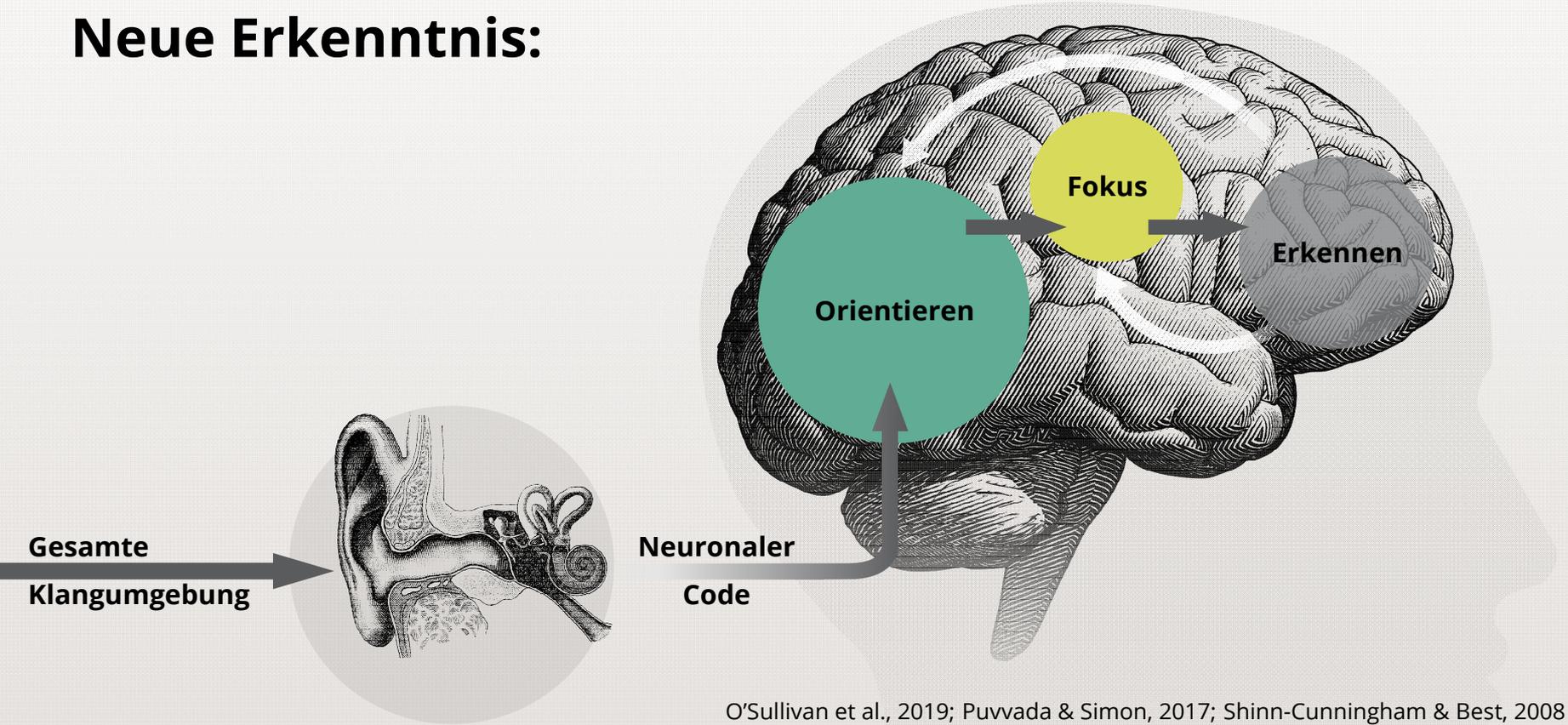
Nicht nur den dominanten Sprecher



Zugang zur ganzen Perspektive – "360°"



# Neue Erkenntnis:



O'Sullivan et al., 2019; Puvada & Simon, 2017; Shinn-Cunningham & Best, 2008

# Schwerpunkte der Forschung

Evidenz in drei Ebenen



**Klangrepräsentation und Deutlichkeit im Gehirn  
(EEG)**

**Sprachverstehen gewünschter Sprecher  
im Stimmgewirr einzelne verstehen**

**Sprachverstehen und Merkfähigkeit  
im Lärm**

Santurette, Ng, Juul Jensen & Man, 2020

# Repräsentation im Gehirn (EEG)



**Klangrepräsentation und Deutlichkeit im Gehirn  
(EEG)**

**Sprachverstehen gewünschter Sprecher  
im Stimmgewirr einzelne verstehen**

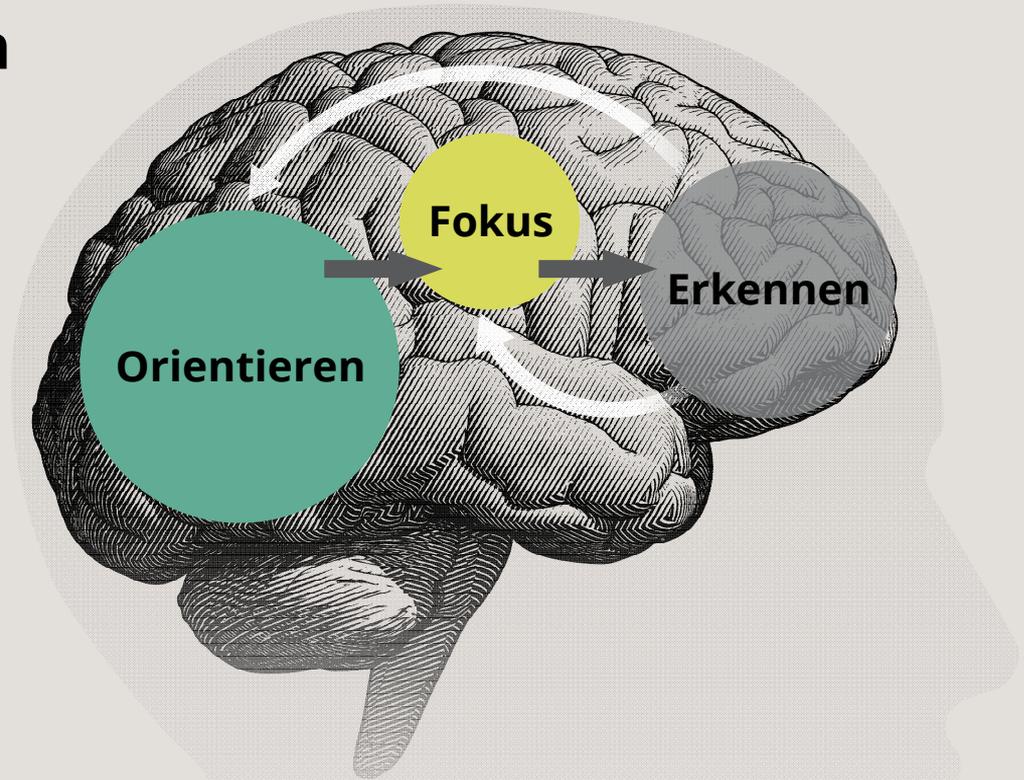
**Sprachverstehen und Merkfähigkeit  
im Lärm**

Santurette, Ng, Juul Jensen & Man, 2020

# Neue EEG-Forschungen

Der nächste Schritt

Wie unterstützt neueste Technik das **Orientieren** und den **Fokus**?



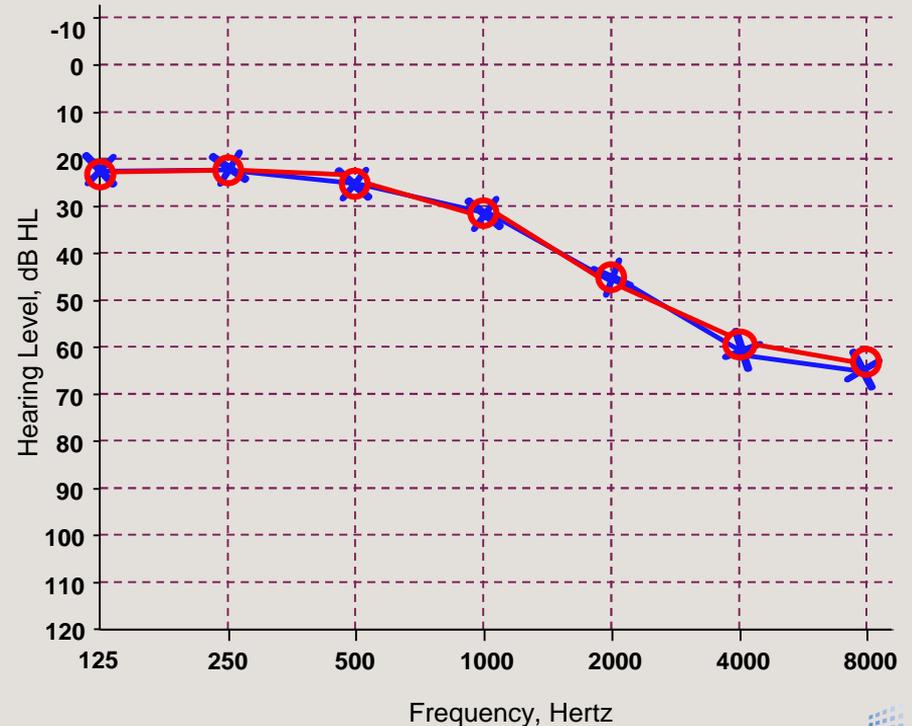
O'Sullivan et al., 2019; Puvvada & Simon, 2017

# Hintergrund

## EEG-Studie, Orientieren und Fokussieren

### Probanden:

- 31 erfahrene Hörsystem-Nutzer
- Ø-Alter: 65,6 Jahre
- Leichter bis mittlerer Hörverlust



# Hintergrund

EEG-Studie, Orientieren und Fokussieren

## Hörsystem-Einstellungen:

- **Neu, Tiefes Neuronales Netzwerk (DNN)**
  - DNN EIN
  - DNN AUS
- **Neu vs. Vorgänger**
  - DNN EIN
  - **Automatiken EIN**

**Neu, DNN**



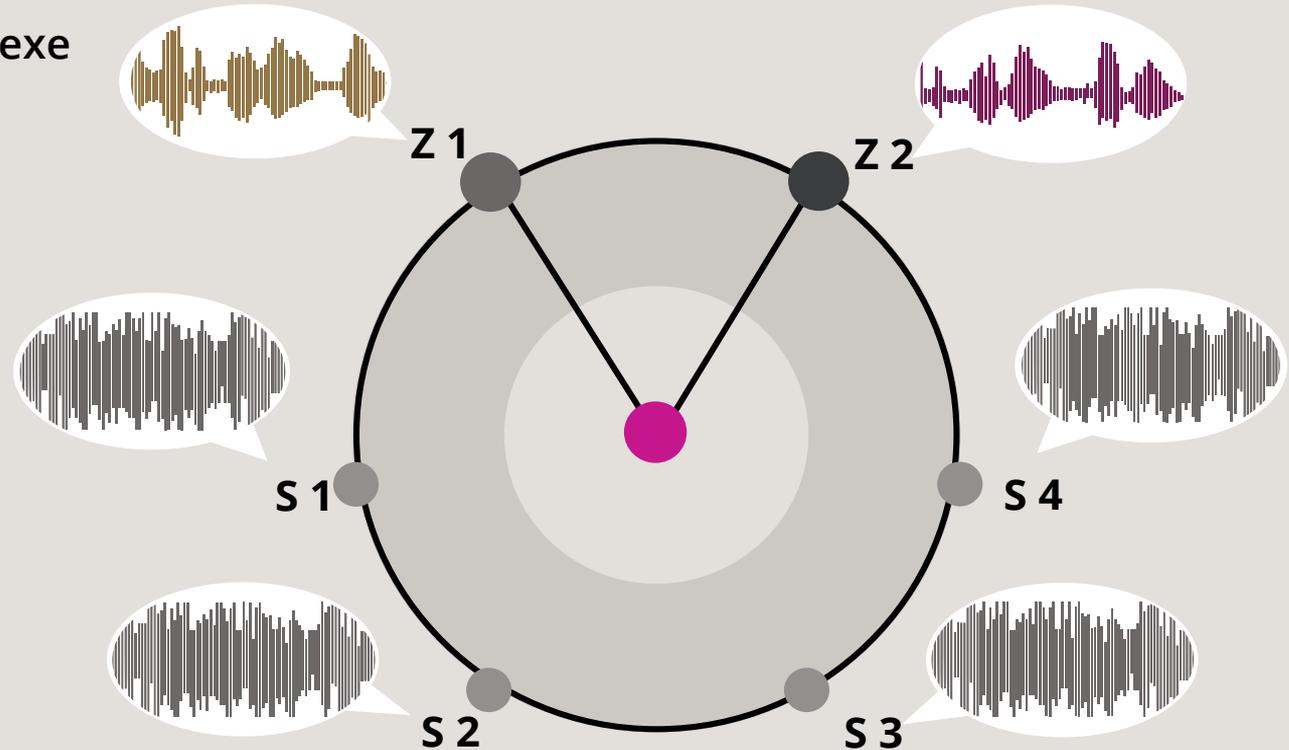
**Vorgänger,  
Automatiken**



# Testaufbau

Realistische u. komplexe  
Klangszene

**Aufgabe:**  
Fokus auf  
einen  
Zielsprecher



**Z: Zielsprecher**  
**S: 4 x 4 Störsprecher**

# Methode

Hirnstrom-Messung

64 Elektroden f. Messung

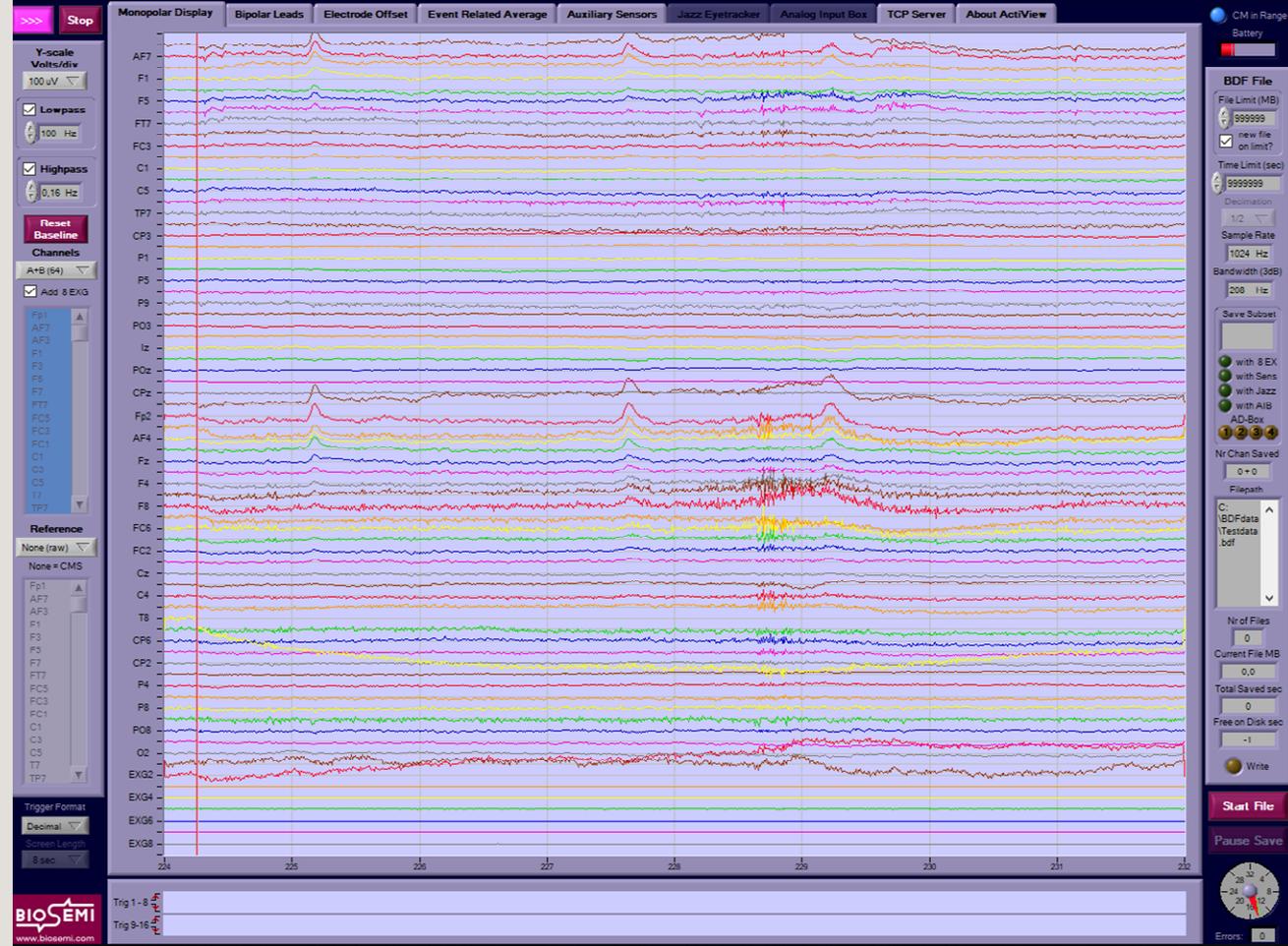
Neuartige Analyse der  
frühen (**ORIENTIEREN**)

und späten (**FOKUS**)  
EEG-Antworten



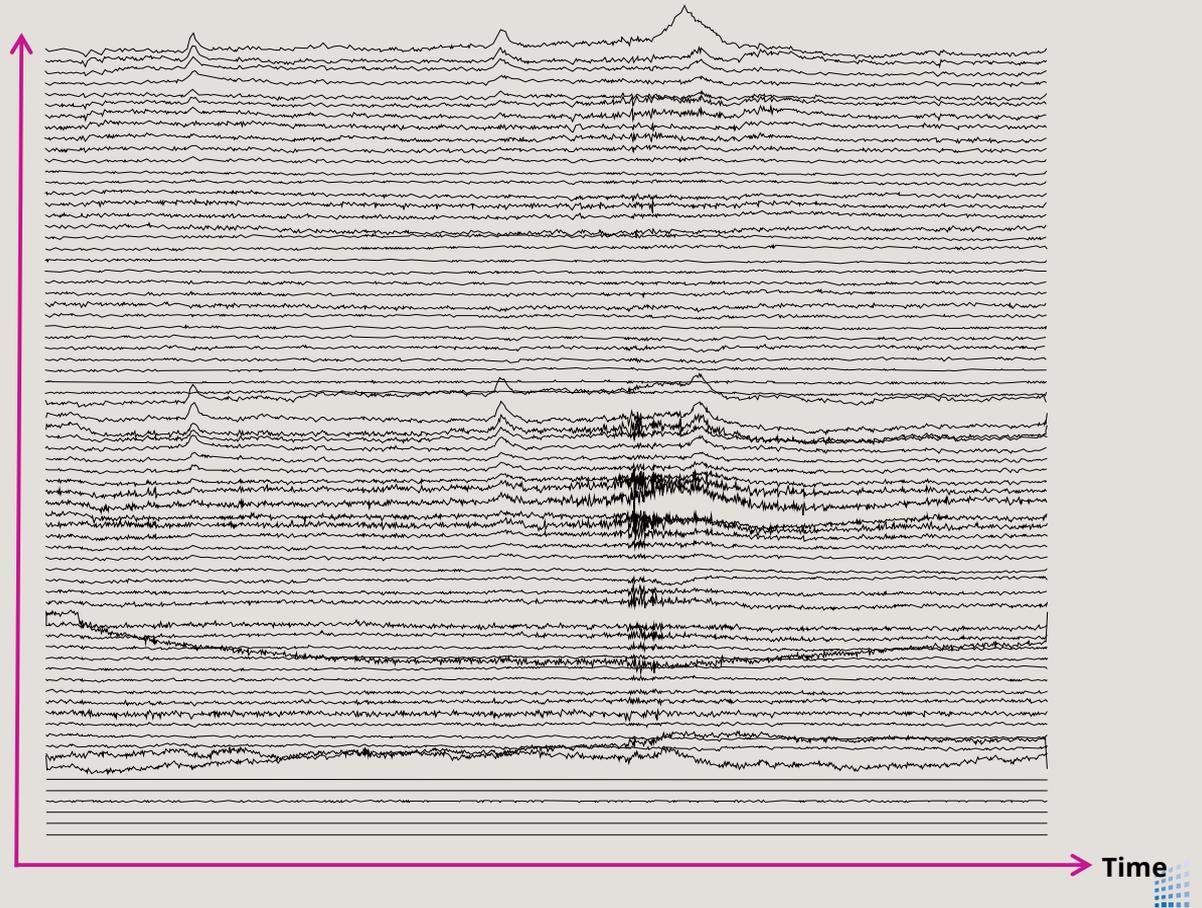
# EEG-Rohdaten

## Ein Beispiel



# EEG-Rohdaten

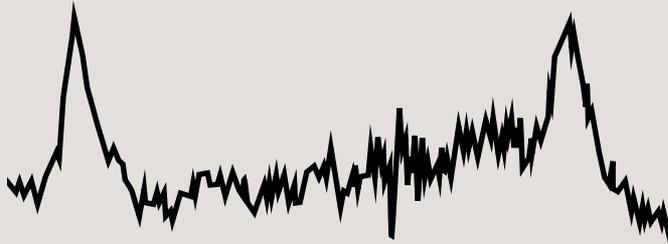
Ein Beispiel



# Stimulus Rekonstruktion

Ein Beispiel

**Unkorreliert**



**Einhüllende EEG-Signal**



**Einhüllende akustisches Signal**

# Stimulus Rekonstruktion

Ein Beispiel

**Korreliert**



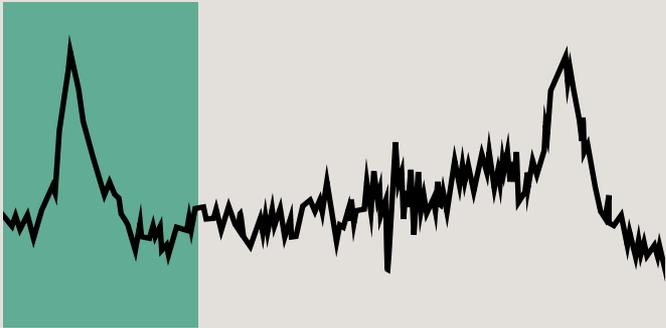
**Einhüllende EEG-Signal**



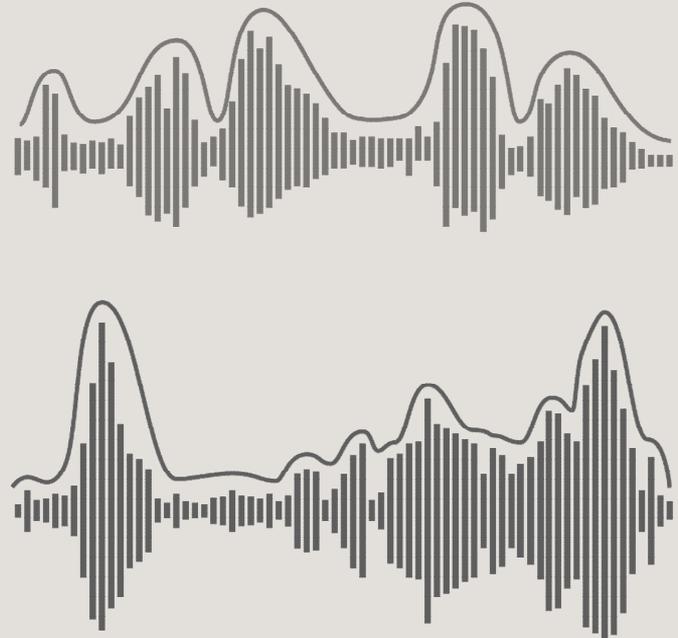
**Einhüllende akustisches Signal**

# Neue EEG-Analysemethode

Orientieren und Fokus separat betrachten



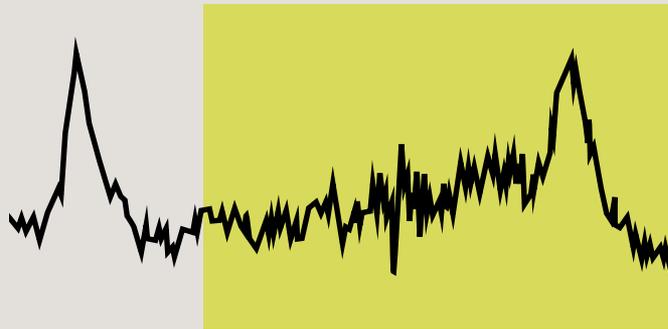
**Frühe Antwort  
(Orientieren)**



Alikovic, 2021

# Neue EEG-Analysemethode

Orientieren und Fokus separat betrachten

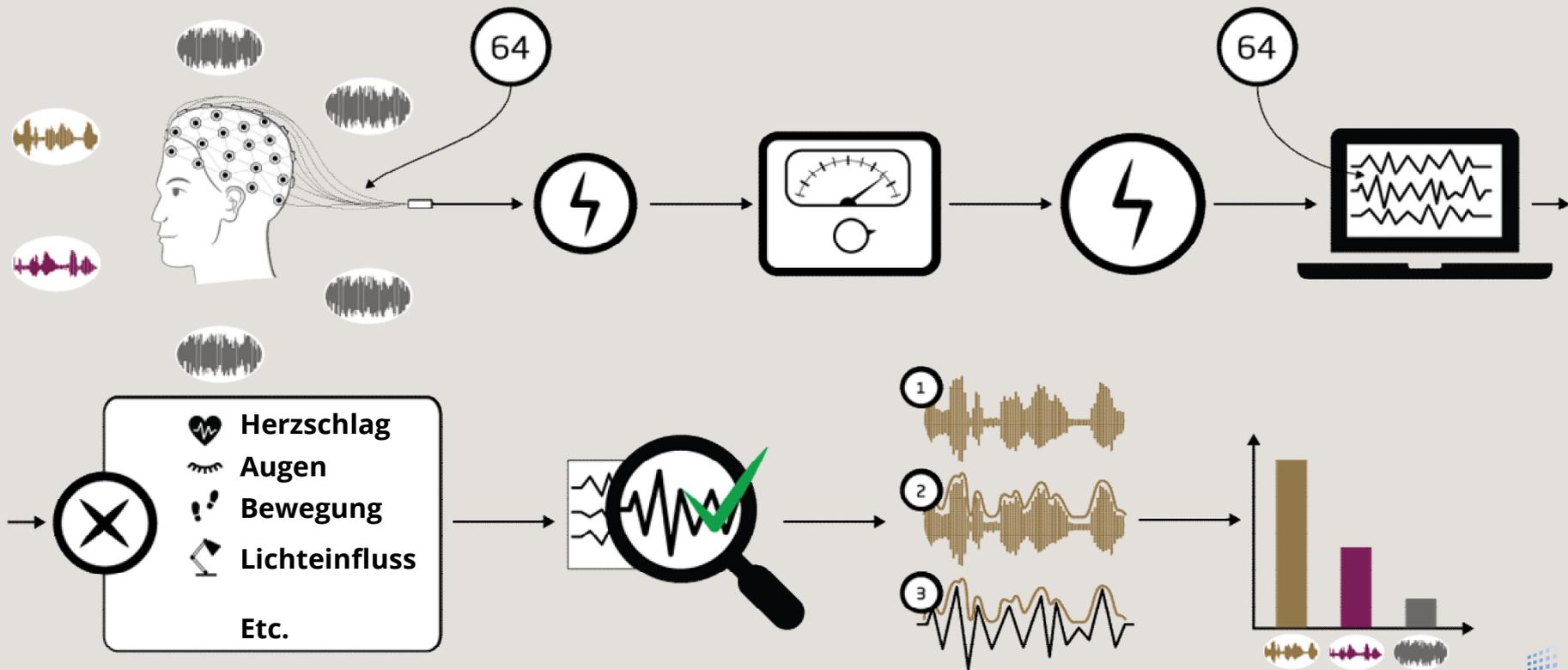


**Späte Antwort  
(Fokus)**



Alikovic, 2021

# EEG-Messung



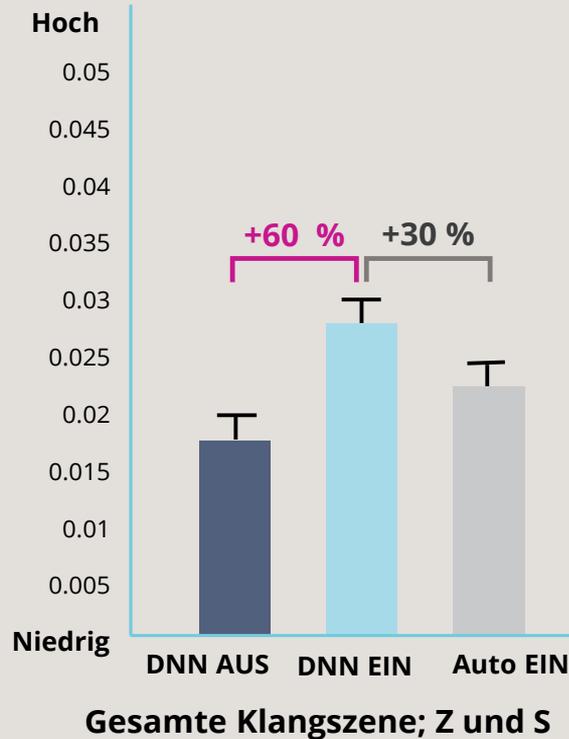
# Frühe EEG-Antworten

## Orientieren

**60% Verbesserung**  
durch **DNN**

**30% besser**  
als Vorgänger

Stärke des  
EEG-Signals



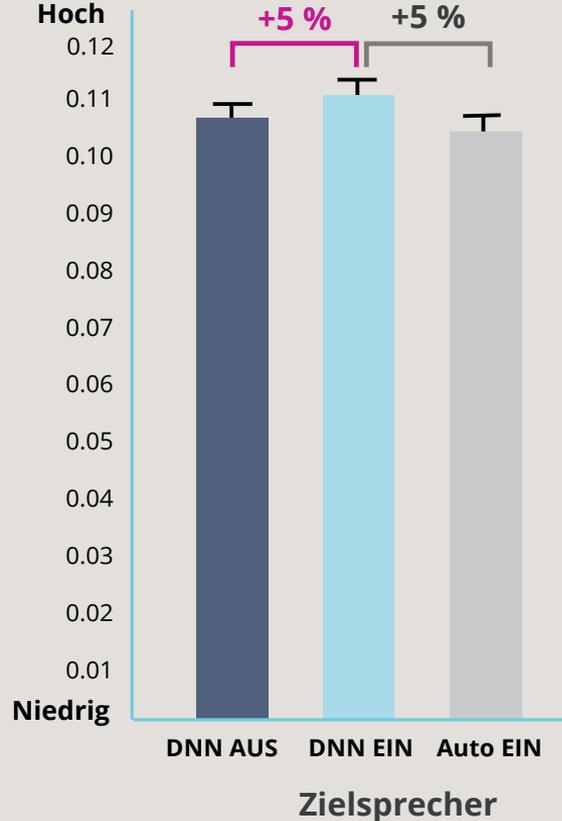
# Späte EEG-Antworten

Fokus

**5% Verbesserung für  
Zielsprecher  
durch DNN**

**30% Verbesserung für  
zweiten Sprecher  
durch DNN**

Stärke des  
EEG-Signals



# Nutzen

Neueste Technik unterstützt das Gehirn  
nachweislich beim Orientieren und Fokussieren



**DNN ermöglicht dem Gehirn den  
Zugang zur ganzen Welt der Klänge**

**Die ganze Welt der Klänge wird  
nicht als zu viel empfunden**

# Nutzen

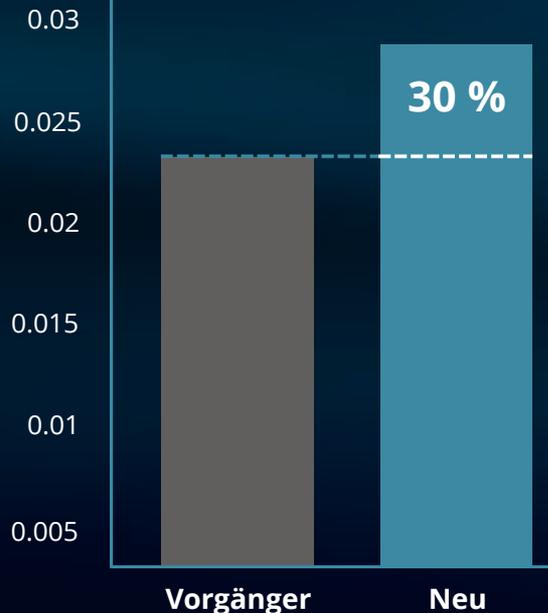
## Im Vergleich zu Vorgängermodell

**DNN ermöglicht besseren Zugang zu Klängen rundum**

**DNN erleichtert das Orientieren und Fokussieren**

**Klänge werden besser und präziser im Gehirn repräsentiert**

EEG-Stärke  
(Orientieren,  
frühe Antwort)



# Sprecher im Fokus verstehen



**Klangrepräsentation und Deutlichkeit im Gehirn  
(EEG)**

**Sprachverstehen gewünschter Sprecher  
Im Stimmgewirr einzelne verstehen**

**Sprachverstehen und Merkfähigkeit  
Im Lärm**

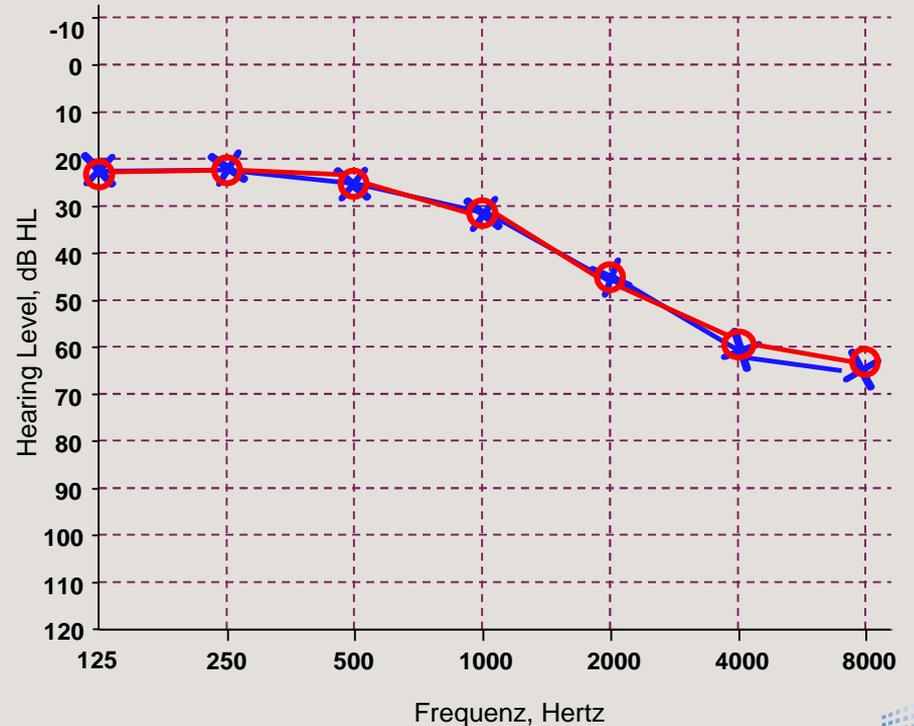
Santurette, Ng, Juul Jensen & Man, 2020

# Hintergrund

Studie: Sprache im Fokus verstehen

## Probanden:

- 34 erfahrene Hörsystem-Nutzer
- Ø Alter: 63 Jahre
- Sensorineuraler Hörverlust



# Hintergrund

Studie: Sprache im Fokus verstehen

## Komplexe Hörumgebung:

- Neu vs. Vorgänger
  - DNN EIN
  - DNN AUS
  - Automaten EIN

## Einfache Hörumgebung:

- Neu vs. Vorgänger

Neu, DNN



Vorgänger



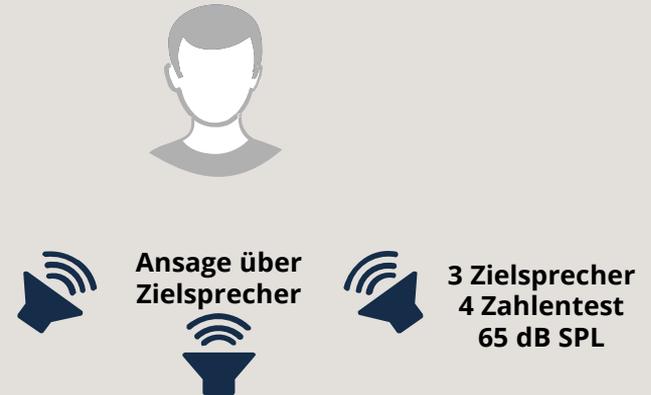
# Testaufbau

Aufgabe: Fokus auf einen Sprecher, ignorieren der zwei anderen

## Komplexe Hörumgebung



## Einfache Hörumgebung

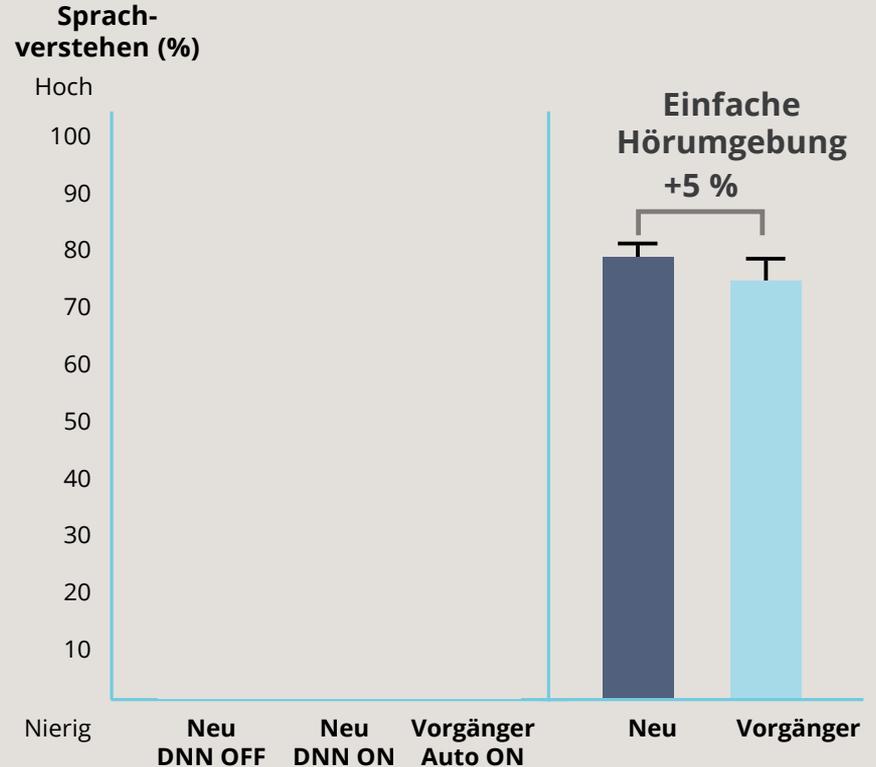


# Sprache im Fokus verstehen

## Ergebnisse

**15 % Gewinn durch DNN**  
Komplexe Hörumgebung

**5 % Gewinn mit DNN**  
gegenüber Vorgänger  
Einfache und Komplexe  
Hörumgebung



# Sprachverstehen und Merkfähigkeit



**Klangrepräsentation und Deutlichkeit im Gehirn  
(EEG)**

**Sprachverstehen gewünschter Sprecher  
im Stimmgewirr einzelne verstehen**

**Sprachverstehen und Merkfähigkeit  
im Lärm**

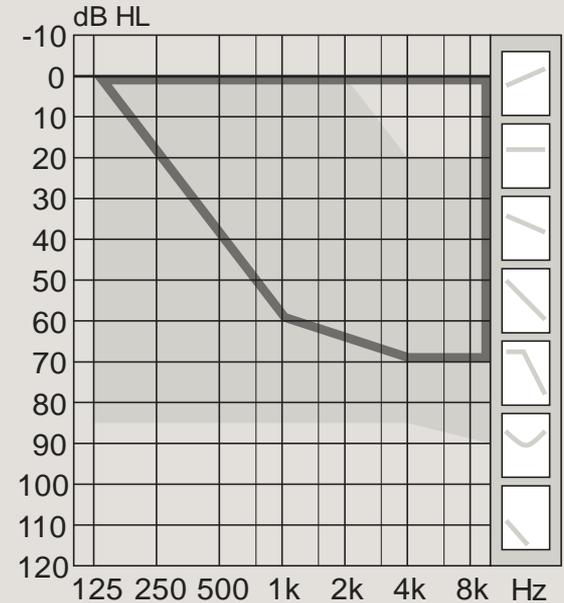
Santurette, Ng, Juul Jensen & Man, 2020

# Hintergrund

## Studie: Sprachverstehen im Lärm

### Probanden:

- 18 erfahrene Hörsystem-Nutzer
- Ø-Alter: 68,5 Jahre
- Hörverlust im grauen Audiogramm-Bereich



# Testaufbau

## Sprachverstehen

### Hörsysteme:

- Neu vs. Vorgänger
  - First Fit
  - Feinanpassung 1
  - Feinanpassung 2



# Testaufbau

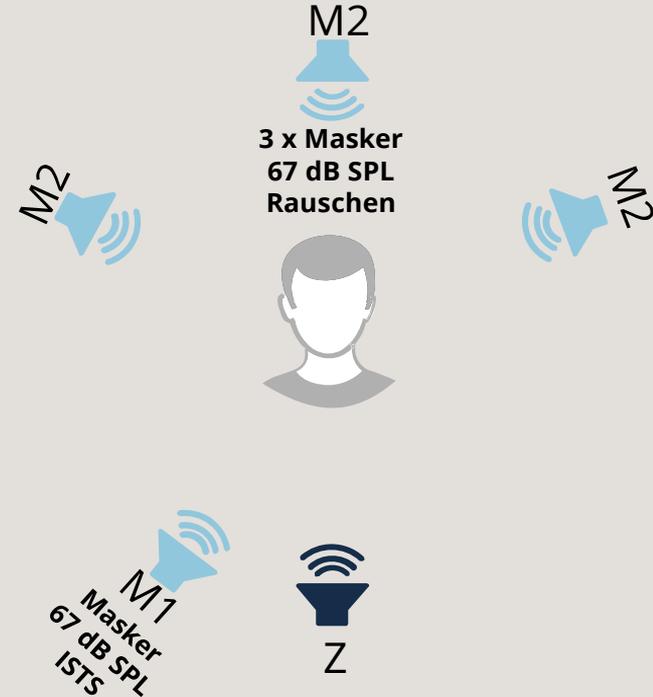
## Sprachverstehen

### Hörsysteme:

- Neu vs. Vorgänger
  - First Fit
  - Feinanpassung 1
  - Feinanpassung 2

### Testsignale:

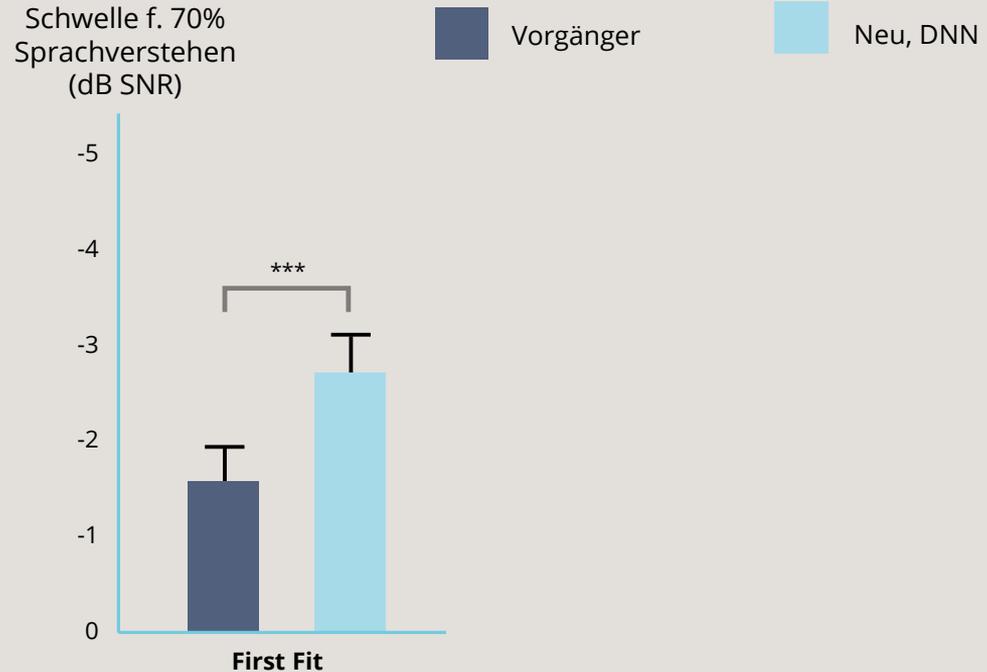
- Zielsprecher (Z), adaptiver Pegel
  - 70 % Sprachverstehen
  - Matrix Test (Dantale II, wie OLSA)
- 1 Masker (M1) ISTS, 67 dB SPL
- 3 unmodulierte Masker (M2), 67 dB SPL



# Sprachverstehen im Lärm

## Ergebnisse

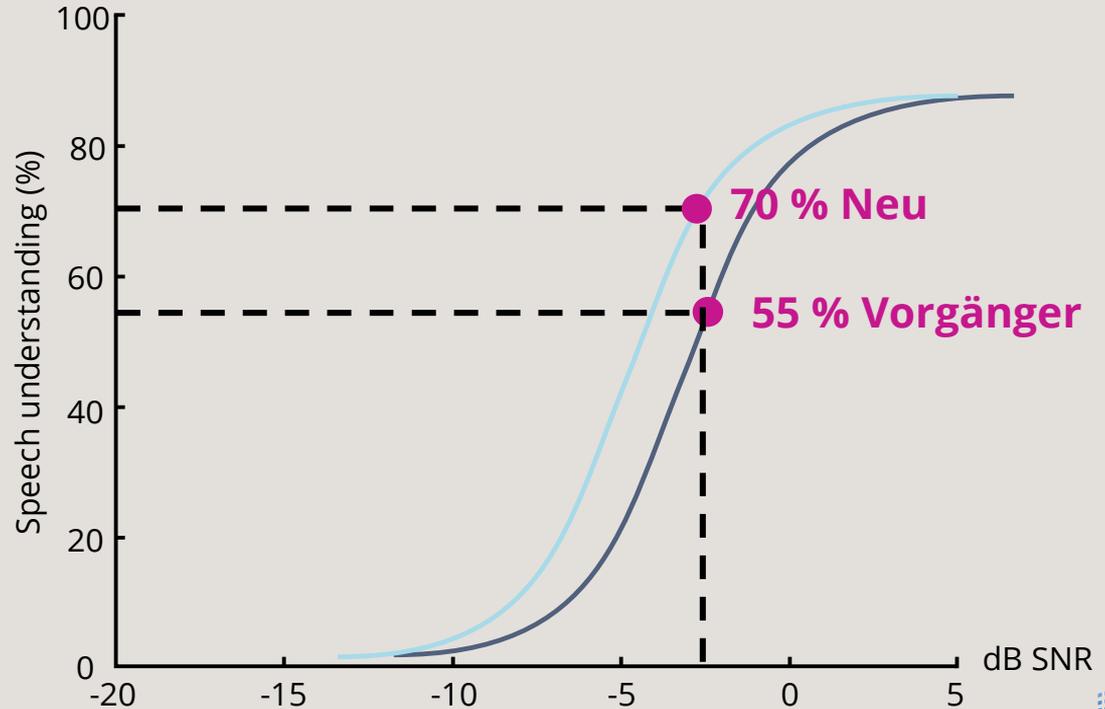
**Neu ist immer besser  
als Vorgänger**



# SNR Verbesserung mit neuer DNN-Technik

15% besseres Sprachverstehen

15 % Gewinn nach  
Wagner et al., 2003



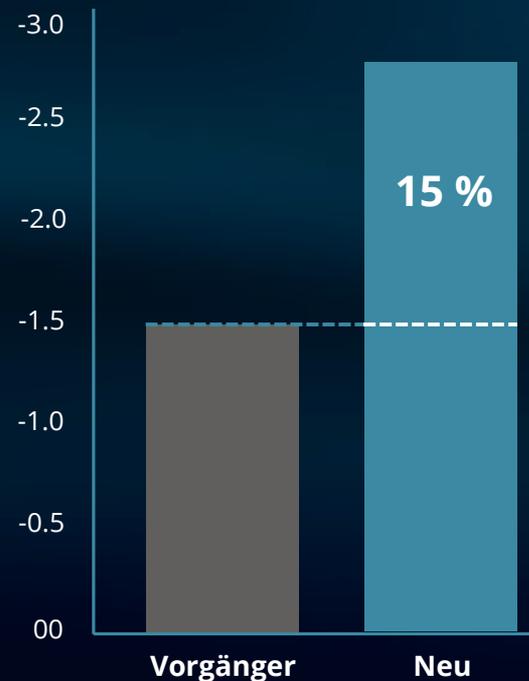
# Nutzen

**15 % besseres Sprachverstehen in komplexen Hörumgebungen**

**Sprecher im Fokus durch DNN deutlicher**

**Wunschklänge werden hervorgehoben**

dB SNR  
(70 % Sprachverstehen)

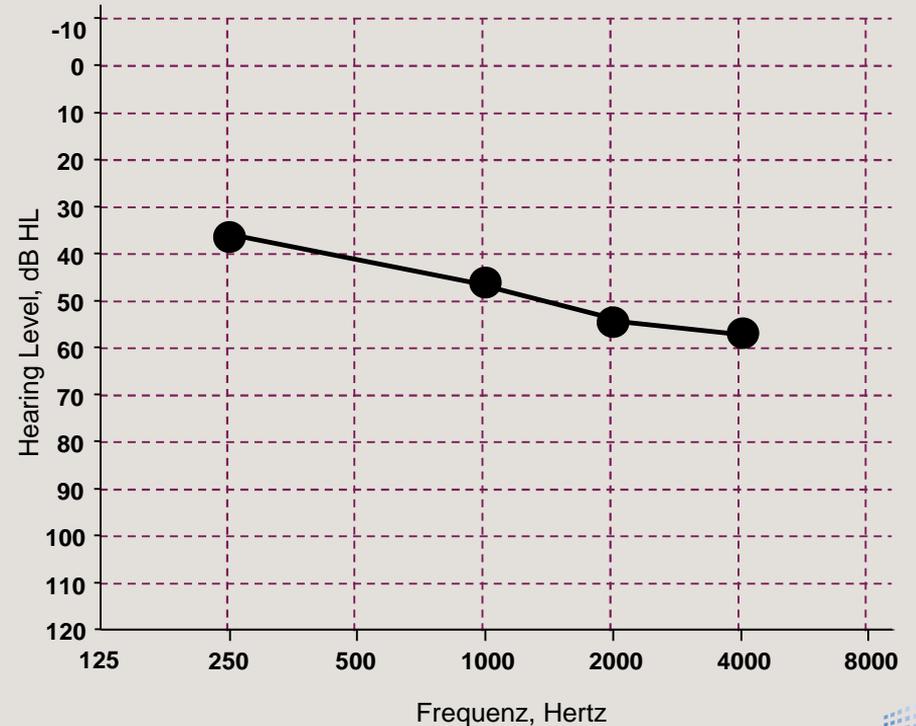


# Hintergrund

Studie: Merkfähigkeit

## Probanden:

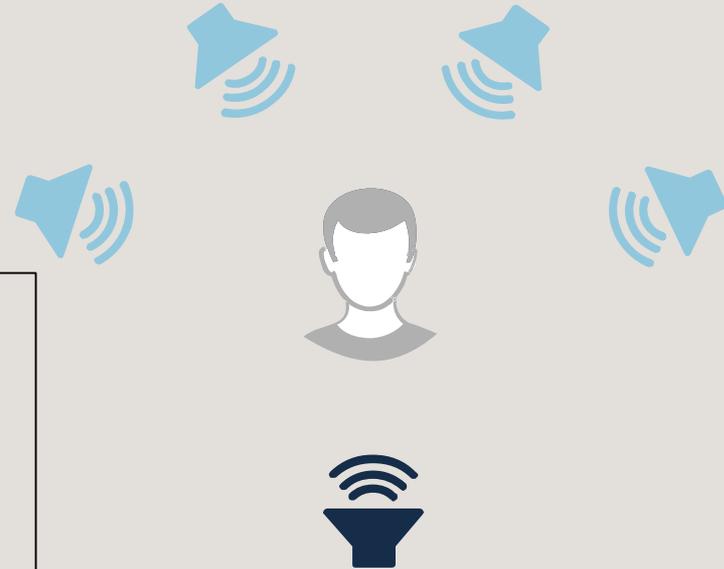
- 25 Erfahrene Hörsystem-Nutzer
- Ø Alter: 58,8 Jahre
- Ø Hörverlust (PTA): 48.5 dB HL
- Sensorineuraler Hörverlust



# Testaufbau

Studie: Merkfähigkeit

4 x 4 Störsprecher  
70 dB SPL



## Testbedingungen:

- SWIR Test; Dänische HINT-Sätze
- Pegel adaptive f. 95 % Verständlichkeit
- 4 x 4 Störsprecher, 70 dB SPL

# Merkfähigkeit

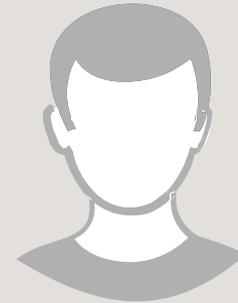
## SWIR (Sentence-final Word Identification and Recall)

1. Aufgabe : **Wiederhole** das letztes Wort

- 1. Das Team verlor das Spiel
  - 2. Die Frau verletzte sich am Arm
  - 3. Der Mantel hängt im Schrank
  - 4. Das neue Handtuch war sauber
  - 5. Sie schloss die Augen
  - 6. Die Zitronen waren sehr bitter
  - 7. Der Mann malte mit dem Stift
- Langzeit-Gedächtnis
- Übergang
- Kurzzeit-Gedächtnis

2. Aufgabe: **Wiederhole** die letzten Worte

”*Stift... Spiel... Arm...  
Schrank...umm...*”

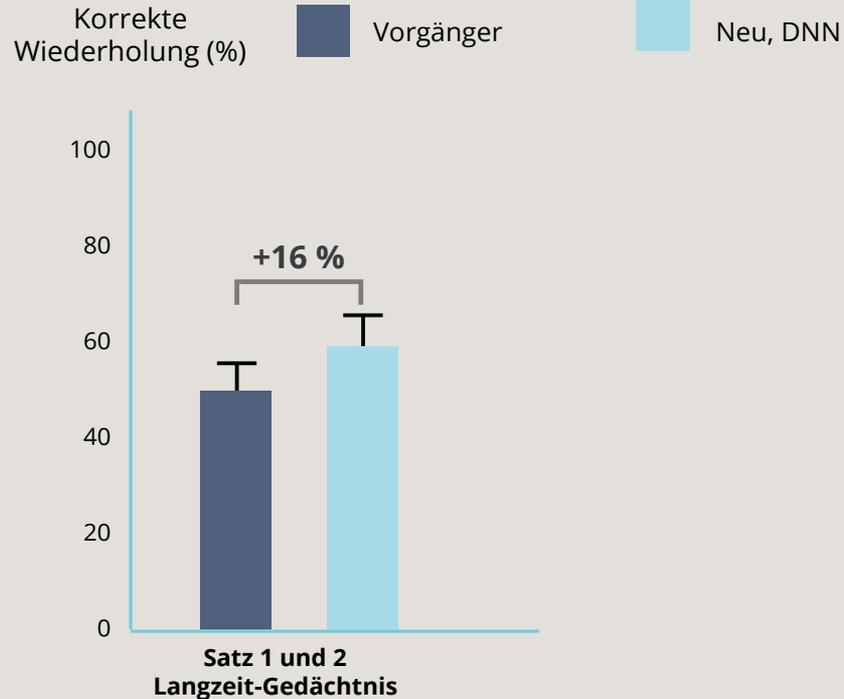


# Merkfähigkeit

## Ergebnisse: Langzeit- und Kurzzeit-Gedächtnis

**16 % besseres Langzeit-Gedächtnis**  
mit DNN vs. Vorgänger

Dadurch  
**freie kognitive Ressourcen**  
und  
**weniger Höraufwand**



# Was sagen uns diese Ergebnisse?

# Genereller Nutzen:

Neue Technik liefert dem Gehirn mehr Klänge mit besserer Deutlichkeit



**Orientieren** und  
**Fokussieren**  
wird verbessert



**Verbessertes Sprachverstehen**  
in einfachen und komplexen  
Umgebungen.



**Bessere Merkfähigkeit**  
für Langzeit-Gedächtnis



**60 % mehr Deutlichkeit** mit  
DNN.  
**30 % Verbesserung** zu  
Vorgänger.



**Klänge im Fokus werden**  
**deutlicher**, zweiter Sprecher auch.  
Leichter Wechsel der  
Aufmerksamkeit.



**Reduzierte**  
**Hör-**  
**Anstrengung**

# Literatur (1)

- Alickovic, E., Lunner, T., Gustafsson, F., & Ljung, L. (2019). A Tutorial on Auditory Attention Identification Methods. *Frontiers in neuroscience*, 13.
- Alickovic, E., Lunner, T., Wendt, D., Fiedler, L., Hietkamp, R., Ng, E. H. N., & Graversen, C. (2020). Neural representation enhanced for speech and reduced for background noise with a hearing aid noise reduction scheme during a selective attention task. *Frontiers in neuroscience*, 14, 846.
- Alickovic, E., Ng, E. H. N., Fiedler, L., Santurette, S., Innes-Brown, H., & Graversen, C. (2021). Effects of hearing aid noise reduction on early and late cortical representations of competing talkers in noise. *Frontiers in Neuroscience*, under revision.
- Best, V., Swaminathan, J., Kopčo, N., Roverud, E., & Shinn-Cunningham, B. (2018). A “Buildup” of Speech Intelligibility in Listeners With Normal Hearing and Hearing Loss. *Trends in Hearing*, 22, 2331216518807519.
- Hausfeld, L., Riecke, L., Valente, G., & Formisano, E. (2018). Cortical tracking of multiple streams outside the focus of attention in naturalistic auditory scenes. *NeuroImage*, 181, 617-626.
- Jensen, J. J. (2018). *Closing another gap to normal hearing: New BrainHearing evidence on speech understanding and listening effort*. [Oticon Whitepaper]. Oticon
- Juul Jensen, J. (2019). *Oticon Opn S clinical evidence*. Oticon Whitepaper.
- Le Goff, N., Wendt, D., Lunner, T., & Ng, E. (2016). *Opn clinical evidence*. Oticon Whitepaper

# Literatur (2)

- Le Goff, N., Beck, D.L. (2017). *Pushing the noise limit: New Opn™ evidence on speech understanding and listening effort*. [Oticon Whitepaper]. Oticon.
- Man, B. & Ng, E. (2020). *BrainHearing – The new perspective* [White paper]. Oticon.
- Meyer, C., Grenness, C., Scarinci, N., & Hickson, L. (2016). What is the international classification of functioning, disability and health and why is it relevant to audiology? *Seminars in Hearing* (Vol. 37, No. 03, pp. 163-186). Thieme Medical Publishers.
- Ng, E. H. N., Rudner, M., Lunner, T., Pedersen, M. S., & Rönnerberg, J. (2013). Effects of noise and working memory capacity on memory processing of speech for hearing-aid users. *International Journal of Audiology*, 52(7), 433-441.
- Ng, E. H. N., & Man K. L., B. (2019). *Enhancing selective attention: Oticon Opn S™ new evidence*. Oticon Whitepaper
- Ng, E. H. N., & Skagerstrand, Å. (2019). *Oticon Xceed™ clinical evidence*. Oticon Whitepaper.
- Nielsen, J. B., & Dau, T. (2011). The Danish hearing in noise test. *International journal of audiology*, 50(3), 202-208.
- Pichora-Fuller, M. K., Alain, C., & Schneider, B. A. (2017). Older adults at the cocktail party. The auditory system at the cocktail party (pp. 227-259). *Springer*, Cham.
- Puvvada, K. C., & Simon, J. Z. (2017). Cortical representations of speech in a multitalker auditory scene. *Journal of Neuroscience*, 37(38), 9189-9196.

# Literatur (3)

- O'Sullivan, J., Herrero, J., Smith, E., Schevon, C., McKhann, G. M., Sheth, S. A., ... & Mesgarani, N. (2019). Hierarchical Encoding of Attended Auditory Objects in Multi-talker Speech Perception. *Neuron*, 104(6), 1195-1209.
- Santurette, S., & Behrens, T. (2020). *The audiology of Oticon More*. Oticon Whitepaper.
- Santurette, S., Ng, E. H. N., Juul Jensen, J., & Man K. L., B. (2020). *Oticon More clinical evidence - A glimpse into new BrainHearing™ benefits* [White paper]. Oticon.
- Shinn-Cunningham, B. G., & Best, V. (2008). Selective attention in normal and impaired hearing. *Trends in amplification*, 12(4), 283-299
- Wagener, K., Josvassen, J. L., & Ardenkjær, R. (2003) Design, optimization and evaluation of a Danish sentence test in noise: Diseño, optimización y evaluación de la prueba Danesa de frases en ruido, *International Journal of Audiology*, 42:1, 10-17
- Wikipedia. (2020a). Neural Coding. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Neural\\_coding](https://en.wikipedia.org/wiki/Neural_coding)
- Wikipedia. (2020b). Electroencephalography. Retrieved from <https://en.wikipedia.org/wiki/Electroencephalography>

# Aktuellste Hörsysteme – dokumentierte Vorteile

## Zusammenfassung



**60 % mehr  
Deutlichkeit durch  
DNN  
30 % Verbesserung  
vs. Vorgänger**



**BVHI**

Bundesverband der  
Hörsysteme-Industrie

## Mittels EEG dem Gehirn beim Hören zusehen

Oder: Was müssen Hörsysteme  
können,

damit sie wirklich helfen  
Dipl.-Ing. Horst Warncke