

Einfluss des Otoplastikprofils auf den objektiven Okklusionseffekt

Matthias Blau¹, Tobias Sankowsky¹, Hannes Oberdanner², Alfred Stirnemann²

¹ FH OOW, Institut für Hörtechnik und Audiologie, D-26121 Oldenburg, Deutschland, Email: matthias.blau@fh-oldenburg.de

² Phonak AG, Laubisrütistr. 28, CH-8712 Stäfa, Schweiz, Email: hannes.oberdanner@phonak.ch

Einleitung

Okklusion, d.h. die Gesamtheit der durch das Verschließen des Gehörgangs durch eine Otoplastik verursachten (unangenehmen) Empfindungen, ist eine der häufigsten Beschwerden von Hörgeräteträgern. Die akustische Komponente dieser Empfindungen geht mit einem erhöhten Schalldruck im verschlossenen Gehörgang einher, dem objektiven Okklusionseffekt. Der Okklusionseffekt kann durch eine ausreichend große Belüftungsbohrung unterdrückt werden [1]. Alternativ stellt sich die Frage, ob ein ähnlicher Effekt auch durch eine besondere Formgebung der Otoplastik erzielt werden kann.

Geschlossene Otoplastiken

In einer ersten Untersuchungsreihe wurden ausschließlich geschlossene IdO-Otoplastiken untersucht. An den Experimenten nahmen 2 Gruppen von normalhörenden Versuchspersonen teil, eine in Stäfa ($N = 6$: 3 männlich, 3 weiblich, Alter 27-51 Jahre) und eine in Oldenburg ($N = 10$: 7 männlich, 3 weiblich, Alter 23-39 Jahre).

Für jeweils ein Ohr pro Versuchsperson wurden individuelle Otoplastiken gefertigt, die bis zum zweiten Gehörgangsknick, jedoch nicht bis in den knöchernen Teil des Gehörgangs hinein reichten. Durch Aufbringen von Wachs wurden pro Versuchsperson 5 verschiedene Oberflächenprofile erzeugt, die eine Abdichtung mit der Gehörgangswand an verschiedenen Stellen bewirken sollten: innen (1), außen (2), innen und außen (3), mittig (4) sowie über die gesamte Otoplastik (5), siehe Abb. 1.



Abbildung 1: Oberflächenprofile der in dieser Studie verwendeten Otoplastiken. Durch das Aufbringen von Wachs an den skizzierten Stellen sollten Abdichtungen zur Gehörgangswand an unterschiedlichen Stellen erzielt werden.

Der objektive Okklusionseffekt wurde über eine Messung der Übertragungsfunktion des Schalldrucks im verschlossenen Gehörgang, bezogen auf den Schalldruck an der Außenseite der Otoplastik (zeitgleich mit 2 Sondenmikrofonen mit 0.6 mm Silikonschlauch gemessen) bestimmt, während die Versuchsperson einen Vokal intonierte. Dabei wird angenommen, dass der Schalldruck vor der Außenseite der Otoplastik dem Schalldruck entspricht, der im unverschlossenen Ohr generiert würde, was für die betrachteten Frequenzen (80 Hz ... 540 Hz) nicht unvernünftig ist.

Die Versuchsperson wurde gebeten, einen Vokal (/a:/, /e:/, /i:/, /o:/, /u:/ bzw. den Nasal /m:/) als kontinuierlichen Sweep zu singen. Während die Versuchsperson intonierte, wurden die Mikrofonsignale auf einem Laptop-Computer für die spätere Auswertung aufgezeichnet (Ab-

tastrate 20480 Hz). Aus den gespeicherten Daten wurden zunächst Übertragungs- und Kohärenzfunktionen mit 20 Hz Frequenzauflösung berechnet, aus denen dann der objektive Okklusionseffekt in drei 160 Hz breiten Frequenzbändern (Mittelfrequenzen 160 Hz, 320 Hz und 480 Hz) über eine Mittelung derjenigen Frequenzkomponenten der Übertragungsfunktionen gebildet wurde, bei denen die Kohärenz mindestens 0.707 betrug.

Die so berechneten objektiven Okklusionseffekte weisen eine hohe interindividuelle Streuung (über einen Großteil des betrachteten Dynamikbereichs von $-10 \dots 30$ dB) sowie einen fallenden Trend mit steigender Mittelfrequenz auf.

Zur statistischen Analyse wurde zunächst in einer Varianzanalyse mit Messwiederholungen (bei jeder Versuchsperson wurden alle Kombinationen von Otoplastik und Laut gemessen) für jede der drei Mittelfrequenzen die Signifikanz der Faktoren Otoplastik (1,2,3,4,5), intonierter Laut (/a:/, /e:/, /i:/, /o:/, /u:/, /m:/), Geschlecht (m/w) und Gruppe (OL/Stäfa) untersucht, mit dem Ergebnis, dass mit Ausnahme der Gruppe alle Faktoren signifikant ($p < 0.05$) sind. Eine zusätzlich beobachtete schwach signifikante Interaktion zwischen Gruppe und intoniertem Laut bei 480 Hz geht darauf zurück, dass /u:/ in Stäfa zu einem niedrigeren Okklusionseffekt geführt hat als in Oldenburg. Sie wird in der weiteren Analyse vernachlässigt.

In einem weiteren Schritt wurden die Effekte der einzelnen Faktoren anhand eines linearen Modells mit gemischten Effekten¹ [2] und sog. Dummy-Codierung [3], d.h. Bezug auf eine Referenzkombination (hier: Laut /i:/, männlich, Otoplastik 5), bestimmt, siehe Abb. 2. Es zeigt sich, dass die Otoplastikform einen geringen, aber signifikanten Einfluss auf den objektiven Okklusionseffekt besitzt: gegenüber der Referenz-Otoplastik (5, ganzflächiges Profil) erzeugen die Otoplastiken mit äußerer (2) bzw. mittlerer (4) Abdichtung signifikant mehr Okklusion, die Otoplastik mit der inneren Abdichtung (1) dagegen weniger (nur bei 480 Hz signifikant). Außerdem haben weibliche Versuchspersonen eine signifikant geringere Okklusion als männliche, wobei dieser Effekt mit einer relativ großen Streuung behaftet ist.

Belüftete Otoplastiken

In der zweiten Untersuchungsreihe wurden geschlossene und belüftete IdO-Otoplastiken untersucht. Dazu wurden von den Otoplastiken 1, 2 und 5 aus der ersten Versuchsreihe jeweils zwei weitere mit Belüftungsbohrungen (1.35 mm, 2.3 mm) angefertigt.

An den Experimenten nahmen $N = 10$ normalhörende

¹Fixe Effekte für Otoplastik, Laut und Geschlecht, zufällige Effekte für Versuchspersonen und die Interaktion zwischen Versuchsperson und Otoplastik, unterschiedliche Varianz der Residuen männlicher und weiblicher Versuchspersonen. Modellauswahl aufgrund von Likelihood-Tests.

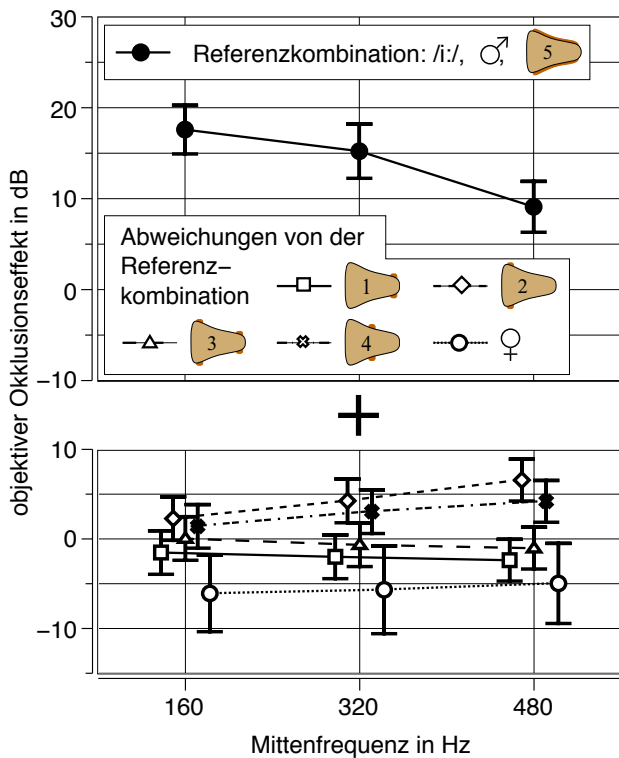


Abbildung 2: Effekte im linearen Modell des objektiven Okklusionseffekts bei geschlossenen Otoplastiken. **Oben:** Mittelwert und 95%-VB des Okklusionseffekts für die Referenzkombination. **Unten:** Effekt von Abweichungen (Mittelwerte und 95%-VB) von der Referenzkombination. Der signifikante Einfluss von anderen Lauten als /i:/ (die weniger Okklusion erzeugen) wurde hier aus Übersichtsgründen nicht dargestellt.

Versuchspersonen (7 männlich, 3 weiblich, Alter 23–39 Jahre) in Oldenburg teil, die intonierten Laute wurden auf /i:/, /m:/, /u:/ reduziert. Ansonsten blieben Ablauf und Auswertung gegenüber der ersten Versuchsreihe unverändert.

Die Varianzanalyse mit Messwiederholungen zeigt die Otoplastik (1,2,5), den intonierten Laut (/i:/, /m:/, /u:/), die Größe der Belüftungsbohrung (0, 1.35, 2.3) sowie die Interaktion zwischen Otoplastik und Größe der Belüftungsbohrung als signifikante ($p < 0.05$) Effekte an. Zusätzlich gibt es eine signifikante Interaktion zwischen intoniertem Laut und der Größe der Belüftungsbohrung, die jedoch auf die Kombination von /u:/ mit 2.3 mm Belüftungsbohrung beschränkt ist.

In Abb. 2 sind die Effekte des linearen Modells mit gemischten Effekten² für eine ausgewählte Referenzkombination (/i:/, Otoplastik 2 mit 1.35 mm Belüftungsbohrung) gezeigt. Alle Otoplastiken erzeugen demnach signifikant weniger Okklusion als die Referenzotoplastik (2). Weiterhin lässt sich abschätzen, dass z.B. durch die Verwendung von Otoplastik 1 anstelle von 2 auf die Belüftungsbohrung verzichtet werden könnte.

Wie bei den geschlossenen Otoplastiken, so hat also auch bei einer Blüftungsbohrung von 1.35 mm Durchmesser

²Fixe Effekte für Otoplastik, Laut, Belüftung, Interaktion zwischen Otoplastik und Belüftung, zufällige Effekte für Versuchspersonen und die Interaktionen zwischen Versuchsperson und Belüftung, Versuchsperson und Otoplastik sowie Versuchsperson und Belüftung und Otoplastik. Modellauswahl aufgrund von Likelihood-Tests.

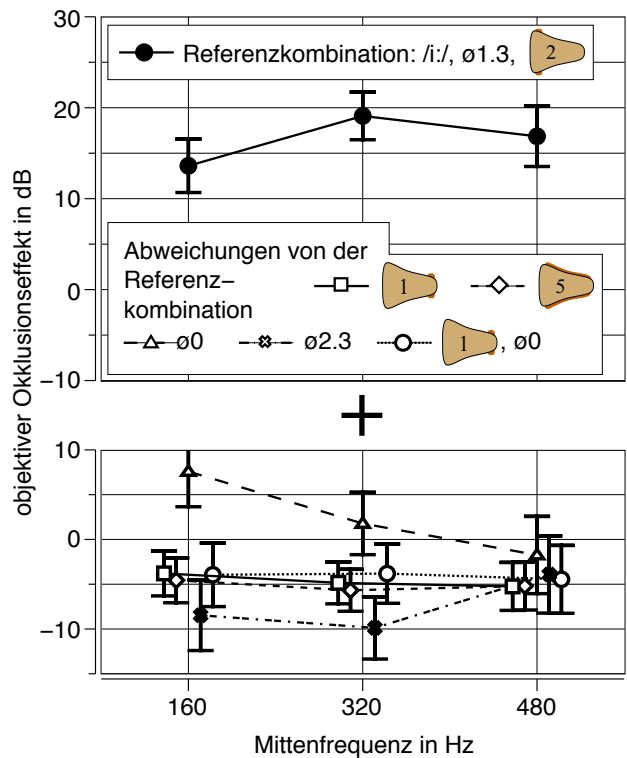


Abbildung 3: Effekte im linearen Modell des objektiven Okklusionseffekts bei belüfteten Otoplastiken. Siehe Abb. 2.

das Oberflächenprofil der Otoplastik einen signifikanten Einfluss auf den objektiven Okklusionseffekt. Bei einem Durchmesser der Belüftungsbohrung von 2.3 mm trifft dies nicht mehr zu (hier nicht illustriert).

Fazit und Ausblick

Das Oberflächenprofil hat bei Otoplastiken mit nicht allzu großer Belüftungsbohrung einen signifikanten Einfluss auf den objektiven Okklusionseffekt. Dieses Ergebnis kann auch bei der subjektiven Beurteilung von Lautheit und Unangenehmheit der eigenen Stimme durch Normalhörende im Hörversuch nachgewiesen werden (hier nicht gezeigt).

Weitere Arbeiten sollten darauf abzielen, die Gültigkeit dieser Behauptung für die Situation mit eingeschalteter Verstärkung objektiv und subjektiv zu überprüfen.

Otoplastiken mit innerer Abdichtung könnten dann in rückkopplungskritischen Situation anstelle einer Vergrößerung der Belüftungsbohrung eingesetzt werden.

Außerdem erscheint es wichtig, einen Prädiktor zur Erklärung (und Reduzierung) der großen interindividuellen Streuung der gemessenen Okklusionseffekte zu finden.

Literatur

- [1] Hansen, M.O.: Occlusion Effects. Dissertation, Technical University of Denmark, 1998.
- [2] Pinheiro, J.C. und Bates, D.M.: Mixed-Effects Models in S and S-PLUS. Springer, 2000.
- [3] Sachs, L. und Hedderich, J.: Angewandte Statistik. Springer, 2006.