

# Lärmwirkungsforschung am MPI für Arbeitsphysiologie und am IfADo

Barbara Griefahn

Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund

## Einleitung

Abgesehen von der Lärmschwerhörigkeit, der am häufigsten berenteten Berufskrankheit verursachen Geräusche zahlreiche extraaurale Wirkungen, die unter Anwendung funktionaler und zeitlicher Kriterien entsprechend Abb. 1 unterteilt werden.

**Primärreaktionen** setzen unmittelbar nach dem Beginn der Exposition ein. Dies sind

- o Störungen der Kommunikation* durch Maskierung des Kommunikationsschalls, durch Ablenkung von der aktuellen Tätigkeit oder langfristig infolge von Lärmschwerhörigkeit,
- o Störungen des Schlafes*, die als besonders gravierend empfunden werden, wenn sie die subjektiv empfundene Schlafqualität und die Stimmung beeinträchtigen,

*o Änderungen vegetativer Funktionen*, die sich z. B. als Störungen der Herzkreislauffunktion und hormoneller Regelkreise zeigen.

**Sekundärreaktionen** sind die Folge der Primärreaktionen. Sie setzen verzögert, meist aber noch während der Lärmexposition ein. Dazu gehören

*o Beeinträchtigungen der Leistung* infolge erhöhten Arousal-Niveaus, infolge von Kommunikationsstörungen oder Ablenkung von der Arbeitsaufgabe sowie als Folge lärmbedingter Schlafstörungen,

*o die Belästigung*, die als statistisch häufigste Lärmwirkung vor allem aus Störungen der Kommunikation und des Schlafes resultiert; sie wird als Minderung der Lebensqualität empfunden.

**Tertiärreaktionen.** Es wird vermutet, dass Primär- und Sekundärreaktionen zunächst toleriert werden, bei langfristig wiederholter Lärmeinwirkung jedoch pathogen wirken. Da Lärm im Wesentlichen unspezifische, auch durch zahlreiche andere Reize auslösbare Reaktionen verursacht, sind monokausale ‚Lärmkrankheiten‘ nicht zu erwarten, was aber nicht ausschließt, dass der Lärm langfristig zur Genese und zur beschleunigten Manifestation multifaktoriell bedingter Erkrankungen, insbe-

Lärmwirkungen

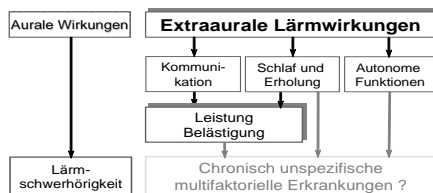


Abb. 1

sondere des Herz-Kreislaufsystems beiträgt.

## **Lärmwirkungsforschung am Max-Planck Institut für Arbeitsphysiologie**

Der aktuelle Kenntnisstand baut zum großen Teil auf grundlegende, im damaligen Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie (MPI) durchgeführte Untersuchungen auf, mit denen die systematische Lärmwirkungsforschung in der Bundesrepublik initiiert wurde.

Die Untersuchungen konzentrierten sich zunächst auf die Identifizierung der durch Lärm hervorgerufenen Reaktionen und die Aufklärung der zugrunde liegenden Mechanismen. So analysierten Lehmann und Tamm (1956, 1957) mit teilweise aufwändigen Verfahren, wie der Ballistokardiografie, die Reaktion des Herz-Kreislaufsystems auf artifizielle und industrielle Geräusche. Sie beobachteten eine Reduktion des Herzschlagvolumens bei gleichzeitigem Anstieg des peripheren Widerstandes.

Nachdem sich die damit verbundene Änderung des peripheren Volumenpulses als valider und reliabler Indikator der Kreislaufreaktionen erwies, wurde für dessen Registrierung an der Fingerbeere der ‚Thumpi‘ entwickelt [Thutewohl, MPI (Jansen & Thutewohl 1968)], der diese mittels eines Dehnungsmessstreifens indiziert, den Probanden nicht belastet und daher auch in anderen Instituten eingesetzt wurde. Die Grenzen dieses Verfahrens zeigten sich aber bei der Untersuchung von Probanden mit unterschiedlicher Elastizität der Gefäßwände, ebenso bei

gleichzeitiger Einwirkung gefäßerweiternder Faktoren. So ist z. B. der bei Kindern im Vergleich zu älteren Personen stärkere Abfall des Volumenpulses wohl kaum auf eine per se stärkere Reaktion zurückzuführen (Matthias & Jansen 1962), während der gefäßerweiternde Effekt gleichzeitig ausgeführter körperlicher Arbeit oder simultan einwirkender Hitze die lärmbedingte Reaktion an peripheren Gefäßen lediglich maskiert (Jansen 1967). In solchen Fällen ist die Beobachtung anderer Funktionen notwendig und möglich, nachdem weitere am MPI durchgeführte Arbeiten den Lärm als Stressor identifizierten, der eine unspezifische, ergotrope Aktivierung des Gesamtorganismus bewirkt. So zeigten Hawel und Starlinger (1967) z. B., dass Lärm, neben einer mäßigen Zunahme der Herzschlagfrequenz, auch eine vermehrte Adrenalinausschüttung provoziert, während Damsky (1965) eine Zunahme des Pupillendurchmessers beobachtete, eine Reaktion, die sich auf die Tiefensehschärfe auswirken kann.

Ausmaß und Dauer lärmbedingter Reaktionen nehmen mit der durch Pegel und Bandbreite definierten Dosis der einwirkenden Geräusche zu, wobei die Rückkehr zur Ausgangslage oft ein Mehrfaches der Expositionsdauer beträgt (Jansen & Rey 1962; Lehmann & Tamm 1957; Meyer-Delius 1957). Diese Reaktionen sind nicht gewöhnungsfähig, weder im Laufe eines Versuchs noch im Verlauf mehrerer über viele Wochen wiederholter Versuche und sie sind bei Lärmarbeitern ebenso ausgeprägt wie bei Studenten (Hawel & Starlinger 1967; Lehmann & Tamm 1957).

Aus diesen Beobachtungen wurde die Hypothese abgeleitet, dass langfristig wiederholte Lärmbelastungen letztlich zur Entwicklung von Herz-Kreislauf-erkrankungen beitragen. Zur Prüfung dieser Annahme untersuchte Jansen (1959) mehr als 1000 Arbeiter aus eher lauten und eher ruhigen Betrieben. Lärmarbeiter wiesen zwar vermehrt Anzeichen von Durchblutungsstörungen auf, nicht aber manifeste kardiovaskuläre Erkrankungen, ein Ergebnis, das spätere weit größere epidemiologische Quer- und Längsschnittuntersuchungen im Wesentlichen bestätigten.

Gleichwohl wird die Hypothese, dass Lärm – gemeinsam mit weiteren Stressoren am Arbeitsplatz und in der außerberuflichen Umwelt – zur Genese kardiovaskulärer Erkrankungen beiträgt, aufrecht erhalten. Umfangreiche laborexperimentelle Untersuchungen, in denen Frequenzspektren und Pegel systematisch variiert wurden, ergaben nämlich eine Dosis-Wirkungsbeziehung, deren Verlauf von einer bestimmten Belastung an Übersteuerungen autonomer Funktionen vermuten lassen, was gesundheitliche Gefährdungen auf Dauer nicht ausschließt (Jansen 1967).

Von besonderem Interesse war für die Arbeitsphysiologie immer auch die Rekreation, nicht nur in den Arbeitspausen während der Schicht, sondern auch in der Freizeit zwischen den Schichten, was notwendigerweise auch den Schlaf einschließt, dessen Störungen konsekutiv die Leistung beeinträchtigen und die Wirkung zahlreicher Faktoren am Arbeitsplatz unspezifisch verstärken kann. Auch hierzu wurden erste Untersuchungen im MPI durchgeführt, in denen sowohl das Hirnstrombild als auch das Verhalten auto-

nomer Funktionen registriert wurde (Jansen 1970; Jansen & Schulze 1964). Weiterhin wurde damals schon, wenn auch an nur wenigen Probanden der Tagschlaf von Nachtarbeitern unter Einwirkung von Lärm untersucht. Dieser war nicht nur aufgrund chronobiologischer Störungen verkürzt, sondern durch Lärm stärker als während des Nachtschlafs gestört (Knauth & Rutenfranz 1975).

Das Interesse des MPI erstreckte sich darüber hinaus auch auf die außerberufliche Umwelt. Ende der 60er, Anfang der 70er Jahre war es maßgeblich an der Konzeption und Durchführung einer von der DFG geförderten Feldstudie zur Wirkung des Fluglärms auf die Anrainer beteiligt. An dieser breit angelegten interdisziplinären Untersuchung wirkten Physiologen, Internisten, Otologen, Psychologen, Soziologen, Akustiker und Statistiker mit. Der Abschlussbericht gehört auch heute noch zu den Standardwerken der Lärmwirkungsforschung (DFG 1974).

## **Lärmwirkungsforschung am *IfADo***

Nach der Schließung des MPI wurden die Arbeiten zur Wirkung des Lärms auf das autonome Nervensystem und auf den Schlaf im Wesentlichen von Jansen an den Universitäten Essen, Mainz und Düsseldorf fortgeführt und am *IfADo* erst Ende der 90er Jahre mit einer ausgedehnten Feldstudie zum Schlafverhalten, zur Leistung und Befindlichkeit von Anwohnern stark befahrener Verkehrsstraßen und Bahntrassen wieder aufgenommen (Griefahn et al. 2000).

In der Dekade von 1990 bis 2000, in der die Lärmwirkungsforschung nur mäßig gefördert wurde, befasste sich die EU mit der Problematik der Verkehrsentwicklung und der damit verbundenen Lärmbelastung. Das Verkehrsaufkommen, durch das heute bereits mehr als 100 Millionen EU-Bürger kritischen Pegeln ausgesetzt sind, wird bis 2020 um bis zu zwei Drittel ansteigen, in der Nacht stärker als am Tage. Deshalb verpflichtet die EU-Richtlinie 2002/49/EG alle größeren Kommunen, Lärmkarten zu erstellen und Aktionspläne gegen den Lärm zu entwickeln.

Da die Einschränkung der Mobilität weitreichende Konsequenzen für die wirtschaftliche Entwicklung hätte, muss die Lärmbelastung trotz steigender Verkehrsdichte gesenkt werden. In den letzten Jahren realisierte Lärm-minderungsmaßnahmen waren aber oft weniger erfolgreich, als es aufgrund der Pegelreduktion zu erwarten gewesen wäre, weil diese meist auch Änderungen der zeitlichen Struktur und der Frequenzspektrn der Geräusche nach sich

ziehen. Deshalb darf sich die Lärm-bekämpfung nicht auf die Reduktion der Pegel beschränken, sie muss vielmehr versuchen, die vom Verkehr emittierten Geräusche im Sinne einer besseren Akzeptanz zu gestalten (Geräuschdesign), was die enge Kooperation der Technik mit der Lärmwirkungsforschung erfordert.

Auf diesem Hintergrund wurden in den letzten Jahren interdisziplinär ausgerichtete Verbundvorhaben initiiert, an denen das *IfADo* maßgeblich beteiligt ist.

- Der Forschungsverbund **„Leiser Verkehr“**, dem derzeit 70 Mitglieder, Hersteller, Betreiber, Behörden und Forschungseinrichtungen angehören, wird im Rahmen eines Schwerpunktprogramms vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMB+F) gefördert. Der Forschungsverbund ist durch fünf Arbeitskreise strukturiert (Abb. 2). Vier Arbeitskreise konzentrieren sich auf die Entwicklung und Installation quellenorientierter

## Verbundorganisation ‘Leiser Verkehr’

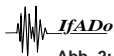
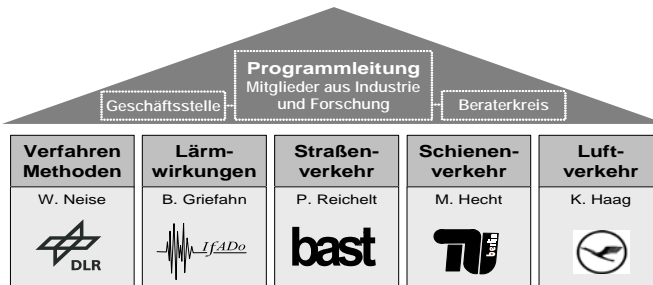


Abb. 2: Verbundorganisation ‚Leiser Verkehr‘

technischer Maßnahmen zur Reduktion der vom Straßen-, Schienen- und Flugverkehr emittierten Geräusche und auf die (Weiter-) Entwicklung gemeinsamer Verfahren und Prognosemodelle. Der vom **IfAdo** koordinierte Arbeitskreis ‚Lärmwirkungen‘ erarbeitet derzeit in sieben Projekten mit zwölf Partnern Vorgaben für künftige technische, operationale und administrative Maßnahmen der Lärminderung. Im Vordergrund stehen vorerst vier zentrale Fragen zur Bedeutung der Frequenzspektren, zur tageszeitlich variierenden Lärmempfindlichkeit, zur wirkungsorientierten Bewertung unterschiedlicher Verkehrslärmarten und zur Bewertung kombinierter Einwirkungen. Die Untersuchungen werden unter dem Aspekt der subjektiven Bewertung, der Sprachverständlichkeit und der Kommunikation, der Leistung und des Schlafes durchgeführt.

- **deufrako.** Auf Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMB+F) und des Ministère de l'Équipement, des Transports du Logement, du Tourisme, et de la Mer, Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques (DRAST) wurde der deutsch-französische Forschungsverbund gegründet, der sich auf die Reduktion des vom Bodenverkehr (Straße, Schiene) emittierten Lärms konzentriert und zu dessen Kerngruppe das **IfAdo** gehört.
- **Sound Engineering for Aircraft (SEFA).** Ziel des seit Februar 2004

von der EU geförderten Vorhabens, an dem 20 Partner aus acht Ländern beteiligt sind, ist es, die Akzeptanz des Fluglärms nicht nur durch die Reduktion der Pegel, sondern auch durch Gestaltung der Frequenzspektren zu erhöhen. Hierzu werden umfangreiche psychoakustische Tests durchgeführt und Möglichkeiten der Realisierung angenehmerer Geräusche erarbeitet. In einem zweiten nur im **IfAdo** realisierten Teil wird der Einfluss hoher Schallpegel auf die Leistung und die zirkadiane Anpassung an Nachtschichtarbeit untersucht.

- **Virtuelles Institut.** Gefördert durch einen Impuls- und Vernetzungsfonds schließen sich im September 2004 das Institut für Raum- und Luftfahrtmedizin des DLR in Köln, die Innere Medizin der Phillips-Universität Marburg und der Lehrstuhl Mathematische Statistik und biometrische Anwendungen der Universität Dortmund zu einem *Virtuellen Institut* zusammen: ‚Transportation Noise – Effects on Sleep and Performance‘, woran das **IfAdo** durch eine Kooptation am Fachbereich Statistik beteiligt ist.

Diese Institutionen verfügen über langjährige Erfahrungen in der Schlafforschung und einen nach Größe und Qualität einzigartigen Datenpool, mit dem versucht werden soll, die Bedeutung lärmbedingter Schlafstörungen im Hinblick auf Leistung und klinische Relevanz unter Anwendung komplexer statistischer Verfahren zu ermitteln.

- **Europäische Akademie.** Die Aktualität der durch Verkehrslärm verursachten akustischen Belastungen wird auch in einem Vorhaben der Europäischen Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklung deutlich. In einem Buchprojekt wird diese Problematik unter verschiedenen Gesichtspunkten interdisziplinär aufgearbeitet. Dem Arbeitskreis gehören Vertreter der Disziplinen Ingenieurwissenschaften, Verkehrsplanung, Ökonomie, Jura, Philosophie, Sozialwissenschaften und Medizin (*IfADo*) an.

Ingesamt wird die Lärmproblematik am *IfADo* mit ähnlicher Intensität wie vor nunmehr 50 Jahren am MPI bearbeitet. Der Kern dieser primär zunächst anwendungsorientierten Forschung ist derzeit in der Projektgruppe ‚Chronobiologie‘ angesiedelt. Durch enge Kooperationen mit den Projektgruppen ‚Flexible Verhaltenssteuerung‘, ‚Kognitive Neurophysiologie‘, ‚Chemikalienwirkungen‘ (neurohormonelle Aspekte) und ‚Verhaltenstoxikologie‘ wird auch die Bearbeitung grundlegender Aspekte möglich. Im Vordergrund der vom *IfADo* betriebenen Forschungen steht die kognitive Leistung mit ihren vielfältigen Rückkopplungen im Arbeitsleben und in der außerberuflichen Umwelt. Konkret werden im Rahmen des Forschungsverbundes ‚Leiser Verkehr‘ am *IfADo* derzeit Untersuchungen zur wirkungsorientierten Bewertung unterschiedlicher Verkehrslärmarten auf den Schlaf einschließlich der Folgen für Befinden und Leistung untersucht. Weiterhin wird in Kooperation mit dem Institut für Umwelt- und Gesundheitspsychologie der Katholi-

schen Universität Eichstätt und dem Fachbereich Statistik der Universität Dortmund auf der Grundlage umfangreicher laborexperimenteller Untersuchungen ein Modell zur Schätzung der Wirkung kombinierter Verkehrsgerauscharten (Straßen- und Schienenverkehr unterschiedlicher Dichte) auf Lästigkeit und Leistung entwickelt.

## Literatur

Damsky H (1965) Versuche über Pupillenreaktionen auf kurze Schallreize. Düsseldorf, Univ., Med. Akad., Diss.

Deutsche Forschungsgemeinschaft (1974) Fluglärmwirkungen. Eine interdisziplinäre Untersuchung über die Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen. Bd I: Hauptbericht; Bd II: Annexband. Boppard: Boldt.

EU Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L189: 12-25 (2002) vom 18.07.2002

Griefahn B, Schuemer-Kohrs A, Schuemer R, Moehler U, Mehnert P (2000) Physiological, subjective, and behavioural responses to noise from rail and road traffic. *Noise & Health* 3: 59-71.

Hawel W, Starlinger H (1967) Einfluß von wiederholtem vierstündigem, intermittierendem, sogenannten rosa Rauschen auf Catecholaminausscheidung und Pulsfrequenz. *Int Z Angew Physiol einschli Arbeitsphysiol* 24: 351-361.

Jansen G (1959) Zur Entstehung vegetativer Funktionsstörungen durch Lärmeinwirkung. Arch Gewerbepath Gewerbehyg 17: 238-261.

Jansen G (1967) Zur nervösen Belastung durch Lärm. Darmstadt: Steinkopff. (Beihefte zum Zentralblatt für Arbeitsmedizin und Arbeitsschutz, Heft 9).

Jansen G (1970) Beeinflussung des natürlichen Nachtschlafes durch Geräusche. Köln und Opladen: Westdeutscher Verlag. (Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 2131).

Jansen G, Rey P-Y (1962) Der Einfluß der Bandbreite eines Geräusches auf die Stärke vegetativer Reaktionen. Int Z Angew Physiol einschl Arbeitsphysiol 19: 209-217.

Jansen G, Schulze J (1964) Beispiele von Schlafstörungen durch Geräusche. Klin Wschr 42: 132-134.

Jansen G, Thutewohl W (1968) Zur Bestimmung vegetativer Schallreaktionen. Kampf dem Lärm 1: 13-16.

Knauth P, Rutenfranz J (1975) The effects of noise on the sleep of nightworkers. In: Colquhoun P, Folkard S, Knauth P, Rutenfranz J (eds.): Experimental studies of shiftwork (pp 57-65). Köln und Opladen: Westdeutscher Verlag.

Lehmann G, Tamm J (1956) Die Beeinflussung vegetativer Funktionen des Menschen durch Geräusche. Köln und Opladen: Westdeutscher Verlag. (Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums Nordrhein-Westfalen, Nr. 257).

Lehmann G, Tamm J (1957) Über Veränderungen der Kreislaufdynamik des ruhenden Menschen unter Einwirkung von Geräuschen. Int Z Angew Physiol einschl Arbeitsphysiol 16: 217-227.

Matthias S, Jansen G (1962) Periphere Durchblutungsstörungen durch Lärm bei Kindern. Int Z Angew Physiol einschl Arbeitsphysiol 19: 201-208.

Meyer-Delius J (1957) Die Schalleinwirkung auf den Menschen. ATZ Automobiltechn Z 59: 201-205.

# Arbeitsphysiologie *heute*

H.M. Bolt  
B. Griefahn  
H. Heuer  
(Hrsg.)

---

**Bd. 6 (2004)**

---

*„75 Jahre Arbeitsphysiologie in Dortmund“*



# Arbeitsphysiologie *heute*

## Bd. 6 (2004)

*Themenband*

*„75 Jahre Arbeitsphysiologie  
in Dortmund“*

Herausgegeben von

H.M. Bolt  
B. Griefahn  
H. Heuer



Dortmund

---

ISBN 3-9808342-2-0

Alle Rechte vorbehalten.

© 2004 *IfADo*

Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund  
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund  
Tel.: 0231/1084-0  
Fax: 0231/1084-308  
<http://www.ifado.de>

---

# Vorwort

Im Jahre 1912 erfolgte der Gründungsbeschluss für ein Institut für Arbeitsphysiologie, das im Jahre 1929 von Berlin, dem Ort der Gründung, nach Dortmund verlagert wurde. Damit war eine Fokussierung auf die arbeitsphysiologischen Themen der früheren Schwerindustrie intendiert. Somit können wir im Jahre 2004 das 75jährige Jubiläum arbeitsphysiologischer Forschung in Dortmund begehen. Diesem Jubiläum ist der vorliegende 6. Band von „Arbeitsphysiologie *heute*“ gewidmet. Er enthält fachübergreifend Beiträge aus unterschiedlichen Projektgruppen, die sich mit unterschiedlichen Aspekten der Arbeitsphysiologie und ihrer Dortmunder Historie befassen. Die Auswahl der Beiträge des vorgelegten Bandes zeigt wiederum, dass auch in Zukunft dem hier umschriebenen Felde fachübergreifend neue Akzente gesetzt werden.

Dortmund, im Herbst 2004

Die Institutsleitung des *IfADo*