



NEWSLETTER

AKADEMIE - BRIEF • NO. 64

AUGUST 2006

Beurteilung von Umgebungslärm. Die Gültigkeit des Schienenbonus für den Tages- und Nachtzeitraum.

Barbara Griefahn, Anke Marks (Institut für Arbeitsphysiologie, Universität Dortmund), Mathias Basner (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.)

Obschon die meiste Information mit den Augen aufgenommen wird, ist das Hörsystem zweifellos wichtiger und grundlegender für die geistige und soziale Entwicklung. Es beansprucht keine direkte Aufmerksamkeit, ist aber angelegt als ein ständig arbeitendes Alarmsystem. Menschen können also akustische Reize jederzeit aufnehmen, und das menschliche Gehirn ist in der Lage, diese Reize zu analysieren und entsprechend darauf zu reagieren, sogar während des Schlafs. Die Auswirkungen von Lärm betreffen verschiedene Funktionen. Störungen der Kommunikation, des Schlafs und von autonomen Funktionen (Änderungen des Herzschlags, des Blutflusses, etc.) treten schon bald nach dem Einsetzen des Lärms auf und verursachen als Folge Belästigung und beeinträchtigen die Leistungsfähigkeit. Auch wenn diese Auswirkungen unspezifisch sind und auch von anderen Umweltstressoren hervorgerufen werden, steht Lärm im Verdacht, auf lange Sicht zur Entstehung von chronischen, durch viele Faktoren bedingte Erkrankungen beizutragen. Lärmverminderung ist somit ein wesentliches Element öffentlicher Gesundheitsvorsorge.

1 Beurteilung von Lärm

Die Richtlinie 2002/49/EC ist ein Schritt hin zum Ziel der Lärmverminderung. Es verpflichtet die Ballungsräume in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union, Lärmkarten unter Verwendung des Tag-Abend-Nacht-Pegels L_{DEN} (= day-evening-night-level) auszuarbeiten. Der L_{DEN} ist ein Mittelwert, der zusätzlich 5 bzw. 10 dB(A) zum äquivalenten Dauerschallpegel für den Abend (18 – 22 Uhr) und den Nachtzeitraum (22 – 6 Uhr) hinzufügt. Der L_{DEN} wird für ausreichend erachtet, Belästigungen durch Verkehrslärm abzuschätzen, der zur Hauptquelle des Umgebungslärms geworden ist. Diese Situation wird sich

verschärfen, da sich die Verkehrsdichte in den nächsten Jahren beträchtlich erhöhen wird, und zwar stärker nachts als tagsüber.

2 Belästigung

Die am häufigsten genannte Lärmwirkung ist die Belästigung. Darunter ist jedes Gefühl von Groll, Missvergnügen, Unbehagen und Verärgerung zu verstehen, die auftreten, wenn Reize von außen in jemandes Gedanken und Stimmungen eindringen oder bei Aktivitäten stören, und die nicht im Einklang mit bestehenden Absichten sind. Dies ist meist der Fall, wenn sich Menschen unterhalten oder wenn sie (versuchen zu) schlafen. Umgebungslärm

kann daher die Lebensqualität ernstlich beeinträchtigen.

Indessen haben zahlreiche experimentelle Studien und soziale Umfragen gezeigt, dass Belästigung nicht nur durch die akustische Last bestimmt wird. Stattdessen wird Belästigung weitgehend durch die Art des Lärms bewirkt, wie eine ausführliche Meta-Analyse gezeigt hat, die auf 55 sozialen Erhebungen mit insgesamt 58.000 Befragungen von Ortsansässigen gründet, die in der Nachbarschaft von Flughäfen, in der Nähe belebter Straßen und entlang von Bahnstrecken leben. Danach belästigt Fluglärm mehr als Straßenlärm und Schienenlärm am wenigsten. Diese Ergebnisse bestätigen die Bonus-Malus-Regelungen, die in vielen Ländern etabliert sind und die höhere Lärmpegel für Schienen- als für Straßenlärm erlauben. Diese Regelungen unterscheiden nicht zwischen Tag- und Nachtzeitraum.

3 Lärmbedingte Schlafstörungen

Aufgrund der zweifelsfreien Erholungsfunktion des Schlafes gelten Schlafstörungen als die schädlichsten Auswirkungen von Lärm. Unter Schlafstörungen versteht man jede messbare oder subjektiv empfundene Abweichung von normalem oder gewünschtem Schlafverhalten. Aufweckungen gelten als am schwerwiegendsten, da die Wachzeit die subjektiv empfundene Schlafqualität, die Stimmung und sogar die Leistungsfähigkeit am nächsten Tag bestimmt.

Die Fähigkeit des Gehirns, verschiedene akustische Signale sogar während des Schlafes zu unterscheiden, ist in Studien nachgewiesen worden, wobei Aufwachreaktionen auf bedeutsame akustische Reize wahrscheinlicher waren als auf neutrale. Daher wurde angenommen, dass menschliche Reaktionen auf Verkehrslärm während des Schlafes der Belästigung tagsüber entsprechen. Der Meta-Analyse zufolge, die sich mit der erfahrenen Belästigung im Zustand des Bewusstseins beschäftigt, wurde erwartet, dass – unter Annahme derselben akustischen Last – Fluglärm die meisten und Schienenlärm die wenigsten Aufweckungen verursacht. Während zahlreiche Studien die Stichhaltigkeit dieser Rangordnung bezüglich Belästigung (den Wachzustand betreffend)

stützen, hatten bisher nur wenige Studien die Auswirkungen verschiedener Verkehrslärmarten auf den Schlaf zum Thema.

Bereits in den 70er Jahren durchgeführte Studien haben gezeigt, dass Straßenverkehrslärm – denselben äquivalenten Dauerschallpegel vorausgesetzt – störender ist als Schienenlärm, wahrscheinlich wegen der größeren Zahl der Ereignisse. In einer weiteren Feldstudie wurden 377 ortsansässige Probanden, die Schienen- und Straßenverkehrslärm ausgesetzt wurden, zwei Wochen lang beobachtet. Es zeigten sich **keine Unterschiede zwischen Schienen- und Straßenverkehrslärm** bezüglich Körperbewegungen, subjektiver Beurteilung und Leistung, obwohl umfangreiche Befragungen gezeigt haben, dass dieselben Personen weniger durch Schienen- als durch Straßenverkehrslärm belästigt wurden.

Schließlich machten zwei eingeschränkte Laborexperimente die **stärkste Reaktion auf Schienenlärm** deutlich, obwohl die Maximalpegel im Vergleich zum Fluglärm niedriger waren, wahrscheinlich wegen kürzerer Anstiegszeiten und längerer Dauer der relativ hohen Pegel in Verbindung mit der charakteristischen Zeitstruktur des Schienenlärms.

4 Experimente zur Gültigkeit des Schienenbonus zur Nachtzeit

Die zitierten Studien lassen vermuten, dass die Verarbeitung von Lärmeindrücken während des Schlafes, der ja einen völlig anderen Bewusstseinszustand darstellt, unterschiedlich erfolgen könnte. Eine diesbezügliche Diskussion betrifft das **Konzept der Lärmmittelung, das bei groß angelegten Studien versagte, die Auswirkungen des Verkehrslärms auf den Schlaf genau genug voraussagen zu können. Dagegen steigt die Wahrscheinlichkeit ereignisbezogener akuter Reaktionen wie Aufwachen und Körperbewegungen mit dem Maximalpegel einzelner Ereignisse deutlich an.**

Die Gültigkeit des Schienenbonus während der Nacht und die Anwendbarkeit von Mittelungspegeln zur Vorhersage von Schlafstörungen wurde mit 24 Probanden untersucht, die in drei aufeinander folgenden Wochen eine Viertagesfolge pro Woche im Labor schliefen. Mit wöchentlicher Änderung wurden sie über Nacht Flug-, Schienen- und Straßenverkehrslärm mit denselben äquivalenten Dauerschallpegeln, denselben Maximalpegeln und denselben Abfolgen ausgesetzt, wobei physiologische Wirkungen, subjektive Bewertung von Schlaf und Leistungsdaten aufgezeichnet wurden.

Vor jeder Nacht bewerteten die Probanden ihr aktuelles Wohlbefinden und ihre Stimmung und vervollständigten Leistungstests. Nach dem Wecken beurteilten sie ihre Schlafqualität, ihr aktuelles Befinden, ihre Stimmung und Müdigkeit und vervollständigten wiederum Leistungstests. Während der Nacht wurden die elektrische Gehirnaktivität, Augenbewegungen und Muskeltonus kontinuierlich aufgezeichnet, um die Schlaftiefe anzuzeigen.

4.1 Äquivalente Dauerschallpegel

Die Stichhaltigkeit des L_{DEN} für die Vorhersage von lärmbedingten Schlafstörungen erfordert einen stetigen Anstieg der Wirkungen auf den Schlaf mit steigendem Schallpegel, der in dieser Studie zwischen 39 und 50 dB(A) variierte. Ein solch stetiger Anstieg wurde tatsächlich für die subjektive Beurteilung des Schlafs gefunden, aber nur für wenige physiologische Variablen. Die Gesamtschlafdauer, die Tiefschlafzeit und die REM-Schlafzeit (Traumschlaf) nahmen stetig mit steigender akustischer Last ab unter Zunahme der Zeit im Wach- und im flachsten Schlafzustand. In diesem Fall zeigten die meisten physiologischen Variablen fast die gleiche Veränderung bei den niedrigeren Pegeln, aber eine beträchtlich stärkere Reaktion auf die höchsten Pegel. Diese Beobachtung, die durch andere Studien gestützt wird, führt zu dem Schluss, **dass Mittelungspegel wie der äquivalente Dauerschallpegel und somit der L_{DEN} für die zuverlässige Vorhersage lärmbedingter Schlafstörungen nicht geeignet sind. Hingegen ist der Maximalpegel des einzelnen Lärmereignisses ein guter Indikator für ereignisbezogenes Aufwachen.**

4.2 Art des Verkehrslärms

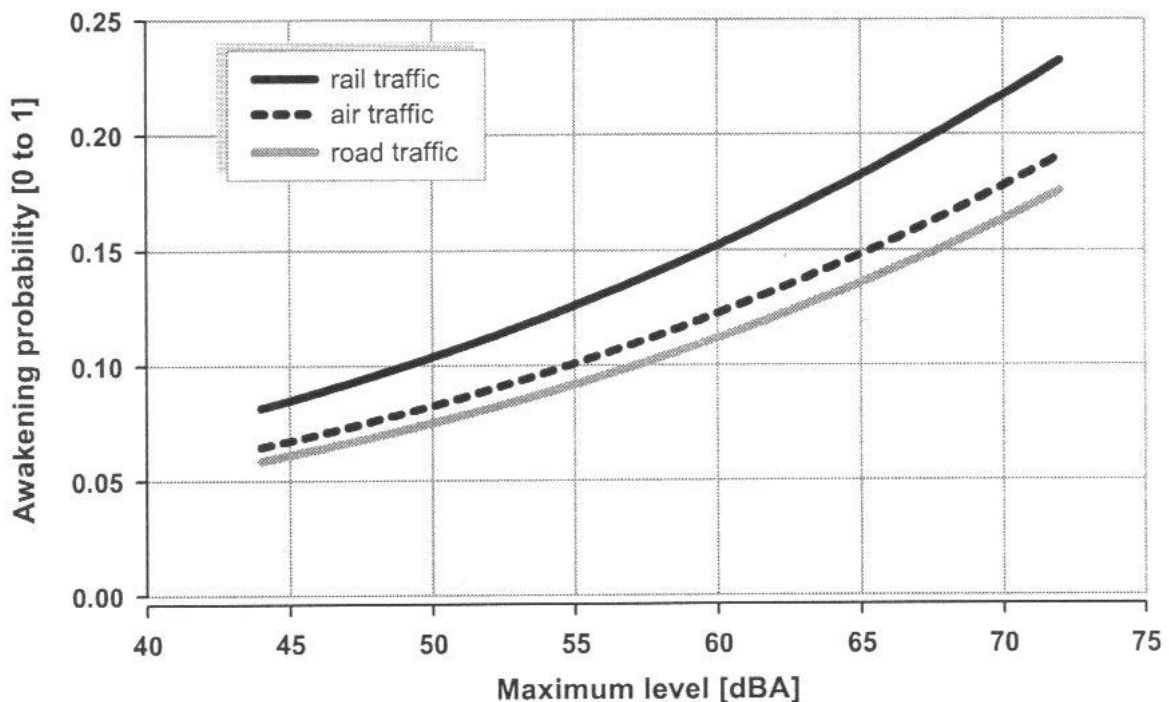
Die Hypothese, nach welcher für die Wahrscheinlichkeit des Aufwachens und das Ausmaß von Schlafstörungen dieselbe Rangordnung wie für Belästigung erwartet wurde, nämlich die stärkste Reaktion auf Fluglärm und die geringste auf Schienenlärm, hat sich nicht bestätigt. In Fällen, in denen die subjektive Einschätzung von Schlafqualität und Müdigkeit unabhängig von der Lärmart gleichermaßen beeinträchtigt waren, waren die meisten physiologischen Schlafparameter mehr durch den Schienenlärm in Mitleidenschaft gezogen als durch Flug- und Straßenverkehrslärm. Dem Schienenlärm ausgesetzt, war die Zeit zur Erreichung des Tiefschlafs meist verlängert, die Dauer des Tiefschlafs war am kürzesten, wohingegen die Zeit im Wachzustand und im flachsten Schlafzustand am längsten war. Das wurde auch für die Wahrscheinlichkeit von ereignisbezogenem Aufwachen gefunden.

Bild 1 zeigt diese Aufwachwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit vom maximalen Lärmpegel, getrennt für die drei Lärmarten. Klare Dosis-Wirkungs-Beziehungen, die mit dem Maximalpegel des individuellen Lärms zunehmen, wurden für alle drei Lärmarten bestimmt. Die Kurven sind parallel, aber für Schienenlärm klar oberhalb der Auswirkungen, die durch Flug- und Straßenverkehrslärm verursacht werden. Vorläufige Ergebnisse einer ähnlichen Studie, die gerade vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt abgeschlossen wurde, lassen ebenfalls vermuten, **dass die typische Rangfolge der Verkehrsarten für Belästigungsreaktionen für Schlafstörungen nicht anwendbar ist.**

Die Steigungen der in Bild 1 dargestellten Dosis-Wirkungs-Kurven hängen von mehreren akustischen Parametern, von persönlichen und situationsbedingten Faktoren ab. Diese sind für alle drei Verkehrsarten die maximalen Lärmpegel und die Zeit bis zur Erreichung der Maximalpegel.

Je höher die Maximalpegel und je steiler der Anstieg, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit des Aufwachens.

Figure 1: Awakenings due to aircraft, rail and road traffic noise



Ein anderer entscheidender Faktor für die durch Lärm von Schienen- und Straßenverkehr hervorgerufenen Wirkungen ist die Dauer des einzelnen Lärmereignisses, während die Abstände zwischen Lärmereignissen nur für Fluglärm ausschlaggebend sind. Was persönliche Faktoren anbelangt, haben Geschlecht und die selbst eingeschätzte Lärmempfindlichkeit in Bezug auf Schlaf keinen Einfluss, wohingegen das Aufwachen prozentual mit dem Alter anstieg. Aufwachen ist während des Tiefschlafs am wenigsten wahrscheinlich, aber zunehmend öfters mit der Zeit, die zwischen dem Zubettgehen und dem Auftreten von Lärm verstreicht. *[Anmerkung des Übersetzers: Lärm lässt einen nicht einschlafen!]*

5 Schlussfolgerungen

Mehrere Länder, z.B. die Bundesrepublik Deutschland, erlauben höhere Lärmpegel entlang von Schienen als an Straßen. Dieser „Bonus“ basiert auf ausgedehnten sozialen Erhebungen, in denen ortsansässige Probanden gebeten wurden, den Grad der auf Verkehrslärm bezogenen Belästigung einzuschätzen. Dies wird nachdrücklich gestützt durch die oben zitierte Meta-

Analyse ebenso wie durch Studien, in denen die Leistung von Kindern aufgezeichnet wurden, während sie den drei Verkehrslärmarten ausgesetzt waren; die geringste Beeinträchtigung wurde unter dem Einfluss von Schienenlärm festgestellt. **Jüngst durchgeführte Studien stellen jedoch die Gültigkeit dieses Bonus für den Schlaf in Frage, der einen völlig anderen Bewusstseinszustand darstellt.** Nichtsdestoweniger, **trotz der hier präsentierten klaren Ergebnisse**, ist es sicherlich verfrüht, eine Modifizierung oder eine Abschaffung des Bonus während der Nachtzeit zu empfehlen. Solche weitreichenden Entscheidungen erfordern die Bestätigung auf der Basis diverser realitätsnäherer Szenarios im Labor und im Feld.

(Newsletter der Europäischen Akademie für Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen, Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH, Akademiebrief Nr. 64, August 2006, Seiten 1-3 - Übersetzung: Roland Diehl)