

4 Strukturierte Sitzung "Lämbelästigung"

Inhaltsangabe

Psychoakustische Untersuchungen zur Lautheit und Lästigkeit von Tennislärm	66
Subjektive und messtechnische Beurteilung der Lautheit von Straßenverkehrlärm im Labor	68
Psychoakustische Beurteilung von Geräuschimmissionen verschiedener Verkehrsträger	70
Erweiterung von methodischen Konzeptionen zur Entdeckung der Lästigkeit von Geräuschen - Ergebnisse einer Feld- und Laborstudie	72
Was verstehen internationale Lärm-Experten unter "Belästigung"?	74
Lärm - Belästigung - vegetativ/hormonelle Prozesse	76
Belästigungsuntersuchungen als Entscheidungshilfe für die Festsetzung von Immissionsrichtwerten	78
Entwicklung einer international vergleichbaren verbalen Belästigungsskala	80
Erhebliche Belästigung als Schlüsselbegriff in der Lärmforschung	82
Lästigkeit, Gestörtheit und Unangenehmheit - im Labor nur Lautheitsurteile?	84
Der Beitrag verschiedener Akustik-Indikatoren für eine erweiterte Belästigungsanalyse in einer komplexen akustischen Situation nach Lärmschutzmaßnahmen	86

Psychoakustische Untersuchungen zur Lautheit und zur Lästigkeit von Tennislärm

I. Stemplinger, Th. Filippou

Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation, Technische Universität München

Einführung

Wegen der Häufigkeit einer unmittelbaren Nachbarschaft von Tennisplätzen zur Wohnbebauung rangiert das Tennisspiel sicher - ähnlich wie Fußball - in der Gruppe der wichtigsten Sportarten für eine Untersuchung von Freizeitlärmbeurteilungen (Guski, 1989). Am meisten wird von Anwohnern solcher Sportanlagen die Impuls- und die Informationshaltigkeit der Geräusche beklagt. Sowohl Tennisschläge als auch Ballkontakt auf dem Boden verursachen eine hohe Impulshaltigkeit der Tennisplatzgeräusche. Außerdem führen häufige Gespräche, Rufe und Unmutäußerungen der Spieler zu einer hohen Informationshaltigkeit. Als weitere Lärmquellen sind zu nennen die Zufahrtsstraße zu den Parkplätzen, das Rutschen der Spieler auf dem Sand, das Schlagen des Balles gegen den Drahtzaun usw. (Probst, 1994).

Um die Lärmbelastung beurteilen zu können ist es sinnvoll, die Immissionsgeräusche durch physikalische Meßwerte entsprechend unserem Lärmempfinden zu bewerten. In der Praxis der Lärmbeurteilung werden derzeit Meßverfahren verwendet, die den Taktmaximalpegel L_{AFTmax} als Meßgröße heranziehen. Beim Taktmaximalpegel wird jedem 5-Sekunden-Zeitabschnitt der darin höchste vorkommende Maximalpegel L_{AFmax} zugeordnet. Diese Maximalpegel werden über die ganze Meßdauer gemittelt.

Die Impulshaltigkeit der Tennisgeräusche führte schon in der Vergangenheit zu erheblichen Problemen bei der Bewertung von Meßergebnissen. So wurde in Gutachten, die von Gerichten in Streitfällen als Sachverständigenäußerung zugrundegelegt worden sind, die Pegelschwankung als „schreckauslösendes“ und damit durch Pegelwerte nur unzureichend beschreibbares Schallerlebnis interpretiert. Allerdings führt das in der Bundesrepublik verwendete Taktmaximalpegelverfahren gerade bei der zeitlichen Folge der Tennisschläge zu einem extrem hohen „Impulszuschlag“ und damit, bei Vergleich der so ermittelten Meßwerte mit den geltenden Immissionsrichtwerten, zu einer recht scharfen Bewertung. Einige Einflüsse auf das subjektive Lärmempfinden, wie z.B. die Tennisschlagrate, bleiben beim Taktmaximalpegelverfahren jedoch unberücksichtigt. Beim normalen Tennisspiel beträgt die Schlagfolge etwa 2 Sekunden. Deshalb führt schon das Spiel auf einem - in der Regel dem zum Immissionsort nächstgelegenen - Platz zu Belegung der meisten Zeittakte mit einem hohen Pegelwert. Ein weiterer Schallimpuls von einem anderen Platz führt zu keiner weiteren Erhöhung dieses Taktpegels (Probst, 1994).

Psychoakustische Hörversuche

Um einzelne Abhängigkeiten der Lautheit und Lästigkeit von impulshaltigen Geräuschen gezielt zu untersuchen wurden psychoakustische Hörversuche durchgeführt.

Tennisgeräusche wurden entsprechend den Vorschriften der TA-Lärm (3 m Abstand, 1,2 m Höhe) an einem „ruhig“ gelegenen Tennisplatz aufgenommen. Die Aufnahmeanordnung bestand aus einem Aufnahmehorn mit Vorverstärker, einem Verstärker und einem DAT-Recorder. Die Geräusche wurden einkanalig unbewertet auf DAT-Kassetten aufgezeichnet.

Einzelne Tennisschläge wurden aus diesen Aufnahmen mit Hilfe des Triple-DAT-Systems extrahiert. Diese wurden einmal einzeln, quasi als Emissionsgeräusche, mit der psychoakustischen Methode der Größenschätzung ohne Ankerschall bezüglich ihrer Lautheit bzw. Lästigkeit beurteilt. Der maximale Schallpegel L_{Fmax} des „lauten“ Tennisschlages betrug dabei 58,4 dB, der des „leisen“ 52,2 dB.

Zur Analyse der Einflüsse der Lautstärke und der Schlagrate auf die Lautheits- und die Lästigkeitsbeurteilung wurden dieselben Tennisschläge zu speziellen Geräuschszenarien zusammengestellt. Die Dauer dieser Szenarien betrug 5 Minuten, die

einzelnen Tennisschläge wurden statistisch verteilt. Da in einer natürlichen Umgebung ständig Umgebungsgeräusche wahrnehmbar sind, wurden die Tennisschläge im Laborversuch mit Hintergrundgeräuschen ($L_{eq}=35dB(A)$) unterlagert. Es handelte sich hierbei um Umgebungsgeräusche auf einer Terrasse in einer ruhigen Wohngegend.

Die Hörversuche wurden über einen freifeldentzerrten Kopfhörer Beyer DT48 diotisch in einer geräuschisolierten Hörkabine dargeboten (Zwicker und Fastl, 1990).

An den Versuchsreihen nahmen acht normalhörende Versuchspersonen im Alter von 22-30 Jahren teil. Sie wurden mittels schriftlicher Versuchsanleitung dazu aufgefordert, den Darbietungen aufmerksam zuzuhören und anschließend die Fragen bezüglich der von ihnen empfundenen Lautheit bzw. Lästigkeit auf einem Fragebogen zu beantworten. Dabei sollten sie auf eine lineare Abbildung des Kontinuums der möglichen Lautheiten bzw. Lästigkeitswerte auf das Zahlenkontinuum achten. D.h. eine Zahl doppelten Wertes entspricht einer doppelt so laut bzw. lästig empfundenen Darbietung. Bei den psychoakustischen Hörversuchen zur Lästigkeit sollte die Versuchsperson außerdem aus einem Buch (Sartre, 1952) lesen und sich folgende Situation vorstellen: „Sie sitzen gerade an ihrem Schreibtisch und möchten ein Buch lesen. Vom Fenster hört man Freizeitgeräusche“. Bei der Beurteilung der Psychoakustischen Lästigkeit werden außerakustische Faktoren auf die Lästigkeitsempfindung, wie die Einstellung zur Lärmquelle, eigene Befindlichkeit, etc., nicht erfaßt (Widmann, 1992).

Subjektive Beurteilung der einzelnen Tennisschläge

In einer ersten Versuchsreihe wurde getrennt einmal die Lautheit, das andere mal die Lästigkeit der verwendeten Tennisschläge mit der Methode der Größenschätzung ohne Ankerschall (d.h. es wird keine explizite Referenz angegeben, mit der der Testschall verglichen werden soll) subjektiv beurteilt. Die unterschiedlichen Tennisschläge wurden jeweils fünfmal in zufälliger Reihenfolge dargeboten. Ausgewertet wurden nur die letzten vier Beurteilungen. Die Versuchsperson mußte in der Pause (2 s) zwischen zwei Tennisschlägen eine Zahl angeben, die ihrem Empfinden der Lautheit bzw. Lästigkeit entsprach. Exemplarisch sind die Ergebnisse für den „lauten“ und „leisen“ Tennisschlag ausgewertet. Die Beurteilungen jeder Versuchsperson wurden auf den Median des „lauten“ Tennisschlages normiert. Der Median und die Wahrscheinlichen Schwankungen der so erhaltenen Werte für den „lauten“ bzw. „leisen“ Tennisschlag sind in Abbildung 1 dargestellt.

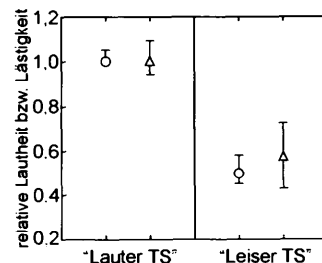


Abb. 1: Subjektive Beurteilung des „lauten“ (links) und des „leisen“ (rechts) Tennisschlages bezüglich Lautheit (Kreise) und Lästigkeit (Dreiecke). Ergebnisse normiert auf den Median der lauten Tennisschläge.

Aus Abbildung 1 erkennt man, daß die beiden Tennisschläge sowohl hinsichtlich der Lautheit als auch der Lästigkeit jeweils

ähnlich beurteilt werden. Der „leise“ Tennisschlag wird etwa halb so laut bzw. lästig empfunden wie der „laute“. Bei der Beurteilung der Lästigkeit unter kontrollierten Bedingungen im Labor führen sowohl höhere intra- als auch interindividuelle Schwankungen zu einer größeren Streuung der Ergebnisse (d.h. größere Wahrscheinliche Schwankungen) als bei der Beurteilung der Lautheit.

Subjektive Beurteilung der Szenarien

Es wurden sechs unterschiedliche Szenarien bezüglich der Globalen Lautheit und der Psychoakustischen Lästigkeit beurteilt. Dabei wurde zum einen die Abhängigkeit von der Anzahl der Tennisschläge (Ereignisse) pro Minute und zum anderen die Einflüsse der Lautstärke des Tennisschlags bei konstanter Tennisschlagrate untersucht. In Abbildung 2 sind die Ergebnisse bei Variation der Tennisschlagrate dargestellt. Die Tennisschlagrate wurde variiert von 30 über 50 bis 70 Tennisschlägen pro Minute. Dabei entsprechen 30 Tennisschläge pro Minute einem bespielten Tennisplatz, 50 und 70 Schläge pro Minute werden bei mehreren belegten Plätzen erreicht.

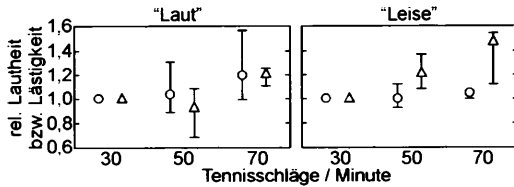


Abb. 2: Subjektive Beurteilung der Globalen Lautheit (Kreise) bzw. der Lästigkeit (Dreiecke) bei 30 (links), 50 (mitte) und 70 (rechts) Tennisschlägen/Minute. „Laute“ Tennisschläge (linkes Teilbild) und „leise“ Tennisschläge (rechtes Teilbild) normiert jeweils nach dem Szenario mit den 30 Tennisschlägen/Minute (links).

In Abbildung 2 zeigen Lautheit und Lästigkeit bei den „lauten“ Tennisschlägen einen ähnlichen Verlauf. Erst bei Schlagraten von 70 Tennisschlägen/Minute steigt die Beurteilung sowohl für die Lautheit als auch für die Lästigkeit um etwa 20% an.

Bei den „leisen“ Tennisschlägen zeigen die Ergebnisse für die Globale Lautheit keine nennenswerten Unterschiede für die verschiedenen Tennisschlagraten. Die Lästigkeit jedoch nimmt mit steigender Schlagrate zu. Das Szenario mit den 50 Tennisschlägen/Minute wird etwa 20%, das mit den 70 etwa 40% lästiger empfunden als das Szenario mit den 30 Tennisschlägen/Minute.

Die Ergebnisse für unterschiedliche Lautstärke der Tennisschläge bei konstanter Tennisschlagrate sind in Abbildung 3 dargestellt.

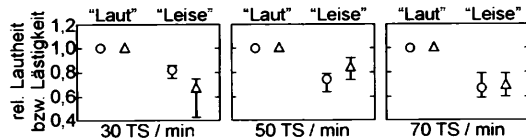


Abb. 3: Subjektive Beurteilung der globalen Lautheit (Kreise) bzw. der Lästigkeit (Dreiecke) der Szenarien mit „lauten“ (links) und „leisen“ (rechts) Tennisschlägen. Die Tennisschlagrate beträgt 30 (links), 50 (mitte) und 70 (rechts) Tennisschläge/Minute.

Für alle untersuchten Schlagraten sind die Unterschiede in der Lautheit und Lästigkeit zwischen „lauten“ und „leisen“ Tennisschlaggeräuschen nahezu gleich groß. Die Szenarien mit den „leisen“ Tennisschlägen werden im allgemeinen um 20–30% weniger laut bzw. lästig empfunden als die entsprechenden mit den „lauten“. Diese Unterschiede werden bei der Darbietung als Immissionsgeräusche etwas kleiner empfunden als bei der Beurteilung der einzelnen Tennisschläge.

Gegenüberstellung der subjektiven Urteile mit meßtechnischen Ergebnissen

Zum Vergleich mit den psychoakustischen Daten wurden die Lautheit nach DIN 45 631 mit anschließender Perzentilwertberechnung, der energieäquivalente Dauerschallpegel L_{eq} und der für diese Freizeitgeräusche vorgeschriebene Taktmaximalpegel L_{AFTmax} gemessen.

Die Gegenüberstellung der subjektiven Beurteilungen der sechs Szenarien zu den meßtechnischen Beurteilungsverfahren ist in Abbildung 4 normiert auf das Szenario mit 30 „lauten“ Tennisschlägen/Minute dargestellt.

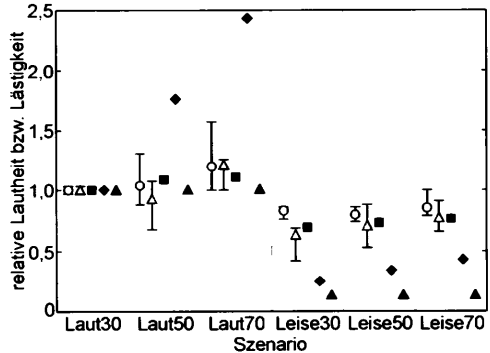


Abb. 4: Die Subjektive Beurteilung der Globalen Lautheit (offene Kreise) bzw. der Lästigkeit (offene Dreiecke) der 6 Szenarien im Vergleich zu der Perzentillautheit N_1 (schwarze Rechtecke), dem energieäquivalenten Dauerschallpegel L_{eq} (schwarze Rauten) bzw. dem Taktmaximalpegel L_{AFTmax} (schwarze Dreiecke). Normiert nach Szenario „Laut30“ (links).

Der energieäquivalente Dauerschallpegel L_{eq} zeigt zwar eine Abhängigkeit von der Tennisschlagrate (wegen der Addition der Energien der einzelnen Tennisschläge) und damit eine hohe Rangkorrelation zu den psychoakustischen Daten, quantitative Unterschiede werden jedoch im linearen Maßstab stark überschätzt. Weder der Unterschied durch die Schlagrate noch durch die Lautstärke werden korrekt nachgebildet.

Der Taktmaximalpegel L_{AFTmax} kann die Abhängigkeit von der Tennisschlagrate gar nicht abbilden, da ab 30 Tennisschlägen/Minute immer ein Tennisschlag innerhalb der 5 Sekunden Taktzeit fällt. Die Abhängigkeit von der Lautstärke des Tennisschlags wird ebenso überschätzt.

Die Perzentillautheit N_1 als Maß für die Lautheitsspitzen bildet am besten den Verlauf der subjektiven Beurteilung nach. Sowohl qualitative Unterschiede durch die zunehmende Tennisschlagrate als auch die quantitativen Größenverhältnisse werden durch sie gehörig wiedergegeben.

Literatur

Guski, R., (1989), Inhaltsanalytische Untersuchungen zu Freizeit- und Gewerbeärm Beschwerden. Zeitschrift für Lärmbekämpfung, S. 66-72
 Probst, W., (1994), Geräusentwicklung von Sportanlagen und deren Quantifizierung für Immissionschutztechnische Prognosen. Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Schriftenreihe: Sportanlagen und Sportgeräte, Bericht B2/94
 Sartre, J. P., (1952), Das Spiel ist aus, Rowohlt Verlag
 Widmann, U., (1992), Ein Modell der psychoakustischen Lästigkeit von Schallen und seine Anwendung in der Praxis der Lärmbeurteilung. Dissertation am Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation, Technische Universität München
 Zwicker, E., Fastl, H., (1990), Psychoacoustics – Facts and Models, Springer Verlag

Literatur im [www](http://www.mnk.e-technik.tu-muenchen.de/admin/noise.html):
<http://www.mnk.e-technik.tu-muenchen.de/admin/noise.html>