

Untersuchungen zur Schärfe und zur Lästigkeit von Rauschen unterschiedlicher Spektralverteilung

U. Widmann*

Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation, TU München

Einleitung

Auf die Erhöhung der Lästigkeit von Schallen beim Vorhandensein höherer Spektralanteile ist vielfach hingewiesen worden /1, 2/. Durch die Anwesenheit höherer Spektralanteile ändert sich auch die wahrgenommene Schärfe /3/.

Zwicker hat einen unter bestimmten Rahmenbedingungen geltenden Vorschlag zur Berechnung der Lästigkeit erarbeitet, bei dem die quellenbezogenen Einflußgrößen der Lästigkeit auf der Basis von Hörempfindungen nachgebildet werden /4/. In diesem Vorschlag ist eine Abhängigkeit der Lästigkeit von der Schärfe angenommen.

In der hier vorgestellten Arbeit wird anhand von Hörversuchen mit Rauschen unterschiedlicher Spektralverteilung untersucht, welchen Einfluß eine Änderung der wahrgenommenen Schärfe auf die Beurteilung der Lästigkeit von Schallen nimmt. In Anlehnung an Zwickers Vorschlag werden in diesem psychoakustischen Experiment Einflußgrößen der Lästigkeit, die von Eigenschaften der vom Lärm betroffenen Person abhängen bewußt ausgeklammert /4/. Die im psychoakustischen Experiment unter definierten Randbedingungen verbleibenden Anteile einer globalen Lästigkeitsbeurteilung werden im weiteren als Psychoakustische Lästigkeit bezeichnet.

Messungen

Die Testschalle wurden zehn normalhörenden Versuchspersonen im Alter zwischen 25 und 45 Jahren in einer schallisolierten Kabine über einen freifeldentzerrten Kopfhörer /3/ diotisch dargeboten. Um Schaltknacke zu vermeiden, wurden die Schalle über einen Gaussmodulator mit 50 ms Anstieg- und Abfallzeit geschaltet; die Testschalldauer betrug 3 s.

Zu Beginn jeder Sitzung wurden die Versuchsteilnehmer in einer schriftlichen Anleitung über die Versuchsdurchführung informiert. Als Meßmethode diente die Größenschätzung mit Ankerschall. Als Ankerschall kam Schall 1 (vgl. Abb.1) zum Einsatz. Dieses bandbegrenzte Rosa Rauschen besitzt eine relativ niedrige Schärfe. Um methodische Einflüsse eines Ankerschalles zu untersuchen, wurde bei einer Lautheit (12 sone) ein Experiment mit einem anderen Ankerschall größerer Schärfe (Schall 9) durchgeführt.

Um die Versuchssituation an die Verhältnisse im Alltag anzulehnen, wurden die Versuchspersonen bei der Beurteilung der Psychoakustischen Lästigkeit angewiesen, sich vorzustellen, sie säßen in einem Wohnzimmer und möchten etwas lesen, während verschiedene Schalle auf sie einwirkten. Bei den Schärfenuntersuchungen wurde keine Rahmenbedingung vorgegeben. Die Reihenfolge der Abfrage nach Schärfe und Psychoakustischer Lästigkeit wurde für die einzelnen Versuchspersonen permutiert, um Reihenfolgeeffekte zu mindern. In einer Sitzung wurden die Schalle jeweils viermal dargeboten. Die vier Bewertungen eines Schalles wurden im weiteren hinsichtlich Zentralwert und Wahrscheinlicher Schwankung ausgewertet und auf die Beurteilung des Ankerschalles normiert.

Um den Einfluß der Hörempfindung Schärfe auf die Psychoakustische Lästigkeit möglichst isoliert zu untersuchen, wurde die Lautheit der unterschiedlichen Rauschen mit einem Lautheitsmeßsystem nach Zwicker et al. /5/ gemessen und während einer Versuchsreihe konstant gehalten. Es wurden Versuchsreihen bei 3 unterschiedlichen Lautheiten (6 sone, 12 sone, 18 sone) durchgeführt.

Ergebnisse

Die Schärfe von Schallen wird von der Frequenzlage und der spektralen Hüllkurve des Schallsignals beeinflußt /3/. Um den Einfluß der Hörempfindung Schärfe auf die Psychoakustische Lästigkeit zu untersuchen, wurden durch Variation dieser Parameter Schalle unterschiedlicher Schärfe erzeugt.

Abb. 1 zeigt die aus gemessenen Terzpegeln unter Verwendung des Lautheitsberechnungsprogrammes nach DIN 45631 /6/ berechneten Spezifischen Lautheitsstärkemonster der verwendeten Testschalle bei einer Lautheit von $N_5 = 12$ sone.

*jetzt: Müller-BBM GmbH, Schalltechnische Beratungen, Planegg

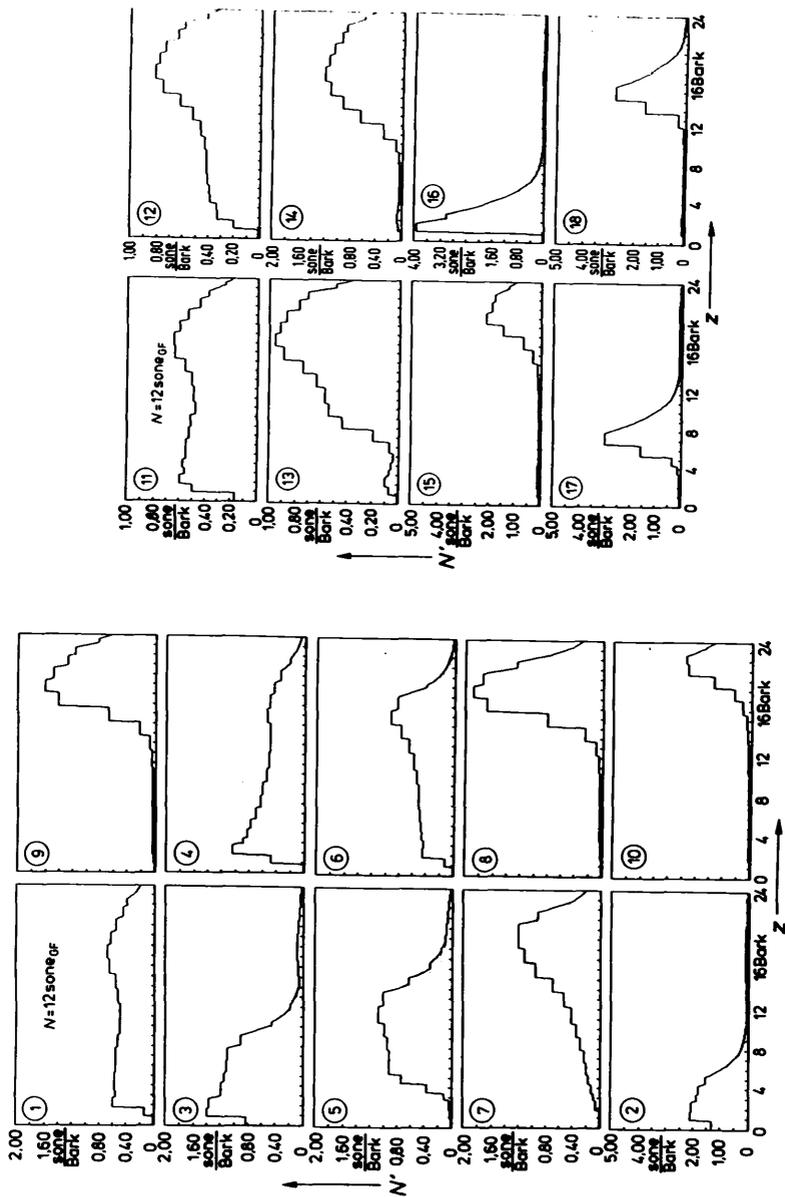


Abb. 1: Spezifische Lautheits-Tonheitsmuster der Testschalle unterschiedlicher Schärfe bei annähernd gleicher Perzentillautheit $N_5 = 12$ sone. In Kreisen: Schallnummer.

In Abb. 2 ist der Verlauf der relativen Psychoakustischen Lästigkeit, d.h. die auf den jeweiligen Ankerschall normierte Psychoakustische Lästigkeit über der relativen Schärfe gezeigt.

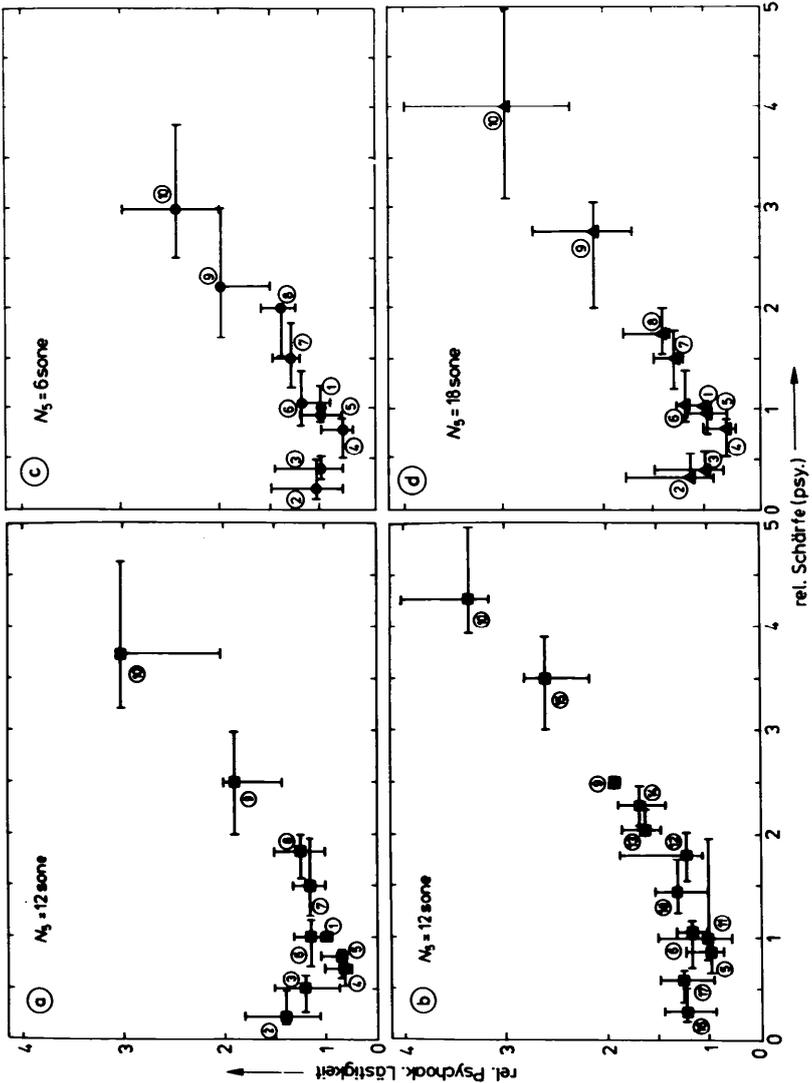


Abb. 2: Rel. Psychoakustische Lästigkeit als Funktion der subjektiv beurteilten rel. Schärfe für Perzentillautheiten von (a) $N_5 = 12$ sone, (c) $N_5 = 6$ sone, (d) $N_5 = 18$ sone (Ankerschall: Schall 1), (b) $N_5 = 12$ sone (Ankerschall: Schall 9). Zentralwerte und Wahrscheinliche Schwankungen. In Kreisen: Schallnummern nach Abb. 1.

Bei den drei untersuchten Lautheiten ergibt sich für relative Schärfewerte oberhalb der des Ankerschalles ein näherungsweise linearer Anstieg der relativen Psychoakustischen Lästigkeit. Für geringe relative Schärfe ist der Verlauf uneinheitlich. Bis zur relativen Schärfe von Schall 4 sinkt die Psychoakustische Lästigkeit geringfügig unter die des Ankerschalles und steigt bei Schall 2 und Schall 3 wieder an. Dies zeigt sich insbesondere bei größerer Lautheit. Bei diesen Schallen handelt es sich um Tieffrequenzen mit einer Grenzfrequenz von 500 Hz bzw. 1 kHz. Diese Schalle rufen in geringem Umfang eine Tonhöhenempfindung entsprechend der Filtergrenzfrequenz hervor (Kantentöne) /3/. Ein geringer Einfluß der Tonalität zeigt sich auch bei Schall 16 und Schall 17 in Abb. 2b. Diese frequenzgruppenbreiten Schalle werden ebenfalls etwas lästiger bewertet als der Ankerschall; sie rufen aufgrund ihrer Hüllkurvenschwankungen zudem in geringem Umfang die Hörempfindung Rauigkeit hervor.

Entsprechend den in Teilbild (a) dargestellten Ergebnissen liegt die Psychoakustische Lästigkeit von Schall 10 bei gleicher Lautheit um mehr als den Faktor 3 höher als die des Ankerschalles. Bei diesem Schall ergibt sich mit dem Ankerschall höherer Schärfe (Schall 9, Teilbild b) noch eine Erhöhung der Psychoakustischen Lästigkeit. In demselben Maße steigt aber auch die beurteilte relative Schärfe dieses Schalles an. In Teilbild (c) übertrifft die relative Psychoakustische Lästigkeit von Schall 10 die des Ankerschalles nur mehr um den Faktor 2.4. Darüber hinaus fällt auf, daß die relative Schärfe der Testschalle 9 und 10 bei 6 sone etwas geringer ausfällt als bei 12 sone.

In Teilbild (d) ergibt sich bei 18 sone wiederum ein linearer Anstieg über der relativen Schärfe oberhalb von Schall 1. Die Beurteilung der relativen Schärfe der meisten Schalle stimmt mit den Daten bei anderen Lautheiten überein. Die wahrgenommene relative Schärfe von Schall 10 erhöht sich jedoch auf den vierfachen Wert des Ankerschalles. Bei sehr scharfen Schallen ergibt sich also eine gering ausgeprägte Pegelabhängigkeit der Schärfe. Die Schärfe dieser Schalle nimmt mit der Lautheit zu.

Zusammenfassung

Durch die Erzeugung von Rauschen unterschiedlicher Spektralverteilung konnte die von den Versuchspersonen angegebene relative Schärfe in einem weitem Bereich variiert werden. Als Funktion der wahrgenommenen Schärfe ergaben sich bei gleicher Lautheit deutlich unterschiedliche Beurteilungen der Psychoakustischen Lästigkeit. Bei sehr scharfen Schallen belief sich der Unterschied bei größerer Lautheit auf mehr als den Faktor 3.

Oberhalb einem Grenzwert der Schärfe, der in etwa durch die Schärfe von Schall 1 bestimmt wird ergibt sich in etwa ein linearer Anstieg der Psychoakustischen Lästigkeit. Die Steigung hängt etwas von der wahrgenommenen Lautstärke ab und zwar dergestalt, daß die Hörempfindung Schärfe umso mehr zur Psychoakustischen Lästigkeit beiträgt, je höher die Lautheit der Schalle ist.

Für Schalle geringer Schärfe wird die Beurteilung der Psychoakustischen Lästigkeit unabhängig von der Schärfe durch die Lautheit, durch wahrnehmbare Zeitstrukturen und in sehr geringem Umfang durch Tonalität beeinflusst.

Der Autor dankt Prof. Dr.-Ing. H. Fastl für wertvolle Anregungen. Diese Arbeit wurde im Rahmen des SFB 204 "Gehör", München, gefördert.

Literatur

- /1/ Brennecke, W., Remmers, H., Physikalische Parameter bei der Bewertung der Lästigkeit von Industrieräuschen. *Acustica* 52, 279-289, 1983.
- /2/ Aures, W., Berechnungsverfahren für den sensorischen Wohlklang beliebiger Schallsignale. *Acustica* 59, 131-141, 1985.
- /3/ Zwicker, E., Fastl, H., *Psychoacoustics - facts and models*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1990.
- /4/ Zwicker, E. Ein Vorschlag zur Definition und zur Berechnung der unbeeinflussten Lästigkeit. *Z.f.Lärbek.* 38, 91-97, 1991.
- /5/ Zwicker, E., Deuter, K., Peisl, W. Loudness meters based on ISO 532 B with large dynamic range. In: *Proc. interneise '85*, Vol. II, 1119-1122.
- /6/ DIN 45631, Berechnung des Lautstärkepegels und der Lautheit aus dem Geräuschspektrum. Verfahren nach E. Zwicker. Beuth Verlag, Berlin, 1991.