

# 1. Fachgespräch Extra-aurale Wirkungen von Lärm bei der Arbeit

Themenschwerpunkt:

Methoden zur Erfassung von Wirkungen und Bewertungen von Geräuschen

Hrsg.: H. Sukowski<sup>1,2</sup>

## baua: Fokus

Im Oktober 2017 fand in der BAuA in Dortmund das erste Fachgespräch „Extra-aurale Wirkungen von Lärm bei der Arbeit“ statt. Bei diesem Fachgespräch haben sechs Referent(inn)en verschiedene Verfahren zur Erfassung von Wirkungen und Bewertungen von Geräuschen vorgestellt. Ziel des Fachgesprächs war es, ganz unterschiedliche Verfahren zu betrachten sowie zu erfahren, worauf bei der Anwendung zu achten ist, um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten. Zudem war es ein wesentliches Anliegen, gemeinsam zu diskutieren, inwieweit sich die einzelnen Verfahren speziell im Hinblick auf relevante Fragen der Lärmwirkung im Arbeitskontext eignen.

## Inhalt

1 Einführung, <i>Helga Sukowski, Erik Romanus</i> .....	1
2 Quantifizierung von Klangcharakterunterschieden als Punkt subjektiver Gleichheit gegenüber einem Referenzschall, <i>Stephan Töpken</i> .....	4
3 Erfassung von Lärmeffekten auf die Kurzzeitgedächtniskapazität, <i>Sabine Schlittmeier</i> .....	6
4 Lärm und Entscheidungsverhalten - wie lassen sich mögliche Veränderungen im Risikoverhalten erfassen? <i>Marc Syndicus</i> .....	8
5 Mit neurophysiologischen Methoden an den Arbeitsplatz - auch zur Erfassung von extra-auralen Wirkungen von Lärm? <i>Marlene Pacharra, Stephan Getzmann, Edmund Wascher</i> .....	11
6 Erfassung von Belästigung und erlebten Störungen durch Umgebungslärm, <i>Rainer Guski, Dirk Schreckenberger</i> .....	13

## 1 Einführung

Helga Sukowski und Erik Romanus, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund

Unerwünschte Hintergrundgeräusche am Arbeitsplatz können sich in vielfältiger Weise auf die Beschäftigten auswirken. Geräusche mit hohem Schalldruckpegel sind mit einem gesundheitlichen Risiko für das Gehör verbunden. Die Vermeidung einer Gefährdung für das Gehör ist daher seit Langem ein wichtiges Ziel im Rahmen des betrieblichen Arbeitsschutzes.

Zusätzlich zu dieser gehörbezogenen (auralen) Wirkung gewinnen auch die nicht gehörbezogenen (extra-auralen) Wirkungen zunehmend an Bedeutung. Diese Wirkungen können

<sup>1</sup> Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

<sup>2</sup> Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren und Autorinnen.

von Geräuschen mit hohen Schalldruckpegeln ausgehen, sie können aber auch durch Geräusche bei Schalldruckpegeln verursacht werden, die deutlich unter den Pegeln liegen, die zu einer Beeinträchtigung des Gehörs führen. Daher sind die extra-auralen Wirkungen in vielen Arbeitsbereichen möglich.

Laut Arbeitsschutzgesetz sind alle Gefährdungen für die physische und psychische Gesundheit möglichst zu vermeiden bzw. so gering wie möglich zu halten – somit auch nachteilige extra-aurale Wirkungen aufgrund der akustischen Arbeitsumgebung.

Ein Blick in die Literatur zeigt, dass Lärm im Vergleich zu anderen Arbeitsumgebungsfaktoren häufig als besonders störend oder belastend beurteilt wird, und speziell im Hinblick auf die extra-auralen Wirkungen wird deutlich, dass eine ungünstige akustische Arbeitsumgebung grundsätzlich sehr viele verschiedene Wirkungen haben kann. Überblicksarbeiten zeigen zudem, dass unter einer Überschrift, wie beispielsweise „Wirkungen auf die Leistung“ oder „Wirkungen auf das Wohlbefinden“ der mögliche Einfluss der akustischen Arbeitsumgebung mit Hilfe unterschiedlicher Verfahren, anhand verschiedener Parameter und im Rahmen ganz unterschiedlicher Untersuchungssettings ermittelt wird.

Diese Vielfalt erschwert die Vergleichbarkeit von Ergebnissen aus unterschiedlichen Studien. Allein dieser Punkt ist eine Motivation, den Verfahren und Messgrößen, die zur Erfassung von extra-auralen Lärmwirkungen eingesetzt werden, Aufmerksamkeit zu schenken. Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist, dass gerade im Hinblick auf den Arbeitsschutz darauf geachtet werden muss, dass vorhandene Geräuscheffekte tatsächlich aufgedeckt und zuverlässig erfasst werden können.

Ein nicht beobachteter Geräuscheffekt könnte zu der Schlussfolgerung führen, dass keine Beeinträchtigungen aufgrund des Hintergrundgeräusches vorliegen bzw. keine Gefährdungen zu erwarten sind und folglich keine zusätzlichen Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten notwendig sind. Eine Verbesserung der akustischen Arbeitsumgebung würde dann möglicherweise unterbleiben. Im Hinblick auf den Arbeitsschutz ist es daher von besonderer Bedeutung, in Untersuchungen Verfahren einzusetzen, die mögliche Wirkungen unerwünschter Geräusche zuverlässig erfassen können. Zudem sind bei der Gestaltung des Untersuchungsdesigns mögliche Übungs- und Ermüdungseffekte, wie sie beispielsweise in Studien zur Erfassung von kognitiven Leistungen auftreten können, sorgfältig zu berücksichtigen.

Eine gründliche Auseinandersetzung mit der Methodik, die zur Ermittlung von Geräuschwirkungen am Arbeitsplatz verwendet wird, ist daher in jedem Fall sehr wichtig. Außerdem ist zu bedenken, dass die Effekte der akustischen Arbeitsumgebung sich in unterschiedlicher Form niederschlagen können und daher verschiedene Wirkungsebenen zu betrachten sind.

Um dieses Thema aus dem Feld der „Extra-auralen Wirkungen von Lärm bei der Arbeit“ in einem Fachkreis zu erörtern und die wesentlichen Erkenntnisse mit Relevanz für den Arbeitskontext zu bündeln, wurden Experten und Expertinnen für bestimmte Verfahren sowie Akteure in der Lärmwirkungsforschung zu einem Fachgespräch mit dem Themenschwerpunkt „Methoden zur Erfassung von Wirkungen und Bewertungen von Geräuschen“ eingeladen.

Die wesentliche Idee der Veranstaltung war, Wissenschaftler(innen) zusammenzubringen, die sich aus unterschiedlichen Blickwinkeln mit den Wirkungen und Bewertungen von Geräuschen oder anderen Belastungsfaktoren beschäftigen und die dabei mit unterschiedlichen Verfahren arbeiten. Mit dem Fachgespräch sollte auch ein Austausch ermöglicht werden, der die Arbeit der einzelnen bereichert, zu Diskussionen anregt und auch ein Ausgangspunkt für die Entwicklung von Kooperationen mit Blick auf den Arbeitskontext sein kann.

Mit der Zusammenstellung der Vortragsthemen sollte sowohl ein Blick „in die Breite“ als auch „in die Tiefe“ ermöglicht werden. Ein Ziel war somit, ganz unterschiedliche Verfahren zu betrachten und zu diskutieren, die bereits im Zusammenhang mit extra-auralen Wirkungen von Lärm eingesetzt werden oder eingesetzt werden könnten. Ein weiteres Ziel war, bei diesen Methoden zu erfahren, zur Klärung welcher Forschungsfragen sie sich eignen und worauf beim Einsatz konkret geachtet werden muss, um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten. Diese Aspekte stehen auch im Mittelpunkt der Beiträge in diesem BAuA Fokus. Darüber hinaus war es ein wichtiges Anliegen, herauszuarbeiten, inwieweit sich die verschiedenen Verfahren speziell zur Beantwortung von relevanten Fragen der Lärmwirkung im Arbeitskontext eignen. Da nicht alle Verfahren bereits in Lärmwirkungsstudien eingesetzt wurden, war dies auch ein wichtiger Punkt in der gemeinsamen Diskussion.

Um sich ein genaues Bild über die vorgestellten Verfahren machen zu können, bestand in einem Praxiszeitfenster zudem die Möglichkeit, einige Verfahren auszuprobieren bzw. sich die konkrete Durchführung anhand des Untersuchungsaufbaus von den jeweiligen Experten und Expertinnen erklären zu lassen.

Das Fachgespräch fand am 12.10.2017 in der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin in Dortmund statt. Sechs Referent(inn)en haben Verfahren vorgestellt, zu denen sie einschlägige Expertise haben, und insgesamt 23 Teilnehmer(innen) haben zum Thema diskutiert. Die Referent(inn)en und Themen waren:

- Dr. Stephan Töpken, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg: Quantifizierung von Klangcharakterunterschieden als Punkt subjektiver Gleichheit gegenüber einem Referenzschall
- Prof. Dr. Sabine Schlittmeier, HSD Hochschule Döpfer, Köln: Kurzzeitgedächtnisleistung unter Hintergrundschall
- Marc Syndicus, RWTH Aachen: Einfluss von Lärm auf Risikoaffinität, Entscheidungssicherheit und Wohlbefinden: Erhebungsverfahren und ihre Vor- und Nachteile
- Dr. Marlene Pacharra, Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund: Mit mobilen neurophysiologischen Methoden an den Arbeitsplatz
- Prof. Dr. Rainer Guski, Ruhr-Universität Bochum: Erfassung von Belästigung und erlebte Störungen durch Umgebungslärm
- Dr. Dorothea Wendt, Technical University of Denmark und Eriksholm Research Centre, Snekkersten, Dänemark: Erfassung der Pupillengröße zur Bestimmung der Höranstrengung

Für diesen BAuA Fokus wurden fünf Beiträge von den Referent(inn)en als „extended Abstracts“ zusammengefasst.

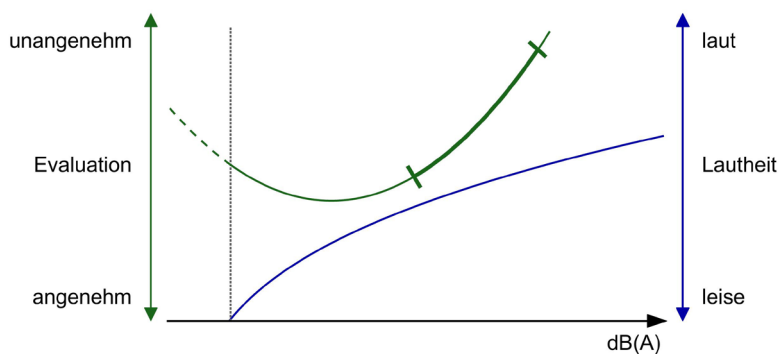
Wir bedanken uns bei allen, die am Fachgespräch teilgenommen und die Diskussion mit konstruktiven Anregungen bereichert haben. Insbesondere bedanken wir uns bei den Referentinnen und Referenten, die in ausführlichen Vorträgen sehr anschaulich die Grundlagen der Verfahren beschrieben, aktuelle Forschungsergebnisse eingebracht und zudem die Möglichkeiten zur Anwendung der Verfahren im Arbeitskontext diskutiert haben.

## 2 Quantifizierung von Klangcharakterunterschieden als Punkt subjektiver Gleichheit gegenüber einem Referenzschall

Stephan Töpken, Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg

Für die akustische Auslegung von Produkten oder Maschinen ist es in vielen Fällen wünschenswert, für Geräusche, die sich sowohl im A-bewerteten Pegel als auch im Klangcharakter unterscheiden, die akustische Güte vorhersagen zu können. Zwischen verschiedenen Geräuschen sind die Pegelunterschiede jedoch mitunter so stark ausgeprägt, dass es deutliche Unterschiede in der empfundenen Lautheit gibt. Bei einer Bewertung von Geräuschen mit Originalpegel wird ein Urteil dann häufig durch die Lautheitsunterschiede dominiert. Lautere Geräusche werden typischerweise unangenehmer sein als leisere Geräusche und der Einfluss des Klangcharakters auf die Bewertung bleibt oft verborgen. Wenn der Einfluss des Klangcharakters von Interesse ist, werden die Geräusche daher insbesondere für Hörexperimente im Labor häufig in ihrem A-Pegel angepasst, so dass nur noch kleine wahrnehmbare Lautheitsunterschiede verbleiben. Dieses Vorgehen ermöglicht es, die von Klangcharakteristika hervorgerufenen Empfindungen in Hörexperimenten zu messen (z. B. durch semantische Differentiale) und ihren Einfluss auf die Geräuschbewertung zu bestimmen. Häufig lassen sich auch (psycho-)akustische Parameter finden, die hoch mit den Empfindungen korrelieren und so eine Abschätzung der akustischen Geräuschgüte in einem gewissen Rahmen ermöglichen. Die so gewonnenen Erkenntnisse auf Basis gleicher A-Pegel lassen sich aber nicht direkt auf die originalen Pegel der Geräusche transferieren.

Ein möglicher Lösungsansatz ist eine Quantifizierung des Einflusses bewertungsrelevanter Klangcharakteristika in Form von Äquivalenzpegeln. Hierzu wird ein Referenzschall eingeführt und Punkte subjektiver Gleichheit (Points of Subjective Equality, PSEs) für die Lautheit und die Präferenz separat gemessen. Die Methode eignet sich insbesondere zur Quantifizierung des Einflusses parametrischer Signalmanipulationen, die mit einer Variation jener psychoakustischen Parameter einhergehen, welche für eine Beschreibung bewertungsrelevanter Wahrnehmungsdimensionen in Vorexperimenten identifiziert wurden.



**Abb. 1** Annahmen der Messmethode: Die grau gepunktete Linie deutet die Hörschwelle an. Die Lautheit (blau) wächst streng monoton mit dem A-Pegel. Die Evaluation eines Geräusches (grün) verläuft im Allgemeinen nicht monoton und der messbare Bereich ist entsprechend eingeschränkt auf den monoton steigenden Teil (fett hervorgehoben).

Die Methode basiert auf der Annahme, dass die Lautheit eines Geräusches monoton mit dem A-Pegel wächst und auch die Unangenehmheit eines Geräusches als Funktion des A-Pegels monoton zunimmt (Abb. 1). Eine Erhöhung des Schalldruckpegels führt entsprechend zu einer höheren empfundenen Lautheit und auch zu einer ausgeprägteren Unangenehmheit

des Geräusches. Da der Zusammenhang zwischen der Unangenehmheit und dem Pegel eines Geräusches nicht zwingend streng monoton verläuft, sondern eher parabelförmig, ist der messbare Bereich für die Methode entsprechend eingeschränkt. Gesetzt die Annahme ist erfüllt, so lässt sich ein Testgeräusch gegenüber dem festen Referenzgeräusch durch eine Variation des Test-Pegels auf gleich empfundene Lautheit einstellen oder auch so einstellen, dass es gleich präferiert wird wie das Referenzgeräusch. Wenn das Testgeräusch bei gleichem A-Pegel deutlich lauter und unangenehmer als das Referenzgeräusch ist, werden zur Angleichung der Lautheit und der Präferenz Pegelreduktionen notwendig sein. Die Methode erlaubt eine quantitative Trennung zwischen dem PSE für Lautheit und dem PSE für Präferenz und der Pegelunterschied zwischen den zwei PSEs kann als Klangcharakterzuschlag (ähnlich zu den Tonzuschlägen der DIN 45681) interpretiert werden.

Die Messung des Punktes subjektiv gleicher Lautheit erfolgt in einem Hörexperiment über ein adaptives Verfahren, welches im Folgenden beispielhaft beschrieben wird. Nach einer Darbietung von Test- und Referenzgeräusch ist der Versuchsteilnehmer aufgefordert zu entscheiden, welches der beiden lauter ist. Ist das Referenzgeräusch lauter, so wird der Pegel des Testgeräusches erhöht. Ist das Testgeräusch lauter, so wird der Pegel des Testgeräusches reduziert. Das Verfahren zur Bestimmung des PSEs für Präferenz erfolgt analog zur Lautheitsmessung in einem separaten Experiment. Die Frage ist hier jedoch, welches der zwei Geräusche in einem vorgegebenen Kontext bevorzugt wird. Entsprechend der Annahme wird bei einer Präferenz für das Referenzgeräusch der Pegel des Testgeräusches reduziert, um dieses im Vergleich zur Referenz angenehmer zu machen. Wenn die Präferenz auf das Testgeräusch fällt, wird der Pegel des Testgeräusches erhöht, um es gegenüber der Referenz unangenehmer zu machen. Zu Beginn beträgt die Schrittweite für die Pegelveränderung in beiden Experimenten 6 dB. Die Schrittweite wird nach jedem oberen Umkehrpunkt halbiert und nach 4 Umkehrpunkten bei einer Schrittweite von 1,5 dB wird das Verfahren gestoppt. Der Mittelwert über die 4 Umkehrpunkte ist der PSE für die Lautheit bzw. für Präferenz.

Bisherige Erfahrungen mit der Methode zeigen, dass ein Referenzgeräusch einige Anforderungen erfüllen sollte, um die Grundannahme einer monotonen Zunahme der Unangenehmheit mit dem A-Pegel des Geräusches zu erfüllen. Ein Referenzgeräusch sollte prototypisch zu den Testgeräuschen und dem Anwendungskontext passen - ein reiner Ton von 1 kHz ist somit z. B. eher ungeeignet als ein Prototyp für Ventilatorgeräusche. Darüber hinaus sollte ein Referenzgeräusch klanglich möglichst neutral sein und keine ausgeprägten tonalen Komponenten oder zeitlichen Strukturen aufweisen. Gleichzeitig sollte ein Referenzgeräusch im Kontrast zu den Testgeräuschen stehen um einen gewissen Dynamikbereich für die PSE-Pegel aufzuspannen, z. B. ein eher angenehmer Referenzschall zur Bewertung unangenehmer Testgeräusche. Wegen der relativ einfachen Aufgabenstellungen an die Teilnehmenden können die Experimente mit einem relativ großen Personenkreis durchgeführt werden. Aufgrund mitunter sehr großer interindividueller Unterschiede ist eine Anzahl von etwa 40 Teilnehmenden notwendig, um Standardfehler von etwa 2 dB für die Punkte subjektiv gleicher Präferenz zu erreichen. Die Stimulusdauer ist wegen des Paarvergleichs auf wenige Sekunden begrenzt. In einem Experiment können bis zu 8 Testgeräusche mit verschachtelten adaptiven Tracks (interleaved) gemessen werden, was zu einer Gesamtdauer von etwa 20-30 Minuten pro Experiment führt.

Das Ergebnis der PSE-Messungen sind Kurven bzw. Flächen gleicher Lautheit und gleicher Präferenz, die den Zusammenhang zwischen Stimulusparameter (oder psychoakustischem Parameter) und dem lautheits- und präferenzäquivalenten Pegel für den jeweiligen spezifischen Bewertungskontext auf einer dB-Skala herstellen. Mit der vorgestellten Methode können so z. B. akustische Maßnahmen, die sowohl zu einer Veränderung des Pegels als auch des Klangcharakters in einer Lärmsituation führen, über die Äquivalenzpegel mit einer

Ist-/Referenz-Situation verglichen werden. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit könnte die Methode bei der Einordnung von Geräuschen in Klassen von „Noise-Labels“ finden. Mittels der Äquivalenzpegel könnte über die Schallleistung hinaus auch der Klangcharakter direkt für eine Einordnung in Geräuschklassen berücksichtigt werden.

## Literatur

Töpken, S., Scheel, H., Verhey, J.L., Weber, R. (2018) Quantification of Preference Relevant Sound Characteristics of Multi-Tone Sounds Based on the Differences Between Loudness Judgments and Preference Evaluations. *Acta Acust. United Ac.* 104(1), 153-165.

Töpken, S. (2017) *Sound Characteristics of Multi-Tone Sounds – Measurement Concepts and Model Approach*, BIS-Verlag der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, ISBN 978-3-8142-2356-8.

Töpken, S., van de Par, S., Weber, R. (2015) Suitable reference sounds for loudness and preference matching experiments. *Fortschritte der Akustik - DAGA 2015*, Nürnberg, Deutschland, DEGA e.V., Berlin, 309-312.

## 3 Erfassung von Lärmeffekten auf die Kurzzeitgedächtniskapazität

Sabine Schlittmeier, HSD Hochschule Döpfer, Köln

Schall kann kognitive Leistungen und subjektives Wohlbefinden bereits bei Pegeln mindern, bei denen noch nicht mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu rechnen ist. So stört Hintergrundsprache das Kurzzeitgedächtnis bereits bei einem  $L_{eq}$  von 35 dB(A) nachweislich (Schlittmeier et al., 2008). Die Minderung dieser kognitiven Basisfunktion durch bestimmte Schalle ist effektstark, reliabel nachweisbar (Ellermeier & Zimmer, 1997) und sehr gut empirisch aufgeklärt (Schlittmeier et al., 2012). Die Störwirkung von Hintergrundschall auf das verbale Kurzzeitgedächtnis kann mittels der sog. verbalen Serial Recall Aufgabe geprüft werden. Für diese Aufgabe hat sich ein standardisiertes Testprotokoll etabliert, das in diesem Beitrag beschrieben wird.

### 3.1 Das Kurzzeitgedächtnis als kognitive Basisfunktion

Das Kurzzeitgedächtnis ist die kognitive Basisfunktion, die Informationen für eine kurze Zeit aufrechterhält, z. B. damit diese für eine weitere Verarbeitung verfügbar sind. Im Rahmen des kognitionspsychologischen Informationsverarbeitungsansatzes (Wickens et al., 2015) wird angenommen, dass komplexere kognitive Leistungen (z. B. das Verstehen eines Textes) durch das Zusammenspiel von Wahrnehmungsfunktionen und verschiedenen kognitiven Basisfunktionen – wie z. B. Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis und Schlussfolgern – geleistet werden. Diese sind gegenüber jeweils anderen Schallen bzw. Schallcharakteristika sensitiv. So beeinträchtigen kontinuierliche, breitbandige Hintergrundschalle (z. B. Rauschen) die Wahrnehmung relevanten auditiven Materials (Maskierung). Die Aufmerksamkeit wird durch unregelmäßige, impulshaltige Störgeräusche abgelenkt. Und das Kurzzeitgedächtnis wird von sog. changing-state Schallen gestört (Irrelevant Sound Effect, ISE), auch wenn diese für die zu bearbeitende Aufgabe irrelevant sind, in keinem Sinnzusammenhang zu ihr stehen und ignoriert werden sollen. Changing-state Schalle sind dadurch gekennzeichnet, dass sie perceptiv segmentierbar sind und aufeinander folgende Wahrnehmungseinheiten sich auditiv-perceptiv voneinander unterscheiden. Beide Charakteristika treffen in besonderem Maße auf Sprache zu. Sie stört weitgehend unabhängig von ihrem semantischen Gehalt (z. B. Fremdsprache vergleichbar wie Muttersprache) und ihrem Pegel, solange die Sprachverständlichkeit hoch ist (Schlittmeier et al., 2008). Auch nicht-sprachliche Schalle, die changing-state

Charakteristika aufweisen, rufen eine signifikante Störwirkung hervor, z. B. Musik mit ausgeprägten Stakkato-Passagen (vgl. Schlittmeier et al., 2012, für einen Überblick).

### 3.2 Die verbale Serial Recall Aufgabe (serielle Wiedergabe)

Die Kapazität des verbalen Kurzzeitgedächtnisses wird typischerweise mit der verbalen Serial Recall Aufgabe gemessen: Unverbundene Ziffern werden nacheinander in zufälliger Reihenfolge präsentiert, z. B. 5 – 7 – 1 – 3 – 2 – 6 – 4, und nach der Präsentation der letzten Ziffer soll die Sequenz in genau der präsentierten Reihenfolge wiedergegeben werden. Diese Aufgabe wirkt künstlich und alltagsfern im Vergleich zu den komplexen kognitiven Leistungen, die an Arbeitsplätzen erbracht werden müssen. Doch die hochstandardisierte Aufgabe ermöglicht Lärmwirkungen auf das Kurzzeitgedächtnis reliabel zu erfassen. Verzerrungen der Untersuchungsergebnisse durch bspw. Vorwissen oder Strategieeinsatz sind so weitgehend ausgeschlossen.

### 3.3 Wie wird getestet?

a) **Aufgabe und Versuchsdesign:** Idealerweise werden Ziffern (1, 2, 3, ...) verwendet, die visuell präsentiert werden (nicht auditiv!). Ein sog. Trial besteht aus der Präsentation einer Ziffernfolge und deren Wiedergabe durch den Probanden. Die Ziffern sind einzeln nacheinander zu präsentieren (1 Ziffer/s), um auch tatsächlich die serielle Behaltensleistung zu erfassen. Möglich ist bspw. die Verwendung von PowerPoint o. ä. zur visuellen und sequentiellen Darbietung der Ziffernfolge und die handschriftliche Wiedergabe dieser nach – nicht während – der Präsentation.

Die Schwierigkeit der Aufgabe wird durch die Anzahl der Ziffern bestimmt. In messtheoretischer wie motivationaler Perspektive optimal ist, wenn die Probanden im Mittel ca. 2/3 – 3/4 der Ziffern korrekt erinnern. Bewährt haben sich 7-9 Ziffern bei studentischen Stichproben, bei anderen Erwachsenen 5-7 Ziffern je nach Bildungsstand. Jede Ziffer, die nicht an genau der präsentierten Position erinnert wird, zählt als ein Fehler.

Es wird dringend empfohlen, Schalleffekte innerhalb einer Stichprobe relativ zueinander zu vergleichen. Die Anzahl der möglichen Schallbedingungen, die in einem sog. within-subject Design gemessen werden können, ist für studierende Probanden max. 5 (Ruhe plus 4 Hintergrundschalle), bei anderen Erwachsenen 2-3 (Ruhe plus 1-2 Hintergrundschallbedingungen). Nach jeder Schallbedingung bzw. jedem Experimentalblock sollte eine kurze Pause (1-3 min) gegeben werden. Die Testung sollte in einem ruhigen Erhebungsraum erfolgen, in dem die Hintergrundschalle standardisiert über Kopfhörer oder Lautsprecher präsentiert werden.

b) **Versuchsablauf und Personenkreis:** Einer schriftlichen Instruktion folgen drei Übungstrials, um mit der zu bearbeitenden Aufgabe vertraut zu werden. Die Instruktion erfolgt am besten schriftlich und damit standardisiert für alle Probanden. Neben Informationen hinsichtlich Aufgabe, Dauer und Zweck der Testung enthält die Instruktion auch die beiden Hinweise, dass (a) die Aufgabe leise (also ohne flüstern/vorsagen) und nur im Kopf bearbeitet werden soll und (b) die Hintergrundschalle für die Aufgabenbearbeitung irrelevant sind und ignoriert werden sollen.

Je Schallbedingung sollten mindestens 12 Trials durchgeführt werden, die der Einfachheit halber nacheinander in einem Experimentalblock abgearbeitet werden. Der Hintergrundschall wird während des gesamten betreffenden Experimentalblocks eingespielt. Dabei ist die Reihenfolge der Schallbedingungen über die Probanden zu balancieren (z. B. startet bei zwei Schallbedingungen die eine Hälfte der Probanden mit der einen Schallbedingung, die andere Hälfte mit der anderen). Damit wird vermieden, dass die je Schallbedingung über alle Probanden gemittelten Fehlerraten durch Übungs-, Reihenfolge- oder Positionseffekte systematisch verzerrt sind.

Zur Aufdeckung mittelgroßer Effekte werden im within-subject Design (s.o.) etwa 20-30 Probanden benötigt. Die praktische Relevanz von schwächeren Effekten, die mehr Probanden zum statistischen Nachweis benötigen, ist zu hinterfragen. Falls je Schallbedingung nur eine Probandengruppe vorliegt (between-subjects Design), z. B. weil am Arbeitsplatz unter „natürlich“ gegebenem Hintergrundschaall gemessen werden muss, sind erheblich mehr Probanden zum sicheren Nachweis von Schalleffekten nötig. Personen mit Hörminderung oder Tinnitus sind auszuschließen.

### 3.4 Fazit

Mittels der beschriebenen verbalen Serial Recall Aufgabe können Lärmefekte auf die Kurzzeitgedächtniskapazität reliabel erfasst werden. So kann festgestellt werden, ob (1) unter bestimmten Schallbedingungen eine signifikante Störung der Kurzzeitgedächtnisleistung im Vergleich zur Leistung unter Ruhe vorliegt, oder ob (2) Maßnahmen zur akustischen Optimierung die schallbedingten Störeffekte im Vergleich zur unbehandelten Situation signifikant reduzieren. Dabei können mittelgroße (und damit u.U. praktisch relevante) Effekte mit vergleichsweise kleinen Stichproben aufgedeckt werden.

Im Arbeitsalltag ist von einer Beteiligung des Kurzzeitgedächtnisses bei einer Vielzahl von kognitiven Arbeitsaufgaben auszugehen. Hintergrundschaall, der diese kognitive Basisfunktion stört, hat damit sehr wahrscheinlich auch Effekte auf die Bearbeitung komplexerer kognitiver Leistungen (s. o. kognitionspsychologischer Informationsverarbeitungsansatz) – sei es in Form einer direkten Leistungsminderung (z. B. mehr Fehler) oder dass eine erhöhte mentale Anstrengung zur Aufrechterhaltung eines bestimmten Leistungsniveaus notwendig wird.

## Literatur

Ellermeier, W. & Zimmer, K. (1997). Individual differences in susceptibility to the „irrelevant speech effect“. *Journal of the Acoustical Society of America*, 102(4), 2191-2199.

Schlittmeier, S. J., Hellbrück, J., Thaden, R. & Vorländer, M. (2008). The impact of background speech varying in intelligibility: Effects on cognitive performance and perceived disturbance. *Ergonomics*, 51, 719-736.

Schlittmeier, S. J., Weißgerber, T., Kerber, S., Fastl, H. & Hellbrück, J. (2012). Algorithmic modeling of the Irrelevant Sound Effect (ISE) by the hearing sensation fluctuation strength. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 74(1), 194-203.

Wickens, C.D., Hollands, J.G., Banbury, S. & Parasuraman, R. (2015). *Engineering Psychology and Human Performance*. Routledge: New York

## 4 Lärm und Entscheidungsverhalten - wie lassen sich mögliche Veränderungen im Risikoverhalten erfassen?

Marc Syndicus, RWTH Aachen

Hinsichtlich der Beeinträchtigung von Wohlbefinden, Gesundheit und Leistungsfähigkeit liegen aussagekräftige, teils meta-analytische Befunde vor. Eine bislang wenig untersuchte extra-aurale Wirkung stellt das Entscheidungsverhalten im Allgemeinen sowie das Risikoverhalten im Speziellen dar. Auch wenn Unterschiede hinsichtlich der Menge an Entscheidungen sowie des Ausmaßes möglicher Konsequenzen von Fehlentscheidungen bestehen,



lässt sich doch keine Arbeitstätigkeit denken, die gänzlich ohne Entscheidungen auskommt. Insbesondere an der Schnittstelle zur Arbeitssicherheit erfährt auch das Risikoverhalten von Arbeitnehmer(inne)n eine hohe Relevanz.

Generell dürften die nachfolgend aufgezählten Verfahren für die Messung akuter Lärmeinwirkungen, etwa im Rahmen experimenteller Vergleiche, am besten geeignet sein. Quasi-experimentelle Vorgehensweisen, bei denen lärmexponierte Personengruppen mit weniger belasteten Gruppen verglichen werden, sind (unter Berücksichtigung von Kontrollvariablen und Vorsicht bei der Annahme kausaler Zusammenhänge) ebenfalls möglich. Ein Beispiel für die Anwendung einiger der nachfolgend beschriebenen Aufgaben im Lärmkontext findet sich in Syndicus, Wiese und van Treeck (2018).

#### 4.1 Fragebögen und Risikoszenarien

Klassische Fragebogen dürften zu den ökonomischsten Verfahren gehören. Verschiedene Skalen (vgl. Meertens & Lion, 2008; Rohrmann, 2005; Weber, Blais & Betz, 2002) wurden entwickelt, um die generelle und bereichsspezifische Risikobereitschaft (z. B. in den Bereichen Gesundheit, Finanzielles, Sport) zu erfassen. Realitätsnahe Aufgabeneinkleidungen können durch die Gestaltung als Geschäftsbrief oder E-Mail erreicht werden (MacCrimmon & Wehrung, 1984).

#### 4.2 Lotterien

Lotterieaufgaben werden vor allem im Bereich der Verhaltensökonomik verwendet. Beim „multiple-pricelist“ Format werden verschiedene Lotterien durchgespielt, wobei die gesamte Liste der Teil-Lotterien angezeigt wird (vgl. Holt & Laury, 2002). Pro Option werden je zwei Gewinnchancen angezeigt, die von Reihe zu Reihe systematisch in Schritten von 0.1 variiert werden: Zeile 1 beinhaltet Option A mit 0.1/2.00 €; 0.9/1.60 € und Option B mit 0.1/3.85 €; 0.9/0.10 €. In Prozenten ausgedrückt: Eine 10%ige Chance 2.00 € zu gewinnen, und eine 90%ige Chance „nur“ 1.60 € zu erhalten; oder Variante B: 10% Chance auf 3.85 € und eine 90%ige Chance nur 0.10 € zu erhalten.

Zeile 2 zeigt entsprechend der schrittweisen Anpassung Option A mit 0.2/2.00 €; 0.8/1.60 € und Option B mit 0.2/3.85 €; 0.8/0.10 €. Zeile 10 enthält dann schließlich die Optionen A 1.0/2.00 €; 0.0/1.60 € und B 1.0/3.85 €; 0.0/0.10 €. Spätestens in dieser Zeile sollten auch risikoaverse Personen zur Option B gewechselt haben, da ein sicherer Gewinn von 3.85 € (im Vergleich zu 2.00 € auf der A-Seite) in Aussicht steht. Sollte auch hier Variante A gewählt werden, könnte das ein Hinweis auf ein Missverständnis der Aufgabe sein. Aufgrund der geringen Geldbeträge kann als finanzieller Anreiz eine der Zeilen per Zufall ausgewählt werden, und die Lotterie (mit entsprechenden Würfeln) ausgespielt werden.

Personen entscheiden sich in jeder Reihe für eine der angezeigten Optionen. Anhand des Erwartungswertes liegt ein „optimaler“ Wechsellpunkt bei Reihe 5 vor: Ab hier sollte die Person zu den Optionen B wechseln. Je nach Risikoneigung der Personen verschiebt sich dieser Wechsellpunkt in frühere oder spätere Reihen. Eine vertiefende Darstellung dieses Aufgabenformats unter Berücksichtigung weiterer Varianten findet sich in Harrison und Rutström (2008).

#### 4.3 Computerbasierte Verfahren

Die Balloon Analogue Risk Task („BART“; Lejuez et al., 2002) stellt ein computerbasiertes Verfahren dar, bei dem ein Ballon auf dem Bildschirm durch Mausklicke aufgepumpt werden kann. Jeder Klick wird dabei mit einem kleinen Geldbetrag honoriert. Platzt der Ballon, ist das bis dahin gesammelte Geld verloren. Um das zu verhindern, kann das Geld aus einem Durchgang jederzeit auf ein sicheres Konto transferiert werden, sodann wird ein neuer Ballon angezeigt. Risikoaffine Personen sammeln bei diesem Aufgabentyp in der Regel mehr Geld; riskieren somit gleichzeitig jedoch auch das Platzen des Ballons. Die exakte „Lebensdauer“

eines Ballons wird für jeden Durchgang durch einen Zufallsgenerator bestimmt. Eine Vorhersage ist daher nur ungefähr anhand der Ballonfarbe möglich (gelb = sehr fragil, orange = mittel, blau = sehr robust).

Der Hazard Awareness Test („HAT“; Burt, 2017; Beschreibung siehe Thomas, 2016) erfasst mit Hilfe eines „spot-the-difference“ Designs die Risikowahrnehmung im Kontext der Arbeitssicherheit. Aufgabe ist, in zehn Vergleichsbildern die sicherheitsrelevanten Unterschiede festzustellen, die zwischen Ausgangs- und Vergleichsbild vorliegen. Einer dieser Unterschiede wäre z. B. eine Person, die im Ausgangsbild einen Helm, im Vergleichsbild jedoch einen Hut trägt. Als Ergebnis liegt ein Profil für verschiedene Risikosphären (Produktionsbereiche, Büro, Freizeit/Erholung) vor.

Eine weitere Erfassung des Risikoverhaltens mit hohem Kontextbezug findet sich im Wiener Testsystem. Der Risikobereitschaftstest Verkehr (Hergovich, Bogner, Arendasy & Sommer, 2005) umfasst Darstellungen von Überholssituationen oder Entscheidungssituationen an Kreuzungen. Nach Beschreibung einer Situation und der beabsichtigten Handlung (etwa einen Überholvorgang einzuleiten) zeigt die bearbeitende Person an, ab welchem Zeitpunkt (z. B. durch geringer werdenden Abstand) sie ein Gefahrenpotenzial sieht und das beschriebene Fahrmanöver nicht mehr ausführen würde.

## Literatur

Burt, C. (2017, Mai). Predicting safety behaviour: Development and validation of the hazard awareness test (HAT). Dublin, Irland: 18. Kongress der European Association of Work and Organizational Psychology.

Harrison, G. W. & Rutström, E. E. (2008). Risk aversion in the laboratory. In J. C. Cox & G. W. Harrison (Hrsg.), *Research in experimental economics*, Vol. 12 (S. 41-196). Bingley, UK: JAI Press.

Hergovich, A., Bogner, B., Arendasy, M. & Sommer, M. (2005). WRBTV - Wiener Risikobereitschaftstest Verkehr (Test & Manual). Mödling, AUT: Schuhfried GmbH.

Holt, C. A. & Laury, S. K. (2002). Risk aversion and incentive effects. *The American Economic Review*, 92, 1644-1655.

Lejuez, C. W., Read, J. P., Kahler, C. W., Richards, J. B., Ramsey, S. E., Stuart, G. L., ... Brown, R. A. (2002). Evaluation of a behavioral measure of risk taking: The Balloon Analogue Risk Task (BART). *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 8, 75-84.

siehe auch: [www.impulsivity.org/measurement/BART](http://www.impulsivity.org/measurement/BART)

MacCrimmon, K. R. & Wehrung, D. A. (1984). The risk in-basket. *Journal of Business*, 57, 367-387.

Meertens, R. M. & Lion, R. (2008). Measuring an individual's tendency to take risks: The risk propensity scale. *Journal of Applied Social Psychology*, 38, 1506-1520.

Rohrmann, B. (2005). Risk Scenarios Questionnaire (RSQ). Melbourne, Australia: Roman Roads Research Association. [www.rohrmannresearch.net](http://www.rohrmannresearch.net)

Syndicus, M., Wiese, B.S. & van Treeck, C. (2018). In the heat and noise of the moment: Effects on risky decision making. *Environment and Behavior*, 50, 3-27.

Thomas, A. H. (2016). Construct validation of the Hazard Awareness Test (HAT). Masterarbeit, University of Canterbury, Neuseeland. <http://bit.ly/2Dg5GSb>

Weber, E. U., Blais, A.-R. & Betz, N. E. (2002). A domain-specific risk-attitude scale: Measuring risk perceptions and risk behaviors. *Journal of Behavioral Decision Making*, 15, 263-290.

## 5 Mit neurophysiologischen Methoden an den Arbeitsplatz - auch zur Erfassung von extra-auralen Wirkungen von Lärm?

Marlene Pacharra, Stephan Getzmann und Edmund Wascher, Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund

### 5.1 Wieso sind neurophysiologische Maße am Arbeitsplatz interessant?

Physikalische Faktoren in der Arbeitsumgebung (z. B. Lärm) können genauso wie Merkmale der Arbeitsorganisation psychische Belastungsfaktoren für Arbeitnehmer darstellen (Joiko et al. 2010). Unser Wissen bezüglich des Einflusses psychischer Belastungsfaktoren auf das Wohlbefinden und die kognitive Leistungsfähigkeit in konkreten Arbeitssituationen ist aber noch gering (vgl. Wascher et al. 2015). Ein Grund hierfür ist, dass die individuelle Beanspruchung aus der Interaktion dieser Belastungsfaktoren mit den individuellen Voraussetzungen der Arbeitnehmer (z. B. Ressourcen) resultiert (Joiko et al. 2010). Eine weitere Ursache ist, dass Fragebogenangaben zu Belastungen oft aufgrund individueller und situativer Voraussetzungen subjektiv verzerrt sind und oft nur eine Momenteinschätzung widerspiegeln.

Gerade im Hinblick auf den Einbezug psychischer Belastungen in die Gefährdungsbeurteilung (Arbeitsschutzgesetz § 5, Absatz 3) erscheint es daher sinnvoll den Effekt psychischer Belastungsfaktoren kontinuierlich, objektiv sowie direkt am Arbeitsplatz zu erheben. Neurophysiologische Methoden geben Einblick in die neuronalen Korrelate mentaler Zustände und kognitiver Informationsverarbeitung. So kann z. B. durch die Aufzeichnung der Spannungsschwankungen an der Kopfoberfläche mittels Elektroenzephalographie (EEG) die summierte elektrische Aktivität des Gehirns über Stunden kontinuierlich und nichtinvasiv erfasst werden. Basierend auf jahrzehntelanger EEG-Laborforschung konnten ereigniskorrelierte und frequenzbandspezifische EEG-Parameter etabliert werden, die eine Einschätzung von Belastung erlauben. Die Hirnaktivität im Alphanband (8 - 12 Hz) gibt zum Beispiel Auskunft über das Maß kognitiver Anstrengung und der Aufmerksamkeitszuwendung (z. B. Wascher et al. 2015).

### 5.2 Wie können in Zukunft neurophysiologische Signale mobil und in realen Arbeitssituationen erfasst werden?

Der Anspruch neurophysiologische Maße kontinuierlich und direkt am Arbeitsplatz zu messen, erfordert mobile Messgeräte, die einfach und schnell anzubringen und zur Minimierung sozialer Störvariablen möglichst unauffällig sind. Zudem müssen Auswertungsalgorithmen existieren, die eine Analyse von EEG-Daten erlauben, die fernab standardisierter Laborbedingungen erhoben wurden.

Technische Fortschritte in den letzten Jahren haben zur Entwicklung kleiner EEG-Messverstärker geführt, die in der Größenordnung eines modernen Smartphones erhältlich sind (z. B. Smarting, mBT, SER, oder LiveAmp, Brain Products, DE). Anstelle auffälliger und bei freier Bewegung störender Kappensysteme, können für mobile Messungen Außenohr-Elektroden und kleine Elektrodenarrays verwendet werden. Ein Beispiel sind cEEGrid Elektroden (TMSi, NL), die als c-förmiges Plastikarray hinter die Ohren geklebt werden (siehe Abbildung 1).

Erste Studien am IfADo zeigen, dass cEEGrids retrospektive Nutzerzustandserfassungen z. B. Aufmerksamkeitsrückzug während längerer Autofahrten basierend auf EEG-Frequenzbandanalysen zuverlässig abbilden. Insbesondere die neuronalen Korrelate der auditiven Informationsverarbeitung und der auditiven Aufmerksamkeitsausrichtung sind im cEEGrid-EEG sehr gut beschrieben (Bleichner & Debener, 2017). Es ist also davon auszugehen, dass diese Parameter valide und reliabel in Arbeitssituationen erhoben werden können.

Neben den Fortschritten in der EEG-Aufzeichnung erlauben innovative Verfahren der Signalanalyse eine bessere Bereinigung von Artefakten (z. B. Mullen et al. 2013), die etwa durch Bewegung in natürlichen Umgebungen entstehen. Zudem sind aussagestarke ereignisbasierte EEG-Analysen in Alltagssituationen anhand von Lidschlagmarkern entwickelt worden (Wascher et al. 2014). Damit sind sowohl die technischen als auch die analytischen Methoden gegeben, um neurophysiologische Signale in Arbeitssituationen sinnvoll aufzuzeichnen.



Abb. 1 cEEGrid-EEG

### 5.3 Relevanz neurophysiologischer Methoden für die Erfassung extra-auraler Wirkungen von Lärm bei der Arbeit

Durch die Erfassung der extra-auralen Wirkungen von Lärm mittels neurophysiologischer Methoden ergibt sich auch die Möglichkeit, negative Einflüsse von Störschall auf die menschliche Informationsverarbeitung objektiv darzustellen, die sich weder in subjektiven Fragebogenmaßen noch in der objektiv messbaren Arbeitsleistung widerspiegeln. Dies ist zum Beispiel dann sinnvoll, wenn bewusste oder unbewusste Kompensationsprozesse von den Arbeitnehmern rekrutiert werden, um die Störeffekte des Lärms bei der Aufgabenbearbeitung zu reduzieren. Kobald et al. (2016) konnten auf diese Weise mittels EEG neurophysiologische Inhibitionsprozesse bei Lärmexposition nachweisen. Die Abbildung solcher durch Lärm induzierten Prozesse in realen Arbeitssituationen besitzt hohe Relevanz für die bessere Einschätzung von extra-auralen Wirkungen von Lärm auf kognitive Funktionen und psychische Beanspruchung. Innovative mobile EEG Methoden haben damit das Potential, vertiefte Einblicke in kognitive Prozesse in Arbeitsumgebungen zu ermöglichen.

## Literatur

Bleichner, M. G., & Debener, S. (2017). Concealed, unobtrusive ear-centered EEG acquisition: cEEGrids for transparent EEG. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 163.

Joiko, K., Schmauder, M., Wolff, G. (2010). Psychische Belastung und Beanspruchung im Berufsleben. *Erkennen – Gestalten*. 5. Auflage. Dortmund: BAuA.

Kobald, S. O., Getzmann, S., Beste, C., & Wascher, E. (2016). The impact of simulated MRI scanner background noise on visual attention processes as measured by the EEG. *Scientific Reports*, 6, 28371.

Marschall, J., Hildebrandt, S., Sydow, H., Nolting, H.-D. (2017). DAK-Gesundheitsreport. In A. Storm (Ed.), *Beiträge zur Gesundheitsökonomie und Versorgungsforschung*. Medhochzwei Verlag, Heidelberg

Mullen, T., et al. (2013). Real-time modeling and 3D visualization of source dynamics and connectivity using wearable EEG. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 35th Annual International Conference of the IEEE* (Vol. 2013, pp. 2184–2187)

Wascher, E., Heppner, H., & Hoffmann, S. (2014). Towards the measurement of event-related EEG activity in real-life working environments. *International Journal of Psychophysiology*, 91(1), 3–9.

Wascher, E., Heppner, H., Kobald, S. O., Arnau, S., Getzmann, S., & Möckel, T. (2015). Age-sensitive effects of enduring work with alternating cognitive and physical load. A study applying mobile EEG in a real life working scenario. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 711

## 6 Erfassung von Belästigung und erlebten Störungen durch Umgebungslärm

Rainer Guski, Ruhr-Universität Bochum und Dirk Schreckenberger, ZEUS GmbH, Hagen

### 6.1 Was ist Lärmbelästigung?

Lexikalisch wird „belästigend“ definiert als „jmdn. in [aufdringlich] unangemessener Weise beanspruchend, störend, ihn in seinem Tun od. seinen Lebensgewohnheiten behindernd; sehr unangenehm“ (Brockhaus 1995). In der Wissenschaft gibt es unterschiedliche Definitionen (zusammenfassend: Guski, Felscher-Suhr & Schuemer, 1999), z. B. die globale Definition der ISO TS 15666 (2003): „one person's individual adverse reaction to noise“. Aus der Perspektive der Feldforschung fassen Guski et al. (2017) zusammen: Zur Lärmbelästigung gehören drei Elemente: (1) Eine mehrfach wiederholte Störung bei intendierten Handlungen (z. B. Arbeiten, Unterhalten, Erholen), (2) eine emotionale Reaktion (z. B. Ärger, negative Bewertung der Quelle) und (3) kognitive Reaktionen (z. B. Bewertung der (Un-)Angemessenheit des Geräuschs, geringe Bewältigungsmöglichkeiten).

Die in Feldstudien im Wohnbereich erhobene Lärmbelästigung ist meist ein retrospektives Urteil, das sich auf einen bestimmten Ort bezieht und einen längeren Zeitraum (Monate) zusammenfasst. Man kann allerdings fragen, ob ein derartiges multidimensionales Konzept durch ein einziges Item angemessen erfasst werden kann (Schreckenberger et al., 2017, s. MIAS).

Es gibt auch Labor- und Feldstudien, in denen Lärmbelastigung kurzzeitig (z. B. für eine Stunde oder nach einzelnen Geräusch-Ereignissen) erhoben wird. Hier spricht man teils von „Kurzzeit-Belastigung“, „akuter Belastigung“ oder „psychoakustischer Belastigung“. Sofern bei den Untersuchungspersonen gleichzeitig die Langzeit-Belastigung erhoben werden konnte, stellte sich heraus, dass Kurzzeit- und Langzeit-Belastigung nur mäßig miteinander korrelieren (Bartels et al. 2015). Das ist – angesichts der unterschiedlichen Aufgaben und Methoden – auch zu erwarten.

## 6.2 Erfassungsmöglichkeiten der Belastigung

In Feldstudien wird ein Belastigungsurteil über eine bestimmte Zeitspanne an einem bestimmten Ort per Befragung erhoben. Dies geschieht meist in Einklang mit den IC BEN-Empfehlungen (Fields et al. 2001 oder ISO TS15666, 2003). Die deutsche Fassung lautet:

„Wenn Sie einmal an die letzten (..Zeitangabe..) hier bei Ihnen denken, wie stark haben Sie sich durch Lärm von (..Quelle..) insgesamt gestört oder belastigt gefühlt?“ Es gibt hier mindestens eine der zwei Antwortmöglichkeiten: verbal: „überhaupt nicht, etwas, mittelmäßig, stark, äußerst“ oder numerisch auf einer Skala von 0-10.

In Laborstudien werden teilweise Einzelfragen, teils nach wiederholten Darbietungen mit unterschiedlichen akustischen Bedingungen gestellt, z. B. entsprechend IC BEN/ISO eine 11-P-Skala nach jedem akustischen Ereignis mit Hilfe eines grafischen Interfaces (z. B. Schäfer et al. 2017): „Wenn Sie sich vorstellen, dass dies die Geräuschkulisse in Ihrem Garten ist, welche Zahl zwischen 0 und 10 gibt am besten an, wie stark Sie sich dadurch insgesamt gestört oder belastigt fühlen würden?“ Im Kontext von Mitarbeiter-Untersuchungen am Arbeitsplatz wurden teils umfangreiche Fragebögen zu Belastigung und Störung entwickelt (z. B. der SENO von Sailer & Hassenzahl, 2000), meist jedoch nur einzelne Belastigungsfragen gestellt (z. B. Schlittmeier & Liebl 2015). Leider sind die meisten Belastigungsfragen nicht zwischen unterschiedlichen Untersuchungen vergleichbar. Wir empfehlen deshalb dringend, zumindest eine Belastigungsfrage nach den IC BEN-Empfehlungen (s. o.) zu stellen und auch Fragen zur Störung durch Lärm am Arbeitsplatz weitgehend zu vereinheitlichen – ein Beispiel zur Entwicklung solcher Fragen wird im übernächsten Abschnitt (MIAS-Skala) gegeben.

## 6.3 Erfassung berichteter Störungen durch Lärm

In Feldstudien sollen Betroffene teils eine unspezifizierte Skalierung der Störung durch bestimmte Lärmquellenarten abgeben, teils skalieren sie auch spezifiziert das Ausmaß oder die Häufigkeit bestimmter Störungen durch bestimmte Lärmquellenarten. Hier wird z. B. spezifisch nach Störungen von Kommunikation, Lesen, Rekreation, Arbeiten, Konzentrieren, Einschlafen und Durchschlafen usw. gefragt, wobei teils nach innerhalb/außerhalb der Wohnung unterschieden wird. Die Skalierung geschieht meist mit verbalen 5-Punkt-Skalen, heute auch verstärkt mit numerischen Skalen. Vor der Einführung der IC BEN/ISO-Belastigungsfrage wurden die Antworten zu miteinander korrelierenden Items teilweise zusammengefasst und als „generelle Belastigung“ interpretiert (vgl. Finke et al., 1980).

## 6.4 Multiple-Item Annoyance Scale (MIAS)

Schreckenberget al. 2017 haben einen Versuch vorgestellt, 3 Komponenten der Belastigung in einer Skala zu erfassen: (1) Erfahrung mit erlebten Störungen, (2) Emotionale/einstellungsbezogene Reaktionen und (3) Erfahrung mit Bewältigungsversuchen.

Zur Entwicklung der Skala benutzten sie das Frankfurter Panel (2013, N = 3.451) aus dem NORAH-Projekt (Schreckenberget al. 2015) und die Samples von Berlin-Schönefeld (BER), Köln (CGN) und Stuttgart (STR) aus demselben Projekt zur Validierung (N = 10.032). Bei der Skalen-Entwicklung wurden zunächst 21 Items ausgewählt, und zwar zu Störungen am Tage (5),

Störungen in der Nacht (3), Einstellungen zum Luftverkehr (4), Erwartungen von Lärmfolgen (2), Belästigung (ICBEN-Skala) und zum Lärmbewältigungsvermögen (6 aus Guski et al. 1978).

Eine explorative Faktor-Analyse (EFA) der 20 Items (ohne ICBEN-Skala) im FRA-Panel 2013 erbrachte zwei Faktoren, die zusammen 81 % der systematischen Varianz deckten: (1): Störungen beim Telefonieren, Störungen beim Fernsehen/Radio, Störungen beim Lesen oder Konzentrieren (3 Items, Ladungen jeweils  $>.80$ ) und (2): Selbsteinschätzung der Coping-Effektivität, Fenster-Schließen hilft (2 Items, Ladungen jeweils  $>.74$ ). Das Item „Manchmal fühle ich mich dem Lärm richtig ausgeliefert“ hat auf Faktor 2 eine Ladung  $>.50$ , auf Faktor 1  $>.30$ . Eine anschließende konfirmatorische Faktoranalyse (CFA) zeigte bei 2 Faktoren-Lösung (mit „Ausgeliefert“ in Faktor 2) die klarste Lösung im Frankfurter Panel, und die CFA an den drei Vergleichsflughäfen BER, CGN und STR zeigte sehr gute Übereinstimmung mit dem FRA-Panel.

Die Autoren ziehen den Schluss, dass die neue MIAS-Skala mit insgesamt 6 Items eine Unterscheidung von zwei der drei Belästigungskomponenten (Störung und Coping-Effektivität) erlaubt und bei bestimmten Fragestellungen eine hilfreiche Ergänzung zur ICBEN-Frage darstellt.

## Literatur

Bartels, S., Márki, F. & Müller, U. (2015). The influence of acoustical and non-acoustical factors on short-term annoyance due to aircraft noise in the field - the COSMA study. *Science of the Total Environment*, 538, 834-843.

Fields, J. M., De Jong, R. G., Gjestland, T., Flindell, I. H., Job, R. F. S., Kurra, S., Lercher, P. V., M., Yano, T., Guski, R., Felscher-Suhr, U. & Schuemer, R. (2001). Standardized noise reaction questions for community noise surveys: research and a recommendation. *Journal of Sound & Vibration*, 242(4), 641-679.

Finke, H.-O., Guski, R. & Rohrmann, B. (1980). Betroffenheit einer Stadt durch Lärm : Bericht über eine interdisziplinäre Untersuchung. Bd. 1. Gesamtkonzept und Hauptuntersuchung Texte / Umweltbundesamt (Vol. 1). Berlin: Umweltbundesamt.

Guski, R., Felscher-Suhr, U., Schuemer, R. (1999). The concept of noise annoyance: How international experts see it. *Journal of Sound and Vibration*, 223, 513-527.

Guski, R., Schreckenber, D. & Schuemer, R. (2017). Review: WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. *International Journal of Environmental Research and Public Health (IJERPH)*, 14(12), 1-41. doi:10.3390/ijerph14121539

Guski, R., Wichmann, U., Rohrmann, B. & Finke, H.-O. (1978). Konstruktion und Anwendung eines Fragebogens zur sozialwissenschaftlichen Untersuchung der Auswirkungen von Umweltlärm. *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, 9, 50-65.

International Organization for Standardization (2003). *Acoustics -- Description and measurement of environmental noise -- Part 1: Basic quantities and procedures (ISO 1996-1:2003)*. Geneva (CH): ISO.

Sailer, U. & Hassenzahl, M. (2000). Assessing noise annoyance: An improvement-oriented approach. *Ergonomics*, 43(11), 1920-1938. doi:10.1080/00140130050174545

Schäffer, B., Pieren, R., Schlittmeier, S., Brink, M. & Heutschi, K. (2017). Annoyance to wind turbine noise – influence of different acoustical characteristics. Paper presented at the ICBEN 2017, Zurich (CH).

Schlittmeier, S. A. & Liebl, A. (2015). The effects of intelligible irrelevant background speech in offices – cognitive disturbance, annoyance, and solutions. *Facilities*, 33(1/2), 61-75. doi:10.1108/F-05-2013-0036

Schreckenberg, D., Belke, C., Spilski, J. & Guski, R. (2017). First results of the development of a multiple-item annoyance scale (MIAS). Paper presented at the 12th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem, Zurich (CH).

Schreckenberg, D., Belke, C., Faulbaum, F., Guski, R., Moehler, U. & Spilski, J. (2016). Effects of aircraft noise on annoyance and sleep disturbances before and after expansion of Frankfurt Airport - results of the NORAH study, WP 1 ‚Annoyance and quality of life‘. Paper presented at the Inter-Noise 2016, Hamburg (D).

Schreckenberg, D., Faulbaum, F., Guski, R., Ninke, L., Peschel, C., Spilski, J. & Wothge, J. (2015). Wirkungen von Verkehrslärm auf die Belästigung und Lebensqualität. In Umwelthaus-gmbH (Ed.), NORAH (Noise related annoyance cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld (Vol. 3, pp. 639). Kelsterbach: Gemeinnützige Umwelthaus GmbH. [www.norah-studie.de](http://www.norah-studie.de)