

# Akustische Untersuchung von Elektrogeräten

Gerhard Krump

Technische Hochschule Deggendorf, 94469 Deggendorf, E-Mail: gerhard.krump@th-deg.de

## Einleitung

Elektrogeräte werden in vielfachen Anwendungen in Haushalt und Garten eingesetzt. Während ihre Funktionalität, Handhabung und ihr optisches Design in vielen Fällen bereits optimiert ist, werden akustische Eigenschaften wie Lautheit und Klangeindruck, also Verbesserungsmöglichkeiten im Sounddesign noch immer stark vernachlässigt. Es wurden daher zahlreiche Elektrogeräte unterschiedlicher Anwendungsgebiete akustisch vermessen und für verschiedene Abstände akustische Datenblätter mit Angaben über Gesamtpegel, Terzpegel, gemessene Lautheit, Rauigkeit, Schärfe sowie spektrale Zusammensetzung angefertigt. In Hörversuchen mit semantischen Differentials wurde eine subjektive Beurteilung der Geräte hinsichtlich Lautheit, Rauigkeit, Schärfe, Lästigkeit, Qualität, Komforteindruck und Wertigkeit durchgeführt. Es wurde untersucht, ob Preis und Herstellungsdatum mit den akustischen Eigenschaften der Geräte korrelieren und neuere bzw. teurere Geräte Verbesserungen in Lautheit und Sounddesign zeigen.

## Akustische Datenblätter

Um mit der Zeitkonstante „fast“ bewertete Pegel, mit 50 % überlappenden Hanning-Fenstern berechnete Spektren und psychoakustische Größen übersichtlich darzustellen, wurden einheitliche Datenblätter gemäß Abbildung 1 angefertigt. Untersucht wurden Haushaltsgeräte wie Zahnbürsten, Rührgeräte, Staubsauger, Föhne, Akkuschauber, Schleifmaschinen, Waschmaschinen, Rasierer, Epilierer, Ventilatoren,

Kaffeemaschinen, Laptops und Drucker. Für eine realitätsnahe Geräuschabbildung wurden die Messungen im geräte-spezifischen Arbeitsabstand und üblicher Arbeitshaltung mit dem Gerät in der Hand und Mikrofon in Ohrposition in einem Raum mit niedriger Nachhallzeit, aber zum Vergleich auch in 1 m Mikrofonabstand zur Geräteoberfläche durchgeführt. Beim Staubsauger befand sich das Mikrofon in 160 cm Höhe zwischen der 60 cm entfernten Düse und der 130 cm entfernten Vorderkante des Gerätes. Zudem wurden typischen Daten wie Baujahr, elektrische Leistung und Preis erfasst. Gemessen wurde mit einem kalibrierten Schallpegelmesser NTi XL2 mit Klasse 1-Mikrofon (Kugelcharakteristik), psychoakustische Größen wurden mit ArtemiS berechnet.

## Hörversuche

Für subjektive Aussagen wurden einige nach Jahreszahl und Preis ausgewählte Geräte mit Hilfe des semantischen Differentials auf einer Linienlänge von 10 cm hinsichtlich 14 verschiedener Kriterien beurteilt. Hierzu wurden die 10 Sekunden langen Geräusche binaural in einer schallgedämmten Kabine mit einem freifeldentzerrten Kopfhörer DT48 pegelrichtig dargeboten. Die neun männlichen Versuchspersonen im Alter von 21 bis 29 Jahren konnten ihren subjektiven Eindruck über die einzelnen Bewertungskriterien durch Markierung an jedem Punkt der von 0 bis 10 äquidistant unterteilten Linie festlegen. Die Signale konnten von der Testperson beliebig oft wiederholt werden. Ausgewertet wurden die Zentralwerte der neun Angaben pro Beurteilungskriterium. Vor der Versuchsdurchführung hatten die Personen einen Fragebogen über die eigene Nutzung der getesteten Geräte auszufüllen und eine Vorabschätzung hinsichtlich erwarteter Lästigkeit, Wertigkeit, Rauigkeit, Lautheit und Schärfe der verschiedenen Gerätearten abzugeben. Es wurden in jeder Kategorie nur wenige Geräte ausgewählt, so dass die Ergebnisse nur mögliche Tendenzen, aber keine vollständig repräsentative Resultate darstellen.

## Ergebnisse

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Zentralwerte der subjektiven Beurteilungen von fünf Gerätearten und die Zentralwerte der Prognosen der Versuchspersonen vor dem Test in Form schwarzer Dreiecke. Niedrige Zahlenwerte an der linken Seite bedeuten eher ungünstige Adjektiveigenschaften, so dass eine mehr rechts liegende Kurve eine bessere Beurteilung der akustischen Eigenschaften des Gerätes darstellt. Zusätzlich sind in der Tabelle wesentliche Daten wie Baujahr, Preis, Leistung, Pegel, gemessener Lautheit, Rauigkeit und Schärfe nach Produktionsjahr geordnet dargestellt. Die teuersten Geräte sind mit roter, die billigsten mit grüner Hintergrundfarbe gekennzeichnet. Zudem sind die für die Aufnahme des Geräusches verwendeten Mikrofonabstände zur Geräteoberfläche angegeben.

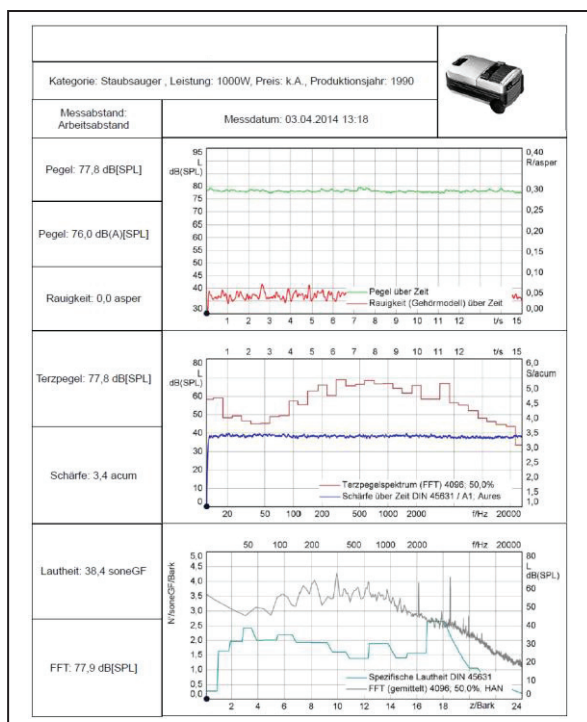


Abbildung 1: Datenblattangaben am Beispiel eines Staubsaugers.

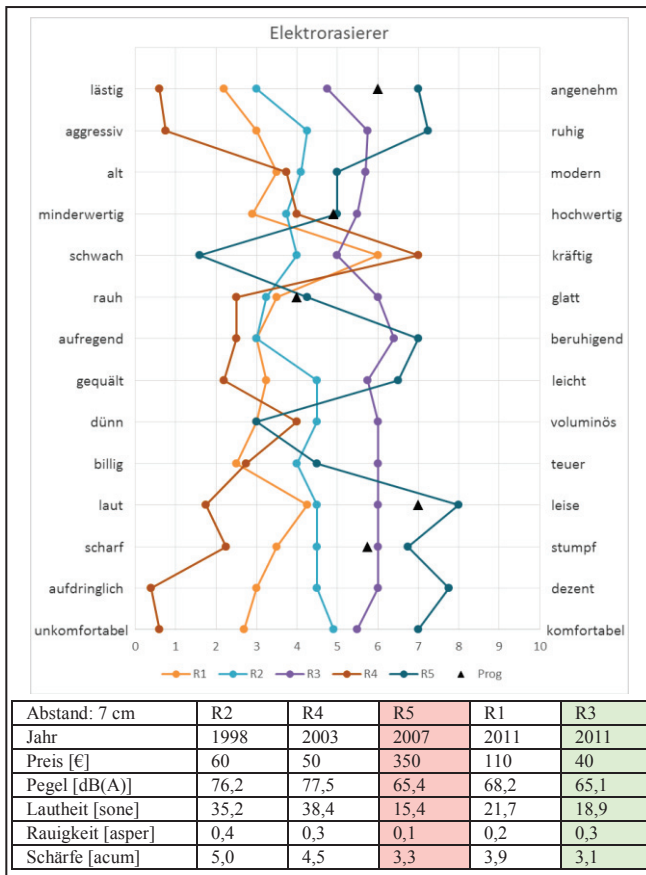


Abbildung 2: Beurteilungsergebnisse für Elektrorasierer, schwarzes Dreieck: Prognosen vor dem Test.

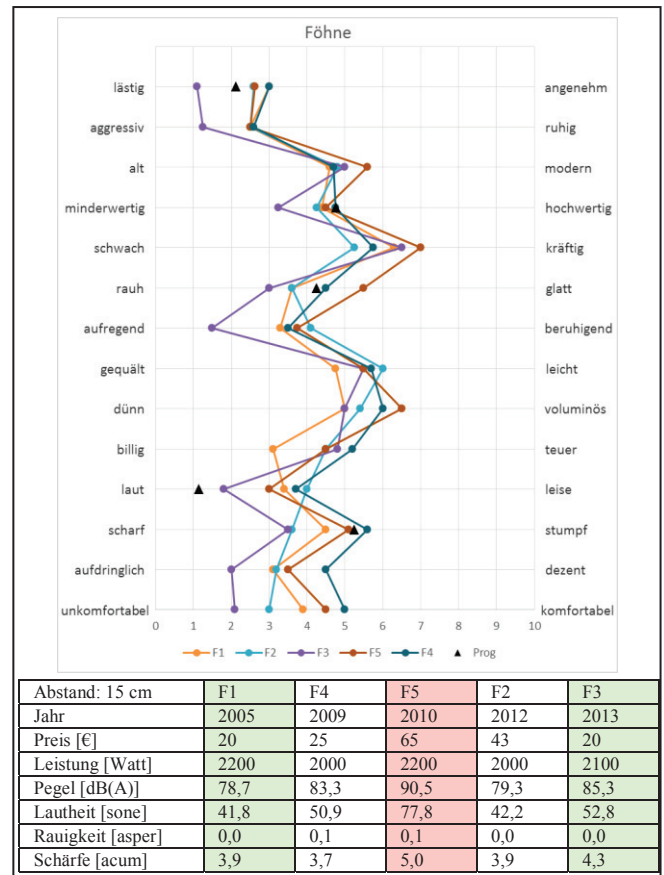


Abbildung 4: Beurteilungsergebnisse für Föhne, schwarzes Dreieck: Prognosen vor dem Test.

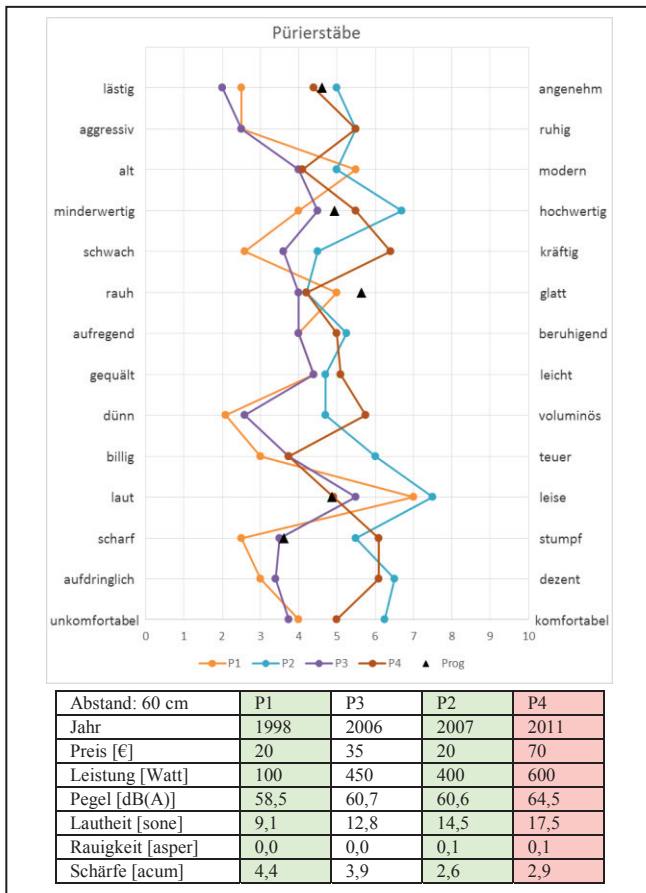


Abbildung 3: Beurteilungsergebnisse für Pürierstäbe, schwarzes Dreieck: Prognosen vor dem Test.

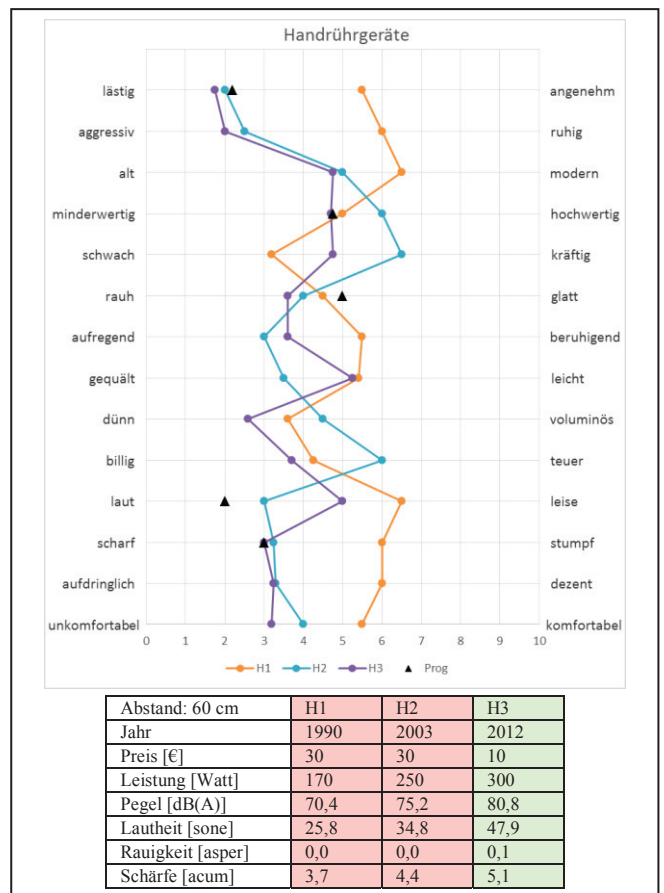


Abbildung 5: Beurteilungsergebnisse für Handrührgeräte, schwarzes Dreieck: Prognosen vor dem Test.

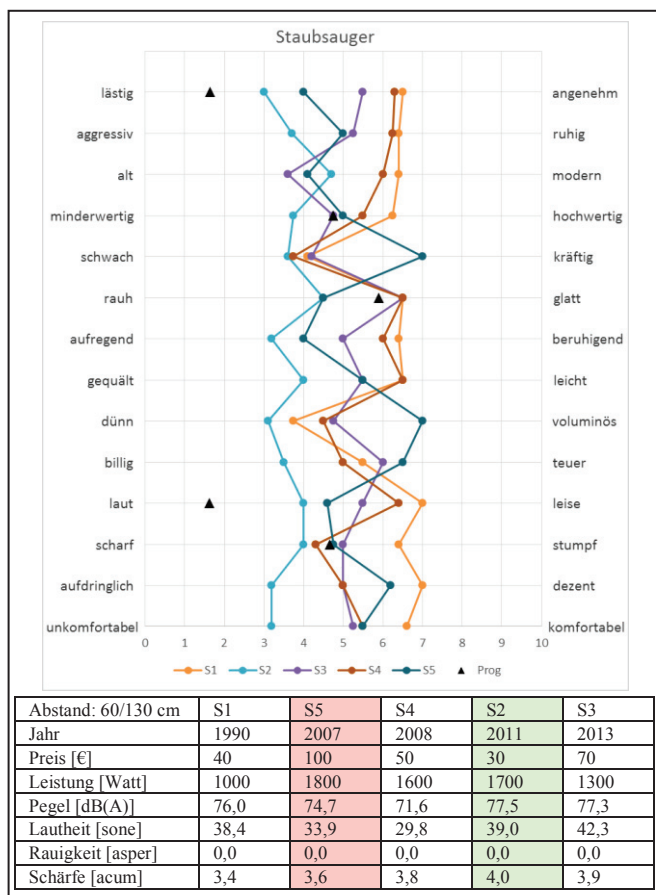


Abbildung 6: Beurteilungsergebnisse für Staubsauger, schwarzes Dreieck: Prognosen vor dem Test.

Die Vorabschätzungen der Versuchspersonen für **Elektrorasierer** tendieren gemäß Abbildung 2 zu ein wenig angenehm, rau und leise. Die Beurteilungen hingegen sind teilweise linkslastig und neigen zu negativen Eigenschaften. Im Vergleich zum älteren Produkt R2 können neuere Geräte wie R1 schlechter, aber wie R3 auch besser sein. Auffällig ist, dass R3 in fast allen Kategorien das gleichalte R1 übertrifft und um Faktor 2,75 preisgünstiger ist. Das teuerste Gerät R5 stellt das einzige beurteilte Gerät mit rotierenden Scherköpfen, von denen es aber auch preisgünstige Geräte gibt, dar und wird in acht Kategorien besser beurteilt. Nur wenn es um Kraft und Volumen geht, schneidet es schlechter ab als R3, weil R5 wesentlich weniger tieffrequente Anteile um 100 Hz besitzt. Dieser starke tieffrequente Anteil und Harmonische davon, insbesondere die zweite Harmonische, sind vermutlich auch die Ursache für die Beurteilung „kräftig“ bei R1 und R4, welche ansonsten ziemlich negativ eingestuft werden. Die Schärfe ist mittlerweile bei rotierenden Schersystemen nicht mehr höher als bei schwingenden Schersystemen, welche sich meist immer noch wegen deutlicher Frequenzanteile um 100 Hz durch eine höhere Rauigkeit auszeichnen. Neuere Geräte sind tendenziell leiser, was durch eine geringere Spezifische Lautheit bei 12 bis 20 Bark erreicht wird. Die Leistung ist bei Elektrorasierern vernachlässigbar.

Die Prognosen für **Pürierstäbe** entsprechen den Ergebnissen. In Abbildung 3 liegen viele Beurteilungen um den mittleren Wert 5 und die Geräte unterscheiden sich nur geringfügig. Elektrische Leistung und Lautheit nehmen mit dem

Baujahr zu. Neuere Geräte schneiden abgesehen vom Lautheitseindruck etwas besser ab als ältere Geräte. Das teuerste Gerät P4 ist hinsichtlich der akustischen Beurteilungen nicht besser als der preisgünstige Pürierstab P2, der sogar teuer, leise komfortabel und hochwertig eingestuft wird. P2 und P4 klingen wenig scharf und damit angenehmer als die anderen und werden wegen tieffrequenter Anteile bei 250 Hz als kräftig bezeichnet.

Vorabschätzungen stufen **Föhne** als sehr lästig und sogar lauter ein als die Beurteilungen in Abbildung 4 ergeben. Die Geräte unterscheiden sich akustisch wenig, besitzen aber in 15 cm Abstand bereits sehr hohe Pegel mit bis zu 90 dB(A) bei F5. Das neueste, aber auch preiswerte Gerät F3 besitzt schlechte Messwerte und klingt sehr lästig, aggressiv, aufregend, laut, aufdringlich und unkomfortabel, was wohl auf eine tonale Komponente und hohe Spezifische Lautheit bei 12 Bark zurückzuführen ist. Der Föhn F2 in mittlerer Preislage mit Baujahr 2012 ist zwar etwas besser, wird aber vom älteren F5 in vielen Kategorien übertroffen. F1 ist bei höchster Leistung das älteste, preisgünstigste und messtechnisch leiseste Modell in der Auswahl, klingt aber auch billig. Der betagte Föhn F4 schneidet noch relativ gut ab. Tendenziell werden in der vorliegenden Auswahl an Haartrocknern Geräte mit jüngerem Baujahr schlechter beurteilt, obwohl deren Leistung mit älteren Modellen vergleichbar ist. Das teuerste Gerät F5 wird besser beurteilt als die preisgünstigsten F1 und F3, ist aber kaum besser als das wesentlich günstigere und nur ein Jahr ältere F4. F5 hat nur den Vorteil, dass es einen hohen tieffrequenten Anteil bis 800 Hz und wenig tonale Komponenten besitzt, so dass es kräftig und voluminös eingeschätzt wird. Gute akustische Beurteilungswerte werden bei Föhnen nicht erreicht, so dass hier sicher noch Verbesserungspotential auch in Hinblick auf den berufsmäßigen Gebrauch in Friseurgeschäften enthalten ist.

**Handrührgeräte** werden ebenfalls lauter eingeschätzt als sie gemäß den Beurteilungen in Abbildung 5 sind. Das alte Gerät H1 hat die besten Werte, aber auch die geringste Leistung und wird diesbezüglich als schwach eingestuft. Standardleistungen liegen mittlerweile über 250 Watt, entsprechend nimmt die Lautheit zu. H2 und H3 klingen mit ihrer höheren Leistung zwar kräftiger, werden infolge hoher Spezifischer Lautheiten zwischen 14 und 18 Bark jedoch als lästig, aggressiv, scharf, aufdringlich und unkomfortabel eingestuft. Das Gerät H3 ist am preisgünstigsten und klingt auch am billigsten. Das Sounddesign der getesteten Geräte hat sich somit im Laufe der Jahre nicht verbessert.

**Staubsauger** werden vorab wesentlich lästiger und lauter eingestuft als die detaillierten Bewertungen im Hörversuch widerspiegeln. Die Leistungen bei diesen Geräten schwanken stark und das teuerste Gerät S5 mit der höchsten elektrischen Leistung wird auch mit Abstand als kräftig und voluminös eingestuft. Das älteste Gerät S1 mit nur 1000 Watt hat in diesen Kategorien dementsprechend niedrige Werte, in den anderen Kategorien jedoch durchwegs die besten Bewertungen. Mit 24 Jahren wird es als akustisch modernster und hochwertigster Staubsauger bewertet. Der relativ neue, aber preisgünstige Staubsauger S2 wird in allen Kategorien auffallend schlecht beurteilt, er besitzt auch messtechnisch den höchsten Pegel und die höchste Schärfe. Das Gerät S3,

teurer und etwas jünger, schneidet im Vergleich dazu fast immer besser ab, kann aber mit dem alten Gerät S1 nicht mithalten und weist ebenfalls hohe Pegel-, Lautheits- und Schärfewerte auf. Jüngere Staubsauger werden somit im Sounddesign schlechter beurteilt. Ein hoher Preis ist keine Gewähr für gute Akustik.

## Zusammenfassung

Von verschiedenen haushaltstypischen Elektrogeräten wurden akustische Messungen im Arbeitsabstand durchgeführt und Datenblätter mit den wesentlichen Eigenschaften erstellt. Geräuschaufnahmen von fünf Gerätearten wurden hinsichtlich 14 Bewertungskriterien auf einer zehnteiligen Linienlänge mit Angaben zwischen 0,5 bis 8 beurteilt, so dass die Bewertungsskala gut ausgenutzt wurde.

Jüngere Elektrorasierer können im Sounddesign verbessert sein und ihre Lautheit ist in der Regel niedriger als bei alten Geräten. Die akustische Qualität hängt nicht vom Preis ab. Dominante Eigenschaften sind nach wie vor Rauigkeit und Schärfe. Neuere Pürierstäbe weisen hingegen wegen ihrer höheren elektrischen Leistung auch höhere Pegel und Lautheiten auf. Auch hier können preisgünstigere Geräte eine bessere Akustik besitzen. Föhne klingen lästig, aggressiv, teilweise scharf und aufdringlich. Der Trend geht trotz ähnlicher Leistung zu Geräten mit hohen Pegelwerten. Ein höherer Preis beinhaltet kein besseres Sounddesign. Bei Handrührgeräten hatte das ältere Modell eine bessere Akustik, höhere Leistungen erzeugen unangenehme Lautheiten. Auch bei Staubsaugern lieferte das ältere Gerät den besseren Klangeindruck. Der preisgünstigste und jüngste Staubsauger schnitt relativ schlecht ab. Ein höherer Preis kann sich in höherer Leistung und damit kraftvollerem Klang ausdrücken, was aber durch tonale Komponenten dennoch zu einem unkomfortablen Klangeindruck führen kann.

Alle untersuchten Geräte haben noch viel Spielraum zu Verbesserungen, da höhere Bewertungsstufen über 7 nur sehr selten erreicht wurden. Einzelne, auch preisgünstige Geräte zeigen durchaus, dass spürbare akustische Verbesserungen in allen Bewertungskriterien möglich sind.

Eine gute Funktionalität und ansprechendes Design haben in der Produktentwicklung sicher eine höhere Priorität und bestimmen zum Großteil den Preis, ein gutes Sounddesign bietet jedoch zusätzliche Wettbewerbsvorteile und sollte bei modernen Geräten auch vorhanden sein. Einige Beispiele beweisen, dass es möglich ist.

Der Autor dankt Herrn Stefan Mayer für die umfangreichen Messungen und die aufwändigen Hörversuche im Rahmen seiner Bachelorarbeit. Weiterhin haben in zwei Studienarbeiten dankenswerterweise Sarah Müller, Melissa Schmaderer, Melanie Spranger und Lisa Weglehner sowie Lisa Altendorfer, Maria Buchner, Jakob Rohr und Alexander Müller zahlreiche Messungen durchgeführt.