

# Mehrkanaliges Verfahren zur Windgeräuschreduktion bei Hörgeräten mit binauraler Kompensation

Sven Franz<sup>1</sup>, Jörg Bitzer<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> *Institut für Hörtechnik und Audiologie, Jade Hochschule, Fachhochschule Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth  
Ofener Str. 16/19, Oldenburg, Germany, Web: [www.hoertechnik-audiologie.de](http://www.hoertechnik-audiologie.de)*

<sup>1</sup> *Email: [sven.franz@fh-oow.de](mailto:sven.franz@fh-oow.de)*

## Zusammenfassung

Turbulente Luftströmungen an Hindernissen, wie Kopf und Ohrmuschel, können starke Windgeräusche bei Hörgeräten hervorrufen. Diese tieffrequenten, rauschhaften Geräusche können bei Hinter-dem-Ohr-Hörgeräten schon ab einer Windgeschwindigkeit von 5m/s bis zu 110dB SPL betragen [3]. Sie werden von den Hörgeräteträgern meist als störend empfunden und führen zu einer Maskierung des Nutzsignals.

Vorgestellt wird ein Windkompensationsalgorithmus, basierend auf der einkanaligen Tieftonreduktion und dem zweikanaligen Korrelationsdetektor zur Winddetektion und -reduktion. Als neues Verfahren wird die binaurale Kopplung mehrkanaliger Hörgeräte zur Kompensation der Windgeräusche verwendet. Der Algorithmus nutzt den Effekt, dass bei seitlich einfallenden Wind vornehmlich Windgeräusche auf dem abgewandten Ohr auftreten.

Die Evaluation der vorgestellten Windgeräusch-Algorithmen mittels MUSHRA-Test zeigt, dass die binaurale Windkompensation eine Verbesserung der Sprach- und Rauschqualität ermöglicht.

## Einleitung

Windgeräusche bei Hörgerätemikrofonen weisen einen rauschhaften Klang auf und besitzen ein tieffrequentes Spektrum. Das Spektrum ist meist flach bis 300 Hz und fällt mit -6 dB pro Oktave ab. Diese Eigenschaft wird z. B. bei der einkanaligen Tieftonreduktion [1] ausgenutzt. Als Indikator für Windgeräusche wird hier die Leistung in den tiefen Frequenzen betrachtet und bei hohen Anteilen die Verstärkung in den Tiefen abgesenkt.

Bei mehrkanaligen Systemen kann die Kohärenz der Eingangssignale als Indikator genutzt werden. Durch turbulente Luftströmungen sinkt die Kohärenz der Eingangssignale im Wind mit zunehmender Distanz der Mikrofone. Der zweikanalige Korrelationsdetektor [2] subtrahiert die laufzeitausgeglichenen Signale zur Ausbildung einer Richtcharakteristik und dämpft die Frequenzanteile mit geringer Kohärenz.

## Binaurale Windkompensation

Bei der binauralen Verschaltung von Hörgeräten lässt sich die Eigenschaft ausnutzen, dass bei seitlich einfallenden Wind, die Windgeräusche primär auf dem abgewandten Ohr auftreten. Hier sind Pegelunterschiede von mehr als 10 dB zwischen gegenüberliegenden Mikrofonen möglich [3].

Der in Abbildung 1 dargestellte Algorithmus detektiert Windgeräusche in jedem Hörgerät separat mittels dem Betragsquadrat der Kohärenz (MSC) im Frequenzbereich:

$$MSC(e^{i\Omega}) = \left| \frac{\phi_{nm}(e^{i\Omega})}{\sqrt{\phi_{nn}(e^{i\Omega})\phi_{mm}(e^{i\Omega})}} \right|^2 \in [0, 1],$$

mit der Kreuzleistungsdichte  $\phi_{nm}(e^{i\Omega})$  und den Autoleistungsdichten  $\phi_{nn}(e^{i\Omega})$ ,  $\phi_{mm}(e^{i\Omega})$  der Mikrofone  $n$  und  $m$ .

Die binaurale Windkompensation erfolgt durch das Ersetzen von gestörten Frequenzanteile eines Hörgerätes mit ungestörten Frequenzanteilen des kontralateralen Hörgerätes.

## Evaluation

Die Windgeräusch-Algorithmen wurden mit einer MUSHRA-Test [4] von 14 normalhörenden Probanden bewertet. Das Testmaterial wurde mit zwei *Siemens Triano 3*-Hörgerätedummies, mit jeweils 3 Mikrofoneingängen im Abstand von 7,2 mm, an einem Neumann-Kunstkopf aufgenommen. Die Mikrofonensignale einer Kopfseite wurden während der Aufnahme angepustet und anschließend das Gesamtsignal mit leichten Windgeräuschen überlagert.

In drei getrennten Messdurchläufen wurde das verarbeitete Testmaterial hinsichtlich der Qualität der Sprache, des Restrauschens und der Gesamtqualität bewertet. Als Referenzsignal diente ein windgeräuschfreies Sprachsignal, als Anker ein windgeräuschbehaftetes, tiefpassgefiltertes Sprachsignal.

Die Abbildungen 2(a) bis 2(c) zeigen die Ergebnisse als Boxplots. Für alle drei Bewertungskriterien wird die binaurale Windkompensation gegenüber den monauralen Algorithmen bevorzugt.

## Zusammenfassung und Ausblick

Es zeigt sich, dass die binaurale Windkompensation die Sprachqualität bei frontalen Sprecher und seitlichen Wind verbessern kann und eine akzeptable Reststörung aufweist. Aus der binauralen Kompensation kann eine Zerstörung des Stereo-Bildes für tieffrequente Signale resultieren. Allerdings ist fraglich, ob das Stereo-Bild bei starkem seitlichen Wind noch intakt ist. Hochfrequente Signalanteile bleiben vom Algorithmus unberührt, so dass hier binaurale Eigenschaften erhalten bleiben.

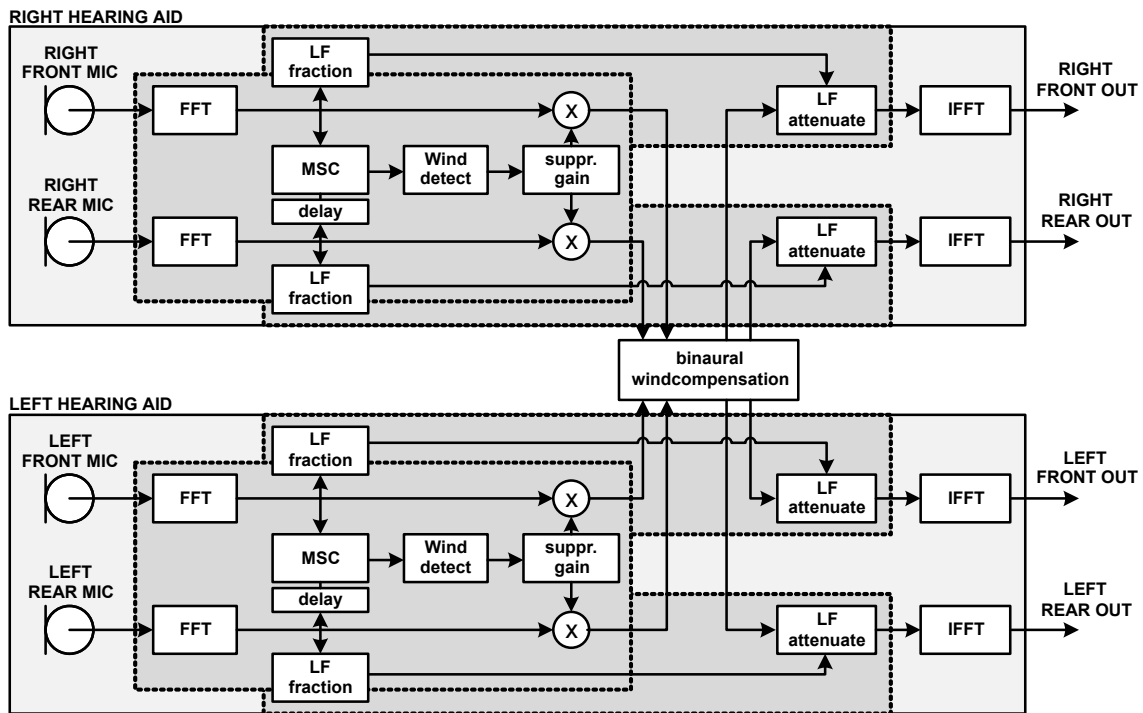


Abbildung 1: Blockschaltbild des implementierten Algorithmus: Windgeräuschkompensation mittels binaural verschalteter Hörgeräte unter Verwendung der einkanaligen Tieftonreduktion und dem zweikanalige Korrelationsdetektor.

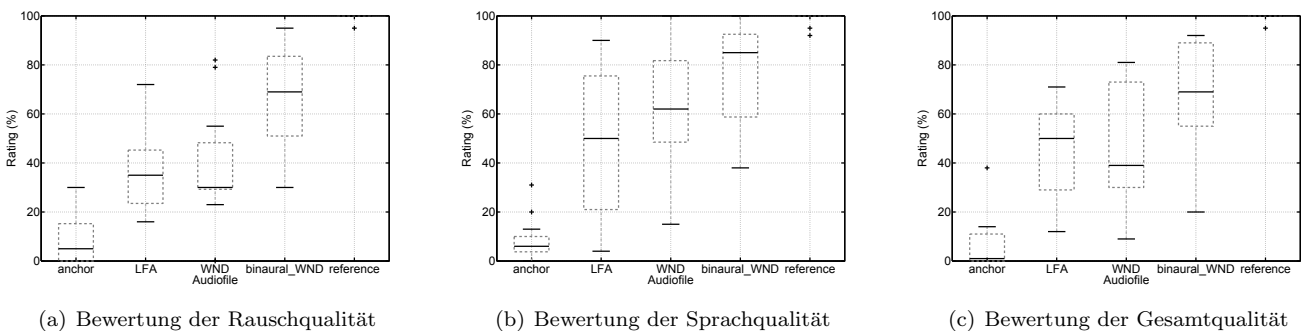


Abbildung 2: Ergebnisse der durchgeführten Mushra-Tests zur Evaluation der vorgestellten Windgeräusch-Algorithmien (1C LFR: einkanalige Tieftonreduktion, 2C CD: zweikanaliger Korrelationsdetektor, binaural WCA: binauraler Windkompensation)

Unter der Annahme von seitlichen Wind können nicht-lineare Verzerrungen, hervorgerufen durch übersteuerte Vorverstärker oder angeschlagene Mikrofonmembrane, durch die binaurale Windkompensation kompensiert werden. Bei frontaler Wind verhält sich der Algorithmus identisch zum zweikanaligen Korrelationsdetektor, eine Kompensation kann nicht erfolgen.

Eine Implementation als HörTech Master Hearing Aid-Plugin [5] ermöglicht weitere Evaluationen mit Aufnahmen im Windkanal und im freien Feld. Geplante Erweiterung des Algorithmus ist eine Quellenlokalisierung mit Laufzeitausgleich für die binaurale Kompensation.

### Anmerkung

Diese Arbeit wurde (teilweise) von Grant 01EZ0741 des deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziert. Die Ansichten und Schlussfolgerungen in diesem Dokument sind jedoch die der Autoren.

### Literatur

- [1] J. M. Kates: A hearing aid with suppression of wind noise. U.S. Patent Application No. 20070030989, issued February, 2007
- [2] G. Elko: Reducing noise in audio systems. U.S. Patent Application No. US 2003/0147538 A1. Published August, 2003
- [3] J. M. Kates: Digital hearing aids. PluralPublishing, 2008.
- [4] ITU: Recommendation BS.1534-1: Method for the subjective assessment of intermediate quality levels of coding systems. Januar 2003.
- [5] G. Grimm, T. Herzke, D. Berg, und V. Hohmann. The Master Hearing Aid - a PC-based platform for algorithm development and evaluation. Acta Acustica united with Acustica, 92:618-628, 2006.