ANC-Kopfhörer und Headsets zur Unterdrückung von Sprachgeräuschen bei der Büroarbeit

Georg Brockt

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), 44149 Dortmund,
E-Mail: brockt.georg@baua.bund.de

Einleitung

Die Zahl der Büroarbeitsplätze in Deutschland liegt in der Größenordnung von 15 Mio. Der Trend zur Einrichtung von Mehrpersonenbüros ist anhaltend zu verzeichnen, während gleichzeitig die Belastung durch Lärm mit Schallpegeln deutlich unterhalb gehörschädigender Werte, als häufiger Stressor bei der Büroarbeit erkannt wurde. Ein wesentlicher Aspekt der Schallbelastung ist neben belästigenden Hintergrundgeräuschen die Verständlichkeit unerwünschter Sprache aus der Umgebung des Arbeitsplatzes. Mehrpersonen- und Großraumbüros haben sich daher akustisch als problematisch für konzentriertes Arbeiten erwiesen. Kollektive Maßnahmen, wie z. B. raumakustische oder organisatorische Lösungen, sind je nach Rahmenbedingungen z. T. nur begrenzt umsetzbar und dann in ihrer Wirksamkeit nicht immer ausreichend.
In der Praxis suchen daher Beschäftigte als letzten Ausweg häufig persönlichen Schutz vor belästigenden oder informationshaltigen Geräuschen durch eine individuelle Abschottung mittels Kopfhörer. Dabei kommen bei den Beschäftigten überwiegend die ohnehin vorhandenen und gewohnten Kopfhörer aus dem Verbraucherbereich zum Einsatz. Diese verfügen in zunehmendem Maße über eine aktive Geräuschunterdrückung (*Active Noise Control*, ANC), um unerwünschte Nebengeräusche zu verringern. Daneben werden für den professionellen Bereich, z. B. in Callcentern, auch Headsets mit ANC angeboten, um akustisch ungeeignete Arbeitsbedingungen der Beschäftigten durch diese persönliche Schutzmaßnahme zu verbessern.

In diesem Beitrag wird die Eignung von Kopfhörern mit aktiver Geräuschunterdrückung einschließlich ihrer passiven Dämmung zur Unterdrückung von Umgebungsgeräuschen, z. B. bei der Büroarbeit, untersucht. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Beurteilung der Verständlichkeit der übertragenen unerwünschten Sprache aus der Arbeitsumgebung.

Methodik

Der Fragestellung wurde mittels objektiver Messungen nachgegangen, die auf der Messung von Schalldruckpegeln unterhalb der Kopfhörer an einem Kunstkopf in einem definierten äußeren Schallfeld beruhen. Zum einen wurden die schalldämmenden Eigenschaften der Kopfhörer bestimmt, zum anderen wurden ihre Übertragungseigenschaften für Sprachsignale mittels Messung des Sprachübertragungsindex (STI) untersucht. Diese akustischen Eigenschaften der Kopfhörer wurden bei passiver Dämpfung und bei Nutzung der ANC-Funktionen ermittelt.

Die Messungen erfolgten im allseits absorbierenden Messraum an einem Kunstkopf in der Mitte einer kreisförmigen Anordnung mit vier Lautsprechern entsprechend der Norm ETSI 202 396-1 [1]. Bei inkohärenter Ansteuerung der Lautsprecher ergibt sich am Kunstkopf ein diffuses Schallfeld, das die Anforderungen zur Gehörschutzmessung erfüllt [2].

Die Messungen der Schalldämmung des Kopfhörers wurden nach DIN EN ISO 4869-3:2007 durchgeführt und basieren auf der Differenz zwischen dem Schallpegel unter dem Kopfhörer und dem Schallpegel bei offenem Gehörgang. Als Prüfsignal wurde Rosa Rauschen mit 66 dB verwendet und die Schalldämmung in Terzbändern ermittelt. Die Messungen wurden für jeden Kopfhörer zehnmal nach erneutem Aufsetzen wiederholt und für die rechte und linke Seite gemittelt.

Der STI wurde nach dem STIPA-Verfahren gemessen, bei dem in den Oktaven von 125 Hz bis 4 kHz der Modulationsübertragungsverlust jeweils für zwei Modulationsfrequenzen ausgewertet wird [3]. Der Schallpegel des STI-Prüfsignals wurde mit einem äquivalenten Dauerschallpegel von 60 dB(A) am Messpunkt eingestellt, entsprechend der typischen Immission durch eine Stimme in 1m Entfernung [4]. Die Beschallung durch das Prüfsignal erfolgte mit einem weiteren Lautsprecher frontal unter Freifeldbedingungen.

Messobjekte waren handelsübliche ohrumschließende Kopfhörer in geschlossener Bauweise, die z. T. auch in Verbindung mit Mikrofonen als Headset angeboten werden. Die meisten Modelle weisen zwei unterschiedliche ANC-Einstellungen auf, die nach Bedienungsanleitung z. T. für unterschiedliche Umgebungen empfohlen werden oder sich in der Stärke der aktiven Geräuschunterdrückung unterscheiden. Für die STI Messungen wurde jeweils die Einstellung gewählt, die bei der Dämmungsmessung die stärkste Geräuschunterdrückung ergab. Ergänzend wurde zum Vergleich ein Kapselgehörschutz betrachtet. Da es sich zunächst um prinzipielle Untersuchungen an einer kleinen Stichprobe handelt, werden anonymisierte Bezeichnungen für die Produkte verwendet.

Ergebnisse

Schalldämmung

Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt die frequenzabhängige Dämmung der Kopfhörer bei abgeschalteter ANC-Funktion. Diese passive Dämmung ist bei niedrigen Frequenzen vernachlässigbar, beginnt typischerweise oberhalb von 400 Hz und vergrößert sich mit einem gleichförmigen Verlauf zu hohen Frequenzen hin bis etwa -35 dB ab 5 kHz. Die Zunahme der Dämmung mit der Frequenz beträgt ca. 10 dB pro Oktave.

Es fällt auf, dass im Frequenzbereich 100-300 Hz die Dämmung oberhalb von 0 dB bis max. 5 dB liegt. Resonanzen des eingeschlossenen Luftvolumens in geschlossenen Kopfhörer bzw. des Kunstkopf-Gehörgangs verursachen hier offenbar eine Verstärkung dieser Frequenzen. Ein Modell zur Beschreibung dieses Effekts bei ohrumschließenden Gehörschützern wurde analytisch beschrieben und experimentell bestätigt [5].

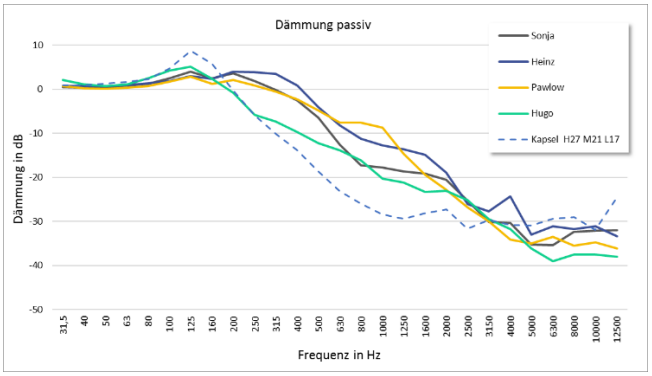


Abbildung 1: Schalldämmung im passiven Betrieb bei stationärem Geräusch.

Bei eingeschaltetem ANC System zeigen die Kopfhörer generell eine deutliche Zunahme der Dämmung im Frequenzbereich unterhalb von 500 Hz um 15-25 dB, s. Abbildung 2. Dies führt gegenüber der rein passiven Dämmung insgesamt zu einer flacheren Dämmcharakteristik im Frequenzbereich von 80-2000 Hz. Die betrachteten Modelle unterscheiden sich hier jedoch deutlich in ihrem jeweiligen Frequenzverlauf. Die Exemplare Hugo und Sonja zeigen unterhalb von 1 kHz die stärksten Dämmwerte von bis zu 28 dB und weisen bei den Frequenzen von 300 Hz bzw. 500 Hz eine Senke auf, während die Modelle Heinz und Pawlow unterhalb von 1 kHz einen flachen Frequenzverlauf zeigen, allerdings bei deutlich schwächeren Dämmwerten von 10-15 dB.

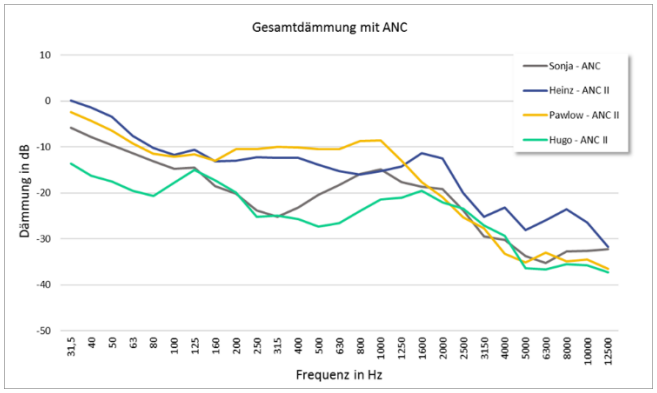


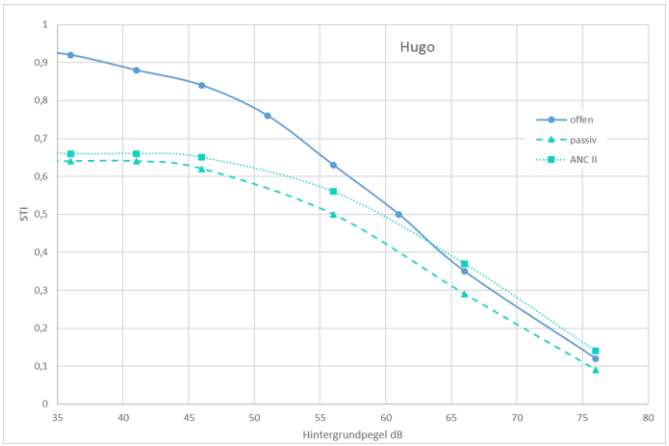
Abbildung 2: Gesamtdämmung der Kopfhörer bei jeweils stärkster ANC-Einstellung.

Weiterhin weisen alle Modelle im Frequenzbereich 1 kHz bis 2,5 kHz bei Aktivierung des ANC im Vergleich zur rein passiven Dämmung eine um wenige dB verringerte Dämmung auf. Bei dem Modell Heinz allerdings bewirkt das Einschalten des ANC oberhalb von 1,6 kHz eine stärkere Abnahme der Schalldämmung von 3 bzw. 8 dB, die sich in den Hochtonbereich bis zu 10 kHz fortsetzt.

STI-Messungen

Die Messungen des STI für die Übertragung von außen durch die Kopfhörer erfolgten für Hintergrundgeräusche in Form von rosa Rauschen mit Schallpegeln von 36 dB bis 76 dB. Die Abbildungen 3 und 4 zeigen die STI Werte der einzelnen Kopfhörer in Abhängigkeit vom Hintergrundpegel, gemessen im aktiven und passiven Betrieb sowie für die freie Übertragung bei offenem Gehörgang. Bei zunehmendem Hintergrundpegel sind die STI-Werte bis 45 dB unterhalb der Kopfhörer im Unterschied zum offenen Gehörgang nahezu konstant, d.h. unabhängig vom Hintergrundpegel. Im Bereich dieser niedrigen Restschallpegel bleibt der STI durch die dämmende Wirkung der Kopfhörer begrenzt, da in der STI-Berechnung die Sprachrezeptionsschwelle mitberücksichtigt wird [3]. Im weiteren Verlauf zeigt sich dann der typische Abfall des STI mit zunehmenden Hintergrundpegel, wie es auch beim offenen Gehörgang der Fall ist.

Vergleicht man die STI-Werte zwischen passivem und aktivem Betrieb wird deutlich, dass die Aktivierung der ANC-Einrichtung mit Anhebung des STI verbunden ist.



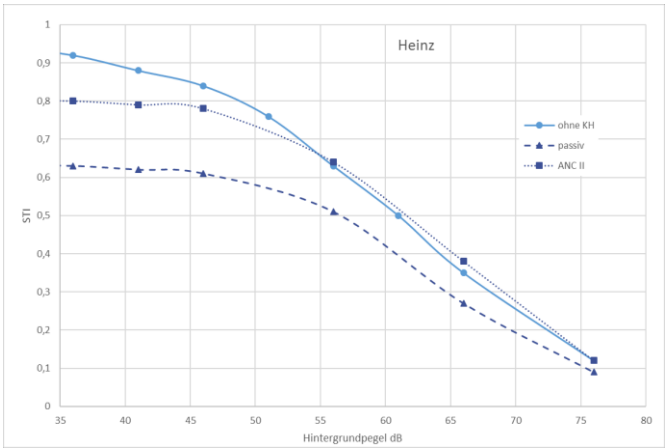


Abbildung 3: STI in Abhängigkeit vom Hintergrundpegel für Rosa-Rauschen im passivem und aktivem Betrieb sowie bei offenem Gehörgang.

Der Einfluss des ANC auf die STI-Werte fällt dabei je nach Kopfhörer recht unterschiedlich aus. Bei den Modellen Sonja und Pawlow bestehen nur geringe Unterschiede

zwischen passivem und ANC-Betrieb, während bei den Kopfhörern Hugo und Heinz das ANC eine deutliche Anhebung des STI bewirkt. In Abbildung 3 fällt auf, dass bei diesen beiden Modellen der STI bei höheren Hintergrundpegeln im aktiven Betrieb geringfügig oberhalb der Werte für die freie Übertragung ohne Kopfhörer liegt. Diese Kopfhörer wiesen im aktiven Betrieb auch bei den Dämmungsmessungen die höchsten Werte auf.

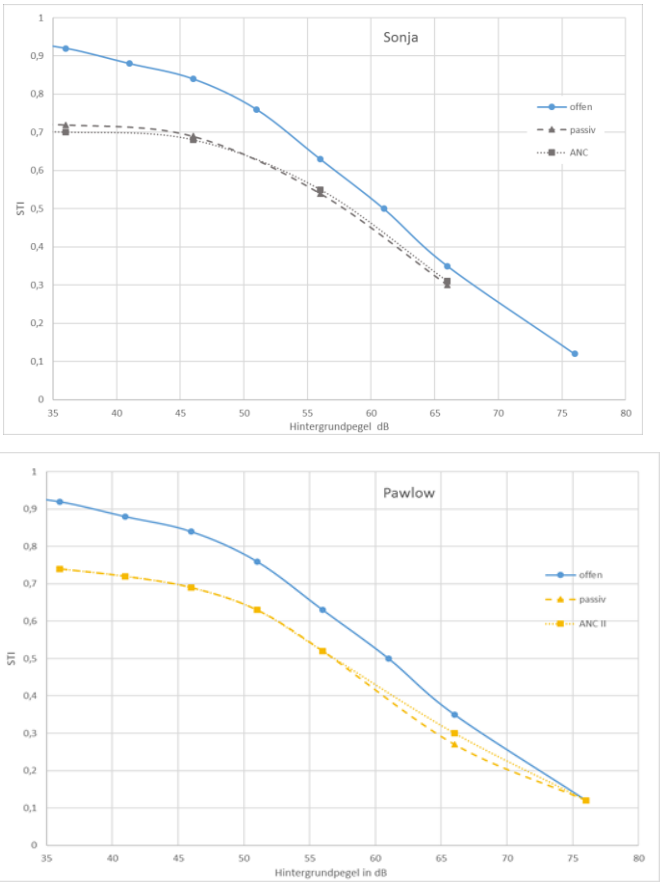


Abbildung 4: STI in Abhängigkeit vom Hintergrundpegel für Rosa-Rauschen im passivem und aktivem Betrieb sowie bei offenem Gehörgang.

Diskussion

Mit Hilfe objektiver Messungen wurde das Potenzial von ANC-Kopfhörern zur Unterdrückung unerwünschter Sprachgeräusche aus der Umgebung im Hinblick auf eine Anwendung bei der Büroarbeit untersucht. Die ANC-Technik bewirkt bei den betrachteten Modellen neben einer erwartungsgemäß starken Schalldämmung im unteren Frequenzbereich eine Steigerung des STI bei der Übertragung der Außengeräusche zum Benutzer. Dieser Effekt war bei den Kopfhörern mit stärkerer ANC-Dämmung am größten, insbesondere bei dem Kopfhörer, bei dem die aktive Geräuschunterdrückung mit der stärksten Verringerung der Dämmung im Hochtonbereich verbunden ist. Dies erscheint nachvollziehbar, da die Oktavbandbewertung der STI-Berechnung die Oktaven von 1 kHz bis 4 kHz am stärksten gewichtet.

Aus den bisherigen Messungen ergeben sich daher keine Hinweise, dass die gegenwärtigen ANC-Einrichtungen der Kopfhörer einen Weg zur Lösung des Problems unerwünschter Sprachgeräusche aus der Arbeitsumgebung eröffnen.

Vor dem Hintergrund der großen Zahl an betroffenen Beschäftigten wären weitere Entwicklungen von Produkten grundsätzlich zu begrüßen und eine gezielte Berücksichtigung der störenden Sprache als Anwendungsbereich auf Seiten der Hersteller wünschenswert. Dies betrifft insbesondere auch klare Hinweise in den Bedienungsanleitungen. Es sollte beispielsweise deutlich erkennbar sein, ob ein Kopfhörer oder eine seiner ANC-Einstellungen die Ansprechbarkeit während des Musikhörens bei der Büroarbeit verbessert oder hingegen die Ausblendung von Sprachgeräuschen unterstützen kann.

Danksagung

Der Autor bedankt sich für die Unterstützung durch das BAuA-Labor "Produkte und Arbeitssysteme", insbesondere bei Frau Anke Berger für die gute Zusammenarbeit bei der Durchführung der Messungen.

Literatur

[1] ETSI ES 202 396-1 V1.4.0 (2012-08) Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); Speech quality performance in the presence of background noise; Part 1: Background noise simulation technique and background noise database

[2] DIN EN ISO 4869-3:2007 Akustik - Gehörschützer - Teil 3: Messung der Schalldämmung von Kapselgehörschützern unter Verwendung einer akustischen Prüfvorrichtung

[3] DIN EN 60268-16:2011 Elektroakustische Geräte - Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex

[4] DIN EN ISO 99211:2003 Ergonomie - Beurteilung der Sprachkommunikation

[5] Paurobally M, Pan J. The mechanisms of passive ear defenders. Noise Vib Worldwide 2002, 33(5) 13–21