

Zum Problem der Gewöhnung an Schallreize während des Schlafes

Barbara Griefahn

Institut für Arbeits- und Sozialmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (Leiter: Prof. Dr. med. Dr. phil. Gerd Jansen)

1. Einleitung und Problemstellung

Die auf den Menschen einwirkenden Schallreize können Reaktionen im physischen, psychischen und sozialen Bereich auslösen [5, 9]. Störungen im sozialen Bereich treten beispielsweise dann auf, wenn die Kommunikation durch Schallreize behindert oder wenn infolge einer lärmbedingten Schwerhörigkeit der Kontakt mit der Umwelt erschwert ist.

Reaktionen im physischen Bereich treten ab etwa 70 dB(A) auf. Sie zeigen sich in einer Erweiterung der Pupille, einer Gefäßverengung, einem verminderten Herzschlagvolumen und einer reduzierten Blutdruckamplitude infolge Anhebung des diastolischen Wertes. Die Reaktionen im psychologischen Bereich sind weitgehend abhängig von der Persönlichkeitsstruktur des betreffenden Menschen und von dessen Tätigkeit. So können erhebliche Störungen schon durch Schallintensitäten ab 35 dB(A), z. B. durch einen tropfenden Wasserhahn, auftreten, während bei anderen Menschen selbst Geräusche mit einem Pegel von 100 dB(A) noch keine psychischen Affektionen hervorrufen.

Die psychische Gewöhnung an Schallreize ist unbestritten. Arbeiter in Lärmbetrieben geben häufig an, dass sie die Schallintensitäten, denen sie jahrelang ausgesetzt sind, nicht (mehr) als störend empfinden, was sich z. B. auch darin zeigt, dass die betreffenden Arbeiter selbst bei gehörschädigendem Lärm häufig keine Schallschutzmittel benutzen. Auf der anderen Seite ist aber gerade auf psychologischem Gebiet eine Sensibilisierung möglich – vor allem dann, wenn es sich um periodisch an- und abschwellende, um hochfrequente, oder stark informationshaltige Geräusche handelt [22].

Die physiologische Gewöhnung an Schallreize ist bestimmt durch deren Intensität. Während die durch Schallreize geringerer Intensität ausgelösten Orientierungsreaktionen bis zu einem gewissen Grad gewöhnungsabhängig sind [24], erweisen sich die durch höhere Schalldrücke ausgelösten Defensivreaktionen als konstant. Entsprechend konnte nachgewiesen werden, dass Arbeiter, die jahrelang hohen Schallintensitäten ausgesetzt waren, quantitativ nicht anders reagierten, als Studenten, die nur selten hohe Schalldrücke verarbeiten [10]. Überdies konnte Jansen [6] mehrere Versuchspersonen über Jahre hinaus beobachten und ebenfalls keine Reaktionsabnahme registrieren.

Schlafstörungen gehören zu den wichtigsten gesundheitlichen Gefährdungen durch den Lärm. Zur Frage, ob eine Gewöhnung an Schallreize während des Schlafes erfolgt, geben die bis heute vorliegenden experimentellen Arbeiten nur unzureichende Hinweise.

Ob eine Gewöhnung an Schallreize während des Schlafes stattfindet, ist bisher noch weitgehend ungeklärt. Während einige Autoren (Griefahn und Jansen [4], LeVere et al. [11], Collins und Iampietro [2]) eine Gewöhnung an nächtlich auftretende Schallreize verneinen, wird in einer Reihe von Veröffentlichungen die Vermutung geäußert, dass die Reaktionshäufigkeit bei längerer Schallexposition abnimmt. Bereits Schieber et al. [21] nehmen aufgrund ihrer Experimente mit jeweils nur 2 Lärmnächten eine Gewöhnungsfähigkeit des Organismus auf nächtlich applizierte Schallreize an. Lukas et al. [14–19] beobachteten bei ihren Probanden immer wieder die Tendenz, selbst Überflugeräusche und Überschallknalle mit Innen-Maximalpegeln von 68–86 dB(A) im Laufe der Zeit immer weniger zu beantworten. Dieser Effekt – messbar in einer Zunahme der 0-Reaktionen (alle Reaktionen um weniger als eine Schlafstufenänderung) und einer Abnahme der Aufwachreaktionen – war jedoch nur in wenigen Fällen, nämlich bei leisen Geräuschen (68 dB(A) im Versuchsraum) und im Schlafstadium 2 statistisch signifikant. Ludlow und Morgan [13], die lediglich die Auslösung des Wachbewusstseins registrierten, beschrieben eine statistisch nicht gesicherte Reduzierung der Aufwachhäufigkeit im Verlauf der Untersuchungen und überdies – wie auch Lukas et al. [18] – eine zunehmende Verkürzung der Wiedereinschlafzeit. Selbst in Versuchen mit hochintensivem Dauergeräusch (93 dB, Breitband) zeigten sich innerhalb weniger Nächte Veränderungen, aus denen auf eine Gewöhnung geschlossen werden muss (Scott [23]).

Experimente, die von Kramer et al. [8] sowie Watson und Rechtschaffen [27] durchgeführt wurden, zeigten eine Sensibilisierung der Versuchspersonen. Das Wachbewusstsein der Probanden wurde im Laufe mehrerer Nächte durch immer geringere Schallpegel ausgelöst.

Die zu diesem Thema vorliegenden Informationen sind jedoch – wie bereits Williams [28] im Hinblick auf die Wirkung von Überschallknallen bemerkt – wenig

aufschlussreich. Während er einerseits annimmt, dass der zentralnervöse Mechanismus, der eine schnelle Gewöhnung während des Wachzustandes erlaubt, dem schlafenden Menschen nicht zur Verfügung steht, weist er andererseits auf die bekannte Tatsache hin, dass Soldaten selbst bei lautestem Artilleriegefecht und zahlreichen Menschen in der Umgebung von Autobahnen und Bahndämmen sowie in Flugschneisen ungestört durchschlafen.

Diese wenig aufschlussreichen Erkenntnisse haben ihre Ursache in der geringen Anzahl von Untersuchungen, die über kurze Zeit mit nur wenigen Versuchspersonen durchgeführt worden sind, was wiederum dadurch bedingt ist, dass gerade Schlafversuche einen ausserordentlich grossen zeitlichen, apparativen und finanziellen Aufwand erfordern und nur wenige Probanden über eine längere Versuchszeit zu gewinnen sind. Es soll daher versucht werden, zur Klärung des Problems der Gewöhnung an Schallreize während des Schlafes möglichst viele der bereits veröffentlichten Arbeiten statistisch zusammenzufassen.

2. Methode und Ergebnisse

Schallreize führen zu einer Aktivitätssteigerung cerebraler Strukturen, die bis zur Auslösung des Wachbewusstseins reichen kann und als corticale Desynchronisation nachweisbar ist. In den meisten Untersuchungen, in welchen das Schlafverhalten bei Schallapplikationen untersucht worden war, wurde eine kontinuierliche Registrierung des EEG während der gesamten Versuchszeit vorgenommen, wobei zur sicheren Erfassung des Wachbewusstseins die Versuchspersonen aufgefordert worden waren, bei jedem Aufwachen ein Signal zu betätigen. In nur wenigen Untersuchungen wurde die Aufwachhäufigkeit lediglich durch eine aktive Mitarbeit (Signalbetätigung) der Versuchspersonen registriert.

Die auf einen Stimulus folgende Veränderung im EEG kann auf verschiedene Weise ausgewertet werden. LeVere et al. [11] sowie Jansen und Griefahn [7] führten eine Frequenzanalyse durch und ermittelten so den Grad der corticalen Desynchronisation. Die meisten Autoren klassierten die Antworten im Hirnstrombild entsprechend ihres Schweregrades. Auch hier differieren die Beurteilungen erheblich. So finden sich bei einigen Autoren nur drei Klassen, während andere wiederum ein 8stufiges Reaktionsschema verwenden. Um auf eine möglichst grosse Anzahl bereits veröffentlichter Ergebnisse zurückgreifen zu können, erfolgte eine Beschränkung auf den von Lukas [16] definierten Reaktionstyp 0 (alle Reaktionen um weniger als eine Schlafstufenänderung) und die Aufwachreaktion, die z. T. aus den einzelnen Arbeiten noch berechnet werden mussten. Zu einer gemeinsamen statistischen Bearbeitung konnten folgende Veröffentlichungen herangezogen werden: Lukas et al. [14–19], Collins et al. [2], Thiessen [25, 26].

Aus diesen Arbeiten mit insgesamt 58 Versuchsreihen wurde jeweils der Mittelwert der Aufwachhäufigkeit bzw. der Häufigkeit der 0-Reaktionen innerhalb der

ersten und der letzten Experimentalnächte ermittelt. Eine Reaktionsabnahme im Verlauf der Untersuchung ist signifikant häufiger als eine Reaktionszunahme. Aufgrund dieser Signifikanz sollte anschliessend eine mathematische Beziehung berechnet werden, die es ermöglicht, die innerhalb bestimmter Zeiträume zu erwartende Reaktionsabnahme anzugeben. Bei der Analyse der Einzelarbeiten ergab sich, dass die Reaktionsabnahme (Zunahme der 0-Reaktionen, Abnahme der Aufwachreaktionen) in kurzen Versuchsreihen prozentual stärker war als in längeren Versuchsreihen, so dass also zunächst aus dem Reaktionsgefälle bzw. dem Anstieg und der zugehörigen mittleren Versuchsnacht (der Versuchsserie) eine Kurve berechnet wurde, deren Integral den allgemeinen Verlauf der Reaktionsabnahme darstellt. Die allgemeine Gleichung für den in *Abbildung 1* dargestellten Gewöhnungsverlauf lautet:

für die 0-Reaktionen:

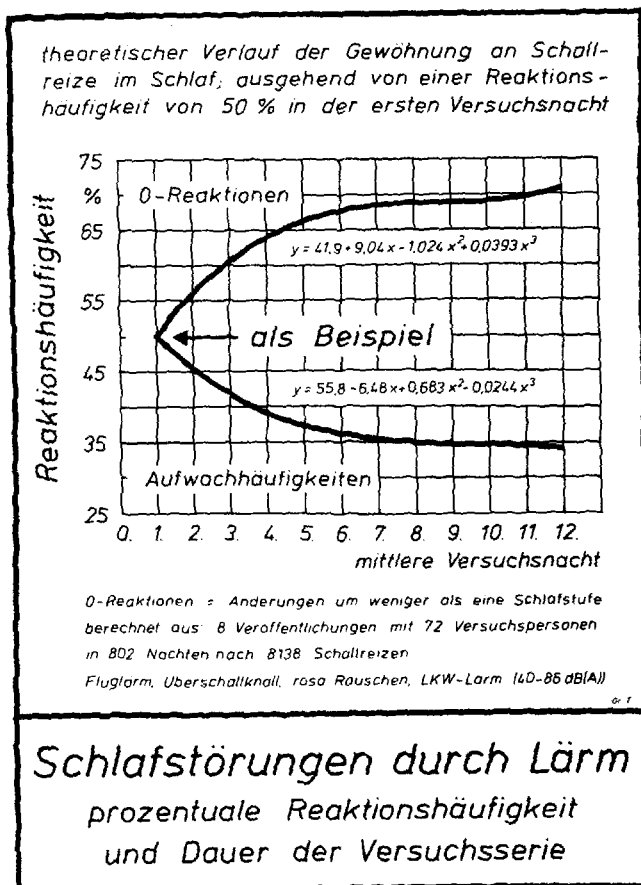
$$y = 0,0393x^3 - 1,024x^2 + 9,04x + C$$

und für die Aufwachreaktionen:

$$y = -0,0244x^3 + 0,683x^2 - 6,48x + C$$

Die Konstante C lässt sich leicht berechnen, wenn in die Gleichung die Koordinaten eines vorgegebenen Punktes, d. h. die Reaktionshäufigkeit y_1 der Versuchsnacht x_1 eingesetzt werden. Danach lässt sich die zu erwartende Reaktionshäufigkeit y_2 in der Nacht x_2 leicht bestimmen. Für die Gewöhnung an Schallreize während des Schlafes ergibt sich also eine parallel ver-

Abb. 1



laufende Kurvenschar, wonach die Reaktionsabnahme unabhängig von der Reaktionshäufigkeit zu Beginn der Untersuchung ist.

3. Diskussion

Obwohl in mehreren Veröffentlichungen immer wieder von einer Gewöhnung an Schallreize während des Schlafes berichtet wird, konnte dies nur in sehr wenigen Fällen statistisch gesichert werden. Die Ursache der fehlenden Signifikanz in den vorliegenden Untersuchungen scheint darin zu liegen, dass die Signifikanzteste in den einzelnen Arbeiten wegen der geringen Anzahl der jeweils durchgeführten Versuche versagen.

Aus den mitgeteilten Reaktionshäufigkeiten wurde getrennt für die prozentuale Häufigkeit der 0-Reaktionen und der Aufwachreaktionen eine parallel verlaufende Kurvenschar bestimmt, die den Verlauf der Reaktionsabnahme (Zunahme der 0-Reaktionen, Abnahme der Aufwachreaktionen) während einer Versuchsserie wiedergibt. Es zeigt sich, dass die berechneten Gewöhnungskurven zunächst steil, dann immer flacher werdend, verlaufen. Das Minimum der noch zu erwartenden Reaktionsabnahme liegt in der 9. Nacht. Danach fällt die Kurve wieder steiler ab. Dieser weitere Abfall kann jedoch, da die Ausgangsdaten aus Untersuchungen bis maximal 24 Nächten stammen, (noch) nicht als gesichert gelten.

Wenig einleuchtend scheint in der vorliegenden Berechnung die Tatsache zu sein, dass der Gewöhnungsverlauf, d. h. die zu erwartende Reaktionsabnahme, unabhängig ist vom Ausgangswert (Erstreaktion) in der ersten Nacht. Dies würde bedeuten, dass die Verarbeitung lauter und leiser Schallreize der gleichen prozentualen Gewöhnung unterliegt. Die getrennte Berechnung des Gewöhnungsverlaufs für laute, mittellaut und leise Schallreize wurde nach obigem Schema durchgeführt. Es zeigte sich, dass die einzelnen Gewöhnungskurven nur wenig voneinander abwichen, wenn auch für grössere Lautstärken ein steilerer Reaktionsabfall berechnet werden konnte. Dies ist einleuchtend, wenn man berücksichtigt, dass die mögliche Reaktionsabnahme (Gewöhnung) mit zunehmender Ausgangsreaktion grösser wird. Da jedoch für die Berechnung dieser Einzelkurven jeweils nur 15–20 Wertepaare zur Verfügung standen, scheint es nicht erlaubt, weitere Schlüsse aus diesen Differenzen zu ziehen.

Griefahn und Jansen [4] befürchteten, dass eine von den Probanden geforderte Leistung – z. B. die Betätigung eines Signals – eine weitere cerebrale Aktivitätssteigerung nach sich zieht und damit zu einer Verlängerung der reizbedingten Wachzeit führen kann. Sie beschränkten ihre Beobachtungen daher auf die objektiv erfassbaren Veränderungen im EEG. Gemittelt über alle Schlafstufen registrierten die Autoren innerhalb von 30 aufeinanderfolgenden Lärnächten stets die gleiche reizinduzierte Aktivitätssteigerung, was zunächst dem hier ermittelten Gewöhnungsverlauf zu widersprechen scheint. Ähnliche Ergebnisse wurden

mitgeteilt von LeVere et al. [11] sowie Collins und Iampietro [2], die ebenfalls auf eine aktive Mitarbeit ihrer Versuchspersonen verzichteten.

Die Verarbeitung von Schallreizen während des Schlafes ist nicht nur ein physiologisches, sondern auch ein psychologisches Problem. Der rein physiologische Vorgang besteht darin, dass vom Nervus acusticus stets auch Impulse zur Formatio reticularis und damit zu den von *Berlucchi* [1] postulierten Schrittmacherneuronen, die den Schlaf-Wach-Wechsel regulieren, gelangen und deren Rhythmus stören. Die Schrittmacher stehen mit den corticalen Strukturen in Verbindung und führen hier zu Erregungen, die als Veränderungen im EEG abgreifbar sind. Die auf die Grosshirnrinde einwirkenden Impulse werden überdies einer Diskriminanzanalyse unterworfen, wobei der eintreffende Reiz hinsichtlich seines Bedeutungsgehaltes analysiert wird. Neue und unbekannte Reize werden zunächst immer als bedrohlich eingestuft, verlieren jedoch im Laufe der Zeit – sofern sie nicht mit einer tatsächlichen Gefahr verbunden sind – diesen Charakter und werden bald als unbedeutend eingestuft. Entsprechend des Informationsgehaltes der zum Cortex gelangenden Reize, werden mehr oder weniger Impulse pro Zeiteinheit zur Formatio reticularis und zu den Schrittmacherneuronen gesendet und lösen über diesen Umweg entsprechend der Impulsdichte Veränderungen im EEG vom einfachen K-Komplex bis zur Aufwachreaktion sowie auch, oder ausschliesslich, im vegetativen Funktionsbereich aus. Aus der Tatsache, dass der Bedeutungsgehalt eines Reizes erst erlernt werden muss und dass der Informationsgehalt der meisten Reize allmählich abnimmt, ergibt sich bereits die Erklärung für die beschriebene Gewöhnungstendenz. Dieser Lernvorgang scheint in den Arbeiten von *Collins* und *Iampietro* [2], *Griefahn* und *Jansen* [4] und *LeVere* et al. [11] bereits nach wenigen Reizen, möglicherweise schon innerhalb der ersten Nacht, abgeschlossen zu sein. Dieser Vorgang benötigt in den übrigen Untersuchungen eine erheblich längere Zeitdauer und ist damit zu erklären, dass den Schallreizen hier eine erheblich höhere Bedeutung zukam, und zwar bereits dadurch, dass die Versuchspersonen angewiesen worden waren, bei Erkennen eines Reizes ein Signal zu betätigen. Der Beweis dafür, dass der Informationsgehalt beliebiger Geräusche willkürlich gesteigert werden kann, ergibt sich aus der Arbeit von *Zung* und *Wilson* [29]. Die Autoren applizierten mit gleicher Intensität verschiedene Geräusche, die von den Probanden alle gleich stark beantwortet wurden. Einem Teil der Versuchspersonen wurde für das Erkennen zweier Geräusche eine zusätzliche Prämie in Aussicht gestellt. Es zeigte sich, dass die so motivierten Versuchspersonen durch die betreffenden Geräusche signifikant häufiger erwachten.

Dass auch bereits die Experimentalsituation an sich zunächst das Schlafverhalten der Probanden beeinflusst, geht aus einer Arbeit von *Dement* et al. [3] hervor. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass Untersuchungen im Labor – bedingt durch die

neue Umgebung wie auch durch die ungewohnten Geräusche und die angewandte Methodik – zu einer höheren Aufwachhäufigkeit führen, als dies unter normalen Umständen der Fall wäre.

Eine andere Form der Gewöhnung wird von *Lukas* et al. [18] sowie *Ludlow* und *Morgan* [13] beschrieben. Beide Autorengruppen stellten fest, dass die Wiedereinschlafzeit nach einer schallreizbedingten Aufwachreaktion im Laufe der Untersuchung kürzer wird. Ein ähnlicher Effekt liegt wohl auch der von *Griefahn* und *Jansen* [4, 7] beobachteten Kompensation zugrunde. Selten und regelmässig auftretende nächtliche Schallreize werden zwar stets gleich stark beantwortet, der Organismus erwirbt jedoch bald die Fähigkeit, diese Störungen dadurch zu kompensieren, dass er die Tiefschlafstufen häufiger und schneller wieder erreicht, so dass die gesamte im Tiefschlaf verbrachte Zeit der in einer ungestörten Nacht entspricht.

4. Zusammenfassung

In den bisher veröffentlichten Arbeiten konnte eine Gewöhnung, d. h. eine Reaktionsabnahme im Verlauf einer Versuchsreihe statistisch nicht gesichert werden, obwohl in den meisten Arbeiten gegen Ende der Versuche eine geringere prozentuale Reaktionshäufigkeit gefunden wurde. Die Ursache der fehlenden Signifikanz scheint darin zu liegen, dass Signifikanzteste bei der geringen Anzahl der Einzelversuche versagen. Werden die in der Literatur veröffentlichten Werte zusammengefasst, so lässt sich im Verlauf der Versuchsserien eine signifikant häufigere Reaktionsabnahme berechnen.

Aus den vorliegenden Daten wurde eine Gewöhnungsfunktion, d. h. die prozentuale Häufigkeit der 0-Reaktionen (alle Reaktionen um weniger als eine Schlafstufenänderung) und der Aufwachreaktionen in Abhängigkeit von der Versuchsnacht berechnet. Die Gewöhnungskurven verlaufen zunächst steil und werden immer flacher. Die noch zu erwartende Reaktionsabnahme wird im Laufe der Zeit also geringer und erreicht einen Nullpunkt etwa in der 9. Versuchsnacht. Ein weiterer Abfall, wie er in der Kurve angedeutet ist, kann jedoch in Anbetracht der wenigen Ausgangsdaten nicht als gesichert gelten. Die als Gewöhnung an Schallreize während des Schlafes zu interpretierende Funktion wird mit der Abnahme des Informationsgehaltes der Schallreize erklärt.

Résumé

La probléme de l'habitude au bruit pendant le sommeil

Dans les publications qui ont été jusqu'à présent, on n'a pas pu assurer statistiquement une habitude au bruit, ça veut dire un affaiblissement de la réaction au cours d'une série d'expériences, même que dans la plupart des publications une diminution du pourcentage de réactions fut trouvée à la fin des expériences. Comme raison de ce désaccord peut être admis l'insuffisance des testes de signification quand il s'agit d'un petit nombre d'expériences individuelles. Faisant la somme des résultats publiés, un affaiblissement significatif au sens statistique de la réaction au bruit au cours des séries d'expériences peut être constaté.

Sur la base des résultats présentés, une fonction de l'habitude au bruit a été calculée, démontrant une augmentation des réactions «zéro» (ce sont toutes les réactions avec un changement moins qu'un stade de sommeil) et une diminution des réactions de réveil causée par des stimulations acoustiques. Les courbes de l'habitude au bruit, étant raides au début, deviennent de plus en plus plates. En d'autres termes la diminution de réaction s'amointrit au cours du temps et atteint le point zéro dans la 9ième nuit d'expériences. Une diminution continuante, comme c'est indiqué dans la courbe, ne peut pas être assurée eu égard aux dates originaires. Cette fonction étant illustration de l'habitude aux stimulations acoustiques peut être interprétée par le décroissement du contenu d'information des stimulations acoustiques.

Summary

The Problem of Habituation to Noise during Sleep

Within experimental series carried out till now habituation to noise during sleep was, as a rule, statistically insignificant, though most of the papers are reporting a decrease of awakening-reaction during the experiment. This discrepancy rises from the small number of experimental trials, so that statistical test fail. Summarizing the published data the decrease of reaction during test series is significant.

Based on these data a function of habituation has been calculated demonstrating an increase of 0-reactions (all reactions less than a change of one sleep stage) and a decrease of awakening-reactions caused by acoustical stimuli. The ascent of the curve of habituation becomes flatter and is about 0 within the 9th test night. As indicated by the calculated curve, it seems that a second process of habituation takes place but this further decrease of reactions could not be proven.

The increase of 0-reactions as well as the decrease of awakening reactions is dependent on the content of information of the acoustical stimuli which decreases with the number of stimuli.

Literaturverzeichnis

- [1] *Berlucchi, G.*, Mechanismen von Schlafen und Wachen in: *W., Baust* (Hrsg.), Ermüdung, Schlaf und Traum, Bücher der Zeitschrift Naturwissenschaftliche Rundschau, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft m. b. H., Stuttgart 1970.
- [2] *Collins, W. E.*, and *Iampietro, P. F.*, Effects of repeated simulated sonic booms of 1,0 psf. on the sleep behavior of young and old subjects, *Aerospace Medicine* 44, 987–995 (1973).
- [3] *Dement, W. C.*, *Kahn, E.*, and *Roffwarg, H. P.*, The influence of the laboratory situation on the dreams of the experimental subject, *J. Nerv. Ment. Dis.* 140, 119–131 (1965).
- [4] *Griefahn, B.*, and *Jansen, G.*, Disturbances of sleep by sonic booms, *The Science of the Total Environment* 4, 107–112 (1975).
- [5] *Jansen, G.*, Zur nervösen Belastung durch Lärm, Beiheft 9 zum Zentralblatt für Arbeitsmedizin und Arbeitsschutz, Darmstadt, (Dietrich Steinkopff, 1967).
- [6] *Jansen, G.*, Experimenteller Beitrag zur Konstanz vegetativer Schallreaktionen, *ASA* 6/10, 255–259 (1971).
- [7] *Jansen, G.*, und *Griefahn, B.*, Experimentelle Untersuchungen zum Problem der Schlafstörungen durch Überschallknall, ISL Rapport 21/74, I-IX (1974) (Deutsch-Französisches Forschungsinstitut, Saint Louis, Frankreich).
- [8] *Kramer, M.*, *Roth, T.*, *Trinder, J.*, and *Cohen, A.*, Noise disturbance and sleep; the relationship of noise-disturbed sleep to post-sleep behavior: An exploratory study, Report No. FAA-No-70-16 (1971) (Federal Aviation Administration).
- [9] *Lehmann, G.*, Der Kampf gegen den Lärm, eine wichtige Aufgabe der prophylaktischen Medizin. *Dtsch. med. Wschr.* 82, 465–470 (1957).
- [10] *Lehmann, G.*, und *Tamm, J.*, Die Beeinflussung vegetativer Funktionen des Menschen durch Geräusche. Forschungsbericht des Wirtsch. und Verkehrsmin. NRW, Nr. 257, Köln und Opladen (Westdeutscher Verlag, 1956).
- [11] *LeVere, T. E.*, *Bartus, R. T.*, und *Hart, F. D.*, Electroencephalographic and behavioral effects of nocturnally occurring jet aircraft sounds, *J. Aerospace Medicine*, 43, 384–389 (1972).
- [12] *LeVere, T. E.*, *Bartus, R. T.*, *Morlock, G. H.*, and *Hart, F. D.*, Arousal from sleep: responsiveness to different auditory frequencies equated for loudness, *Physiology and Behavior*, 10 53–57 (1973).
- [13] *Ludlow, J. E.*, and *Morgan, P. A.*, Behavioral awakening and subjective reactions to indoor sonic booms, *J. Sound Vibr.* 25, 479–495 (1972).
- [14] *Lukas, J. S.*, and *Kryter, K. D.*, A preliminary study of the awakening and startle effects of simulated sonic booms, *NASA Report No. CR-1193* (1968).
- [15] *Lukas, J. S.*, and *Kryter, K. D.*, Awakening effects of simulated sonic booms and subsonic aircraft noise on six subjects, 7 to 72 years of age, *NASA Report No. CR-1599* (1969).
- [16] *Lukas, J. S.*, *Dobbs, M. E.*, and *Kryter, K. D.*, Disturbance of human sleep by subsonic jet aircraft noise and simulated sonic booms, *NASA Report No. CR-1780* (1971).

- [17] *Lukas, J. S., and Dobbs, M. E.*, Effects of aircraft noises on the sleep of women, NASA Report No. CR-2041 (1972).
- [18] *Lukas, J. S., Peeler, D. J., and Dobbs, M. E.*, Arousal from sleep by noises from aircraft with and without acoustically treated nacelles, NASA Report No. CR-2279 (1973).
- [19] *Lukas, J. S., Peeler, D. J., and Davis, J. E.*, Effects on sleep of noise from two proposed STOL aircraft, NASA Report No. CR-132564 (1975).
- [20] *Rechtschaffen, A., Hauri, P., and Zeitlin, M.*, Auditory awakening thresholds in REM and NREM sleep states. *Perceptual and Motor skills* 22, 927–942 (1966).
- [21] *Schieber, J. P., Méry et Muzet, A.*, Etude analytique en laboratoire de l'influence du bruit sur le sommeil, Rapport Centre d'études bioclimatiques du CNRS, Strasbourg 1968.
- [22] *Sader, M.*, Phänomenologie der Lärmstörungen, Psychologische Fragen der Lärmforschung, Colloquium Berlin-Steglitz am 28./29. 2. 1964 DFG.
- [23] *Scott, T. J. I.*, The effects of continuous, high intensity white noise on the human sleep cycle, *Psychophysiology* 9, 227–232 (1972).
- [24] *Sokoloff, N.*, Perception and the conditioned reflex (Pergamon Press, Oxford, 1963).
- [25] *Thiessen, G. J.*, Effects of noise during sleep, in: *Welch, B. L., and Welch, A. S. (eds.)*, Physiological effects of noise, Plenum Press Publishing Corporation, New York (1970), (AAAS, 28. 12. 1969).
- [26] *Thiessen, G. J.*, Effects of noise on sleep, Miami, Dec. 1, 1972.
- [27] *Watson, R., and Rechtschaffen, A.*, Auditory awakening thresholds and dream recall in NREM sleep, *Perceptual and Motor skills* 29, 635–644 (1969).
- [28] *Williams, H. L.*, Effects of noise on sleep: A review, in: *Ward, W. D.*, Proceedings of the International Congress on Noise as a Public Health Problem, US EPA No. 550/9-73-008 (1973).
- [29] *Zung, W. W. K., and Wilson, W. P.*, Attention, discrimination, and arousal during sleep, *Arch. gen. Psychiat.* 15, 523–528 (1966).

Adresse der Autorin:

Dr. med. Barbara Griefahn, Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, Hochhaus Augustusplatz, D-6500 Mainz.