

# Psychoakustische Analyse der belästigenden Wirkung von Schnarchgeräuschen

Hugo Fastl, Sonja Colen, Markus Fruhmann

AG Technische Akustik, MMK, TU München, 80333 München, E-Mail: fastl@mmk.ei.tum.de

## Einleitung

Schnarchgeräusche können selbst bei mäßiger Lautstärke eine erhebliche belästigende Wirkung entfalten. Deshalb wurden in einer Pilotstudie psychoakustische Aspekte des Schnarchens studiert. Zunächst wurden in einem Schlaflabor Schnarchgeräusche auf DAT aufgezeichnet. Die Geräusche wurden editiert und in psychoakustischen Experimenten durch 10 normalhörende Versuchspersonen anhand der Methode der Größenschätzung mit Ankerschall beurteilt. In getrennten Versuchsreihen wurden die Hörempfindungen Lautheit, Rauigkeit, Schärfe, und Schwankungsstärke sowie die belästigende Wirkung skaliert. Darüber hinaus wurden die Schnarchgeräusche mit instrumentellen Simulationen der genannten Hörempfindungen analysiert. Anhand der subjektiv ermittelten Hörempfindungen – insbesondere durch eine Kombination von Lautheit und Schärfe – kann die belästigende Wirkung der untersuchten Schnarchgeräusche recht gut vorhergesagt werden. Auf Basis der instrumentell ermittelten Größen gelingt dies wesentlich schlechter, da für wichtige, grundlegende Hörempfindungen – insbesondere für die Rauigkeit -- oft nur eine geringe Korrelation zwischen subjektivem und instrumentellem Urteil auftritt.

## Experimente

Die vom Schlaflabor des Universitätsklinikums Großhadern zur Verfügung gestellten DAT-Aufnahmen von Schnarchgeräuschen wurden katalogisiert und typische Abschnitte von etwa 3s Dauer editiert. Dabei wurde durch Kalibrierung darauf geachtet, dass die originalen Schallpegel erhalten blieben. Insgesamt wurden auf diese Art und Weise 34 Schnarchgeräusche von 21 Patienten aufbereitet. An den Experimenten nahmen 10 normalhörende Versuchspersonen (2 weiblich, 8 männlich) im Alter von 23 bis 31 Jahren (Median 26 Jahre) teil. Die Schnarchgeräusche wurden in einer schallgedämmten Messkabine diotisch über elektrodynamische Kopfhörer (Beyer DT 48) mit Freifeldentzerrer nach Fastl und Zwicker (2007, S.7) dargeboten. Die Versuchspersonen sollten in getrennten Sitzungen die Lautheit, die Rauigkeit, die Schärfe, und die Schwankungsstärke sowie die belästigende Wirkung der Schnarchgeräusche skalieren. Als Messmethode wurde Größenschätzung mit Ankerschall (cf. Fastl und Zwicker 2007, S.9) gewählt. Dabei wurden zwei Ankergeräusche verwendet: zum einen ein Ankergeräusch mit einer deutlichen Ausprägung der zu skalierenden Hörempfindung, dem der Zahlenwert 100 zugeordnet wurde. Zum anderen wurde ein Ankergeräusch mit einer schwachen Ausprägung der zu skalierenden Hörempfindung verwendet, dem der Zahlenwert 10 zugeordnet wurde. Jedes der 34 Geräusche wurde in jeder Sitzung in zufälliger Reihenfolge zweimal

dargeboten, so dass für jedes Geräusch bei 10 Versuchspersonen und 2 Anker je Hörempfindung 40 Urteile vorliegen.

## Ergebnisse

### Intra-individuelle Unterschiede (Reproduzierbarkeit)

Abbildung 1 zeigt exemplarisch für eine Versuchsperson die Beurteilung der Lautheit der Schnarchgeräusche für den ersten bzw. zweiten Durchgang einer Sitzung.

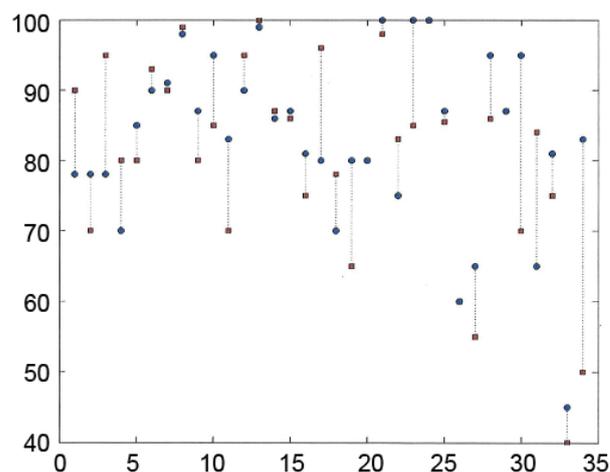
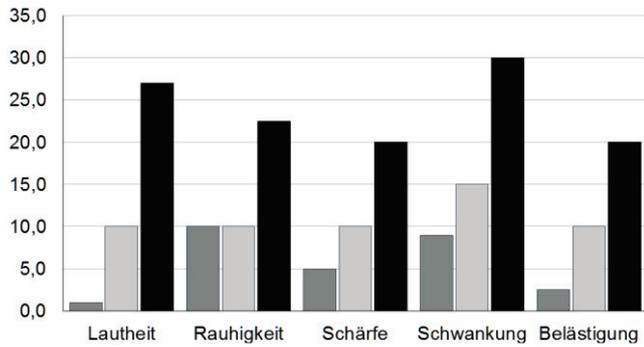


Abbildung 1: Beurteilung der Lautheit von 34 Schnarchgeräuschen durch eine typische Versuchsperson im ersten Durchgang (Quadrate) bzw. im zweiten Durchgang ( Kreise) einer Sitzung.

Die in Abb.1 dargestellten Daten zeigen, dass die Beurteilung der Lautheit von Schnarchgeräuschen mit der bei der Größenschätzung üblichen Genauigkeit (ca 10%) möglich ist und somit eine gute Reproduzierbarkeit mit geringen intra-individuellen Unterschieden der Daten gegeben ist. Allerdings finden sich Ausreißer - insbesondere bei Geräusch 34 und 30.

Die in Abb.2 dargestellten Daten ermöglichen einen Überblick über die Reproduzierbarkeit der Urteile für Lautheit, Rauigkeit, Schärfe, Schwankungsstärke und Belästigung.

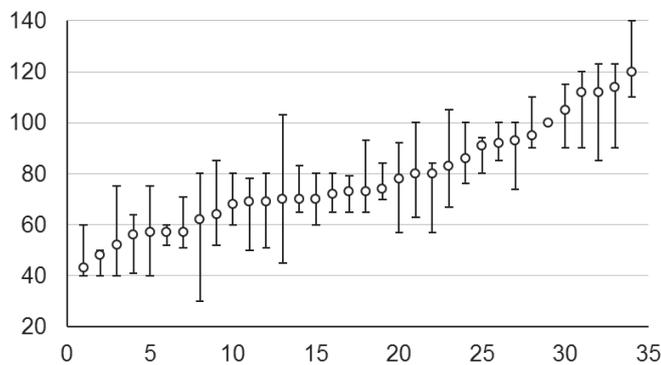


**Abbildung 2:** Reproduzierbarkeit der Urteile bei Größenschätzung von Lautheit, Rauigkeit, Schärfe, Schwankungsstärke und Belästigung (jeweils 1. Quartil, Median und 3. Quartil).

Die in Abb. 2 dargestellten Daten veranschaulichen, dass die Reproduzierbarkeit für alle Messreihen zur Beurteilung von Schnarchgeräuschen im Mittel (Median) bei 10% liegt. Lediglich bei den Urteilen zur Schwankungsstärke treten größere Abweichungen (Median 15%) auf. Insgesamt sind die intra-individuellen Unterschiede in den Urteilen als eher gering einzuschätzen.

### Inter-individuelle Unterschiede

Abbildung 3 zeigt beispielhaft die Ergebnisse der Hörversuche zur belästigenden Wirkung. Die Geräusche sind - anders als in Abb.1 - längs der Abszisse nach zunehmender Belästigung angeordnet.

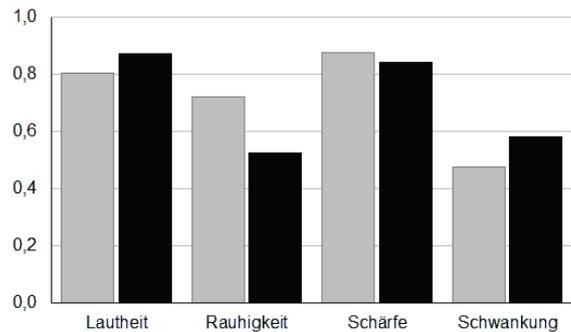


**Abbildung 3:** Belästigende Wirkung von 34 Schnarchgeräuschen, dargestellt als Mediane und Interquartilbereiche. Die Geräusche sind - anders als in Abb.1 - nach ansteigender Belästigung (Mediane) angeordnet.

Die Größe der Interquartilbereiche in Abb. 3 kann als ein Maß für die inter-individuellen Unterschiede bei der Beurteilung der belästigenden Wirkung von Schnarchgeräuschen aufgefasst werden. Obwohl zum Teil (Signal 8, 13) recht große wahrscheinliche Schwankungen auftreten, wird insgesamt die belästigende Wirkung der untersuchten Schnarchgeräusche von den Versuchspersonen recht ähnlich eingeschätzt.

### Hörempfindungen und Belästigungsurteil

Die in Abb. 4 dargestellten Daten veranschaulichen die Korrelation der in psychoakustischen Experimenten ermittelten Werte der Hörempfindungen Lautheit, Rauigkeit, Schärfe und Schwankungsstärke mit der belästigenden Wirkung der Schnarchgeräusche.

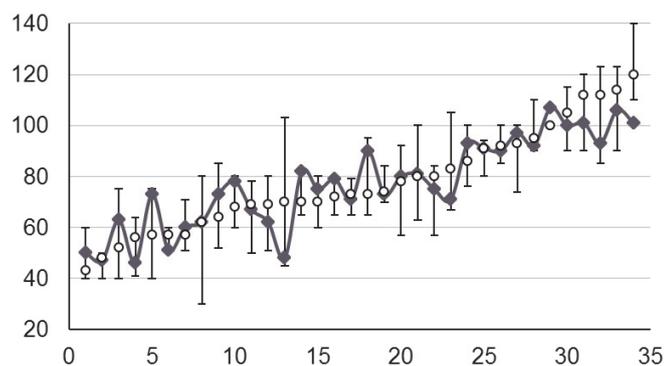


**Abbildung 4:** Korrelation der Hörempfindungen Lautheit, Rauigkeit, Schärfe und Schwankungsstärke mit der belästigenden Wirkung der Schnarchgeräusche (Anker 100 hellgrau, Anker 10 dunkelgrau).

Die in Abb. 4 dargestellten Daten verdeutlichen, dass die belästigende Wirkung von Schnarchgeräuschen mit allen untersuchten Hörempfindungen korreliert ist (cf. Rohrmeier et al. 2011). Dies gilt insbesondere für Lautheit und Schärfe. Eher überraschend ist die etwas schwächere Korrelation zur Rauigkeit, was vermutlich damit zusammenhängt, dass bei den zur Verfügung stehenden Schnarchgeräuschen höherfrequente Strömungsgeräusche häufiger vorkommen als Geräuschbilder, die auf Modulationen zurückzuführen sind.

Offenbar lässt sich die belästigende Wirkung von Schnarchgeräuschen anhand von deren Lautheit und Schärfe beschreiben. Interessanterweise hat Valenzuela (1998) festgestellt, dass sich die Klangqualität von Konzertflügeln ebenfalls anhand von deren Lautheit und Schärfe beschreiben lässt. Die (negative) Klangqualität von Schnarchgeräuschen beruht offenbar auf ähnlichen Wurzeln wie die (positive) Klangqualität von Konzertflügeln.

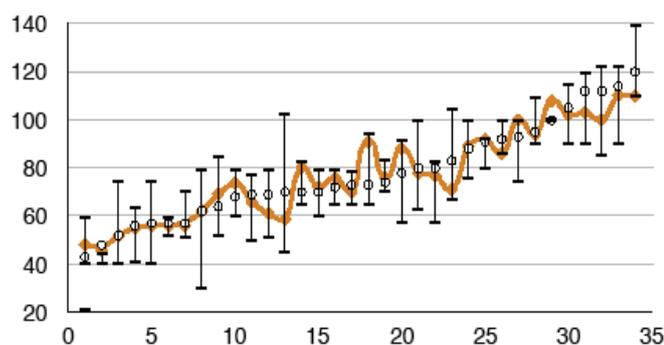
Entsprechend diesen Überlegungen wurde versucht, die belästigende Wirkung von Schnarchgeräuschen anhand von deren Lautheit und Schärfe zu prognostizieren. Zugehörige Daten sind in Abb. 5 dargestellt.



**Abbildung 5:** Psychoakustische Beurteilung der belästigenden Wirkung von 34 Schnarchgeräuschen dargestellt als Mediane und Interquartilbereiche. Kurve: Prognose der belästigenden Wirkung anhand des Produkts aus Lautheit und Schärfe.

Ein Vergleich der in Abb. 5 als Kreise bzw. Kurve dargestellten Daten zeigt, dass die Prognose der belästigenden Wirkung von Schnarchgeräuschen anhand von deren Lautheit und Schärfe mit zum Teil größeren Schwankungen gelingt. Allerdings liegen nur 3 von 34 prognostizierten Werten außerhalb der wahrscheinlichen Schwankungen der subjektiven Urteile.

Alternativ wurde die belästigende Wirkung der Schnarchgeräusche analog zur Formel für die Psychoakustische Lästigkeit (PA) (cf. Fastl und Zwicker 2007, S. 328) aus den subjektiven Daten für Lautheit, Schärfe, Rauigkeit und Schwankungsstärke berechnet. Die zugehörigen Ergebnisse sind in Abb. 6 dargestellt.



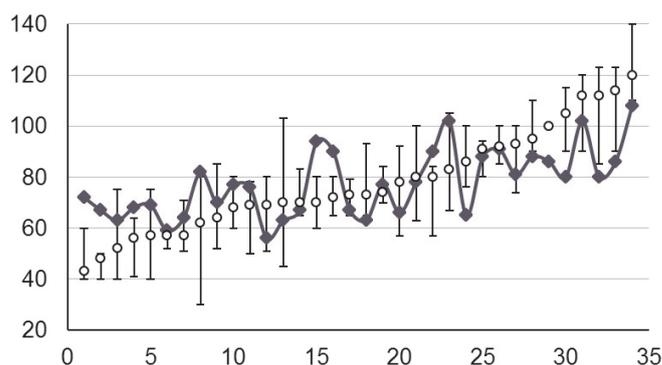
**Abbildung 6:** Psychoakustische Beurteilung der belästigenden Wirkung von 34 Schnarchgeräuschen, dargestellt als Mediane und Interquartilbereiche. Kurve: Prognose der belästigenden Wirkung analog zur Psychoakustischen Lästigkeit (Fastl und Zwicker 2007, S. 328).

Die in Abb. 6 dargestellten Daten zeigen, dass bei Anwendung der komplexeren Formel für PA, die neben Lautheit und Schärfe auch Rauigkeit und Schwankungsstärke berücksichtigt, die Prognosen etwas genauer werden und nur mehr 2 von 34 Daten außerhalb der wahrscheinlichen Schwankungen liegen. Allerdings ist zu bedenken, ob die eher geringfügigen Verbesserungen den doppelt so großen Messaufwand rechtfertigen.

## Vergleich von subjektiven und instrumentellen Urteilen

Analog zu dem im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Vorgehen soll die belästigende Wirkung von Schnarchgeräuschen anhand von deren Hörempfindungen beschrieben werden. Allerdings werden die Hörempfindungen nicht in psychoakustischen Versuchsreihen sondern instrumentell bestimmt.

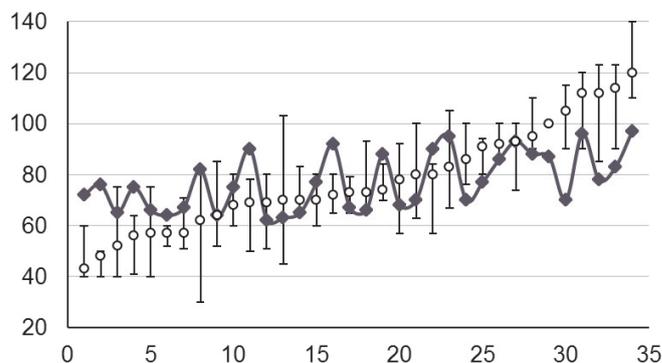
Abbildung 7 illustriert die Prognose der belästigenden Wirkung anhand von instrumentell gemessener Lautheit und Schärfe.



**Abbildung 7:** Psychoakustische Beurteilung der belästigenden Wirkung von 34 Schnarchgeräuschen, dargestellt als Mediane und Interquartilbereiche. Kurve: Prognose der belästigenden Wirkung anhand des Produkts aus instrumentell bestimmter Lautheit und Schärfe.

Ein Vergleich der in Abb. 7 bzw. Abb. 5 dargestellten Daten zeigt deutlich, dass die Prognose anhand instrumenteller Daten wesentlich schlechter gelingt als auf der Basis subjektiver Beurteilungen. Während die subjektiven Urteile über die Belästigung (Kreise) etwa um den Faktor 2,7 variieren, umfassen die Prognosen (Kurve) lediglich den Faktor 2.

Abbildung 8 illustriert den Vergleich von subjektiv erhobenen Urteilen zur Belästigung mit instrumentellen Prognosen analog zur PA-Formel.



**Abbildung 8:** Wie Abb. 6, aber instrumentell ermittelte Lautheit, Rauigkeit, Schärfe und Schwankungsstärke.

Die auf instrumentellen Daten basierenden Prognosen gemäß der PA-Formel in Abb. 8 sind noch deutlich schlechter als die Prognosen gemäß Abb. 7. Während die subjektiven Urteile eine Variation in der belästigenden Wirkung um den Faktor 2,7 fordern, erreichen die Prognosen lediglich den Faktor 1,6. Von 34 Werten liegen 17 außerhalb der wahrscheinlichen Schwankungen!!

Dass die komplexere PA-Formel zu wesentlich schlechteren Ergebnissen führt ist vermutlich auch darauf zurückzuführen, dass derzeit öfters verwendete Algorithmen zur Berechnung der Rauigkeit wesentlich verbessert werden müssen.

## Ausblick

Auch eher ungewöhnliche Geräusche wie Schnarchgeräusche lassen sich mit bewährten psychoakustischen Methoden erfassen. Die Prognose der belästigenden Wirkung von Schnarchgeräuschen gelingt im Rahmen der wahrscheinlichen Schwankungen anhand von deren psychoakustisch gemessener Lautheit und Schärfe. Die zusätzliche Berücksichtigung von Rauigkeit und Schwankungsstärke verbessert die Prognosen der Belästigung nicht gravierend.

Werden in Simulationen die genannten Empfindungsgrößen instrumentell ermittelt, so zeigen sich große Abweichungen zwischen Prognose und subjektivem Belästigungs-Urteil. Insbesondere die Rauigkeit der Schnarchgeräusche wird instrumentell völlig falsch beurteilt. Hier ist allerdings Abhilfe zu erwarten, da bei DIN neue Rauigkeitsalgorithmen entwickelt und erprobt werden.

Bezüglich der Lautheit stimmen subjektive und instrumentelle Beurteilungen von Schnarchgeräuschen besser überein, so dass es lohnend erscheint, in weiterführenden Untersuchungen zu überprüfen, in wieweit der Erfolg von therapeutischen Maßnahmen mittels der Lautheits-Tonheitsmuster (Zwicker-Diagramme) von Schnarchgeräuschen dokumentiert werden kann

## Danksagung

Die Autoren danken den Herren Dr. Richard de la Chaux und Prof. Uwe Baumann für die Überlassung von DAT-Aufnahmen mit Schnarchgeräuschen, sowie ersterem für wertvolle Diskussionen zu den Ursachen und therapeutischen Möglichkeiten von Schnarchen.

## Literatur

- [1] Fastl, H.; Zwicker, E.: Psychoacoustics, Facts and Models. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York (3. Aufl.), 2007
- [2] Rohrmeier, Ch., Herzog, M., Haubner, F., Kühnel, Th.: The annoyance of snoring and psychoacoustic parameters: A step towards an objective measurement. Arch. Oto-Rhino-Lar. 269, 1537-43, 2011.
- [3] Valenzuela M.N.: Untersuchungen und Berechnungsverfahren zur Klangqualität von Klaviertönen. Herbert Utz Verlag Wissenschaft, München 1998