

Wahrnehmung von Pegeldifferenzen bei Vorbeifahrten von Güterzügen

*K. Jäger, **H. Fastl, **F. Schöpf **G. Gottschling, ***U. Möhler

* DB AG, München; ** Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation, TU München; *** Möhler + Partner, München

1. Einleitung

Den praktischen Erfahrungen des Akustikingenieurs gehört unter anderem der weit verbreitete, einfache Merksatz: „3 dB weniger oder eher Schallpegel seien gerade wahrnehmbar“. Neuere wissenschaftliche Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß es für eine effektive Reduzierung der Geräuschbelastung nicht immer ausreichend ist, sich nach physikalischen Größen wie Schalldruck oder Intensität bzw. einfachen Merksätzen zu richten.

Für die DB AG stellte sich in diesem Zusammenhang die Frage, um wieviel dB der Pegel einer bestimmten Geräuschquelle tatsächlich zu reduzieren ist, damit ein Betroffener einen hörbaren Nutzen von dieser Pegelreduktion hat. Insbesondere beim Neu- und Ausbau von Abhängerstrahlen wird immer wieder gefordert, durch Erhöhung von Schallschutzwänden (SSW) von 2 m auf 3 m eine zusätzliche Pegelreduktion zu erreichen, die in diesen Fällen, je nach Immissionsorthöhe, bei ca. 3 dB liegt. Hier stellt sich dann wiederum die Frage, ob die durch die Schallschutzwanderrhöhung resultierende optische Beeinträchtigung in einem sinnvollen Verhältnis zur akustischen Verbesserung der Situation steht.

Die Arbeitsgruppe Technische Akustik unter Leitung von Herrn Prof. Dr.-Ing. H. Fastl am Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation der TU München ist dieser Fragestellung nachgegangen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden hier (gekürzt) vorgestellt.

2. Versuchsdurchführung

Die Untersuchungen zur wahrnehmbaren Pegeldifferenz bei synthetischen Geräuschen wurden in o.g. Arbeitsgruppe bereits durchgeführt. Man fand heraus, daß Versuchspersonen bei Sinustönen mit einem Pegel von etwa 70 dB eine Pegeldifferenz von 1 dB noch wahrnehmen können. Bei einer Erhöhung des Pegels auf 40 dB konnten bereits Pegelunterschiede in der Größenordnung von 0,4 dB unterschieden werden, bei 100 dB sogar von 2 dB. Man kann an diesen Werten ablesen, daß die wahrnehmbaren Pegeldifferenzen stark vom absoluten Pegel der Sinustöne abhängig sind und daß ihre Werte für größer werdende Pegel immer kleiner werden.

Diese Untersuchungen entsprechen jedoch nicht den Situationen, wie sie häufig in der Realität vorkommen. In der hier zu diskutierenden Arbeit wurden daher Geräusche mit zeitlich sich ändernden Pegeln verglichen. Es handelt sich dabei um Aufnahmen von Schienenverkehrsgeräuschen, und zwar um den Vorbeifahrtpegel eines Güterzugs mit einer Länge von 313 m, einer Geschwindigkeit von 93 m/h, aufgenommen in einem Abstand zur Trasse von 100 m. Die Beobachtungshöhe lag bei 5 m über Grund. Als Dauer der Vorbeifahrt wurden 30 s ermittelt. Diese Situation wird häufig in der Praxis vorgefunden. Gemäß Abb. 1 beträgt der maximale A-bewertete Schallpegel der Zugvorbeifahrt $L_{AFmax} = 79$ dB(A). Insgesamt wurden fünf Versuchsreihen durchgeführt

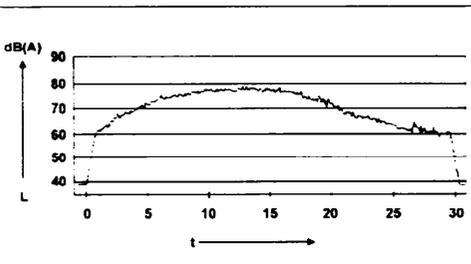


Abb. 1. Pegel-Zeitverlauf des Schienenverkehrsgeräusches

2.1 Modus „to listen“

Begonnen wurde mit dem ersten Versuchsmodus „to listen“. Hierbei widmeten die Versuchspersonen ihre gesamte Aufmerksamkeit den dargebotenen Schallereignissen. Diese bestanden aus der Referenz-Vorbeifahrt mit dem Pegel von 79 dB(A). Nach einer Pause von etwa 1 s folgte die daran anschließende Vorbeifahrt mit unverändertem und verändertem Schallpegel um ± 2 dB, ± 3 dB, ± 4 dB und ± 7 dB. Der Hörversuch umfaßte insgesamt acht verschiedene Pegeldifferenzen, die jeweils viermal von jeder Versuchsperson im Labor zu beurteilen waren. Die Versuche wurden an 15 normalhörenden Versuchspersonen durchgeführt. Die Geräusche wurden in einer schallgedämpften Hörkabine über freifeldentzerrte Kopfhörer dargeboten. Der Antwortbogen umfaßte die Fragen: „Haben Sie Unterschiede in der Lautstärke der gehörten Geräusche wahrgenommen?“ und: „Falls Sie die erste Frage bejahen konnten“: „war das zweite Geräusch lauter, gleich laut oder leiser als das erste Geräusch?“

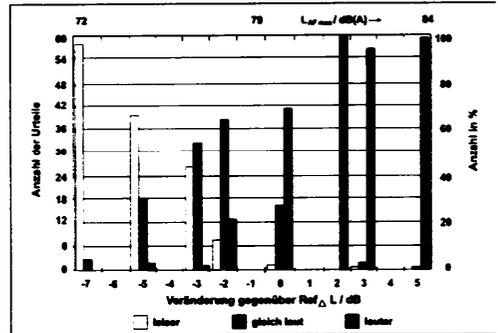


Abb. 2: Ergebnisse des Hörversuches im Modus „to listen“

Die Urteile der Versuchspersonen für Vorbeifahrten mit erhöhtem Pegel bzgl. der Referenzvorbeifahrt fallen recht eindeutig aus. Die entsprechenden Zugeräusche werden mit einer Wahrscheinlichkeit von nahezu bzw. genau 100% jeweils als lauter als die zuerst gehörte pegelunveränderte Referenzvorbeifahrt beurteilt. Bei Vorbeifahrten mit reduziertem Pegel sind die Angaben der Versuchspersonen weitaus weniger eindeutig. Bei -5 dB lauten etwa 30% der Urteile, daß kein Unterschied zur Referenzvorbeifahrt wahrgenommen wurde. Bei -3 dB ist das Urteil „gleich laut“ mit über 50% und bei -2 dB mit über 60% das am häufigsten abgegebene Urteil.

2.2 Modus „to hear“

Im Alltag ist man üblicherweise nicht damit beschäftigt, vorbeifahrenden Zügen zuzuhören. Vielmehr hat man sich auf Tätigkeiten wie z. B. Lesen oder Schreiben zu konzentrieren. Dieser Umstand wird bei der nächsten Versuchsreihe mit dem Modus „to hear“ berücksichtigt. Dabei wird im wesentlichen angestrebt, die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen von den Zugvorbeifahrten abzulenken. Während der Versuchsreihe wird sowohl das zu beurteilende Geräusch als auch ein zusätzlich eingespieltes Grundgeräusch (Straßenverkehrslärm) von ca. 40 dB(A) über Lautsprecher dargeboten.

Die Pausendauer zwischen den Zugvorbeifahrten beträgt 3 Minuten bzw. 6 Minuten. Die Probanden hatten während des Experiments die Aufgabe, in Textvorlagen Rechtschreibfehler zu markieren. Die Versuchspersonen

ßen während der Geräuscharbeit mit dem Rücken zum aufsprecher.

ie Anzahl der zu beurteilenden Geräuschpaare wurde auf insgesamt acht reduziert. Da jede Geräuscharbeit eine Dauer von fünf Minuten hatte, konnte nur eine begrenzte Zahl von Versuchen durchgeführt werden. Die acht Darbietungen waren auf 2x4 Hörversuche aufgeteilt, so daß jede der 15 Versuchspersonen vier Beurteilungen je Sitzung durchzuführen hatte. Jede Sitzung dauerte somit 20 Minuten. Jedes Geräuschpaar galt es insgesamt zweimal zu beurteilen. Die Reihenfolge auf Referenz- und zu beurteilender Vorbeifahrt wurde variiert, damit für die Versuchsauswertung ein möglicher Reihenfolgeeffekt minimiert werden konnte.

ewählt wurden Pegeldifferenzen von +/- 3 dB und +/- 10 dB.

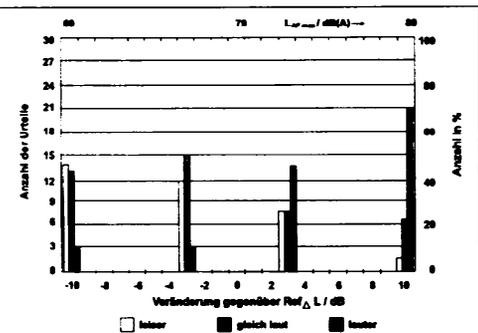


Abb. 3: Ergebnisse des Hörversuches im Modus „to hear“

er Ergebnisse in Abb. 3 ist zu entnehmen, daß das eindeutigste Urteil der Versuchspersonen für eine um 10 dB pegelerhöhte Zugvorbeifahrt ausfällt. Bei + 3 dB ergibt sich für das Urteil „lauter“ dagegen nur noch eine Häufigkeit von 45%. Bei einer Pegelreduktion von 3 dB sogar nur noch 40% für das Urteil „leiser“. Eine eindeutige Klassifikation der Darbietungen fällt den Versuchspersonen für pegelreduzierte Ereignisse schwerer als für die pegelerhöhten Vorbeifahrten. Der Grund für die relativ schlechte Erkennung der Pegelunterschiede bei 3 dB liegt ermutlich einmal in den Pausen zwischen den einzelnen Ereignissen, die dies für Anlieger an Bahnstrecken in der Regel der Fall ist und daran, daß die Probanden durch die oben beschriebenen Tätigkeiten gelenkt waren.

3.3 Modus „to hear“ hinter einer SSW

ür die nächste Versuchsreihe wurde der $L_{A,max}$ von bisher 79 dB(A) abgesenkt. Hierfür wurde mit Hilfe eines graphischen Equalizers auf der Basis des Abschirmmaßes D_s nach VDI 2720 eine Anpassung der Spektralverteilung und des Gesamtpegels an die Lautstärkeverhältnisse unter einer 2 m hohen Schallschutzwand simuliert. Der Referenzpegel betrug jetzt 60 dB(A). Auf Grund der verwendeten Pegeldifferenzen von +/- 3 dB und +/- 6 dB ergaben sich zu beurteilende Werte von 54, 57, 63 und 66 dB(A). Die Geräuschpause zwischen den einzelnen Darbietungen betrug 6 min.

Die Ergebnisse in Abb. 4 zeigen, daß Pegelerhöhungen von 3 dB von eniger als 40% der Probanden wahrgenommen wurden. Pegelreduzierungen um 3 dB wurden sogar nur von 20% der Probanden abgenommen. Bei Pegeländerungen von +/- 6 dB liegt die Abnehmbarkeit bei 57%, bzw. bei 53%.

Überträgt man nun diese Ergebnisse in die Praxis, zeigt sich, daß Erhöhungen von Schallschutzwänden mit einer zusätzlichen Pegelminderung von 3 dB (z. B. Aufstockung einer SSW von derzeit 2 m auf zukünftig 3 m) lediglich von 20% der Betroffenen akustisch abgenommen wird!

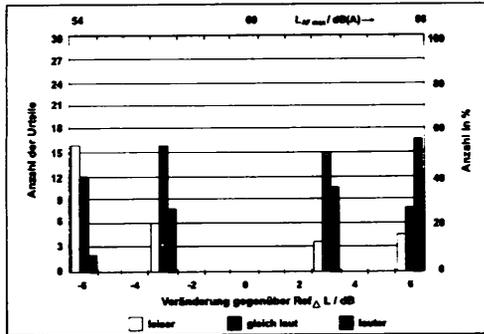


Abb. 4: Ergebnisse des Hörversuches hinter einer SSW im Modus „to hear“. Pausendauer: 6 min.

3. Zusammenfassung der Ergebnisse

In Abb. 5 ist versucht worden, möglichst alle Versuchsreihen im Ergebnis darzustellen (auch Versuchsreihen, die aus Platzmangel hier nicht diskutiert werden konnten).

Die Darstellung in diesem Schaubild weicht etwas von den Darstellungen in den vorangegangenen Diagrammen ab, da lediglich eine 3 dB-Abweichung diskutiert werden sollte. Der %-Anteil auf der Ordinate gibt den Grad der Nichterkennung des Pegelunterschieds an.

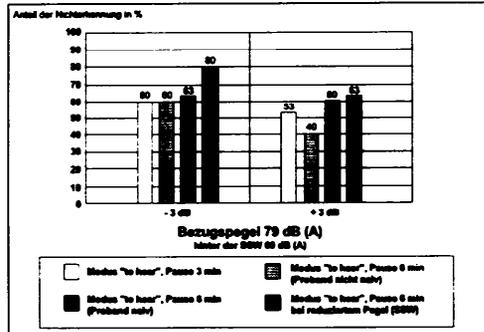


Abb. 5: Zusammenfassung der Ergebnisse zur Wahrnehmung von Pegeldifferenzen

Die Ergebnisse zeigen sehr deutlich, daß Pegelerhöhungen von 3 dB im Zusammenhang mit Zugvorbeifahrten im natürlichen Umfeld der Betroffenen von mehr als 50% der Probanden nicht wahrgenommen wurden. Bei Pegelabsenkungen in gleicher Höhe, liegt dieser Anteil sogar über 60%!

Faßt man die hier diskutierten Ergebnisse zusammen, stellt sich die Frage, ob geplante SSW-Projekte an Eisenbahnstrecken mit einer (zusätzlichen) Abschirmwirkung in der Größenordnung von 3 dB, die - wie sich gezeigt hat - von der Mehrzahl der Betroffenen nicht wahrgenommen wird, tatsächlich auch in allen Fällen realisiert werden müssen, oder ob die hierfür erforderlichen Wirtschaftsmittel nicht besser in effektivere Lärmschutzprojekte investiert werden sollten.

4. Literatur

- Schick, A.: „Schallbewertung, Grundlagen der Lärmforschung“ Springer Verlag, 1990
- Zwicker E., Fastl H.: „Psychocoustics - Facts and Models“ Springer Verlag, 1990
- Schöpf F., Gottschling G., Fastl H., Möhler U.: „Wahrnehmung von Pegeldifferenzen bei Vorbeifahrten von Güterzügen“ Forschungsbericht der TU München im Auftrag der DB AG (ZBT 512) München 1996.