

Beeinträchtigung des Schlafes durch Lärm

Interdisziplinärer Arbeitskreis für Lärmwirkungsfragen beim Umweltbundesamt*

Bismarckplatz 1, D-1000 Berlin 33

Zusammenfassung. Es werden wichtige, umweltbezogene Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung zur Beeinträchtigung des Schlafes durch Lärm zusammengestellt. Sie betreffen sowohl Untersuchungen über die physiologischen und vegetativen Auswirkungen des Lärms, als auch sozialwissenschaftliche Erhebungen über die empfundene Störung der Nachtruhe. Die Zusammenstellung bildet die Grundlage für Empfehlungen zu Zielwerten der Geräuschbelastung, bei deren Unterschreitung Schlafstörungen weitgehend vermieden werden.

The Impairment of Sleeping by Noise

Summary. Important environmental related results of noise effects on the impairment of sleeping are reported. They concern with investigations of physiological and vegetative consequences of noise as well as with sociological studies about the disturbance of the night rest. This compilation is a base for recommendation of upper limit values of objective noise impact, which have to be regarded, if a disturbance of sleeping should be avoided as far as possible.

Les Perturbations du Sommeil par Bruit

Résumé. On a compilé des résultats importants de la recherche sur les perturbations du sommeil par bruit. Les résultats concernent non seulement les études des effets physiologiques et végétatives du bruit, mais aussi les explorations sociologiques sur les perturbations du repos nocturne ressenties. Cette compilation est la base de recommandations en égard des valeurs limite de la charge de bruit, dont l'observation évite largement des perturbations de sommeil.

1 Einleitung

Für die menschliche Gesundheit hat ein ungestörter Schlaf nach allgemeiner Auffassung eine besondere Bedeutung. Obwohl sich die Forschung schon seit langer Zeit intensiv mit dem Phänomen des Schlafes befaßt, sind derzeit die Funktion und der Mechanismus des Schlafes noch nicht ausreichend bekannt.

Schlafstörungen gehören zu den häufigsten Klagen in der ärztlichen Praxis. Sie werden in vermehrtem Maße auf Umwelteinwirkungen zurückgeführt (Griefahn et al. 1978). Unabhängig von Häufigkeit oder Intensität werden sie als besonders unerwünschte, ärgerliche und nachteilige Wirkung des Lärms bewertet (Rohrman et al. 1978; Finke et al. 1980). Auswertungen der bei kommunalen Behörden und der Industrie eingegangenen Lärmbeschwerden haben ergeben, daß etwa 50% der Fälle Schlafstörungen betreffen (Guski 1976, Häberle et al. 1979). Die Klagen beziehen sich auf quantitative und qualitative Aspekte:

- es wird zu wenig geschlafen (Einschlafschwierigkeiten, zu häufiges, zu frühes Aufwachen)
- die (Erholungs-)Qualität des Schlafes erscheint zu gering.

Man weiß heute, daß der Schlaf kein gleichbleibender Zustand ist. Es gibt vielmehr verschiedene Schlafstadien, die im Verlaufe der Nacht zyklisch durchlaufen werden. Nach typischen Merkmalen in den Aufzeichnungen der Hirnstromkurven (EEG) unterscheidet man folgende Schlafstadien:

Die Schlafstufen 1 bis 4, die nach dem Einschlafen nacheinander durchlaufen werden und in denen die Schlaftiefe zunimmt; daneben gibt es noch die Schlafstufe 1 (REM), die durch das Auftreten rascher Augenbewegungen (Rapid Eye Movement) unter geschlossenen Lidern im Schlafstadium 1 gekennzeichnet ist.

2 Lärmbedingte Schlafstörungen

Geräuscheinwirkungen während des Schlafes können sich direkt auswirken als

- Änderung der Schlaftiefe mit und ohne Aufwachen
 - Erschwerung und Verzögerung des Einschlafens oder Wiedereinschlafens
 - Verkürzung der Tiefschlafzeit (Stufen 3 und 4) und der Gesamtschlafzeit
 - vegetative Reaktionen
- oder indirekt als
- Minderung der empfundenen Schlafqualität.

2.1 Direkte lärmbedingte Schlafstörungen

Die Erkenntnisse über direkte lärmbedingte Schlafstörungen stützen sich fast ausschließlich auf Laborstudien, die wegen des hohen apparativen und zeitlichen Aufwan-

* Mitglieder: A. W. von Eiff, K. Gösele, H. Hörmann, G. Jansen, R. Martin, B. Rohrman, W. Schönpflug, M. Spreng

des in der Regel nur mit wenigen Personen durchgeführt werden können. Im Mittelpunkt der Untersuchungen standen die unmittelbaren Reaktionen der Schläfer auf meist kurzzeitige (weniger als eine Sekunde bis ca. 40 Sekunden) Geräusche. Untersuchungen, die den Gesamtverlauf des Schlafens in realen Umweltsituationen erfassen, sind bisher nur vereinzelt durchgeführt worden. Dies muß bei der Interpretation und Anwendung der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Das Ausmaß lärmbedingter Schlafstörungen hängt nicht nur von den akustischen Eigenschaften (Pegel, Dauer, Spektrum) der Geräusche ab, sondern wird auch durch eine Reihe weiterer Faktoren bestimmt, wie z. B.

- Schlafstadium
- Alter und Geschlecht
- Informationsgehalt (Quellenart, Gewöhnung)
- physischer und psychischer Zustand.

Die Einflüsse dieser Faktoren sind meist nur qualitativ bekannt. So nimmt die Häufigkeit von Aufwachreaktionen mit zunehmender Schlaftiefe ab, die Häufigkeit von Nullreaktionen¹ zu. Eine Ausnahme bildet die Stufe I (REM), in der sowohl der höchste Anteil an Aufwachreaktionen als auch an Nullreaktionen auftritt. Da die Tiefschlafphasen in der zweiten Nachthälfte nur selten eintreten, ist die Reagibilität auf Geräusche in diesem Zeitraum etwas größer.

Die Reagibilität steigt mit zunehmendem Alter signifikant an. Dagegen liegen bislang noch keine gesicherten Kenntnisse darüber vor, inwieweit das Ausmaß der Schlafstörungen auch vom Geschlecht abhängt.

Besondere Bedeutung kommt dem Informationsgehalt der Geräusche zu. Wie jeder aus der eigenen Erfahrung weiß, können Geräusche mit hohem Informationsgehalt (z. B. ungewohnte Geräusche, Geräusche bestimmter Quellen) und mit hoher subjektiver Bedeutung schon bei sehr niedrigen Pegeln zum Aufwecken führen. Hierbei spielt die Gewöhnung eine große Rolle. Längerfristige Schlafstudien zeigen, daß die Häufigkeit der Aufwachreaktion auf ein bestimmtes Geräusch im Verlauf mehrerer Nächte beträchtlich abnimmt und die Zahl der Nullreaktionen zunimmt.

Auch der physische und psychische Zustand des Schlafenden kann das Ausmaß der Schlafstörungen beeinflussen. Untersuchungen ergaben, daß mit zunehmendem Grad der Ermüdung die Schlafstörungen weniger stark ausgeprägt sind. Dagegen besteht bei vielen physischen und psychischen Erkrankungen eine erhöhte Reagibilität.

Bisher wurden Untersuchungen über die Auswirkungen der Geräusche auf den Schlaf überwiegend mit Fluglärm (Überflüge, Überschallknalle) und mit künstlichen Signalen durchgeführt.

Zur physikalischen Kennzeichnung der Geräusche können sowohl der Maximalpegel L_{AFmax} (Griefahn et al. 1976) als auch Kurzzeitmittelungspegel (Lukas 1975) dienen. Langzeitmittelungspegel für die ganze Nacht dagegen eignen sich, wenn die Geräusche nur aus wenigen kurzen Einzelereignissen bestehen, nicht hierzu.

1 In der neueren Literatur werden »Aufwachreaktionen« und »Nullreaktionen« unterschieden. Eine Nullreaktion liegt vor (nach Griefahn et al. 1976), wenn sich die Schlaftiefe innerhalb von 3 Minuten nach dem Schallreiz um weniger als eine Stufe ändert.

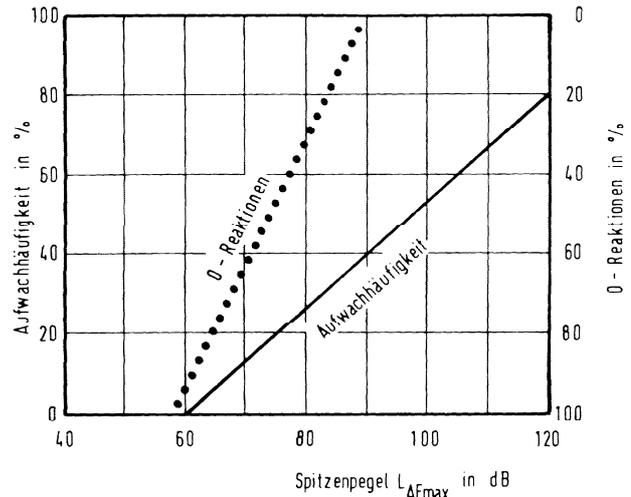


Bild 1. Aufwachhäufigkeit und Häufigkeit von 0-Reaktionen in Abhängigkeit vom Spitzenpegel bei Fluglärm

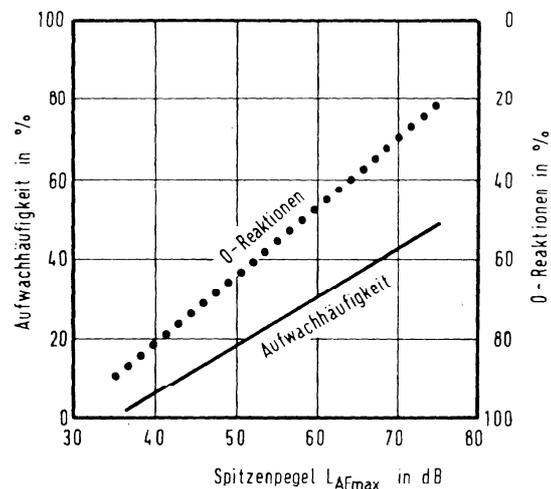


Bild 2. Aufwachhäufigkeit und Häufigkeit von 0-Reaktionen in Abhängigkeit vom Spitzenpegel bei Lkw-Lärm

Für Fluglärm und ähnliche künstliche Signale lassen sich nach Griefahn et al. (1976) und Lukas (1975) folgende Anhaltswerte für Schlafstörungen angeben (Bild 1)

bei L_{AFmax} 60 (72) dB: 90 (50) % Nullreaktion.

Die Pegel sind am Ohr des Schläfers gemessen.

Untersuchungen über die Auswirkungen des Straßenverkehrslärms liegen nur in geringer Zahl vor. Nach Thiessen (1978) ergibt sich (Bild 2)

bei L_{AFmax} 35 (60) dB: 90 (50) % Nullreaktionen.

Für andere Lärmarten liegen bislang keine vergleichbaren Zahlen vor. Bei stark informationshaltigen Geräuschen sind allerdings noch niedrigere Schwellenwerte als für Straßenverkehrslärm zu erwarten (Steinicke 1957).

Die unmittelbaren Reaktionen auf Geräuscheinwirkungen können zu einer Störung des gesamten zyklischen Schlafablaufs führen. Eine Felduntersuchung mit Fluglärm (Globus et al. 1973) zeigte, daß auch nach jahrelanger Exposition Schlafdauer und Schlafqualität vermin-

dert sind. In der Regel sind die Zeiten verkürzt, die in den Tiefschlafstadien und in der Stufe 1 (REM) verbracht werden. Ähnliche Ergebnisse erhält man auch bei Straßenverkehrslärm (Vallet 1975).

Schlafstörungen können, insbesondere bei seltenen und regelmäßigen Geräuschen, dadurch kompensiert werden, daß in ungestörten Zeiten die Tiefschlafstufen häufiger und schneller erreicht werden bzw. die Tiefschlafzeiten gegenüber ungestörten Nächten zum Morgen hin verschoben sind (Schieber et al. 1968).

Geräuscheinwirkungen während des Schlafes führen auch zu vegetativen Reaktionen. Hierbei treten ähnliche Effekte auf wie am Tage (Änderungen des elektrischen Hautwiderstandes, des Muskeltonus, der Pulsfrequenz, der Fingerpulsamplitude usw.). Allerdings liegen die Schwellenwerte zur Auslösung der Reaktion im Schlaf niedriger. Auch zeigen sich selbst in Versuchsreihen bis zu 30 Tagen kaum Gewöhnungseffekte. Bei längerem Schlafentzug wurden eine gesteigerte Produktion energiereicher Phosphate, Senkung des Eisenspiegels sowie Veränderungen der festen Blutbestandteile beobachtet (Osada et al. 1974).

Die langfristigen Folgen anhaltender Schlafstörungen sind heute noch unbekannt. Es ist nicht auszuschließen, daß bestimmte Symptome und vegetativ bedingte Krankheitserscheinungen durch die Störung der Nachtruhe ausgelöst oder verstärkt werden (Jansen 1970). Daher müssen aus heutiger Sicht bei Empfehlungen für Immissionswerte strenge Kriterien zugrundegelegt werden. Die bisher in Laborstudien gefundenen Werte können als Anhaltspunkte dienen, müssen jedoch noch in Felduntersuchungen und an einer größeren Zahl von Personen abgesichert werden.

2.2 Indirekte Beeinträchtigung des Schlafes

Indirekte lärmbedingte Beeinträchtigungen des Schlafes lassen sich durch Befragungen nach der empfundenen Störung der Nachtruhe ermitteln. Als Hauptgründe für die Störung werden genannt:

- Wiedereinschlafschwierigkeiten am frühen Morgen
- Einschlafschwierigkeiten am Abend
- Aufwachen in der Nacht.

Wie bei den direkten Schlafstörungen hängen die individuellen Angaben über die Gestörtheit nicht nur von den akustischen Eigenschaften der Geräusche, sondern auch von zahlreichen Faktoren im individuellen Bereich (Alter, allgemeine physische-psychische Konstitution, Einstellung zur Lärmquelle etc.) und im kontextuellen Bereich (Beziehung zur Wohnumgebung etc.) ab.

Umfangreiche sozialwissenschaftliche Untersuchungen (Rucker 1975; Lang 1975; Kastka et al. 1977; Wehrli et al. 1978; Heimerl et al. 1979; Finke et al. 1980; Kastka et al. 1981) wurden über die Auswirkungen des Straßenverkehrslärms durchgeführt.

Für Straßenverkehrslärm liegt der Schwellenwert für Störungen nachts bei Mittelungspegeln L_{Am} (außen) von ca. 45 dB. Im Bereich von 45 dB bis etwa 70 dB ergibt sich ein linearer Zusammenhang zwischen dem Prozentsatz der Gestörten und dem Mittelungspegel. Die Steigung hängt davon ab, welchen Grad der erlebten Störung man als Kriterium zugrundelegt. Faßt man die Stufen »mittel«, »ziemlich« und »sehr« zusammen (wesentliche Störung), so beträgt die Steigung im Mittel etwa 2,5% pro dB (Bild 3).

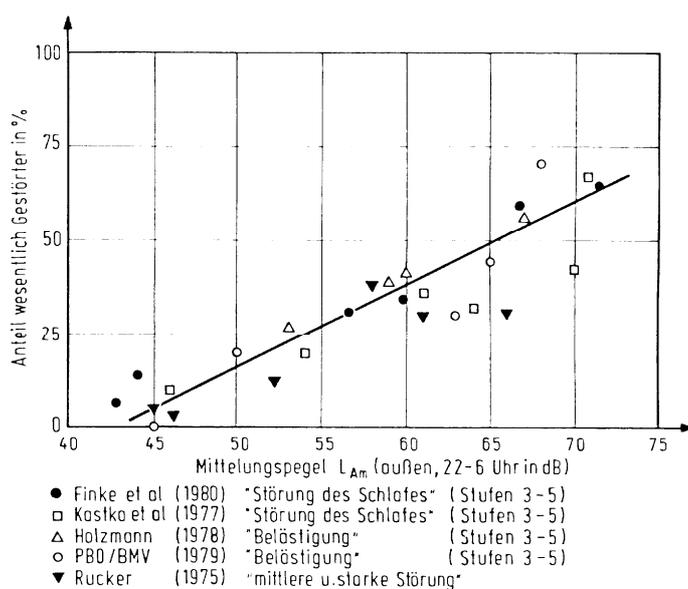


Bild 3. Synopse deutscher Untersuchungen zur Gestörtheit durch nächtlichen Straßenverkehrslärm. In den vier erstgenannten Studien wurde eine 5-stufige Skala verwendet

Beim Schienenverkehrslärm führen deutlich höhere Mittelungspegel zum gleichen Anteil wesentlich Gestörter. Nach den vorliegenden Untersuchungen (Heimerl et al. 1979, BMV/PBO 1979) beträgt der Unterschied im Belastungsbereich zwischen 50 und 70 dB etwa 10 dB. Die Ursache für die günstigere Beurteilung des Schienenverkehrslärms ist noch nicht erforscht. Man vermutet, daß zum einen die Zeitstruktur der Geräusche, zum anderen die Einstellung gegenüber der Lärmquelle mit dazu beitragen.

Für andere Lärmarten liegen bisher nur wenige Ergebnisse vor. Die Untersuchungen von Finke et al. (1980) bzw. von Kastka et al. (1981) deuten darauf hin, daß wenig schwankende Industriegeräusche bzw. Autobahnlärm gegenüber Verkehrslärm in Stadtstraßen bei gleichem Mittelungspegel als lästiger empfunden werden und dies auch für die Nachtzeit erlebt wird.

Die sozialwissenschaftlichen Erhebungen über Schlafstörungen haben bislang fast ausschließlich den Außengeräuschpegel als akustische Bezugsgröße gewählt. Zum Vergleich mit den Ergebnissen der Schlaforschung sind Innengeräuschpegel besser geeignet.

Hinweise auf Innengeräuschpegel geben Rucker (1975) und Langdon et al. (1977). Hiernach fühlen sich bei Straßenverkehrslärm mit Mittelungspegel von L_{Am} 35 dB(A) 10% der Betroffenen wesentlich gestört.

3 Schlußfolgerungen

Unter Zugrundelegung strenger Kriterien werden Änderungen des normalen Schlafverhaltens durch Lärm als Schlafstörungen aufgefaßt. Schlafstörungen durch Straßenverkehrslärm werden weitgehend vermieden, wenn die Pegelspitzen (innen) 40 dB(A) (physiologische Forschung) bzw. der verkehrsbedingte Mittelungspegel (innen) 30 dB(A) (sozialwissenschaftliche Forschung) nicht überschreiten. Diese beiden Werte stehen insoweit in

Einklang, als bei Straßenverkehrsgeräuschen ein enger Zusammenhang zwischen den mittleren Spitzenpegeln und dem Mittelungspegel besteht und die Differenz in

Für andere Lärmarten (Schienenverkehr, Flugverkehr, Industrie/Gewerbe) liegen umfassende Ergebnisse nicht vor, so daß Angaben über Schlafstörungen jeweils auf die getroffenen Aussagen im physiologischen bzw. sozialwissenschaftlichen Bereich beschränkt bleiben müssen. Zur Absicherung der Aussagen müssen in Zukunft weitere Ergebnisse gesammelt werden, die in aussagekräftigen, wenn auch aufwendigen interdisziplinären Feldstudien zu gewinnen sind.

Schrifttum

1. BMV/PBO (Ed.): Interdisziplinäre Feldstudie über die Besonderheiten des Schienenverkehrslärms gegenüber dem Straßenverkehrslärm. Forschungsbericht im Auftrag des Bundesminister für Verkehr, München 1979/80
2. Finke, H.-O.; Guski, R.; Rohrmann, B.: Betroffenheit einer Stadt durch Lärm. UBA-Forschungsbericht 80-10501301, Berlin 1980
3. Globus, G.G.; Friedmann, J.; Cohen, H.B.; Pearson, K.S.; Fidell, S.: The effects of aircraft noise on sleep electrophysiology as recorded in the home. EPA-Bericht 550/9-73-008 (1973)
4. Griefahn, B.; Jansen, G.: Schlafstörungen durch Lärm. In: Ising, H. (Hrsg.): Lärm – Wirkung und Bekämpfung. Berlin: Erich Schmidt Verlag 1978
5. Griefahn, B.; Jansen, G.; Klosterkötter, W.: Zur Problematik lärmbedingter Schlafstörungen – eine Auswertung von Schlaf-Literatur. UBA-Bericht 4/76, Berlin 1976
6. Guski, R.: Eine Inhaltsanalyse von Lärmbeschwerden, die bei Umwelttelefonen eingehen. Kampf d. Lärm 23 (1976) 119–126
7. Häberle, M.; Schmid, D.: Lärmbeschwerden transparent gemacht. Frankfurt: Verband der Chemischen Industrie 1979
8. Heimerl, G.; Holzmann, E.: Ermittlung der Belästigung durch Verkehrslärm in Abhängigkeit von Verkehrsmittel und Verkehrsdichte in einem Ballungsgebiet (Straßen- und Eisenbahnverkehr). Kampf d. Lärm 26 (1979) 64–69
9. Jansen, G.: Beeinflussung des natürlichen Nachtschlafes durch Geräusche. Forschungsbericht des Landes NRW Nr. 2131, 1–42, Köln: Westdeutscher Verlag 1970
10. Kastka, J.; Buchta, E.: Zum Inhalt der Belästigungsreaktion auf Straßenverkehrslärm. Kampf d. Lärm 24 (1977) 158–165
11. Kastka, J.; Ritterstaedt, U.: Felduntersuchung zur Störwirkung von Geräuschen unterschiedlicher Schwankungsbreite. UBA-Forschungsbericht 82-10501312, Berlin 1982 (erscheint demnächst)
12. Lang, J.: Über den Zusammenhang zwischen objektiven Meßergebnissen und subjektiv empfundener Störung von Verkehrslärm. Gutachten 3468/WS der Physikalisch-Technischen Versuchsanstalt für Wärme- und Schalltechnik, Wien 1975
13. Langdon, F.J.; Buller, J.B.: Road traffic and disturbance to sleep. J. Sound Vibration 50 (1977) 13–28
14. Lukas, J.S.: Noise and sleep: a literature review and a proposed criterium for assessing effect. J. Acoust. Soc. Am. 58 (1975) 1232–1242
15. Osada, Y.; Ogawa, S.; Ohkubo, C.; Miyazaki, K.: Experimental study on sleep interference by train noise. Bull. Inst. Pub. Health 23, 1974
16. Rohrmann, B.; Frinke, H.-O.; Guski, R.; Schümer, R.; Schümer-Kohrs, A.: Fluglärm und seine Auswirkungen auf den Menschen. Bern: Huber-Verlag 1978
17. Schieber, J.P.; Mery, J.; Muzet, A.: Etude analytique en laboratoire de l'influence du bruit sur le sommeil. Rapport du CNRS, Strasbourg 1968
18. Steinicke, G.: Die Wirkung von Lärm auf den Schlaf des Menschen. Forschungsbericht des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums NRW Nr. 416, 1957
19. Thiessen, G.: Disturbance of sleep by noise. J. Acoust. Soc. Am. 64 (1978) 216–222
20. Vallet, M.; Blanchet, V.; Bruyere, J.C.: La perturbation du sommeil par le bruit de circulation terrestre. Institute de Recherche des Transports, Bron 1975
21. Wehrli, B.; Nemecek, J.; Turrian, V.; Hofmann, R.; Wanner, H.U.: Auswirkungen des Straßenverkehrslärms in der Nacht. Kampf d. Lärm 25 (1978) 138–149