

Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt

Lärm

baua: Bericht

**Forschung
Projekt F 2353**

A. Liebl
M. Kittel

**Psychische Gesundheit
in der Arbeitswelt**

Lärm

Dortmund/Berlin/Dresden 2016

Der vorliegende Bericht wurde im Rahmen des BAuA-Forschungsprojekts „Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt - Wissenschaftliche Standortbestimmung“ erstellt und ist dem Themenfeld „Technische Faktoren“ zugeordnet. Weitere Informationen zum Projekt finden Sie unter www.baua.de/psychische-gesundheit.

Der Bericht gibt die Auffassung der Autoren wieder.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Autoren: Dr. Andreas Liebl
Maria Kittel
Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Titelbild: eckedesign, Berlin

Titelgestaltung: eckedesign, Berlin

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
Friedrich-Henkel-Weg 1 - 25, 44149 Dortmund
Postanschrift: Postfach 17 02 02, 44061 Dortmund
Telefon: 0231 9071-2071
Telefax: 0231 9071-2070
E-Mail: info-zentrum@baua.bund.de
Internet: www.baua.de

Berlin:
Nöldnerstr. 40 - 42, 10317 Berlin
Telefon: 030 51548-0
Telefax: 030 51548-4170

Dresden:
Fabricestr. 8, 01099 Dresden
Telefon: 0351 5639-50
Telefax: 0351 5639-5210

Nachdruck und sonstige Wiedergabe sowie Veröffentlichung, auch auszugsweise, nur mit vorheriger Zustimmung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

www.baua.de/dok/7930560

DOI: 10.21934/baua:bericht20160713/4a

ISBN 978-3-88261-195-3



Abstract

Wie ist der Arbeitsbedingungsfaktor definiert?

Definition des Arbeitsbedingungsfaktor Lärm gemäß DIN 1320: Akustik – Begriffe

Lärm: unerwünschter Hörschall; Hörschall, der zu Störungen, Belästigungen, Beeinträchtigungen oder Schäden führen kann.

Wie stellen sich Messmethodik und Messgenauigkeit dar?

Hinsichtlich Messmethodik und Messgenauigkeit gibt es eindeutige Empfehlungen aus dem Bereich der Normung. Die DIN 45645-2: 2012-09 beschreibt bspw. die Ermittlung des Beurteilungspegels in mehreren Arbeitsschritten. Diese umfassen die Arbeitsanalyse, die Durchführung der Messung, die Ermittlung des Beurteilungspegels, die Bestimmung der Messunsicherheit und den Vergleich mit Grenzwerten sowie das Erstellen des Messberichts. Ob der Beurteilungspegel die richtige Prädiktorvariable für Lärmwirkungen im Allgemeinen darstellt, mag infrage gestellt werden. Die Anwendung der Norm würde allerdings sehr reliable und vergleichbare Messergebnisse gewährleisten. Dies ist eine Grundvoraussetzung für die Betrachtung von Wirkzusammenhängen. Die Anwendung von Richtlinien und Normen stellt allerdings meist erhebliche Anforderungen an die akustische Fachkompetenz und technische Ausstattung. Die Beschreibung der methodischen Vorgehensweise bei den akustischen Messungen in vielen der gesichteten Studien sind hingegen wenig präzise und entsprechen nicht den Anforderungen der Richtlinien und Normen. Die Frage nach der Messgenauigkeit des Arbeitsbedingungsfaktors Lärm lässt sich auf Grundlage der gesichteten Studien nicht beurteilen und stellt eine eigenständige Fragestellung dar.

Welche Kenntnisse über Beanspruchungsfolgen sind vorhanden?

Der Zusammenhang zwischen der Sprachverständlichkeit als Prädiktorvariablen und der Leistungsfähigkeit im Sinne von kognitiven Grundfunktionen wie der Arbeitsgedächtniskapazität kann als gesichert angesehen werden. Es ist von einer Zunahme der Fehlerrate bei der Bearbeitung von Arbeitsgedächtnisaufgaben bei zunehmender Sprachverständlichkeit auszugehen.

Im Rahmen der empirischen Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Sprachverständlichkeit und Leistungsfähigkeit wurden oft auch Auswirkungen auf das psychische Befinden beleuchtet. Unter dem psychischen Befinden werden z. B. die empfundene Arbeitsbelastung, die empfundene Lästigkeit, der akustische Komfort, der empfundene Stress, Ermüdung, Höranstrengung, Wachsamkeit, Aggressivität, Konzentration, Aufmerksamkeit und Arousal subsummiert. Es zeigt sich, dass mit einer Verringerung der Sprachverständlichkeit auch eine Verbesserung des psychischen Befindens einhergeht. Dies gilt vor allem für simulierte Bürotätigkeiten, bei denen stille und konzentrierte Arbeit im Vordergrund steht. Ist die primäre Aufgabenstellung durch Kommunikation geprägt, dann kehrt sich das Effektmuster um und eine hohe Sprachverständlichkeit wird positiv bewertet.

Der Zusammenhang zwischen pegelorientierten Merkmalen und Leistung wird in verschiedenen Arbeitskontexten untersucht. Insgesamt scheinen pegelorientierte Merkmale nicht ausschlaggebend für Beeinträchtigungen der Leistung zu sein, woraus nicht der Fehlschluss gezogen werden darf, dass pegelorientierte Merkmale beliebig hoch sein dürfen.

In Kliniken wurde bspw. der Einfluss pegelorientierter Merkmale im Operationssaal auf die Auftretenshäufigkeit von (postoperativen) Komplikationen bzw. Fehlern der Operateure untersucht. Hier zeigt sich eine Minderung infolge von Maßnahmen zur Reduzierung des

Lärms. An Industriearbeitsplätzen konnte ein signifikanter korrelativer Zusammenhang zwischen pegelorientierten Merkmalen und Indikatoren der Produktivität (subjektive Bewertung) gezeigt werden.

Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen pegelorientierten Merkmalen und dem Herz-Kreislauf-System wurden vor allem als Feldstudien im Industriekontext durchgeführt. Zusammenfassend zeigen sich nachweisbare Wirkungen von Lärm am Arbeitsplatz auf das Herz-Kreislauf-System. Diese manifestieren sich in einer Erhöhung der systolischen und der diastolischen Blutdruckwerte, in einer erhöhten Prävalenz von Bluthochdruck, in Veränderungen der Eigenschaften des Blutgefäßsystems, in Veränderungen der Herzrate und in Anomalien im EKG sowie in einem erhöhten Herzinfarktrisiko.

Untersuchungen zu den Wirkungen pegelorientierter Merkmale auf das physische Befinden betrachten in erster Linie physiologische Stresswirkungen (z. B. Stresshormonkonzentration im Speichel, Urin oder Blut und Muskelspannung). Das Befundmuster ist heterogen.

Die gesichteten Studien zum Zusammenhang zwischen pegelorientierten Größen und dem psychischen Befinden untersuchen seitens der Outcome-Variablen das selbst berichtete Stresserleben, Belästigungsreaktionen, die Müdigkeit, die Stimmung sowie die wahrgenommene Arbeitsbelastung. Der Schalldruckpegel und die Lautheit sind starke Prädiktoren für die Lästigkeit bzw. Belästigung. Im Bürokontext zeigen sich Zusammenhänge zwischen der beurteilten Lautheit und der Lästigkeit, aber auch Lästigkeitsunterschiede zwischen Büroumgebungen mit unterschiedlichem Pegel. Bezüglich der psychischen Stresswirkungen zeigt sich ein gemischtes Bild.

Wie beurteilen Sie die Evidenz zum jetzigen Zeitpunkt?

Es deutet sich an, dass sich trotz der Vielzahl von Untersuchungen zum Thema Lärm am Arbeitsplatz noch keine verbindlichen Grenzwerte ableiten lassen, die allen Arbeitsumgebungen in der gleichen Weise gerecht werden. Vielmehr gilt es, den spezifischen akustischen Umgebungsbedingungen und Schutzbedürfnissen in Abhängigkeit von der Arbeitstätigkeit Rechnung zu tragen. Einerseits unterscheiden sich die akustischen Umgebungsbedingungen (Art und Ausmaß der Schallbelastung) an Büroarbeitsplätzen von denen an Arbeitsplätzen in der Industrie, im Gesundheitswesen usw. Andererseits unterscheiden sich auch das Schutzbedürfnis und die zu stellenden Anforderungen in Abhängigkeit von der Tätigkeit.

Diesem Ansatz wird in gültigen Richtlinien wie der VDI 2058-3 bereits ansatzweise Rechnung getragen, da in der Richtlinie Geräuschemissionen am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten (überwiegend geistige Tätigkeit, einfache oder eingeübte Bürotätigkeiten und vergleichbare Tätigkeiten, sonstige Tätigkeiten) beurteilt werden. Die Belastbarkeit der spezifizierten Grenzwerte und vor allem deren konkreter Wirkungsbezug sind allerdings in der aktuellen Form infrage zu stellen. Es deutet sich an, dass die oftmals ingenieurstechnisch begründeten Grenzwerte in keinem direkten Zusammenhang mit den eher medizinischen oder psychologischen Wirkungsuntersuchungen stehen.

Welche Rolle spielt der Wandel der Arbeit und wird er in den Studien ausreichend berücksichtigt?

Der Wandel in der Arbeitswelt bleibt im Rahmen der gesichteten Literatur beinahe gänzlich unberücksichtigt.

Welches Gestaltungswissen ist verfügbar?

In Bezug auf das Merkmal Sprachverständlichkeit liegt eine Reihe von Interventionsstudien vor, die die Wirksamkeit von Manipulationen der Sprachverständlichkeit hinsichtlich Leistungsfähigkeit und psychischem Befinden belegen. Die Möglichkeiten zur Manipulation der Sprachverständlichkeit umfassen einerseits typische bau- und raumakustische Maßnahmen wie den Einsatz von hochabsorbierenden Decken oder spezifischem Mobiliar, z.B. Stellwänden, und reichen andererseits bis zur gezielten Anhebung des Grundgeräuschniveaus, z.B. durch Sound Masking. Auch wurden verschiedene handelsübliche Büroausstattungen dahingehend untersucht, welche Bandbreite von Variationen des STI sich durch ihren Einsatz realisieren lässt. Einerseits zeigt diese Untersuchung erneut den Zusammenhang zwischen STI und Leistung sowie psychischem Befinden, andererseits wird eindeutig darauf hingewiesen, dass die Möglichkeiten zur Beeinflussung des STI durch übliche bau- und raumakustische Maßnahmen äußerst begrenzt sind. Durch eine zielgerichtete Anhebung eines maskierenden Grundgeräuschs kann ebenfalls der STI und damit die Leistung und das psychische Empfinden beeinflusst werden. Allerdings sind auch der Anhebung des Grundgeräuschs mit dem Zweck der Beeinflussung des STI klare Grenzen gesetzt, weil das Grundgeräusch im Raum nicht beliebig angehoben werden darf, da sonst die maskierenden Signale selbst als belastend empfunden werden. Zugleich deuten Untersuchungsergebnisse darauf hin, dass grundsätzliche Vor- und Nachteile bei bestimmten Büroformen (offen gestaltete Büros vs. Einzelbüros) existieren und die Arbeit in offenen Büroumgebungen mit einer stärkeren akustischen Belastung verbunden ist. Im Klinikbereich liegen einzelne Untersuchungen vor, die sowohl erfolgreiche als auch unwirksame Gestaltungsmaßnahmen berichten, z.B. über eine erfolgreiche Pegelreduzierung und über eine Reduzierung von Stressindikatoren bei Operateuren sowie Komplikationen nach Operationen durch verhaltensbezogene und technische Maßnahmen in Operationssälen. Die Maßnahmen reichen von der Verringerung der Lautstärke von Alarmen bis hin zu konkreten Verhaltensanweisungen beim Umgang mit technischen Gerätschaften wie Absauggeräten. Im Gegensatz dazu konnte aber auch keine pegelreduzierende Wirkung durch die Rückmeldung der Lärmexposition mittels Lärmdosimeter erreicht werden. Keinen Erfolg hinsichtlich einer Pegelreduzierung zeigten auch räumliche Organisationsmaßnahmen im pharmazeutischen Bereich eines Krankenhauses.

Welche wesentlichen Forschungsfragen sind offen?

Um belastbarere Aussagen treffen zu können, ist einerseits eine Harmonisierung der Untersuchungsansätze erforderlich. Das bedeutet, dass entweder vergleichbare Operationalisierungen der Prädiktor- und Kriteriumsvariablen etabliert oder Methoden entwickelt werden müssen, um diese unterschiedlichen Variablen in ein vergleichbares Maß zu überführen. Dabei ist besonders eine stärkere interdisziplinäre Zusammenarbeit erforderlich. Oft werden Schallexposition am Arbeitsplatz und Schallwirkung getrennt voneinander betrachtet. Dabei fällt eine ingenieurtechnische Ausrichtung im Rahmen von Untersuchungen zur Schallexposition im Gegensatz zu einem medizinischen und psychologischen Fokus im Rahmen von Wirkungsuntersuchungen auf.

Für Büroarbeitsplätze gilt, dass der Zusammenhang zwischen Sprachverständlichkeit und Leistung sowie psychischem Befinden als belastbar angesehen werden kann. Zur Beschreibung der Qualität eines Arbeitsplatzes werden allein technische Beurteilungsgrößen herangezogen. Es ist anzustreben, dass diese technischen Beurteilungsgrößen in einen konkreten Bezug zu Prädiktorvariablen von Lärmwirkungen, z.B. Sprachverständlichkeit, gesetzt werden und auf dieser Grundlage Grenzwerte oder Qualitätsstufen abgeleitet werden, die nachweislich wahrnehmungs- oder wirkungsrelevant sind.

An mehreren Stellen wird auch der Zusammenhang zwischen der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm und Outcomes wie erhöhtem Krankenstand oder erhöhtem Risiko für

Herz-Kreislauf-Erkrankungen berichtet. Aus der subjektiv empfundenen Lärmbelastung lässt sich aber keine Planungsgröße ableiten, sodass es notwendig ist, den Zusammenhang zwischen der subjektiv empfundenen Lärmbelastung und physikalischen Messgrößen herzustellen.

Es deutet sich auch ein erheblicher Nachholbedarf hinsichtlich wissenschaftlicher Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Lärm und psychischen Belastungen an. Der konkrete Zusammenhang zwischen Lärm und psychischen Belastungen bzw. Stress wurde in den bislang gesichteten Arbeiten selten untersucht, obwohl naheliegend ist, dass Lärm einen Belastungsfaktor darstellt. Lärm bindet nachweislich kognitive Ressourcen, was bestenfalls durch vermehrte Anstrengung kompensiert werden kann. Er kann das Erregungsniveau beeinflussen und kurzfristig sogar eine positive Wirkung auf die Vigilanz haben, was aber längerfristig eine größere Erschöpfung bedingt. Lärm bedingt Störungen und Unterbrechungen bei der Arbeit, die als belastend empfunden werden. Insbesondere sprachhaltiger Lärm beeinflusst auch die Privatheitsregulation und stellt einen potenziellen Stressor im Sinne von Crowding dar. Allerdings wurden diese Effekte nicht systematisch im Arbeitsumfeld untersucht. Ein Bezug wird eher argumentativ hergestellt. Es ist auch festzuhalten, dass Moderatorvariablen oder Coping-Strategien selten berücksichtigt werden. Zudem werden überraschend selten Effektstärken berichtet, obwohl einschlägige Publikationsrichtlinien dies fordern. Diese Effektstärkenmaße sind notwendig für die Durchführung von Metaanalysen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Theorien und Modelle zum Arbeitsbedingungsfaktor Lärm	10
2.	Messmethodik und Messgenauigkeit	16
3.	Betriebliche Rahmenbedingungen	17
3.1.	VDI 2058-3: Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten.....	20
3.2.	DIN EN ISO 11690-1: Akustik – Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen maschinenbestückter Arbeitsstätten	21
3.3.	DIN EN ISO 9241-6: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 6: Leitsätze für die Arbeitsumgebung	22
3.4.	DIN EN ISO 3382-3: Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 3: Großraumbüro.....	23
3.5.	DIN 18041: Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen.....	23
3.6.	VDI 2569 (Entwurf 2014-01): Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro	23
4.	Eckdaten zur Literaturrecherche	25
5.	Beschreibung des Zusammenhangs zwischen dem Arbeitsbedingungsfaktor Lärm und Outcomes.....	32
5.1.	Beschreibung zum Merkmal Sprachverständlichkeit.....	33
5.1.1.	Beschreibung zum Merkmal Sprachverständlichkeit und Leistung	34
5.1.2.	Beschreibung zu dem Merkmal Sprachverständlichkeit und psychischem Befinden	37
5.2.	Beschreibung zu pegelorientierten Merkmalen	39
5.2.1.	Beschreibung zu pegelorientierten Merkmalen und Leistung.....	40
5.2.2.	Beschreibung zu pegelorientierten Merkmalen und Herz-Kreislauf-System	42
5.2.3.	Beschreibung zu pegelorientierten Merkmalen und dem physischen Befinden	47
5.2.4.	Beschreibung zu pegelorientierten Merkmalen und psychischem Befinden	49
6.	Bewertung und Diskussion der Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen dem Arbeitsbedingungsfaktor Lärm und den Outcomes	52

Lärm

6.1.	Bewertung zum Merkmal Sprachverständlichkeit.....	52
6.1.1.	Bewertung zum Merkmal Sprachverständlichkeit und Leistung	52
6.1.2.	Bewertung zum Merkmal Sprachverständlichkeit und psychischem Befinden	53
6.2.	Bewertung zu pegelorientierten Merkmalen	53
6.2.1.	Bewertung zu pegelorientierten Merkmalen und Leistung	53
6.2.2.	Bewertung zu pegelorientierten Merkmalen und Herz-Kreislauf-System	54
6.2.3.	Bewertung zu pegelorientierten Merkmalen und physischem Befinden	55
6.2.4.	Bewertung zu pegelorientierten Merkmalen und psychischem Befinden	55
7.	Zusammenfassende Bewertung der Merkmale des Arbeitsbedingungsfaktors, Schlussfolgerungen und Forschungsbedarf	56
8.	Gestaltungsaussagen zum Arbeitsbedingungsfaktor Lärm	57
8.1.	Gestaltungswissen auf der Basis von Interventionsstudien	57
9.	Suchstrings zum Arbeitsbedingungsfaktor Lärm	59
10.	Literatur zum Arbeitsbedingungsfaktor Lärm.....	62
11.	Anhang.....	72
11.1.	Anhang A	72
11.2.	Anhang B	73
12.	Tabellenverzeichnis.....	76
13.	Abbildungsverzeichnis.....	77

1. Theorien und Modelle zum Arbeitsbedingungsfaktor Lärm

Bevor auf Theorien und Modelle eingegangen wird, erfolgt an dieser Stelle eine kurze Definition relevanter Begriffe zum Arbeitsbedingungsfaktor Lärm unter Anwendung der DIN 1320: Akustik – Begriffe.

Schall

elastodynamische Schwingungen und Wellen

ANMERKUNG: Schall setzt feste, flüssige, gasförmige oder plasmaförmige Materie voraus.

Hörfrequenzbereich

Frequenzbereich ausgeprägten Hörvermögens beim Menschen

ANMERKUNG: Der Frequenzbereich des ausgeprägten Hörvermögens beim Menschen liegt zwischen etwa 16 Hz und 16 kHz.

Hörschall

Schall im Hörfrequenzbereich

Lärm

unerwünschter Hörschall; Hörschall, der zu Störungen, Belästigungen, Beeinträchtigungen oder Schäden führen kann

Diese Definition von Lärm legt bereits nahe, dass sich das Phänomen nicht allein physikalisch greifen lässt, denn ein und dasselbe Hörereignis kann von unterschiedlichen Personen auch verschieden (erwünscht oder unerwünscht) wahrgenommen werden. Die Wahrnehmung von Lärm schließt eine subjektive Bewertung ein, die auch von der Person und der jeweiligen Situation abhängt.

Eine grundlegende Unterscheidung von Lärmwirkungen auf den Menschen erfolgt nach auralen (das Gehör betreffenden) Wirkungen und extraauralen (nicht das Gehör betreffenden) Wirkungen wie Wirkungen auf das Herz-Kreislauf-System, das Befinden, die Motivation oder die Leistung).

Lärmbedingte Beeinträchtigungen des Gehörs bezeichnet man als aurale Lärmwirkungen. Diese kommen vor allem an Arbeitsplätzen mit hohem Lärmpegel vor, z. B. in der Metall- und Holzverarbeitung. Ab einem Tages-Lärmexpositionspegel $(L_{EX,8h})$ von 85 dB(A) ist das Tragen von Gehörschutz gemäß der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) zur Vermeidung von Hörschäden gesetzlich vorgeschrieben. Die auralen Lärmwirkungen werden allerdings in diesem Bericht gemäß der Ausschreibung bewusst ausgeklammert.

Als extraaurale Lärmwirkungen bezeichnet man solche, die zwar keine Hörschäden hervorrufen, aber psychologische, physiologische und nicht zuletzt sozioökonomische Wirkung haben. Man kann diese zusätzlich nach akuten, kumulativen und chronischen Wirkungen unterscheiden.

Akute extraaurale Lärmwirkungen setzen zeitgleich mit dem Lärm oder unmittelbar danach ein. Dazu gehören bspw. Orientierungsreaktionen, wobei die Aufmerksamkeit von einer Tätigkeit abgelenkt und auf den Ort des Geschehens hingelenkt wird. Ferner gehören dazu Beeinträchtigungen der Kommunikation, da durch den Lärm Nutzschall wie Sprache oder Warnsignale verdeckt werden können.

Als kumulativ bezeichnet man solche extraauralen Lärmwirkungen, die sich im Verlauf der Lärmexposition aufbauen. Dazu können z. B. lärmbedingte Beeinträchtigungen von geistigen Leistungen zählen, wenn versucht wird, die ablenkende Wirkung der Störreize durch Anspannungssteigerung und erhöhte Konzentration zu kompensieren, bis dies nicht mehr gelingt. Damit einher geht meist das Gefühl der Belästigung und Verärgerung. Zudem können Leistungsbeeinträchtigungen auch akut auftreten.

Von chronischen extraauralen Lärmwirkungen spricht man, wenn die Betroffenen dem Lärm über lange Zeiträume hinaus ausgesetzt sind. Epidemiologische Studien zum Umgebungslärm zeigen bspw., dass bei chronischer Lärmexposition das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen ansteigt (van Kempen & Babisch, 2012).

Zu den sozioökonomischen Kosten von Lärm zählen bspw. Gesundheitskosten und Arbeitsunterbrechungen.

Neben klassischen physischen und psychischen Arbeitsbelastungen wie dem manuellen Handhaben von Lasten, dem Arbeiten in Zwangshaltungen, der sozialen Unterstützung oder der Arbeitsintensität können auch Umgebungsfaktoren wie Lärm physisch und psychisch auf Erwerbstätige einwirken. Dabei müssen nicht unbedingt gültige Grenzwerte überschritten werden. Beispielsweise beeinträchtigt ständiges Telefonklingeln oder laufende Maschinen in manchen Fällen schon bei geringer Lautstärke die Ausführung von Arbeitsaufgaben. In der Folge kann Stress entstehen, weil die Betroffenen die Arbeitsaufgabe nicht mehr ungehindert ausüben können. Es wird davon ausgegangen, dass sich über längere Zeit dann auch physische und psychische Folgeerkrankungen entwickeln können. Abbildung 1 veranschaulicht die angenommenen stresserzeugenden Wirkungen von Lärm und möglichen langfristigen gesundheitlichen Beeinträchtigungen.

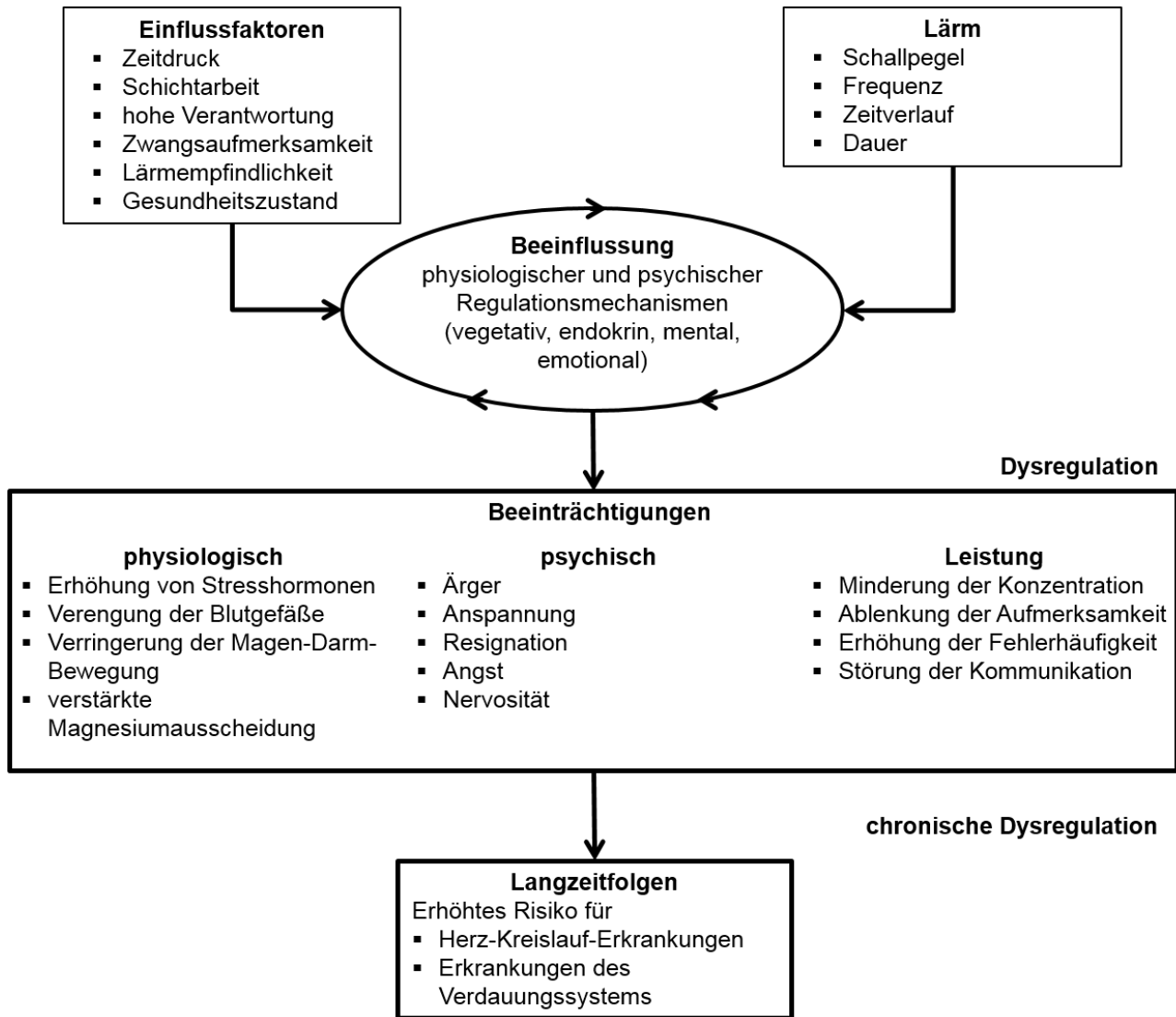


Abb. 1 Stresserzeugende Wirkungen von Lärm und langfristige gesundheitliche Beeinträchtigungen (nach Ising, Rebentisch & Sust, 1996, S. 6)

Es gibt allerdings nur wenige Ansätze, die die Wirkung von Umgebungsfaktoren im Sinne von Arbeitsbelastungen modellhaft beschreiben. Ein neuerer Entwurf (siehe Abb. 2) stammt aus einem Review von Rashid und Zimring (2008) zur Wirkung von Lärm auf Büro-tätigkeiten und Tätigkeiten im Gesundheitswesen.

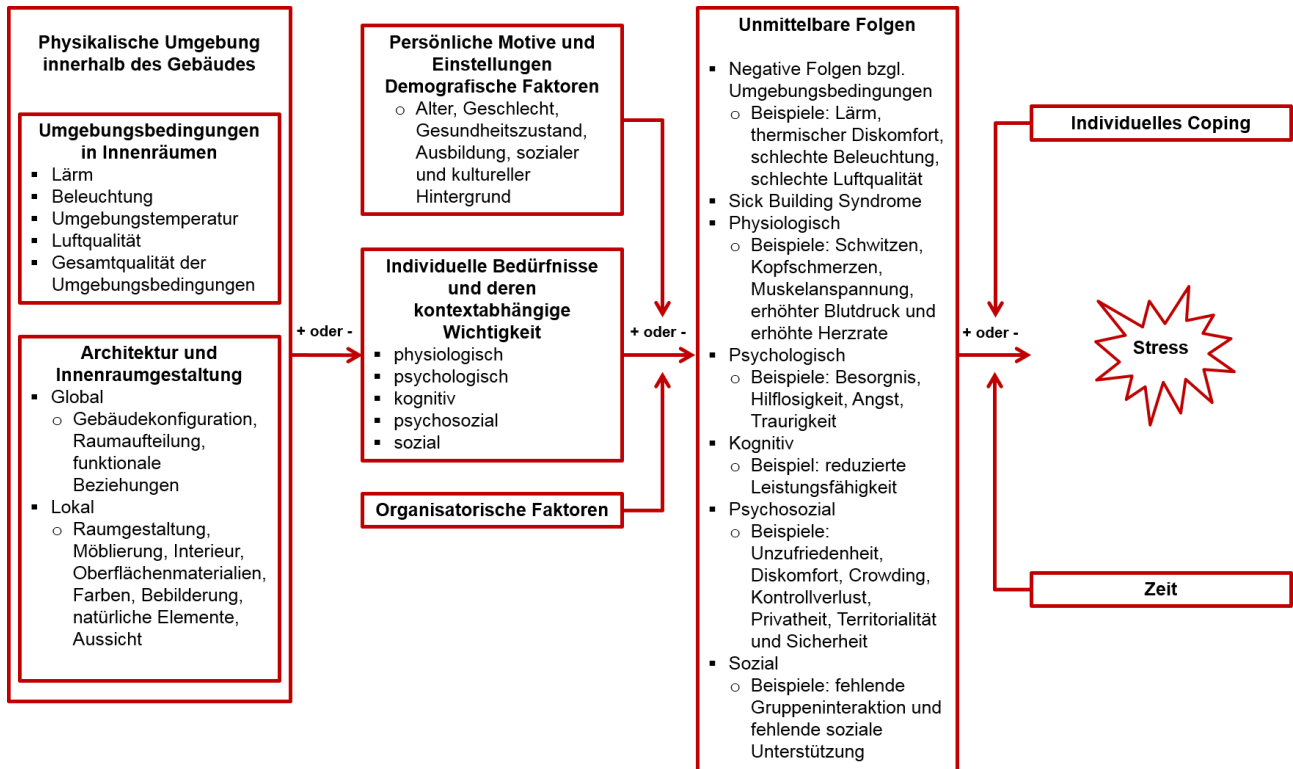


Abb. 2 Konzeptioneller Rahmen zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen der physikalischen Umgebung und Stress (nach Rashid & Zimring, 2008, S. 153)

Der Entwurf von Rashid und Zimring (2008) benennt Umgebungsbedingungen in Innenräumen, Aspekte der Architektur und Innenraumgestaltung sowie deren unmittelbare Folgen, die abhängig von der Dauer der Einwirkung und individuellen Copingstrategien Stress bedingen. Dabei werden auch mögliche Moderatorvariablen benannt. Der Entwurf wird durch die Sichtung empirischer Evidenz aus dem Bereich der Bürotätigkeiten und Tätigkeiten im Gesundheitswesen begründet. Das angenommene Wirkungsgefüge ist in Abb. 2 dargestellt.

Einen größeren Rahmen spannt der Ansatz von Vischer (siehe Abb. 3) aus dem Jahr 2005. Die Autorin entwickelt ein Modell unter Bezugnahme auf das Job-Demand-Control-Support-Modell von Karasek und Theorell (1990). Der Entwurf von Vischer (2005) bewegt sich auf einem höheren Abstraktionsniveau und basiert auf einer Hierarchie von Konstrukten (Diskomfort, physischer Komfort, funktioneller Komfort, psychologischer Komfort).

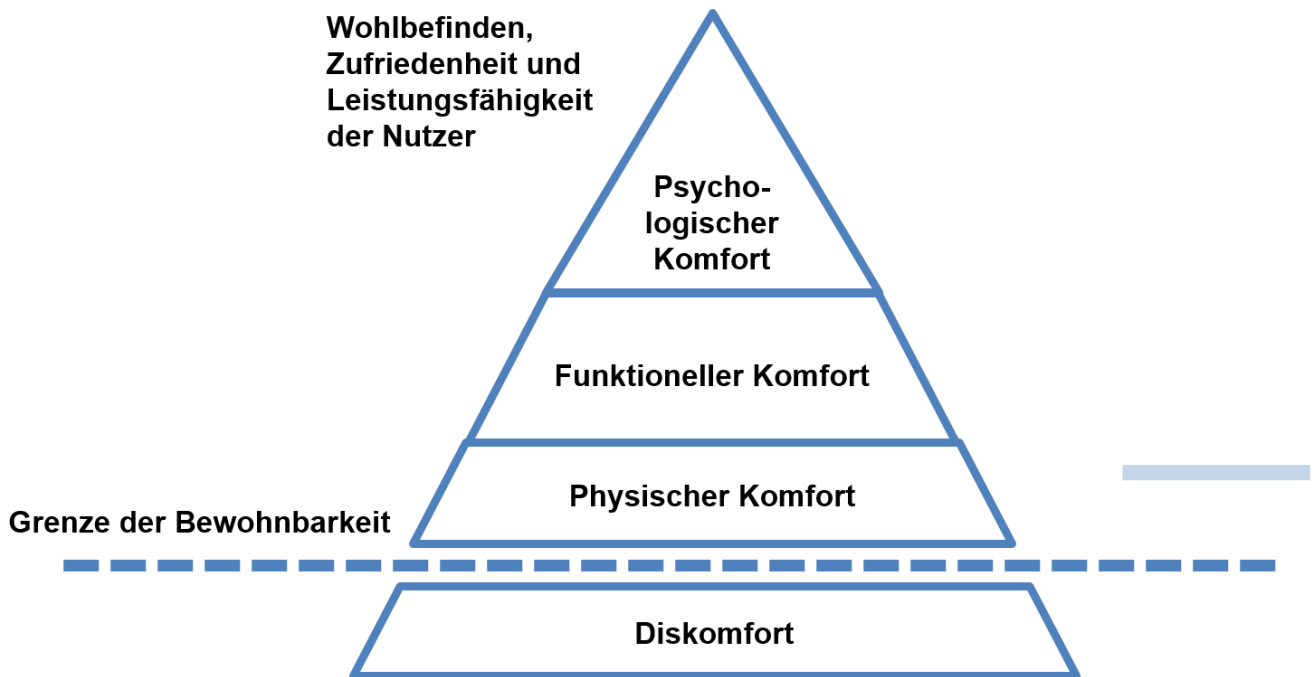


Abb. 3 Bedürfnispyramide (nach Vischer, 2005, S. 180)

Der physische Komfort umfasst die Erfüllung grundlegender menschlicher Bedürfnisse wie Sicherheit und Hygiene, ohne die ein Gebäude nicht bewohnbar bzw. nutzbar ist. Diese Erfordernisse werden i. d. R. durch die aktuellen Richtlinien zur Gebäudegestaltung gewährleistet. Der funktionelle Komfort beschreibt ergonomische Aspekte hinsichtlich der Unterstützung der Beschäftigten bei der Erledigung von konkreten Arbeitsaufgaben oder bei sonstigen Aktivitäten durch die Gebäudekonfiguration. Dies schließt die ergonomische Gestaltung des Arbeitsplatzes und der Arbeitsmittel, aber auch die bauphysikalischen Umgebungsbedingungen (Raumklima, Akustik, Beleuchtung) ein. Der psychologische Komfort resultiert aus Gefühlen wie der Identifikation mit dem Unternehmen, aber auch aus dem Empfinden von Privatheit und Kontrolle über den Arbeitsplatz. Ein Mangel an funktionellem Komfort muss durch das Individuum kompensiert werden und bedingt eine fehlende Passung zwischen den Voraussetzungen zur Erledigung der Arbeitsaufgabe und den Ressourcen der physikalischen Umgebung. Aus dieser Diskrepanz entstehen sogenannte daily hassles. Das sind Stressoren des Alltags, die die Arbeitsausführung behindern. Die Verbindung zwischen physikalischen Umgebungsbedingungen und psychologischem Komfort wird durch Konstrukte wie Territorialität, Privatheit und Kontrolle hergestellt.

Ein Modell, das speziell die Arbeit in Kliniken in den Fokus, stammt von Topf (2000). Gemäß der Autorin ist bzgl. der Wirkung von aversiven physikalischen Umgebungsbedingungen das komplexe Gefüge zwischen Stressoren, Stress, persönlicher Kontrolle und gesundheitsbezogenen Wirkgrößen zu betrachten.

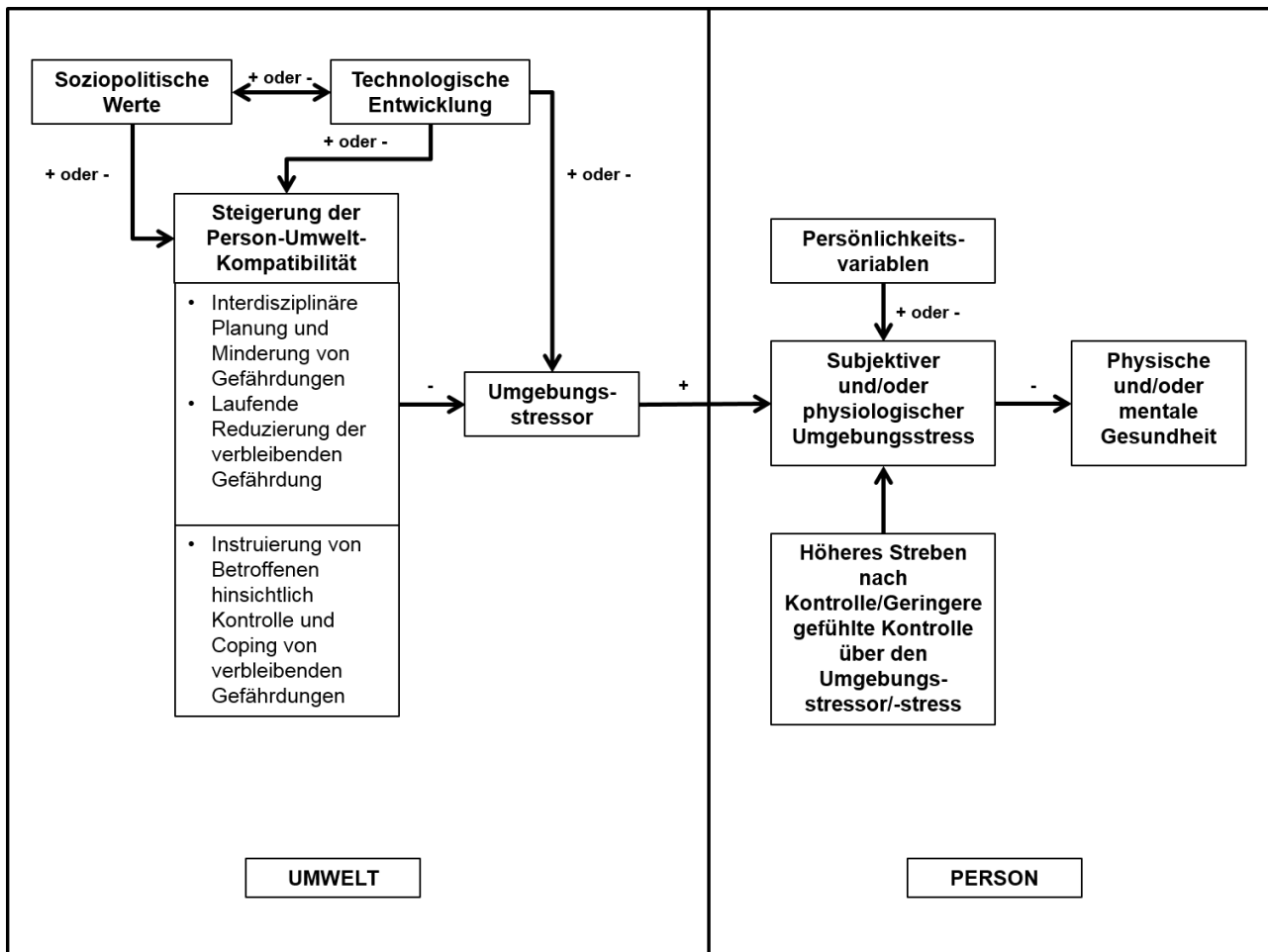


Abb. 4 Modell zum angenommenen Zusammenhang zwischen Umgebungsstress, Verbesserungen der Person-Umwelt-Kompatibilität und Gesundheit (nach Topf, 2000, S. 521)

Stress wird im Modell von Topf (2000) als der subjektive oder physiologische Erregungszustand definiert, der entsteht, wenn keine persönliche Kontrolle über einen Stressor ausgeübt werden kann. Als Umgebungsstressoren werden chronische, negativ bewertete, aversive Aspekte der physikalischen Umgebung angesehen. Es wird angenommen, dass die Intensität, Dauer, Kontrollierbarkeit und Vorhersagbarkeit von spezifischen Stressoren deren Fähigkeit, Stressreaktionen auszulösen, beeinflussen. Die Phasen der Stressreaktion umfassen die Alarmreaktion, den Widerstand durch Ausübung von Kontrolle und Adaptation sowie schließlich Erschöpfung und Krankheit, wenn Kontrolle oder Adaptation nicht möglich sind. Es wird davon ausgegangen, dass durch erfolgreiches Coping Stress reduziert werden kann. Ein wesentliches Element im Modell ist die Person-Umwelt-Kompatibilität. Darunter wird die Passung von Aufgaben und Eigenschaften der Person sowie der Umgebung verstanden. Es wird davon ausgegangen, dass Verbesserungen der Person-Umwelt-Kompatibilität durch Maßnahmen, die die Stressoren betreffen, den Umgebungsstress beeinflussen. Veränderungsmaßnahmen an der Umgebung umfassen die interdisziplinäre Planung und Reduzierung von Gefährdungen sowie die Reduzierung bestehender Gefährdungen. Anstelle von Maßnahmen, die die Stressoren beeinflussen, wird aber auch von der Wirksamkeit instruierender Maßnahmen, die Kontrolle und Coping adressieren, ausgegangen. Im Rahmen des Modells wird weiter angenommen, dass soziopolitische Werte und die technische Entwicklung direkt oder indirekt auf Umgebungsstressoren wirken. Zusätzlich wird die Wirksamkeit von Persönlichkeitsmerkmalen bzgl. der Entstehung von Stress diskutiert. Das Pflegepersonal wird von der Autorin als idealer

Agent von Optimierungsmaßnahmen angesehen, weil es aufgrund der Kenntnis der Abläufe sowohl Impulse für die Planung geben als auch diese selbst umsetzen kann.

Allen Modellen ist gemein, dass sie plausibel erscheinen, aber nur wenig empirisch begründet sind und sich daraus keine abgesicherten und belastbaren Handlungsempfehlungen oder Grenzwerte ableiten lassen. Die Bezugnahme auf empirische Arbeiten ist zwar in allen Ansätzen gegeben, aber sehr unterschiedlich ausgeprägt.

2. Messmethodik und Messgenauigkeit

Hinsichtlich Messmethodik und Messgenauigkeit gibt es eindeutige Empfehlungen aus dem Bereich der Normung. Die DIN 45645-2: 2012-09 beschreibt die Ermittlung des Beurteilungspegels in mehreren Arbeitsschritten:

- Arbeitsanalyse
- Durchführung der Messung
- Ermittlung des Beurteilungspegels
- Messunsicherheit und Vergleich mit Grenzwerten
- Messbericht

Im Rahmen der Arbeitsanalyse wird empfohlen, die an einem Arbeitsplatz ausgeübte Tätigkeit zu analysieren und zu beschreiben. Bei der Erfassung der Geräuschmission am Arbeitsplatz ist darauf zu achten, dass alle Arbeitsphasen, die mit der Tätigkeit verbunden und für diese repräsentativ sind, erfasst werden. Im Rahmen der Messung gilt es auch, darauf zu achten, dass die Art und die Häufigkeit von Geräuschen für die betrachtete Tätigkeit typisch sind und nicht durch die Messung verändert werden. In dem Fall, dass an einem Arbeitstag verschiedene Tätigkeiten ausgeübt werden, eventuell auch an unterschiedlichen Arbeitsplätzen, kann es sein, dass an diese unterschiedliche Anforderungen zu stellen sind. Verschiedene Anforderungen bzgl. des Beurteilungspegels in Abhängigkeit von der Tätigkeit werden bspw. in der Richtlinie VDI 2058-3 formuliert. Die zu bestimmende Messgröße ist der sogenannte Beurteilungspegel. Um diesen zu ermitteln, ist zunächst die Messung des A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegels L_{pAeq} erforderlich. Die Messdauer muss dabei jeweils lang genug gewählt werden, um einen für die Lärmbelastung repräsentativen Messwert zu erhalten. Die Arbeitsanalyse sieht auch eine Differenzierung bei der Ermittlung des Beurteilungspegels vor, wenn die Lärmmission im Zeitverlauf stark unterschiedlich ausgeprägt ist. Dies ist bspw. der Fall, wenn ein Geräusch im Rahmen einer Tätigkeit nur für eine bestimmte Zeit tonhaltig oder impulshaltig ist. In diesem Fall ist die Lärmbelastung mit den anzuwendenden Zuschlägen für die Impulshaltigkeit (K_I) sowie für die Ton- und Informationshaltigkeit (K_T) zu bestimmen, um dann mit Hilfe einer entsprechenden zeitlichen Gewichtung den Beurteilungspegel für die Tätigkeit zu berechnen. Diese Zuschläge tragen dem größeren Störpotenzial von impulshaltigen sowie ton- und informationshaltigen Geräuschen Rechnung. Die Erfordernis zur Anwendung des Impulzzuschlags ergibt sich aus der Differenz zwischen dem „Impuls“-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel L_{pAeq} und dem äquivalenten Dauerschallpegel L_{pAeq} , die mindestens 3 dB betragen muss. Der maximale Zuschlag ist auf 6 dB begrenzt. Treten in dem Geräusch Töne wahrnehmbar hervor oder ist das Geräusch informationshaltig (Bindung von Aufmerksamkeit, Mithören unerwünschter Informationen), ist außerdem der Zuschlag für die Ton- und Informationshaltigkeit (K_T) zu bestimmen. Die Zuschläge sind abhängig vom Ausprägungsgrad der Ton- und Informationshaltigkeit konstant auf 3 dB oder 6 dB festzulegen. Die Summe der beiden Zuschläge ist auf maximal 6 dB begrenzt. Eigengeräusche, die von der Person im Rahmen ihrer Tätigkeit selbst erzeugt werden, sind bei der

Beurteilung des entsprechenden Arbeitsplatzes nicht einzubeziehen, da diese nicht als belastend angesehen werden. Zur Prüfung der Messgenauigkeit ist es erforderlich, jede Messung mindestens einmal zu wiederholen. Weichen die Ergebnisse um mehr als 2 dB voneinander ab, müssen zwei zusätzliche Messungen durchgeführt werden. Differieren die Ergebnisse um nicht mehr als 3 dB, kann der äquivalente Dauerschallpegel als arithmetischer Mittelwert des L_{pAeq} der betrachteten Tätigkeiten bzw. Zeitabschnitte berechnet werden. Bei Abweichungen, die größer sind als 3 dB, muss der gesamte Vorgang wiederholt werden. Zur Gewährleistung der Messgenauigkeit werden an die Messgeräte Anforderungen der Klasse 1 oder Klasse 2 entsprechend DIN EN 61672-1 gestellt.

Ob der Beurteilungspegel die richtige Prädiktorvariable für Lärmwirkungen im Allgemeinen darstellt, mag infrage gestellt werden. Die Anwendung der Richtlinie würde allerdings sehr reliable und vergleichbare Messergebnisse gewährleisten. Dies ist eine Grundvoraussetzung für die Betrachtung von Wirkzusammenhängen. Die obige Beschreibung deutet allerdings bereits auf die damit verbundenen Anforderungen an die akustische Fachkompetenz und technische Ausstattung hin. An dieser Stelle darf vorweggenommen werden, dass die Beschreibung der methodischen Vorgehensweise bei den akustischen Messungen in vielen der gesichteten Studien wenig präzise ist. Die Frage nach der Messgenauigkeit des Arbeitsbedingungsfaktors Lärm lässt sich folglich auf dieser Grundlage nicht beurteilen und stellt eine eigenständige Fragestellung dar.

3. Betriebliche Rahmenbedingungen

Im Rahmen der Sichtung der Literatur wurde eine Vielzahl von Arbeitsumgebungen (siehe Tab. 1) identifiziert, zu denen Lärmuntersuchungen vorliegen. Diese Übersicht schließt allerdings nicht nur Wirkungsstudien ein, sondern enthält auch eine erhebliche Zahl von Arbeiten, die nur die Lärmexposition untersuchen und Wirkungsbezüge allein argumentativ darstellen. Zudem sind Mehrfachnennungen von Arbeiten möglich, weil nicht selten mehr als ein Arbeitsumfeld untersucht wird.

Tab. 1 Anzahl von Arbeiten in der Literaturodatenbank (Zeitraum 1995 bis 2015) mit Bezug zu spezifischen Arbeitsumgebungen

Arbeitsumgebung	Anzahl
Industrie	146
Gesundheitswesen und Kliniken	99
Büroarbeit	68
Luft- und Raumfahrt	31
Schulen	28
Land- und Forstwirtschaft	27
Bergbau und Rohstoffförderung	17
Bus und Bahn	13
Bau	12
Militär und Polizei	9
Fahrzeug	10
Einzelhandel	5
Hotel und Gaststätten	5
Kindergarten	6
Feuerwehr	4
Sportstätten	4
Orchester	3
Seefahrt	3
Kirche	2

Da die Mehrzahl der Arbeiten aus den Arbeitsumfeldern Industrie, Gesundheitswesen und Kliniken sowie Büroarbeit stammt, ist anzunehmen, dass hierzu die fundiertesten Aussagen erarbeitet werden können. Da die Notwendigkeit einer Auswahl besteht, wird in Abstimmung mit der Projektleitung im Rahmen der Darstellung der betrieblichen Rahmenbedingungen und Ergebnisse auf diese Arbeitsumgebungen fokussiert.

Beinahe jeder zweite Arbeitsplatz in Deutschland ist ein Büro- oder Bildschirmarbeitsplatz. In der Vergangenheit wurden diese Arbeitsplätze z. B. im Vergleich zu Arbeitsplätzen in der industriellen Fertigung hinsichtlich Lärmwirkungen eher als unkritisch angesehen. Betrachtet man aurale Lärmwirkungen, mag dies auch richtig sein. Die im Rahmen von Mitarbeiterbefragungen dokumentierte große Unzufriedenheit der Beschäftigten mit den akustischen Bedingungen, insbesondere in Mehrpersonenbüros, zeichnet allerdings ein ande-

res Bild. Hierbei werden extraaurale Lärmwirkungen, insbesondere Lästigkeit bzw. Belästigung, Mangel an akustischer Privatheit, Beeinträchtigungen der Leistungsfähigkeit sowie die Zunahme der empfundenen Arbeitsbelastung berichtet.

Mit ca. 1.000.000 Angestellten (Mittelwert der Gesamtzahl der Beschäftigten und der Vollkräfte im Jahresdurchschnitt) findet sich in Krankenhäusern eine große Zahl Beschäftigte (ärztliches und nicht ärztliches Personal nach Bundesländern in Krankenhäusern im Jahr 2013, siehe destatis, 2014), die zum einen im Spannungsfeld zwischen Ruhe und Privatheit, aber auch zwischen Alarmierung und Kommunikation mit einem schwierigen akustischen Umfeld konfrontiert sind. Zum anderen können durch Lärm verursachte Fehler oder falsche Entscheidungen hier besonders schwerwiegende Konsequenzen haben. Das starke hierarchische Gefälle zwischen Ärzten und Pflegekräften und die daraus resultierenden Unterschiede bzgl. des Handlungsspielraums werden als zusätzlicher Belastungsfaktor angesehen, weswegen eine hohe Vulnerabilität der Pflegekräfte hinsichtlich Lärmwirkungen angenommen wird. Untersuchungen weisen aber auch generell auf eine hohe Lärmbelastung, insbesondere in Operationssälen, hin.

Traditionell werden an industriellen Arbeitsplätzen vor allem aurale Lärmwirkungen untersucht. Die zunehmende Komplexität von Arbeitsaufgaben, bedingt durch das Zusammenfassen von Arbeitsschritten und die Einführung von modernen Informationstechnologien und Organisationsstrukturen, führt jedoch dazu, dass auch in diesem Arbeitsumfeld selbst Lärm mit mittlerer und geringer Intensität eine beeinträchtigende Wirkung haben kann. Zudem stellt Lärm mit hoher Intensität nicht nur einen Risikofaktor für aurale, sondern auch für extraaurale Lärmwirkungen dar.

Zu den betrieblichen Rahmenbedingungen zählen auch die einschlägigen Texte der gesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerke sowie einschlägige Normen und Richtlinien. Die folgenden Gesetze, Normen und Richtlinien werden als relevant erachtet. Auf eine vertiefte Darstellung der gesetzlichen Regelwerke wird verzichtet, da diese häufig keine konkreten Grenzwerte oder Handlungsanweisungen beinhalten, sondern allgemeine Schutzziele definieren und auf den Stand der Technik verweisen.

- Richtlinie 89/391/EWG des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit
- Richtlinie 2001/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 3. Dezember 2001 über die allgemeine Produktsicherheit
- Richtlinie 89/654/EWG des Rates vom 30. November 1989 über Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz in Arbeitsstätten
- Richtlinie 2003/10/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Februar 2003 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Lärm)
- Produktsicherheitsgesetz vom 8. November 2011 (BGBl. I S. 2178, 2179; 2012 I S. 131), das durch Artikel 435 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist
- Arbeitsschutzgesetz vom 7. August 1996 (BGBl. I S. 1246), das durch Artikel 427 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist
- Gesetz über Betriebsärzte, Sicherheitsingenieure und andere Fachkräfte für Arbeitssicherheit vom 12. Dezember 1973 (BGBl. I S. 1885), das zuletzt durch Artikel 3 Absatz 5 des Gesetzes vom 20. April 2013 (BGBl. I S. 868) geändert worden ist

- Arbeitsstättenverordnung vom 12. August 2004 (BGBl. I S. 2179), die zuletzt durch Artikel 282 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist
- Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung vom 6. März 2007 (BGBl. I S. 261), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 19. Juli 2010 (BGBl. I S. 960) geändert worden ist
- Bildschirmarbeitsverordnung vom 4. Dezember 1996 (BGBl. I S. 1841, 1843), die durch Artikel 429 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist Arbeitsstättenrichtlinie 89/654/EWG

3.1. VDI 2058-3: Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten

Die VDI 2058 Blatt 3 ist ein zentrales Dokument bzgl. der Beurteilung von Lärm in Arbeitsumgebungen und wird daher an dieser Stelle vertieft dargestellt. Dieses sehr elaborierte Dokument thematisiert die Geräuscheinwirkung am Arbeitsplatz (Immission) in Abhängigkeit von der Geräuschabstrahlung (Emission) der Geräuschquellen und den Ausbreitungsbedingungen (vor allem Abstand zwischen Quelle und Empfänger, Reflexion, Absorption und Abschirmung). Es wird darauf hingewiesen, dass Lärm kein allein physikalisch greifbares Phänomen darstellt, sondern in Abhängigkeit von der Belastung und Beanspruchung des arbeitenden Menschen die Gesundheit, die Leistung und die Arbeitssicherheit mehr oder weniger beeinträchtigt. Die benannten Wirkmechanismen umfassen die Wirkung auf das Gehör (aurale Wirkungen). Die Gefahr für die Entstehung eines Gehörschadens besteht bei langjährigen Lärmeinwirkungen mit Tages-Lärmexpositionspegeln ab 85 dB (A). Zudem werden physische und psychische Wirkungen (extraaurale Wirkungen) benannt. In der Richtlinie werden Geräuschimmissionen am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten (überwiegend geistige Tätigkeit, einfache oder eingeübte Bürotätigkeiten und vergleichbare Tätigkeiten, sonstige Tätigkeiten) beurteilt. Dazu werden Tätigkeitsmerkmale, Belastungs- und Beanspruchungsarten sowie beispielhafte Tätigkeiten als Orientierungshilfe aufgeführt. Diesen Tätigkeiten werden drei Beurteilungspegel ($L_r = L_{pAeq} + KI + KT$, L_{pAeq} = A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel in dB, KI = Impulzzuschlag in dB, KT = Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit in dB, Eigengeräusche ausgeschlossen) als Grenzwerte zugewiesen:

- überwiegend geistige Tätigkeit $L_r \leq 55$ dB
- einfache oder eingeübte Bürotätigkeiten und vergleichbare Tätigkeiten $L_r \leq 70$ dB
- sonstige Tätigkeiten $L_r > 70$ dB

Zudem werden schalltechnische Kenngrößen der Arbeitsmittel/Schallquellen und Arbeitsräume benannt, die als Orientierung dienen, damit diese Beurteilungspegel nicht überschritten werden. Es wird außerdem darauf verwiesen, dass es sich bei den Grenzwerten um Höchstwerte handelt, die möglichst unterschritten werden sollten und nicht als Zielwerte für die Planung zu verwenden sind. Als weitere akustische Einflussgrößen werden der Schalldruckpegel, die Frequenzzusammensetzung (z. B. Bandbreite, Frequenzlage, Tonhaltigkeit, Schärfe), die Dauer der Einwirkung, der zeitliche Verlauf des Geräuschs (z. B. Impulshaltigkeit, Fluktuation bzw. Schwankungsstärke, Rauigkeit, Periodizitäten, Dauer der Pausen), die Nachhallzeit, die Pegelabnahme je Abstandsverdopplung, der Signal-Störpegel-Abstand, die Sprachverständlichkeit, die Auffälligkeit, die Vermeidbarkeit, der Unterschied zum Hintergrundgeräusch, Ortsveränderungen und die Lokalisierbarkeit benannt. Als tätigkeitsbezogene Einflussfaktoren werden die durch die Tätigkeit definierten Anforderungen an die allgemeine Wahrnehmungsfähigkeit, die Aufmerksamkeit und Konzentration, das Gedächtnis, die Lernfähigkeit, die Reaktionsfähigkeit, die Ausdauer, die

Kreativität und die Sprachkommunikation benannt. Personenbezogene Einflussfaktoren sind der Grad der Einübung der Tätigkeiten, die Einstellung zur Tätigkeit und zum Geräusch oder zum Geräuscherzeuger sowie die körperlichen und psychischen Voraussetzungen des Einzelnen.

Es drängt sich allerdings die Frage auf, wie die Nennung von nur drei Beurteilungspegeln der geschilderten Komplexität der Wirkmechanismen gerecht werden kann. Zwar wird an vielen Stellen Bezug zu Befunden aus der Lärmwirkungsforschung genommen, es bleibt jedoch unklar, inwiefern sich die definierten Grenzwerte und Empfehlungen hinsichtlich Wirkung auf den und Wahrnehmung des Menschen begründen oder ableiten lassen. An dieser Stelle ist sogar darauf hinzuweisen, dass die in der Richtlinie zitierte Literatur zum Großteil überhaupt keinen Zusammenhang zwischen Beurteilungspegeln und Wirkgrößen herstellt und folglich die Ableitung der empfohlenen Grenzwerte nicht nachvollzogen werden kann. Auch bei der gesichteten Literatur fällt auf, dass in keinem Fall Beurteilungspegel als unabhängige Variablen untersucht wurden. Zusätzlich werden die Grenzwerte dahingehend relativiert, dass es sich dabei ausdrücklich nicht um geeignete Planungsgrößen handelt und sie möglichst unterschritten werden sollen. Folglich stellen sie auch keine belastbaren Planungshilfen dar. Es stellt sich auch die Frage nach der praktischen Umsetzbarkeit der Grenzwerte, zumal bspw. die zulässigen Beurteilungspegel sprachlicher Äußerungen an benachbarten Arbeitsplätzen in Büroumgebungen aufgrund der Zuschläge für Impuls- und Informationshaltigkeit nur äußerst geringe äquivalente Dauerschallpegel zulassen, die in Mehrpersonenbüros kaum realisierbar sind.

3.2. DIN EN ISO 11690-1: Akustik – Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen maschinenbestückter Arbeitsstätten

In der DIN EN ISO 11690-1 werden zunächst grundlegende Konzepte der Lärminderung (Geräuschemission, Geräuschimmission und Geräuschexposition), Größen zur Beschreibung von Geräuschen und Geräuschemissionen und Lärminderungsmaßnahmen vorgestellt. Vor diesem Hintergrund werden dann Strategien für die Behandlung von Lärmproblemen in bestehenden und geplanten Arbeitsstätten beschrieben. Es wird der Anspruch erhoben, dass diese Norm auf alle Arten von Arbeitsstätten und alle Arten von Schall, die in Arbeitsräumen entstehen, angewendet werden kann. Damit sind auch menschliche Tätigkeiten eingeschlossen. Allerdings fokussiert die Norm auf technisch bedingte Hintergrundgeräusche. Es wird empfohlen, die folgenden A-bewerteten Schallpegel bei der Geräuschimmission bzw. Geräuschexposition nicht zu überschreiten:

- in industriellen Arbeitsstätten: 75 dB bis 80 dB
- für routinemäßige Büroarbeit: 45 dB bis 55 dB
- für Sitzungsräume oder bei Tätigkeiten, die Konzentration verlangen: 35 dB bis 45 dB

Im Rahmen der Norm werden für relevante Räume Höchstwerte für Hintergrundgeräuschpegel (siehe Tab. 2) und akustische Eigenschaften von Arbeitsräumen (siehe Tab. 3) definiert. Sie beinhaltet Hilfestellungen für den Kauf neuer Maschinen, um den Beurteilungspegel möglichst niedrig zu halten.

Tab. 2 Empfohlene Höchstwerte für Hintergrundgeräuschpegel

Raumart	L_{pAeq} dB
Konferenzraum	30 bis 35
Klassenzimmer	30 bis 40
Einzelbüros	30 bis 40
Großraumbüros	35 bis 45
Industrielle Laboratorien	35 bis 50
Kontroll-/Steuerräume in der Industrie	35 bis 55
Industrielle Arbeitsstätten	65 bis 70

Tab. 3 Empfohlene akustische Eigenschaften von Arbeitsräumen

Raumvolumen m^3	Nachhallzeit s	Schalldruckpegelabnahme je Abstandsverdopplung DL_2 dB
kleiner als 200	weniger als 0,5 bis 0,8	
zwischen 200 und 1.000	zwischen 0,8 und 1,3	
größer als 1.000		größer als 3 bis 4

3.3. DIN EN ISO 9241-6: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 6: Leitsätze für die Arbeitsumgebung

Die DIN EN ISO 9241-6 enthält Leitsätze für die ergonomische Gestaltung von Arbeitsumgebungen und Arbeitsstationen, an denen ein Bildschirm für die Büroarbeit genutzt wird. Dabei werden verschiedene Faktoren berücksichtigt, nämlich Beleuchtung, Einwirkungen von Geräuschen und mechanischen Schwingungen, elektrische und magnetische Felder, statische Elektrizität, thermische Umgebung, Raumnutzung und Arbeitsplatzgestaltung.

Dabei wird davon ausgegangen, dass eine entsprechende Gestaltung dazu beiträgt, die Leistungsfähigkeit der Benutzer zu steigern, Fehler und Beeinträchtigungen zu reduzieren und das allgemeine Wohlbefinden zu verbessern. Als Messgröße zur Bewertung der Schallexposition wird der Beurteilungspegel (L_r) empfohlen. Darüber hinaus wird ein Hinweis auf die Relevanz der Informationshaltigkeit der Geräusche gegeben. Zudem erfolgt ein Verweis auf die in DIN EN ISO 11690-1 empfohlenen Geräuschimmissionswerte (35 dB(A) bis 55 dB(A)). Im Rahmen der Norm wird zwischen Schallereignissen, die der Informationsübertragung dienen (z. B. Sprachkommunikation und Warnsignale), und solchen, die stören, unerwünscht sind oder eine beeinträchtigende Wirkung haben, unterschieden. Letztere werden als Lärm bezeichnet. Es wird zudem angemerkt, dass allge-

meine Maßnahmen unter Umständen nicht ausreichend sind und daher Maßnahmen ermittelt werden sollten, die die relevanten Benutzerbedürfnisse abbilden. Zudem wird auf die Relevanz von personenbezogenen Aspekten verwiesen, wie z. B. auf die Möglichkeit zur individuellen Einflussnahme auf die Umgebungsbedingungen.

3.4. DIN EN ISO 3382-3: Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 3: Großraumbüro

Bei der DIN EN ISO 3382-3 handelt es sich um eine raumakustische Messvorschrift. Diese stellt insofern eine Ausnahme und Neuerung dar, als darin die störende Wirkung von Gesprächen in der Büroumgebung zusätzlich zur Minimierung technischer oder bauseitig bedingter Geräusche in den Vordergrund gestellt wird. Dieser Fokus wird durch den Hinweis auf Felduntersuchungen begründet, in denen sprachliche Äußerungen in der Umgebung die größte Quelle von Störung und Belästigung darstellen. Vor diesem Hintergrund werden als Bewertungsgrößen für die akustische Qualität der A-bewertete Schalldruckpegel von Sprache in einem Abstand von 4 Metern ($L_{p,A,S,4m}$), die räumliche Abklingrate der Sprache ($D_{2,S}$), der Sprachübertragungsindex (STI) und der Ablenkungsradius (r_D) benannt. Unter Bezugnahme auf die Ergebnisse von Messungen in realen Büroumgebungen werden als Beispiele für Büroumgebungen mit guter und schlechter Akustik die folgenden Werte identifiziert:

- Schlechte Akustik: $D_{2,S} < 5$ dB, $L_{p,A,S,4m} > 50$ dB, $r_D > 10$ m
- Gute Akustik: $D_{2,S} \geq 7$ dB, $L_{p,A,S,4m} \leq 48$ dB, $r_D \leq 5$ m

3.5. DIN 18041: Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen

Die DIN 18041 thematisiert die akustische Qualität eines Raums, die wesentlich von der Raumanordnung im Gebäude, der Schalldämmung der Umfassungsbauteile, der Geräuschentwicklung haustechnischer Anlagen, der Raumform, der Raumgröße und der Oberflächenbeschaffenheit der Raumbegrenzungsflächen und Einrichtungsgegenstände bestimmt wird. Als wesentliche Einflussgrößen werden die Dimensionierung und die räumliche Verteilung schallabsorbierender und schallreflektierender Flächen im betrachteten Raum angesehen. Entscheidend ist, dass diese Richtlinie insbesondere für Räume gedacht ist, in denen die sprachliche Kommunikation im Vordergrund steht. Die Richtlinie zielt ganz klar auf die Erhöhung der Sprachverständlichkeit ab und ist für Räume gedacht, in denen Vorträge einzelner oder Gespräche mehrerer Personen im Vordergrund stehen. Eine vertiefende Darstellung dieser Norm erfolgt an dieser Stelle nicht, da diese sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Überarbeitung befindet. Wesentliches Gestaltungsmerkmal werden aber Nachhallzeiten bleiben, bzgl. derer in Abhängigkeit von der Raumnutzung Anforderungen definiert werden. Besondere Bedeutung wird auch der Gewährleistung sprachlicher Kommunikation von Personen mit einem erhöhten Bedürfnis nach guter Hörsamkeit zugemessen werden.

3.6. VDI 2569 (Entwurf 2014-01): Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro

Die VDI 2569 befindet sich in einem späten Stadium der Überarbeitung. Im Gegensatz zur alten Fassung der Richtlinie, die vor allem Maßnahmen zur Erhöhung der Sprachverständlichkeit beinhaltete, werden nun in Anlehnung an ISO 3382-3 neben der Vermeidung von bauseitigen und technischen Geräuschen Maßnahmen stärker betont, die auf eine Reduzierung der Störwirkung von Hintergrundsprechen abzielen. Es werden Schallschutzklassen unterschiedlicher Güte (A, B, C) definiert, die z. T. durch unterschiedliche Anforderungen oder Nutzungen begründet sind.

Tab. 4 Empfehlungen für die maximalen Nachhallzeiten T und den maximalen Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche $L_{NA,Bau}$ in Einzelbüros

Raumakustikklasse	T in Oktavbändern		$L_{NA,Bau}$
	125 Hz	250 Hz bis 4000 Hz	
A	$\leq 0,8$ s	$\leq 0,6$ s	≤ 30 dB
B	$\leq 1,0$ s	$\leq 0,8$ s	≤ 35 dB
C	$\leq 1,2$ s	$\leq 1,0$ s	≤ 40 dB

Tab. 5 Empfehlungen für die raumakustischen Kenngrößen zur Einstufung der Messpfade in Mehrpersonenbüros

Stufe der Schallausbreitung	$D_{2,S}$	$L_{p,A,S,4m}$
1	≥ 8 dB	≤ 47 dB
2	≥ 6 dB	≤ 49 dB
3	≥ 4 dB	≤ 51 dB

Tab. 6 Empfehlungen für die raumakustischen Kenngrößen und den maximalen Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche $L_{NA,Bau}$ in Mehrpersonenbüros

Raumakustikklasse	Empfehlungen für die raumakustischen Kenngrößen	T in Oktavbändern		$L_{NA,Bau}$
		125 Hz	250 Hz bis 4.000 Hz	
A	2/3 der Pfade in Stufe 1 Restliche Pfade mindestens in Stufe 2	$\leq 0,8$ s	$\leq 0,6$ s	≤ 35 dB
B	2/3 der Pfade in mindestens Stufe 2 Restliche Pfade mindestens in Stufe 3	$\leq 0,9$ s	$\leq 0,7$ s	≤ 40 dB
C	1/3 der Pfade in mindestens Stufe 2 Restliche Pfade mindestens in Stufe 3	$\leq 1,1$ s	$\leq 0,9$ s	≤ 40 dB

4. Eckdaten zur Literaturrecherche

Entsprechend den Empfehlungen im Leitfaden für die Erarbeitung von Scoping Reviews wurden zur Identifikation einschlägiger Schlagwörter für die Operationalisierung des Arbeitsbedingungsfaktors Lärm die Thesauren und die Medical Subject Headings (MeSH-Terms) der Literaturdatenbanken nach geeigneten Begriffen durchsucht. Bei den MeSH-Terms handelt es sich um das von der U.S. National Library of Medicine entwickelte und gepflegte Klassifizierungsschema der Datenbank. In der Datenbank Medline wurden exakt für den Untersuchungsgegenstand passende MeSH-Terms identifiziert (siehe Tab. 18). Ebenso fanden sich im Thesaurus, der für die Datenbanken PsycINFO, PsycARTICLES und PSYINDEX gültig ist, einschlägige Schlagwörter (siehe Tab. 18). Die Verwendung der Schlagwörter lieferte bereits eine äußerst umfangreiche Trefferzahl, sodass Untersuchungen, die Gehörschädigungen (aurale Lärmwirkungen) behandeln, ebenfalls durch die Verwendung von Schlagwörtern ausgeschlossen wurden (siehe Tab. 18). Die Literatursuche mittels Schlagwörtern (siehe Tab. 18) und die resultierenden Trefferzahlen sind in Abb. 5 anhand eines Flow-Charts illustriert.

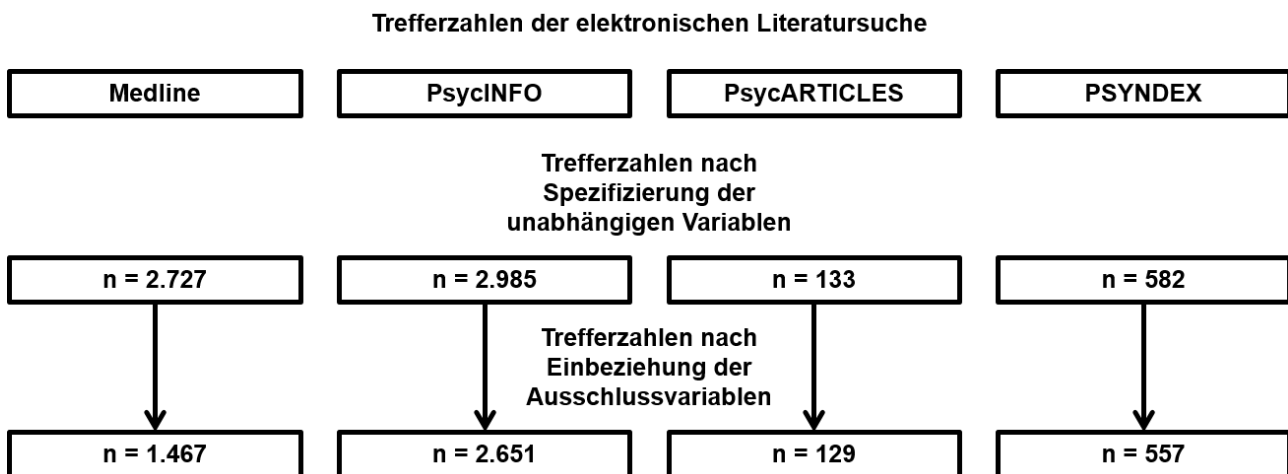


Abb. 5 Flow-Chart der Literatursuche basierend auf Schlagwörtern (siehe Tab. 18) ohne Eingrenzung des Suchzeitraums (Datum der Suchanfrage: 26.02.2015)

Da der Ergebnisraum für den nächsten Bearbeitungsschritt, nämlich die Zusammenführung der Ergebnisse in einer Datenbank und die inhaltliche Prüfung anhand der Überschriften und Abstracts, zu groß und nicht handhabbar ist, wurde als Verdichtungsmaßnahme auf Anweisung des Auftraggebers die Einschränkung auf den Suchzeitraum ab 1970 überprüft. Das Ergebnis zeigt Abb. 6.

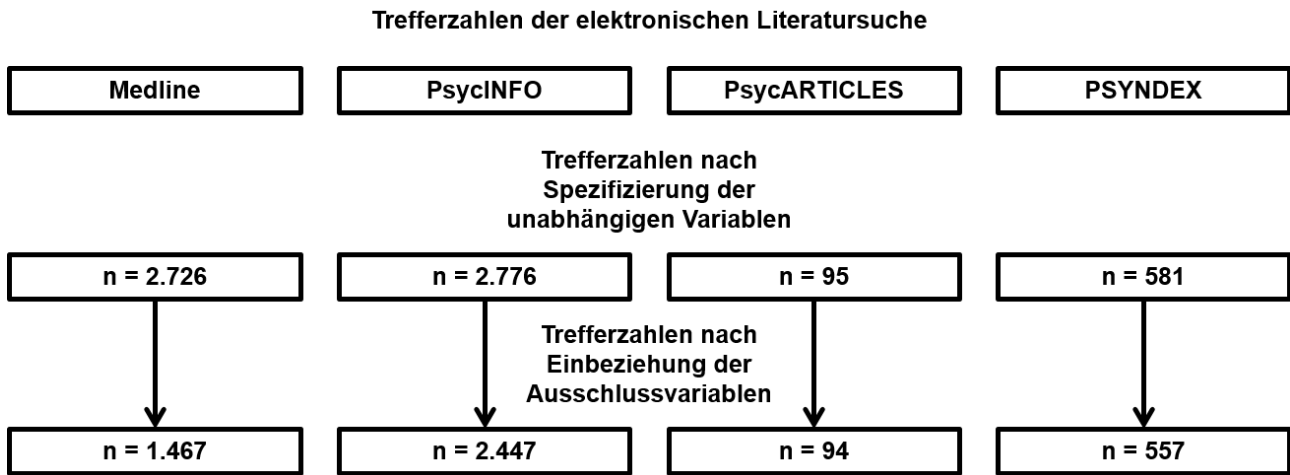


Abb. 6 Flow-Chart der Literatursuche basierend auf Schlagwörtern (siehe Tab. 18) mit Eingrenzung des Suchzeitraums auf 1970 bis 2015 (Datum der Suchanfrage: 26.02.2015)

Der direkte Vergleich (siehe Tab. 7) zeigt, dass diese Eingrenzung kaum eine Reduzierung der Trefferzahlen bedingt.

Tab. 7 Ergebnis der Suchanfrage nach Anwendung der Suchstrings aus Tab. 18 mit und ohne Eingrenzung des Suchzeitraums

Datenbank	Datum der Suchanfrage	Zeitraum	Anzahl
Medline	26.02.15	ab 1975	1.467
Medline	26.02.15	ab 1970	1.467
PsycINFO	26.02.15	ab 1904	2.651
PsycINFO	26.02.15	ab 1970	2.447
PsycARTICLES	26.02.15	ab 1924	129
PsycARTICLES	26.02.15	ab 1970	94
PSYINDEX	26.02.15	ab 1971	557
PSYINDEX	26.02.15	ab 1970	557

Parallel zu der Suche mit Schlagwörtern wurde in enger Anlehnung an die zur Verfügung gestellten Dokumente „Spezifizierung der abhängigen Variablen“ (Stand 10.06.2014) und „Suchstrings für die Recherche zur UV Klima“ (Stand 09.12.2014) ein Suchstring erstellt (siehe Tab. 20) und eine Suche in den verschiedenen Datenbanken durchgeführt. Diese Suche sieht zunächst eine sehr breite Definition des Arbeitsbedingungsfaktors vor und reduziert die Trefferzahl dann durch eine Einschränkung vor allem mittels der Spezifizierung abhängiger Variablen. Die Literatursuche mittels dieses Suchstrings (siehe Tab. 20) und die resultierenden Trefferzahlen sind in Abb. 7 anhand eines Flow-Charts illustriert.

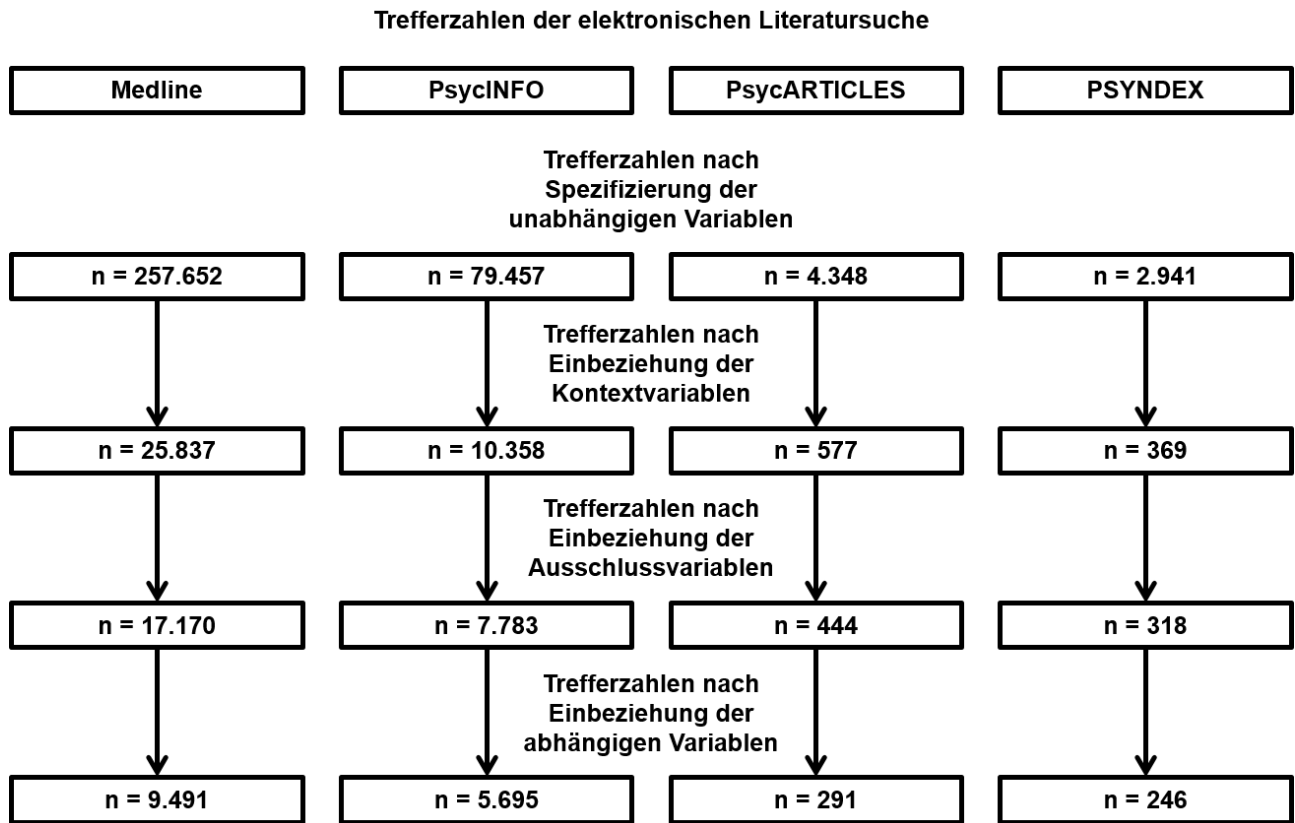


Abb. 7 Flow-Chart der Literatursuche basierend auf Suchstring (siehe Tab. 20) ohne Eingrenzung des Suchzeitraums (Datum der Suchanfrage: 26.02.2015)

Auch für diese Suche wurde die Wirksamkeit einer Einschränkung des Suchzeitraums auf die Zeit ab 1970 als Verdichtungsmaßnahme überprüft (siehe Abb. 8).

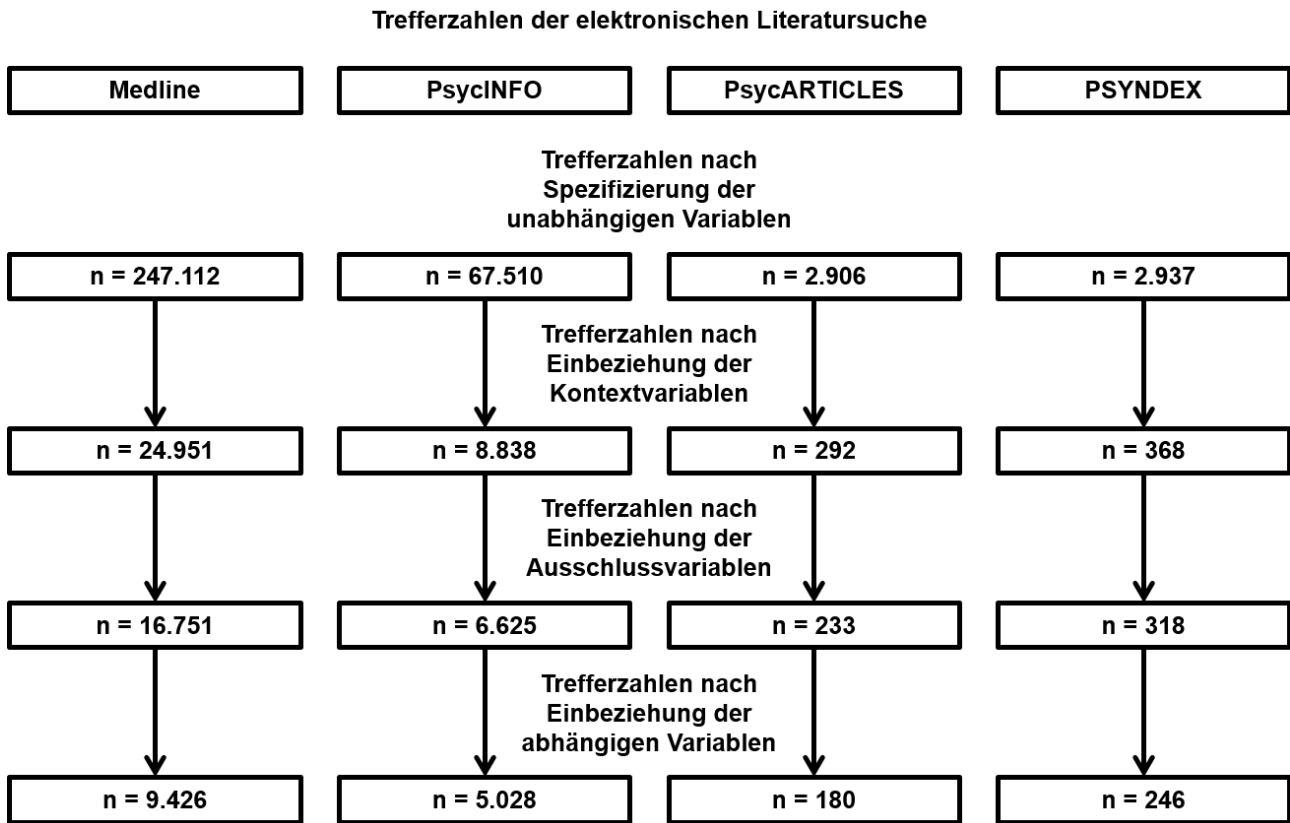


Abb. 8 Flow-Chart der Literatursuche basierend auf Suchstring (siehe Tab. 20) mit Eingrenzung des Suchzeitraums auf 1970 bis 2015 (Datum der Suchanfrage: 26.02.2015)

Auch in diesem Fall zeigt der direkte Vergleich (siehe Tab. 8), dass diese Eingrenzung kaum eine Reduzierung der Trefferzahlen bedingt.

Tab. 8 Ergebnis der Suchanfrage nach Anwendung der Suchstrings aus Tab. 20 mit und ohne Eingrenzung des Suchzeitraums

Datenbank	Datum der Suchanfrage	Zeitraum	Anzahl
Medline	26.02.15	ab 1934	9.491
Medline	26.02.15	ab 1970	9.426
PsycINFO	26.02.15	ab 1804	5.695
PsycINFO	26.02.15	ab 1970	5.028
PsycARTICLES	26.02.15	ab 1895	291
PsycARTICLES	26.02.15	ab 1970	180
PSYINDEX	26.02.15	ab 1977	246
PSYINDEX	26.02.15	ab 1970	246

Die Ergebnisse der Suchanfragen in den einzelnen Datenbanken wurden jeweils in eine gemeinsame Literaturdatenbank zusammengeführt. Nach Entfernung der Dubletten resultierte aus der Suche basierend auf Schlagwörtern eine Datenbank mit 4.657 Titeln. Durch

die Eingrenzung des Suchzeitraums auf die Jahre 1970 bis 2015 reduziert sich die Zahl der Titel lediglich auf 4.437. Für die Suche mit dem Suchstring in Anlehnung an die zur Verfügung gestellten Dokumente „Spezifizierung der abhängigen Variablen“ (Stand 10.6.2014) und „Suchstrings für die Recherche zur UV Klima“ (Stand 09.12.2014) entstand eine Datenbank mit 15.003 Titeln. Die Zahl der Titel in den Datenbanken stimmt deswegen nicht mit der Summe der Ergebnisse der Einzelabfragen in Tab. 7 und 8 überein, weil bei den Einzelabfragen noch Dubletten enthalten sind. Die Entfernung von Dubletten erfolgte im Zuge der Zusammenführung der Ergebnisse aus den Einzelabfragen in eine gemeinsame Datenbank.

Die Ergebnisse der Suchanfragen der beiden Suchstrings wurden anhand mehrerer Stichproben einer qualitativen Prüfung unterzogen. Beispielsweise wurden die Ergebnisse einer Suchanfrage vom 09.02.2015 unter Verwendung der beschriebenen Suchstrings in den verschiedenen Datenbanken jeweils zu einer Datenbank zusammengeführt. In den entstandenen beiden Datenbanken wurden jeweils die neuesten 100 Treffer von zwei Urteiler*innen nach ihrer Relevanz für das Projekt beurteilt. Dabei zeigte sich, dass die Suche mit Schlagwörtern aus den Thesauren und den MeSH-Terms sowohl eine stärkere Verdichtung des Ergebnisraums als auch eine höhere Ausbeute an relevanten Treffern generiert (die Anzahl relevanter Treffer mit dem auf Schlagwörtern basierenden Suchstring lag bei dieser Stichprobe bei ca. 28 Prozent, beim anderen Suchstring hingegen nur bei ca. 5 Prozent). Bei derartigen Vergleichen ist zunächst davon auszugehen, dass keine Suchanfrage die Zielmenge aller relevanten Arbeiten vollständig erfasst. Die Ergebnisse der beiden Suchanfragen überschneiden sich zwar, sie sind aber keineswegs deckungsgleich. Die relativ große Anzahl von nicht relevanten Treffern bei der Suchanfrage auf Grundlage einer breiten Definition des Arbeitsbedingungsfaktors nach Tab. 20 ist vermutlich dadurch bedingt, dass durch die multiplen Bedeutungsmöglichkeiten einiger Suchbegriffe der Ergebnisraum auch viele Untersuchungen beinhaltet, in denen die Suchbegriffe in völlig anderen Kontexten wie der akustischen Rohstoffquellenexploration oder der medizinischen Diagnostik auftreten.

Da vor diesem Hintergrund nur die auf Schlagwörtern basierende Suchstrategie ein handhabbares Ergebnis liefert und zudem auch eine höhere Zahl relevanter Treffer generiert, wurde für den nächsten Bearbeitungsschritt, die inhaltliche Prüfung anhand der Überschriften und Abstracts, die schlagwortbasierte Datenbank gewählt. Dies schließt nicht aus, dass mit dem Ziel der Herstellung einer möglichst vollumfänglichen Datenbank die Verknüpfung beider Suchmethoden möglich ist und diese aus dem Blickwinkel der Vollständigkeit das beste Ergebnis liefert. Mit jedem Schritt der Eingrenzung des Ergebnisraums besteht selbstverständlich die Möglichkeit und ist sogar davon auszugehen, dass auch Arbeiten ausgeschlossen werden, die einen thematischen Bezug zum Leitthema des Scoping Reviews haben. Vor dem Hintergrund begrenzter Ressourcen und der vorgesehenen Arbeitsschritte sind eingrenzende Maßnahmen allerdings unumgänglich. Bei der Suche mit Schlagwörtern ist zudem zu berücksichtigen, dass die Vergabe von Schlagwörtern durch die Datenbankbetreiber Zeit in Anspruch nimmt und dadurch i. d. R. ein zeitlicher Versatz entsteht, sodass aktuellste Arbeiten meist noch nicht enthalten sind. Zum Zeitpunkt der Abfrage (26.02.2015) waren allerdings Arbeiten bis zum Beginn des Jahres 2015 enthalten. Zudem gilt für die Schlagwörter, dass sie zu einem spezifischen Zeitpunkt eingeführt und erst ab diesem Zeitpunkt verwendet wurden. Nicht immer wird die Verschlagwortung auch rückwirkend vorgenommen. Der Zeitpunkt der Einführung der Schlagwörter ist in Tab. 19 dargestellt. Um diesen Problemen zumindest teilweise zu begegnen, wurde gegen Ende der Projektlaufzeit eine erneute Datenbankabfrage mit identischem

Suchstring erstellt und es wurden ergänzend die Titel aufgenommen, die zuvor noch nicht in der Datenbank enthalten waren.

Zusätzlich wurde nach Absprache mit dem Auftraggeber, um trotz des späten Projektstarts bereits für den Zwischenbericht inhaltliche Ergebnisse liefern zu können, eine Forward-Suche zum Thema Bürolärm vorgezogen. Diese erfolgte auf Grundlage der Publikation von Hongisto (2005). Es handelt sich hierbei um ein zentrales Dokument, das einen grundlegenden Wechsel bzgl. der Betrachtungsweise von Lärmwirkungen in Büroumgebungen markiert. Das darin dargelegte Modell zur Vorhersage der störenden Wirkung von Hintergrundgeräuschen orientiert sich an einem Phänomen aus der kognitionspsychologischen Grundlagenforschung, dem Irrelevant Sound Effect. Es stellt eine Abkehr von einem allein am Schallpegel orientierten Vorgehen dar und legt eine dezidierte Betrachtung der akustischen Umgebungsbedingungen nahe. Das Dokument ist auch Argumentationsgrundlage für die zuvor dargestellte Norm/ISO 3382-3 und die Neufassung der Richtlinie VDI 2569. Die Publikation wurde in den Datenbanken Web of Science und SCOPUS gesucht. Anschließend wurden die Arbeiten, die auf Hongisto (2005) verweisen, exportiert, in einer Datenbank zusammengeführt und auf Dubletten geprüft. Nach der Zusammenführung und Prüfung auf Dubletten verblieben 64 Quellen. Fünfundzwanzig dieser Quellen wurden nicht der fundierten Prüfung und Datenextraktion unterzogen, weil es sich dabei um Tagungsbeiträge handelt, deren Qualität im Vergleich zu Peer-Review-Publikationen nicht garantiert werden kann. Weitere 7 Publikationen wurden wegen mangelnder Passung zur Themenstellung ausgeschlossen. Eine Publikation konnte nicht beschafft werden. Eine andere Publikation wurde ausgeschlossen, da es sich um die erneute Aufbereitung einer bereits berücksichtigten Untersuchung handelt. Aus den verbleibenden 30 Publikationen wurden Daten extrahiert. Ein Großteil der durch die Forward-Suche identifizierten Titel war auch in der Suche mittels Suchstring enthalten.

Nach Absprache mit dem Auftraggeber am 23.06.2015 wurde der Betrachtungszeitraum für die Kategorisierung auf den Zeitraum von 1995 bis 2015 eingeschränkt, wodurch eine Reduzierung der Trefferzahl auf 2.384 Treffer erreicht wurde. Für sämtliche dieser Arbeiten wurde eine Überprüfung der Eignung und eine Kategorisierung nach den in Tab. 9 dargestellten Kriterien auf Grundlage der Titel und Abstracts vorgenommen. In der Folge wurden 772 Arbeiten als thematisch passend eingestuft. Schließlich wurden auf Grundlage dieser Kategorisierung der Arbeiten nach den in Tab. 9 dargestellten Kriterien diejenigen Arbeiten zur Sichtung der Volltexte ausgewählt, die sich auf die Arbeitsumgebungen Industrie, Büroarbeit oder Gesundheitswesen und Kliniken beziehen und zusätzlich als Wirkungsuntersuchungen kategorisiert wurden. Daraus resultieren 122 Arbeiten. Insgesamt wurden aus 96 Arbeiten Daten extrahiert. Aufgrund der vorgezogenen Forward-Suche, die noch nicht dem Kategoriensystem nach Tab. 9 folgte, sind darin auch wenige Titel enthalten, die nicht der zuvor beschriebenen Auswahl nach Arbeitsumgebungen und Wirkungsuntersuchung entsprechen, sondern z. B. allein Gestaltungsmaßnahmen thematisieren.

Tab. 9 Kategoriensystem zur Klassifizierung der Treffer

Kategorie	Subkategorie	
Umgebung	Labor (nicht Arbeitsplatz im Labor, sondern laborexperimentelle Arbeiten mit Bezugnahme zu Arbeitsumgebungen)	
	Industrie	
	Gesundheitswesen und Kliniken	
	Büroarbeit	
	Luft- und Raumfahrt	
	Schulen	
	Land- und Forstwirtschaft	
	Bergbau und Rohstoffförderung	
	Bus und Bahn	
	Bau	
	Militär und Polizei	
	Fahrzeug	
	Einzelhandel	
	Hotel und Gaststätten	
	Kindergarten	
	Feuerwehr	
	Sportstätten	
	Orchester	
	Seefahrt	
Kirche		
Exposition		
Wirkung	Gesundheit	physisches Befinden
		Muskel-Skelett-System
		Herz-Kreislauf-System
		psychische Störungen
		Stoffwechselerkrankungen
	neuronale Aktivität	
	Soziales Verhalten	
	Leistung	
Motivation		
Arbeitszufriedenheit		
Gestaltungshinweise		
Moderatorvariablen		
Grundlagen		

Die Schritte bei der Herstellung der Datenbank und der Auswahl von Titeln illustriert das Flow-Chart in Abb. 9.

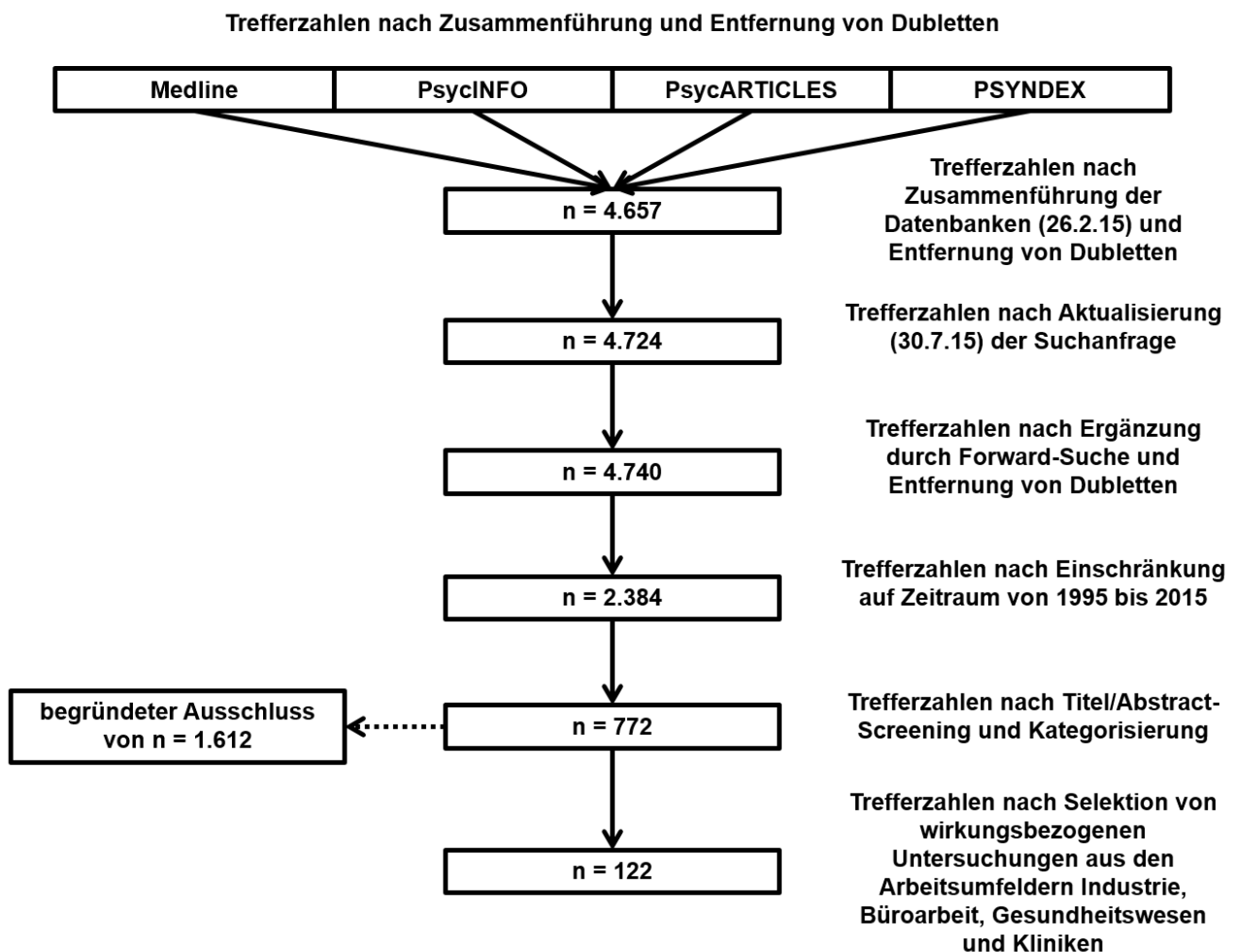


Abb. 9 Flow-Chart der Literatursuche basierend auf Suchstring (siehe Tab. 18) mit Eingrenzung des Suchzeitraums auf 1995 bis 2015 und Fokussierung auf die Arbeitsumfelder Industrie, Büroarbeit sowie Gesundheitswesen und Kliniken

5. Beschreibung des Zusammenhangs zwischen dem Arbeitsbedingungsfaktor Lärm und Outcomes

Die folgenden Beschreibungen und Bewertungen erfolgen vor dem Hintergrund der gesichteten Literatur. Merkmale des Arbeitsbedingungsfaktors Lärm werden darin vordergründig anhand physikalischer Parameter erfasst. Vereinzelt werden auch nur verbale qualitative Unterscheidungen vorgenommen, die nicht physikalisch/messtechnisch begründet sind. Auffällig ist in diesem Zusammenhang, dass der Beurteilungspegel, der im Rahmen verschiedener Richtlinien und Normen als Messgröße und geeigneter Prädiktor von Lärmwirkungen genannt wird, in keiner der gesichteten Arbeiten bestimmt wurde. In Anbetracht der Tatsache, dass in Gesetzestexten häufig auf den Stand der Technik verwiesen wird, stellt sich die Frage nach diesem bzgl. der Lärmmessung in der Lärmwirkungsforschung. Da einige der Merkmale nur vereinzelt berichtet werden, wird auf deren Beschreibung und Bewertung im Folgenden verzichtet. Eine detaillierte Darstellung erfolgt nur für das Merkmal Sprachverständlichkeit und für pegelorientierte Merkmale. Beide

Merkmalkategorien subsummieren unterschiedliche, teils aber auch identische Messgrößen. Eine strikte Trennung ist nicht immer möglich, weil z. B. pegelorientierte Größen allein zur Beschreibung einer akustischen Gesamtsituation eingesetzt werden können und in diesem Fall anders zu bewerten sind als im Rahmen einer differenzierten Betrachtung einer Lärmsituation, in der einzelne Schallquellen im Verhältnis zueinander betrachtet werden und die jeweiligen Schallpegel z. B. als Signal-Rausch-Abstand (SNR) beurteilt werden.

Insgesamt werden folgende Merkmale in der gesichteten Literatur beschrieben:

- Speech Transmission Index (STI)
- äquivalenter Dauerschallpegel (L_{eq})
- Signal-Rausch-Abstand (SNR)
- maximaler Schalldruckpegel (L_{max})
- minimaler Schalldruckpegel (L_{min})
- räumliche Abklingrate von Sprache (D_{2s})
- A-bewerteter Schalldruckpegel von Sprache in einem Abstand von 4 Metern ($L_{p,A,S,4m}$)
- Nachhallzeit (T)
- Absorptionsgrad (α)
- kumulierte Lärmbelastung = $(10 \cdot \log[\text{Sum}(10^{(dB(A)/10)} \cdot \text{Beschäftigungsdauer})])$
- temporale und spektrale Variabilität (Pegel- und Frequenzmodulation)
- Segmentlänge invertierter Sprache
- Distanz zur Schallquelle
- Büroform
- qualitativ unterschiedliche Lärmquellen oder Lärmarten
- Oktavbandpegel
- Schallpegel (ohne weitere Spezifizierung)
- Tagesexpositionspiegel $L_{EX,8h}$
- subjektive Lärmbeurteilung

5.1. Beschreibung zum Merkmal Sprachverständlichkeit

Sprache ist ein akustisches Signal, das sowohl Nutz- als auch Störsignal sein kann. Im Falle gewollter Kommunikation handelt es sich um ein Nutzsinal, wohingegen unvermeidbares Mithören der Gespräche anderer die eigene Tätigkeit stören kann. Sprachsignale allein pegelorientiert zu betrachten, ist nicht sinnvoll. Sprachverständlichkeit kann aufwendig mittels Sprachverständlichkeitstests bestimmt werden, im Rahmen derer die Aufgabe von Probanden darin besteht, die dargebotenen Sprachsignale wortwörtlich zu reproduzieren. Der Speech Transmission Index (STI) ist hingegen ein technisches Maß für die Verständlichkeit von Sprache und kann zwischen 0 und 1 variieren, wobei 0 „völlig unverständlich“ und 1 „perfekt verständlich“ bedeutet. Weitere übliche verbale Umschreibungen sind „sehr schlecht“ und „schlecht“ für STI-Werte unter 0,45, „ausreichend“ für STI-Werte zwischen 0,45 und 0,60 sowie „gut“ bis „ausgezeichnet“ für STI-Werte größer 0,60 (Steeneken & Houtgast, 2002). Eine Reihe weiterer akustischer Kenngrößen (z. B. SNR, D_{2s} , $L_{p,A,S,4m}$ etc.) stehen im direkten Zusammenhang mit der Sprachverständlichkeit. Es ist hervorzuheben, dass Sprachverständlichkeit bevorzugt im Kontext von Büroumgebungen als Prädiktorvariable untersucht wird. Tabelle 10 zeigt die Anzahl der Studien, die Sprachverständlichkeit als Merkmal adressieren, aufgeteilt nach Studienarten und Outcome-Variablen.

Tab. 10 Übersicht über die Studien zum Zusammenhang zwischen dem Merkmal Sprachverständlichkeit und den Outcomes

Outcomes	Sekundärstudien	Primärstudien			
		Interventionsstudien	Nicht-Interventionsstudien		
			Längsschnitt	Querschnitt	Sonstige
Leistung	2	17			
Psychisches Befinden (z. B. Lästigkeit, wahrgenommener Stress, berichtete Müdigkeit)	1	12			

Da einige Studien mehrere Merkmale untersuchen, übersteigt die Summe der Werte in den Zellen die Anzahl der Studien, die Sprachverständlichkeit erheben. In die Tabelle gehen 21 verschiedene Arbeiten ein. Eine Übersicht bzgl. der in den verschiedenen Studien untersuchten Wirkungen findet sich in Anhang A und Anhang B. Weiterhin gibt es Arbeiten, die im erweiterten Kontext ebenfalls das Thema Sprachverständlichkeit thematisieren, die sich aber nicht in das Bewertungsschema im Sinne der Darstellung des Zusammenhangs zwischen Sprachverständlichkeit und Outcome-Variablen einfügen ließen. Dies gilt z. B. für die Arbeit von Ellermeier und Zimmer (2014), die anhand der Untersuchung von Tonfolgen mit unterschiedlicher temporaler und spektraler Variabilität die Eigenschaften von Sprache zu identifizieren versuchen, die für die Beeinträchtigung der Arbeitsgedächtnisleistung ursächlich sind. Einen ähnlichen Ansatz verfolgen Schlittmeier, Weißgerber, Kerber, Fastl und Hellbrück (2012), die versuchen, auf Basis des psychoakustischen Parameters der Schwankungsstärke einen Algorithmus zur Vorhersage der Beeinträchtigung des Arbeitsgedächtnisses zu entwickeln. Signalmanipulationen nach der von Ellermeier und Zimmer (2014) definierten Art sind eng mit dem psychoakustischen Parameter der Schwankungsstärke assoziiert und stellen auch ein charakteristisches Merkmal von Sprache dar. Da die Signalmanipulation aber grundlagenorientiert künstlich vorgenommen wird bzw. allein oder auch nicht sprachliche Signale betrachtet werden, passen diese Untersuchungen nicht in das Schema, obwohl sie einen hohen erklärenden Wert haben.

5.1.1. Beschreibung zum Merkmal Sprachverständlichkeit und Leistung

Der Zusammenhang zwischen der Sprachverständlichkeit als Prädiktorvariablen und der Leistungsfähigkeit im Sinne von kognitiven Grundfunktionen wie der Arbeitsgedächtniskapazität kann als gesichert angesehen werden. Es ist von einer Zunahme der Fehlerrate bei der Bearbeitung von Arbeitsgedächtnisaufgaben bei zunehmender Sprachverständlichkeit auszugehen. Eine zentrale Arbeit in diesem Zusammenhang stammt von Hongisto (2005). Es handelt sich dabei um ein Review, auf dessen Grundlage ein modellhafter Zusammenhang zwischen dem STI als Indikator für Sprachverständlichkeit und kognitiver Leistungsfähigkeit formuliert wurde (siehe Abb. 10).

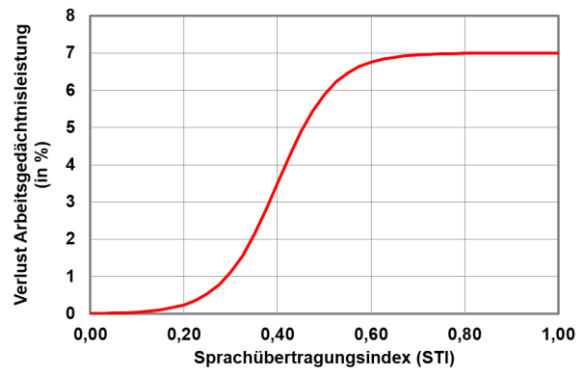


Abb. 10 Verlust der Arbeitsgedächtnisleistung in Abhängigkeit von der Verständlichkeit (operationalisiert mittels Speech Transmission Index) von für die Arbeitsaufgabe irrelevantem Hintergrundsprechen (nach Hongisto, 2005, S. 465)

Dieser zunächst auf Grundlage einer geringen Datenbasis formulierte Zusammenhang wurde nach der Veröffentlichung einer Prüfung durch eine Reihe empirischer Arbeiten unterzogen. Die Annahme wird aber auch durch Arbeiten gestützt, die unabhängig von der Arbeit von Hongisto (2005) ebenfalls Auswirkungen von Variationen der Sprachverständlichkeit untersuchten, ohne dabei den STI zu bestimmen. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde die Sprachverständlichkeit als Prädiktorvariable kognitiver Leistungsfähigkeit bestätigt, allerdings sind die Modellannahmen von Hongisto (2005) hinsichtlich Quantität und Qualität des Zusammenhangs infrage zu stellen. Zudem beziehen sich die Arbeiten bevorzugt auf Arbeitsgedächtnisfunktionen oder andere kognitive Grundfunktionen. Die berichteten Effektstärken im Rahmen varianzanalytischer Auswertungen liegen bei Berücksichtigung der Arbeiten zum Zusammenhang zwischen STI und Leistung zwischen $\eta^2 = ,04$ und $\eta^2 = ,68$. Die Effektstärke hängt allerdings stark von den untersuchten Aufgabenstellungen (z. B. Sprachverständlichkeit oder Arbeitsgedächtnis) und Auswertungsmethoden (z. B. Trendanalysen) ab. Zusätzliche Untersuchungen beleuchten die Möglichkeiten zur Beeinflussung raumakustischer Parameter durch bauliche Maßnahmen und die Möblierung. Da in diesen Untersuchungen gar kein Wirkzusammenhang beleuchtet wird, wurden diese nicht in Tab. 10 eingepflegt. Die in diesen Untersuchungen erhobenen Messgrößen wie D_{2s} , $L_{p,A,S,4m}$ und T können aber zur Sprachverständlichkeit in Bezug gesetzt werden. Folglich ist eine Einschätzung dahingehend möglich, welches Potenzial bestimmte bauliche und raumakustische Maßnahmen hinsichtlich einer Beeinflussung der Sprachverständlichkeit haben. Diese Untersuchungen werden in Kapitel 8 aufgeführt.

Tab. 11 Primärstudien zum Einfluss von Sprachverständlichkeit auf die Leistung

Studie	Branche/ Stichprobe	Parameter/ Variation	Berichteter Zusammenhang
Ebissou, Parizet & Chevret (2014)	Büroarbeit/57	STI/0,25, 0,35, 0,45, 0,65	Ein Teil (Nichtmuttersprachler) der Probanden zeigt eine signifikant geringere AG-Leistung bei zunehmendem STI.
Haapakangas, Hongisto, Hyönä, Kokko & Keränen (2014)	Büroarbeit/ 97 Studenten	STI/0,8, 0,7, 0,6, 0,51, 0,42, 0,11	AG-Leistung wird durch Sprache signifikant beeinträchtigt. Die Ergebnisse bzgl. STI-Stufen sind inhomogen.
Haapakangas et al. (2011)	Büroarbeit/ 54 Studenten	STI/0,62, 0,4, 0,39, 0,37, 0,35, 0,36	AG-Leistung wird durch Sprache signifikant beeinträchtigt. Beeinträchtigung kann durch Maskierung signifikant reduziert werden. Die Ergebnisse bzgl. STI-Stufen sind inhomogen.
Haka et al. (2009)	Büroarbeit/ 37 Studenten	STI/0,65, 0,3, 0,1	AG-Leistung wird mit zunehmendem STI signifikant gestört.
Jahncke, Hongisto & Virjonen (2013)	Büroarbeit/ 42 Studenten	STI/0,71, 0,34, 0,23, 0,16	WF-Leistung, KR-Leistung und LZ-Leistung werden mit zunehmendem signifikanten STI gestört.
Jiang, Liebl, Leistner & Yang (2012)	Büroarbeit/10, 20 Studenten	Sprachverständlichkeit/ Maskierung mit rückwärts abgespielter Sprache mit verschiedenem Signal- Rausch-Abstand	AG-Leistung wird durch Maskierung signifikant verbessert.
Keus Van De Poll, Ljung, Odellius & Sörqvist (2014)	Büroarbeit/ 33 Studenten	STI/0,71, 0,50, 0,34, 0,23, 0,08	TP-Leistung wird mit zunehmendem STI signifikant gestört.
de Korte, Kuijt- Evers & Vink (2007)	Büroarbeit/ 10 Büroange- stellte und Stu- denten	Sprachverständlichkeit/ Ablenkung durch sprach- haltiges Hintergrundge- räusch	Kein Effekt
Liebl, Drotleff, Sedlbauer, Schleuniger & Uygun (2011)	Büroarbeit, Mit- arbeiterbefrag- ung und Labor- experiment/ 659 Büroangestellte und 24 Studen- ten	STI/0,61, 0,58, 0,57, 0,53, 0,41, 0,34, 0,27, 0,26, 0,21, 0,21, 0,17, 0,13	AG-Leistung wird bei zunehmendem STI signifikant gestört.
Liebl et al. (2012)	Büroarbeit/ 32 Studenten	Sprachverständlichkeit/ gut vs. schlecht	AG-Leistung und SF-Leistung werden durch gut verständliche Sprache signifikant gestört.
Ljung, Israelsson & Hygge (2013)	Büroarbeit/ 32 Studenten	STI/0,73, 0,64, 0,55, 0,46	AG-Leistung von Probanden mit geringer AG-Kapazität nimmt mit steigendem STI signifikant ab.

Park, Kohlrausch & van Leest (2013)	Büroarbeit/ 20 Studenten	Sprachverständlichkeit/ Variation von Signalqualität und Signal-Rausch-Abstand	AG-Leistung wird durch Sprache signifikant gestört, Verringerung der Sprachverständlichkeit durch Maskierung schafft signifikante Verbesserung.
Perham, Hodgetts & Banbury (2013)	Büroarbeit/ 36 Studenten	Sprachverständlichkeit/ Bürolärm mit und ohne Sprache	AG-Leistung und KR-Leistung werden durch sprachhaltigen Bürolärm am meisten gestört. Signifikante Störung auch durch Bürolärm ohne Sprache.
Schlittmeier & Hellbrück (2009)	Büroarbeit/30, 20 Studenten	Sprachverständlichkeit und temporal spektrale Struktur	AG-Leistung wird durch Bürolärm signifikant gestört. Durch Maskierung wird Beeinträchtigung signifikant reduziert.
Schlittmeier, Hellbrück, Thaden & Vorländer (2008)	Büroarbeit/20, 24, 28 Studenten	Pegel und Verständlichkeit/ 55 vs. 35 dB(A) und gut vs. schlecht	AG-Leistung wird durch Sprache mit guter Verständlichkeit signifikant gestört. Die Pegelvariation hat dagegen keinen Effekt.
Smith-Jackson & Klein (2009)	Büroarbeit/ 40 Studenten	Ruhe vs. kontinuierliche Sprache 65 dB(A) Diskontinuierliche Sprache	Leistung wird durch diskontinuierliche Sprache signifikant beschleunigt und durch kontinuierliche Sprache signifikant beeinträchtigt.
Venetjoki, Kaarlela-Tuomaala, Keskinen & Hongisto (2006)	Büroarbeit, Laborexperiment/ 36 Studenten	STI/0,8, 0,3, 0,0	KL-Leistung wird durch Sprache signifikant beeinträchtigt, andere Aufgaben dagegen nicht.

Legende:

AG = Arbeitsgedächtnis, KL = Korrekturlesen, KR = Kopfrechnen, SF = Schlussfolgern, TP = Textproduktion, LZ = Langzeitgedächtnis, WF = Wortflüssigkeit

5.1.2. Beschreibung zu dem Merkmal Sprachverständlichkeit und psychischem Befinden

Im Rahmen der empirischen Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Sprachverständlichkeit und Leistungsfähigkeit wurden oft auch Auswirkungen auf das psychische Befinden beleuchtet. Unter dem psychischen Befinden werden z. B. die empfundene Arbeitsbelastung, die empfundene Lästigkeit, der akustische Komfort, der empfundene Stress, Ermüdung, Höranstrengung, Wachsamkeit, Aggressivität, Konzentration, Aufmerksamkeit und Arousal subsummiert. Es zeigt sich, dass mit einer Verringerung der Sprachverständlichkeit auch eine Verbesserung des psychischen Befindens einhergeht. Dies gilt vor allem für simulierte Bürotätigkeiten, bei denen stille und konzentrierte Arbeit im Vordergrund steht. Ist die primäre Aufgabenstellung durch Kommunikation geprägt, dann kehrt sich das Effektmuster um und eine hohe Sprachverständlichkeit wird positiv bewertet, wie z. B. die Untersuchungen von Blomkvist, Eriksen, Theorell, Ulrich und Rasmanis (2005) sowie von Lee und Jeon (2014) dokumentieren.

Tab. 12 Primärstudien zum Einfluss von Sprachverständlichkeit auf das psychische Empfinden

Studie	Branche/ Stichprobe	Parameter/ Variation	Berichteter Zusammenhang
Blomkvist et al. (2005)	Gesundheitswesen und Kliniken, Feldexperiment/ 36 Krankenpfleger	Nachhallzeit/0,8 s vs. 0,4 s und 0,9 s vs. 0,4s	Signifikant positive Wirkung der Verkürzung der Nachhallzeit und Erhöhung der Sprachverständlichkeit auf empfundene Arbeitsbelastung in Abhängigkeit von Schichtarbeit
Ebissou et al. (2014)	Büroarbeit, Laborexperiment/ 57	STI/0,25, 0,35, 0,45, 0,65	Subjektiv empfundene Arbeitsbelastung ist signifikant niedriger bei niedrigerem STI.
Haapakangas et al. (2014)	Büroarbeit, Laborexperiment/ 97 Studenten	STI/0,8, 0,7, 0,6, 0,51, 0,42, 0,11	Signifikant positiver Effekt von sinkendem STI auf empfundene Störung und Ablenkung, hingegen nicht auf psychische und physische Belastung
Haapakangas et al. (2011)	Büroarbeit, Laborexperiment/ 54 Studenten	STI/0,4, 0,39, 0,37, 0,35, 0,36	Signifikant positive Wirkung von Maskierung auf das Lästigkeitsempfinden, insbesondere durch Wassergeräusche
Haka et al. (2009)	Büroarbeit, Laborexperiment/ 37 Studenten	STI/0,65, 0,3, 0,1	Signifikant geringer empfundene Störung bei sinkendem STI und auch geringere Aufgabenschwierigkeit sowie zunehmende empfundene Effizienz
Jiang et al. (2012)	Büroarbeit, Laborexperiment/10, 20 Studenten	Sprachverständlichkeit/ Maskierung mit rückwärts abgespielter Sprache mit verschiedenem Signal-Rausch-Abstand	Maskierung hat signifikant positive Wirkung auf empfundene Lästigkeit.
Lee & Jeon (2014)	Büroarbeit, Laborexperiment/ 20 Studenten	D_{2S} , $L_{p,A,S,4m}$, Entfernung/ 4, 8, 12 dB, 43, 50, 57 dB und 8 m, 16 m, 24 m	Höranstrengung bei geringerem D_{2S} und höherem $L_{p,A,S,4m}$ signifikant weniger stark ausgeprägt
Liebl et al. (2011)	Büroarbeit, Mitarbeiterbefragung und Laborexperiment/ 659 Büroangestellte und 24 Studenten	STI/0,61, 0,58, 0,57, 0,53, 0,41, 0,34, 0,27, 0,26, 0,21, 0,21, 0,17, 0,13	Signifikant abnehmende empfundene Lästigkeit mit sinkendem STI
Liebl et al. (2012)	Büroarbeit, Laborexperiment/ 32 Studenten	Sprachverständlichkeit/ gut vs. schlecht	Signifikant verringerte empfundene Frustration, mentale Belastung, empfundene Lästigkeit und Störung und Erhöhung der empfundenen Aufmerksamkeit durch niedrigere Sprachverständlichkeit
Schlittmeier et al. (2008)	Büroarbeit, Laborexperiment/30, 20 Studenten	Sprachverständlichkeit und temporal spektrale Struktur	Signifikant reduzierte empfundene Störung durch Maskierung

Schlittmeier et al. (2012)	Büroarbeit, Laborexperiment/ 20, 24, 28 Studenten	Pegel und Verständlichkeit/55 vs. 35 dB(A) und gut vs. schlecht	Signifikant geringere empfundene Störung bei geringerer Sprachverständlichkeit, Störung wird aber auch durch geringeren Pegel signifikant reduziert.
Smith-Jackson & Klein (2009)	Büroarbeit/40 Studierende	Ruhe vs. kontinuierliche Sprache 65 dB(A) Diskontinuierliche Sprache	Signifikant höhere empfundene Arbeitsbelastung unter kontinuierlicher Sprache im Vergleich zu diskontinuierlicher Sprache, zudem signifikant höhere empfundene Arbeitsbelastung unter diskontinuierlicher Sprache im Vergleich zu Ruhe
Venetjoki et al. (2006)	Büroarbeit, Laborexperiment/ 36 Studenten	STI/0,8, 0,3, 0,0	Signifikant reduzierte empfundene Lästigkeit bei geringerer Sprachverständlichkeit

5.2. Beschreibung zu pegelorientierten Merkmalen

In den gesichteten Untersuchungen ist nicht immer eindeutig nachvollziehbar, welche Schallpegelmaße erhoben wurden. Häufig wird der energieäquivalente Dauerschallpegel (L_{eq}) berichtet. Dieser ist gleichbedeutend mit einem Schallpegel konstanter Amplitude, der bei gleicher Einwirkzeit die gleiche („äquivalente“) Schallenergie überträgt wie der Schallpegel mit schwankender Amplitude, aus dem er gebildet wurde. Meist wird der A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel L_{Aeq} angegeben. Durch die sogenannte A-Bewertung wird der geringeren Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs für tiefe Frequenzen Rechnung getragen. Die A-Bewertung ist in der Praxis üblich, sie ist aber eigentlich nur bei niedrigen Schalldruckpegeln gültig. Je höher der Schalldruckpegel, desto geringer fallen die Unterschiede hinsichtlich der empfundenen Lautstärke in Abhängigkeit von der Frequenz aus. Folglich müssten in Abhängigkeit von den jeweiligen Schalldruckpegeln eigentlich andere Frequenzbewertungen (B, C, D) vorgenommen werden. Diesen Umstand berücksichtigt z. B. die Untersuchung von Kjellberg, Landström, Tesarz, Söderberg und Akerlund (1996).

Die Anzahl der bearbeiteten Studien, die pegelorientierte Merkmale behandeln, zeigt, aufgeteilt nach Studienarten und Outcome-Variablen, Tab. 13.

Tab. 13 Übersicht über die Studien zum Zusammenhang zwischen pegelorientierten Merkmalen und den Outcomes

Outcomes	Sekundärstudien	Primärstudien			
		Interventionsstudien	Nicht-Interventionsstudien		
			Längsschnitt	Querschnitt	Sonstige
Leistung	1	11		3	
Herz-Kreislauf-System	3	5	4	11	2
Physisches Befinden (z. B. physiologische Stressparameter, Kopfschmerzen)	4	8		5	
Psychisches Befinden (z. B. Lästigkeit, wahrgenommener Stress, berichtete Müdigkeit)	4	11		8	1
Motivation		2		1	
Arbeitszufriedenheit		1		5	

Da einige Studien mehrere Merkmale untersuchen, übersteigt die Summe der Werte in den Zellen die Anzahl der Studien, die pegelorientierte Merkmale erheben (insgesamt 52).

Anders als die Sprachverständlichkeit, die vorwiegend im Bürokontext untersucht wird, werden pegelorientierte Merkmale in unterschiedlichsten Kontexten als akustisches Merkmal erhoben oder gezielt manipuliert, wie z. B. in Kliniken oder an verschiedenen Industriearbeitsplätzen, aber auch in Büroumgebungen. Hinsichtlich Kliniken und industrieller Arbeitsplätze handelt es sich beim Großteil der gesichteten Studien um Feldstudien, bei denen der äquivalente Dauerschallpegel gemessen, aber nicht gezielt manipuliert wurde (keine Intervention). Die Messung im Feld erfolgt entweder anhand stationärer Schallpegelmessgeräte oder mittels Lärmdosimetern, mit denen die Arbeiter ausgestattet werden. Entsprechend kann der Messzeitraum in Abhängigkeit von der Studie stark variieren und dabei von wenigen Minuten bis hin zu einem Arbeitstag von acht Stunden reichen.

5.2.1. Beschreibung zu pegelorientierten Merkmalen und Leistung

Der Zusammenhang zwischen pegelorientierten Merkmalen und Leistung wird in verschiedenen Arbeitskontexten untersucht. Für den Bürokontext wird seitens der abhängigen Variablen am häufigsten die Arbeitsgedächtnisleistung betrachtet, aber auch andere grundlegende kognitive Fähigkeiten wie logisches Schlussfolgern, arithmetische Fähigkeit sowie Textverstehen wurden wiederholt untersucht. In zwei groß angelegten Probandenstudien, in denen eine Reihe von kognitiven Aufgaben untersucht wurden (Jahncke, Hygge, Halin, Green & Dimberg, 2011; Jahncke & Halin, 2012), zeigten sich außer bei der Leistung beim Worterinnern und der proaktiven Inhibition (Jahncke et al., 2011) keine Unterschiede zwischen Versuchsbedingungen mit hohem (51 dB bzw. 60 dB) und geringem L_{Aeq} (39 dB bzw. 30 dB). Insgesamt scheint der L_{eq} nicht das ausschlaggebende Merkmal für Beeinträchtigungen der Leistung zu sein, woraus nicht der Fehlschluss gezogen wer-

den darf, dass der L_{eq} beliebig hoch sein dürfe. Vielmehr zeigt sich, dass bei höheren kognitiven Anforderungen bereits geringe Pegel von 35 dB(A) genügen, um eine Leistungsminderung im Vergleich zur Leistung in Ruhe herbeizuführen (Schlittmeier et al., 2008). Auf der anderen Seite berichten Mehta, Zhu und Cheema (2012) sogar von einem für die Kreativität förderlichen Einfluss von Hintergrundschall bei einem Schallpegel von 70 dB.

In Kliniken wurde bspw. der Einfluss des L_{eq} im Operationssaal auf die Auftretenshäufigkeit von (postoperativen) Komplikationen bzw. Fehlern der Operateure untersucht. Hier zeigt sich eine Minderung infolge von Maßnahmen zur Reduzierung des Lärms (z. B. von $Mdn = 63$ dB(A) auf $Mdn = 59$ dB(A) bei Engelmann, Neis, Kirschbaum, Grote & Ure, 2014). An Industriearbeitsplätzen konnte ein signifikanter korrelativer Zusammenhang zwischen L_{eq} und Indikatoren der Produktivität (subjektive Bewertung) gezeigt werden (Akbari, Dehghan, Azmoon & Forouharmajd, 2013). Die L_{eq} -Werte lagen bei Akbari et al. (2013) zwischen 64 dB(A) und 102 dB(A).

Tab. 14 Primärstudien zum Einfluss von pegelorientierten Merkmalen auf die Leistung

Studie	Branche/ Stichprobe	Lärmexposition/ Pegel	Berichteter Zusammenhang
Akbari et al. (2013)	Industrie/ 181 Arbeiter in Automobilindustrie	L_{Aeq} von 64 bis 102 dB	Signifikant negative Korrelation zwischen Lärmpegel und einem fragebogenbasierten Produktivitätsmaß
Brennan et al. (2008)	Gesundheitswesen und Kliniken/ 26 Radiologen	Ruhe vs. 56,1 dB(A) Krankenhausszenario	Kein signifikanter Effekt hinsichtlich Leistung bei der Identifikation von Läsionen auf Röntgenbildern
Engelmann et al. (2014)	Gesundheitswesen und Kliniken/ 156 Chirurgen	Pre: 63 dB(A) Post: 59 dB(A)	Geringere Auftretenshäufigkeit postoperativer Komplikationen nach Lärmreduzierung
Flynn et al. (1996)	Gesundheitswesen und Kliniken/ 13 Pharmazeuten und Apotheker	Vorhersehbare und unvorhersehbare Schallereignisse von 68,5 dB(A) bis 82,0 dB(A)	Keine direkte Verknüpfung zwischen Schallereignis und Fehler bei Rezepterstellung und sogar positive Wirkung sowohl vorhersehbarer als auch unvorhersehbarer Schallereignisse
Hamrol, Kowalik & Kujawińska (2011)	Industrie/ca. 100 Industriearbeiter	66 bis 70 dB, 70 bis 75 dB, 76 bis 80 dB	Kein signifikanter Lärmeffekt auf Fehlerhäufigkeit bei Fertigung von Kabelbäumen
Jahncke & Halin (2012)	Büroarbeit/ 38 Studenten	L_{Aeq} 60 dB, L_{Aeq} 30 dB	Kein signifikanter Effekt des Pegels auf Arbeitsgedächtnisleistungen
Jahncke et al. (2011)	Büroarbeit/ 47 Studenten	L_{Aeq} 39 dB, L_{Aeq} 51 dB	Signifikant bessere Leistung bei geringerem Pegel bei Inhibitionsaufgabe
Kjellberg et al. (1996)	Industrie und Büroarbeit/ 76 Industriearbeiter, 144 Laborarbeiter, 219 Büroarbeiter	< 50,5 dB(B), 50,6 bis 60,5 dB(B), 60,6 bis 70,5 dB(B), 70,6 bis 80,5 dB(B), > 80,5 dB(B)	Kein signifikanter Zusammenhang zwischen Schallexposition und Ablenkungsindex

Kristiansen et al. (2009)	Büroarbeit/ 10 Bürokräfte und Studierende	Ruhe vs. Bürogeräusche L_{Aeq} 65 dB	Kein signifikanter Effekt bei motorischer Aufgabenstellung
Mehta et al. (2012)	Büroarbeit/ 65, 60, 95, 42, 68 Studierende	42 dB, 50 dB, 70 dB, 85 dB	Signifikanter positiver Effekt von mittelmäßig hohem Hintergrundschall (70 dB) auf Kreativitätsleistung
Murthy, Malhotra, Bala & Raghunathan (1995)	Gesundheitswesen und Kliniken/ 20 Assistenzärzte	Ruhe vs. L_{Aeq} 77,32 dB	Signifikanter negativer Effekt von Lärm bei Bearbeitung des Trail Making Test, Digit Symbol Test und Benton Visual Retention Test
Muzammil, Khan, Hasan & Hasan (2004)	Industrie/ 5 Probanden	80 dB, 90 dB, 100 dB	Es werden signifikante Schalleffekte auf motorische Aufgaben berichtet, die aber nicht näher spezifiziert werden.
Sauer, Kao, Wastell & Nickel (2011)	Industrie/ 60 Studierende	55 dB(A), 80 dB(A)	Kein signifikanter Effekt der Schallbedingung auf Leistung bei komplexer Bedienungsaufgabe
Sauer, Nickel & Wastell (2013)	Industrie/ 40 Studierende	55 dB(A), 80 dB(A)	Kein signifikanter Effekt der Schallbedingung auf Leistung bei komplexer Bedienungsaufgabe
Smith-Jackson & Klein (2009)	Büroarbeit/ 40 Studierende	Ruhe vs. kontinuierliche Sprache 65 dB(A) Diskontinuierliche Sprache	Leistung wird durch diskontinuierliche Sprache signifikant beschleunigt und durch kontinuierliche Sprache signifikant beeinträchtigt.

5.2.2. Beschreibung zu pegelorientierten Merkmalen und Herz-Kreislauf-System

Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen pegelorientierten Merkmalen und dem Herz-Kreislauf-System wurden vor allem als Feldstudien im Industriekontext durchgeführt. Seitens der unabhängigen Variablen wird meist der äquivalente Dauerschallpegel L_{eq} bzw. L_{Aeq} angegeben.

Tabelle 15 zeigt die gesichteten Primärstudien zum Einfluss von Lärm auf das Herz-Kreislauf-System. Dokumentierte signifikante Unterschiede sind immer in Richtung eines negativen Effekts durch Lärm zu verstehen (z. B. höherer systolischer Blutdruck, höhere Prävalenz für Bluthochdruck).

Im Rahmen von Querschnittstudien werden hoch, gering und/oder mittelmäßig exponierte Personengruppen verglichen. Dabei existiert keine einheitliche Definition dieser Kategorien hinsichtlich der Expositionspegel. Tabelle 15 ist zu entnehmen, welche Pegel unter „hoch“, „mittel“ und „gering“ zu verstehen sind bzw. welchen Pegeln die verglichenen Gruppen jeweils ausgesetzt waren.

Zusammenfassend zeigen sich nachweisbare Wirkungen von Lärm am Arbeitsplatz auf das Herz-Kreislauf-System. Diese manifestieren sich in einer Erhöhung der systolischen und der diastolischen Blutdruckwerte, in einer erhöhten Prävalenz von Bluthochdruck, in Veränderungen der Eigenschaften des Blutgefäßsystems, in Veränderungen der Herzrate und in Anomalien im EKG sowie in einem erhöhten Herzinfarktisiko (siehe Tab. 15).

In einem Großteil der betrachteten Studien werden langfristige Wirkungen über mehrere Monate oder Jahre berichtet. Hier sind vor allem Veränderungen des Blutdrucks und Bluthochdruck als Effekte zu nennen (z. B. Inoue, Laskar & Harada, 2005; Abbate et al., 2002; Attarchi, Dehghan, Safakhah, Nojomi & Mohammadi, 2012) sowie das Infarktrisiko (Kersten & Backé, 2015). Kurzfristige Wirkungen auf das Herz-Kreislauf-System werden jedoch ebenfalls betrachtet und zeigen sich in einer Erhöhung der Herzrate oder Herzrassen (z. B. Morrison, Haas, Shaffner, Garrett & Fackler, 2003; Sauer et al., 2011; Kristal-Boneh, Melamed, Harari & Green, 1995).

Am häufigsten berichtet werden Unterschiede der systolischen und diastolischen Blutdruckwerte zwischen Gruppen mit hoher und geringerer Lärmbelastung (z. B. Attarchi et al., 2012: $L_{eq} > 85$ dB(A) vs. $L_{eq} < 85$ dB(A); Attarchi, Golabadi, Labbafinejad & Mohammadi, 2013), gefolgt von Unterschieden in der Auftretenshäufigkeit von Bluthochdruck (Attarchi et al., 2012; Sbihi, Davies & Demers, 2008). Hinsichtlich des systolischen und diastolischen Blutdrucks sowie der Prävalenz von Bluthochdruck zeigen sich bereits Unterschiede zwischen mittelmäßig und (etwas) geringer exponierten Personen (z. B. Attarchi et al., 2013: 65,5 dB(A) vs. 81 dB(A) [Bluthochdruck]; Abbate et al., 2002: 80 bis 85 dB(A) vs. < 80 dB(A) [Blutdruckwerte]).

Gruppenunterschiede zeigen sich auch hinsichtlich der Eigenschaften des Blutgefäßsystems (Chang, Su, Lin, Jain & Chan, 2007: 85 ± 8 dB(A) vs. 59 ± 4 dB(A)). Auch für das Auftreten von Auffälligkeiten im EKG konnten Unterschiede zwischen stark und gering exponierten Personen nachgewiesen werden (Tomei, Fantini, Tomao, Baccolo & Rosati, 2000).

Tab. 15 Primärstudien zum Einfluss von Lärm auf das Herz-Kreislauf-System

Studie	Branche/Stichprobe	Lärmexposition/Pegel (L_{eq} , falls nicht anders angegeben)	Berichteter Zusammenhang
Abbate et al. (2002)	Industrie, Büroumgebungen/ 757 (345 Arbeiter, 212 Fahrer, 200 Büroangestellte)	Arbeiter: 85 bis 90 dB(A), Fahrer: 80 bis 85 dB(A) Büro: < 80 dBA	SBD: signifikanter Unterschied: Arbeiter vs. Büro, Fahrer vs. Büro DBD: signifikante Unterschiede: Arbeiter vs. Fahrer, Fahrer vs. Büro, Arbeiter vs. Büro HR: kein Unterschied
Attarchi et al. (2012)	Industrie/331 Arbeiter in einer Gummifabrik	hoch: 92,3 dB, gering: 81,8 dB	SBD, DBD, Prävalenz BHD: signifikanter Unterschied
Attarchi et al. (2013)	Industrie/471 Angestellte Automobilhersteller (Büro, Lackierung, Fertigung)	hoch: 89 bzw. 91 dB(A) (Lackierung/Fertigung), mittel: 81 dB(A) (Lackierung), gering: 65,5 dB(A) (Büro)	BHD: signifikanter Unterschied: hoch vs. gering, mittel vs. gering
Chang, Jain, Wang & Chan (2003)	Industrie, Büroumgebungen/ 20 (15 Produktionsarbeiter, 5 Büroangestellte)	Produktion: 85 ± 8 dB(A), Büro: 59 ± 4 dB(A)	SBD, DBD: signifikanter Unterschied

Lärm

Chang et al. (2007)	Industrie, Büro-umgebungen/ 20 (15 Produktions-arbeiter, 5 Büro-angestellte)	Produktion: 85 ± 8 dB(A), Büro: 59 ± 4 dB(A)	Eigenschaften des Blutgefäß-systems: BAC, BAD, SVC, SVR: signifi-kante Unterschiede
Chang et al. (2012)	Industrie, Büro-umgebungen/ 188 (136 Indust-riearbeiter, 52 Bürokräfte)	hoch: > 80 dB(A) (Arbeiter), gering: < 80 dB(A) (Arbeiter und Büro), L_{eq} und Expositionspegel dB(A) bzw. 8 Stunden time weighted average (TWA)	SBD, DBD, TRIG: signifikanter Unterschied: hoch (Arbeiter) vs. gering (Büro)
Fischer et al. (2001)	Industrie/124 Arbeiter	kontinuierliche Pegel im Bereich von 71 bis 93 dB(A)	Kein Zusammenhang selbst berichteter Beschwerden und Krankheiten mit Lärm (Pegel meist unterhalb der erlaubten Grenzwerte)
Inoue et al. (2005)	Industrie/413 Arbeiter (Papier-manufaktur, Chemiewerk)	hoch: 92 dB(A) (Papiermanu-faktur), gering: 75 dB(A) (Chemiewerk) (durchschnittlicher Pegel)	Prävalenz BHD: signifikanter Unterschied
Kersten & Backe (2015)	Industrie, Büro-umgebungen/ 4.113 Teilnehmer	L_{eq} über 10 Jahre: 95 bis 125 dB(A), 85 bis 94 dB(A), 62 bis 84 dB(A), 46 bis 61 dB(A)	HI: signifikanter Unterschied: höchste vs. geringste Expositi-on (für männliche Teilnehmer)
Koskinen, Kauppinen & Tenkanen (2011)	Industrie/ 1.502 aus ver-schiedenen Be-ruufsgruppen	kein Lärm, kontinuierlicher Lärm: 80 bis 85 dB (Minimal- und Maximal-pegel), kontinuierlicher Lärm: 90 bis 100 dB (Minimal- und Maxi-malpegel)	SBD, TRIG, HDL-C: signifikan-ter Unterschied: kein Lärm vs. kontinuierlicher Lärm (HDL-C geringer unter Lärm = negativer Effekt) Keine Dosis-Wirkungs-Beziehung für höhere Lärmbe-lastung
Kristal-Boneh et al. (1995)	Industrie/ 3.106 Arbeiter verschiedener Branchen	verschiedene Pegel/ Messreihe hoch: > 80 dB(A), gering: < 80 dB(A)	HR: $r = .08$ (signifikant, nur Männer) SBD: kein signifikanter Zusammenhang DBD: $r = .079$ (sign., nur Frauen). Akute HR: signifikanter Unterschied: hoch vs. gering (Männer)
Kristiansen et al. (2009)	Büroumgebun-gen/ 10 Büro-arbeitskräfte/ Studierende	Ruhe vs. Bürogeräusche (sprachlich, nichtsprachlich): 65 dB(A)	HRV: kein signifikanter Unter-schied DBD: signifikanter Unterschied (aber entgegen der Hypothese: Verringerung unter Lärm!)

Lärm

Melamed, Froom, Kristal-Boneh, Gofer & Ribak (1997)	Industrie/ 2.079 Industrie- arbeiter	Exposition: gering: < 80 dB(A), hoch: > 81 dB(A), Lärmbelastung (subjektiv)	Chol: signifikanter Unterschied (Exposition bei Männern, Beläs- tigung bei Frauen) TRIG: signifikanter Unterschied (Exposition bei Männern, Beläs- tigung bei Frauen) HDL-C: signifikanter Unter- schied (Belästigung bei Män- nern, Exposition und Belästi- gung bei Frauen) LDL-C: kein Unterschied
Morrison et al. (2003)	Klinik/ 11 Kranken- schwestern	Tagschicht: 61 dB(A), Nachtschicht: 58 dB(A)	HR: signifikante Vorhersage durch Pegel Herzrasen: signifikante Vorher- sage durch Pegel
Rahma, Mus- tafa, Razali, Shamsuddin & Althunibat (2013)	Industrie/ 80 Arbeiter	Lärm: 85 dB(A) (80 bis 100 dB(A)), Kontrollgruppe: kein Lärm	SBD, DBD: signifikanter Zu- sammenhang mit Leptin nach Lärmbelastung im Vergleich zur Kontrollgruppe
Sauer et al. (2011)	Industrie (simu- liert)/60 Studie- rende	hoch: 80 dB(A), gering: 55 dB(A)	HR: signifikanter Einfluss durch Lärm Anstieg von Phase 1 auf Phase 2 und Abfall in Phase 3 (leise)
Sauer et al. (2013)	Industrie (simu- liert)/ 40 Studie- rende	hoch: 80 dB(A), gering: 55 dB(A)	HRV: signifikanter Unterschied
Sbihi et al. (2008)	Industrie/828 Sägewerkarbeiter (Kohorte nach Drop-out)	Kumulative Exposition und Dauer der Exposition über: 85 dB(A), 90 dB(A), 95 dB(A)	BHD: signifikanter Zusammen- hang mit Lärmexposition > 85 dB(A); 32 % höheres Risi- ko in der am stärksten exponier- ten Gruppe (kumulative Exposi- tion); relatives Risiko von 1,5 bei Exposition gegenüber 85 dB(A) über 30 Jahre (Dauer)
Tomei et al. (2000)	Industrie und Büroumgebun- gen/ 181 (52 Ex- perimentalgruppe Arbeiter Bettrah- menfirma, 65 Kontrollgruppe Arbeiter Leicht- metall, 64 Kon- trollgruppe Büro)	Experimentalgruppe: zwischen 82 und 105 dB(A) Kontrollgruppen: < 70 dB(A)	SBD, DBD, BHD, EKG- Anomalien: signifikanter Unter- schied
Virkkunen, Härmä, Kauppinen & Tenkanen (2006)	Industrie und Büroumgebun- gen/ 1.804 (Arbeiter und Büro)	kein Lärm, kontinuierlicher Lärm, kontinuierlicher und impulshalti- ger Lärm	KHE: erhöhtes relatives Risiko für kontinuierlichen Lärm (RR = 1,48 erster Follow-up, später nicht mehr) sowie für kontinuierlichen und impulshal- tigen Lärm (RR = 1,58, 13 Jah- re Follow-up) (Längsschnitt)

Lärm

Zamaniah, Rostami, Hasanzadeh & Hashemi (2013)	Industrie/ 50 Stahlarbeiter	85 dB, 95 dB, 105 dB (Exposition über 5 Minuten)	SBD, DBD, HR: keine signifi- kanten Änderungen (vor vs. nach der Exposition)
---	--------------------------------	---	--

Legende:

SBD = systolischer Blutdruck, DBD = diastolischer Blutdruck, HR = Herzrate, BHD = Bluthochdruck, BAC = Nachgiebigkeit der Oberarmarterie, BAD = Dehnbarkeit der Oberarmarterie, SVR = Widerstand des Gefäßsystems, SVC = Nachgiebigkeit des Gefäßsystems, TRIG = Triglyceride, Chol = Gesamtcholesterin, HDL-C = High-Density Lipoprotein-Cholesterin (gutes Chol), LDL-C = Low-Density Lipoprotein-Cholesterin (schlechtes Chol), HRV = Herzratenvariabilität, EKG = Elektrokardiogramm, RR = relatives Risiko, KHE = koronare Herzerkrankung

5.2.3. Beschreibung zu pegelorientierten Merkmalen und dem physischen Befinden

Untersuchungen zu den Wirkungen des Schalldruckpegels auf das physische Befinden betrachten in erster Linie physiologische Stresswirkungen (z. B. Stresshormonkonzentration im Speichel, Urin oder Blut und Muskelspannung). Die abhängige Variable Krankheitsstand kann keinem Wirkungsbereich eindeutig zugeordnet werden. Sie wird der Übersichtlichkeit halber unter diesem Abschnitt subsummiert, wenn auch im Einzelnen nicht geklärt werden kann, ob die Ursachen der Krankmeldung psychischer oder physischer Natur sind und nicht näher dokumentiert ist, um welche Krankheit es sich handelt.

Der in den gesichteten Studien am häufigsten erhobene physiologische Stressparameter ist der Cortisol-Spiegel. Durch den L_{eq} bedingte Wirkungen auf den Cortisol-Spiegel waren bei Evans und Johnson (2000), Jahncke und Halin (2012), Jahncke et al. (2011) sowie Kristiansen et al. (2009) im Bürokontext, wo vergleichsweise geringe Pegel vorherrschen, nicht nachweisbar. Engelmann et al. (2014) hingegen fanden bereits einen positiven Einfluss auf den Cortisol-Spiegel infolge einer Lärmreduktionsmaßnahme, die den Pegel von 63 dB(A) auf 59 dB(A) reduzierte. Bei Stokholm et al. (2014) zeigte sich auch im Kontext industrieller Arbeitsplätze keine Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen L_{eq} (im Mittel 79,9 dB(A)) und dem Cortisol-Spiegel, weder für die kurz- noch die langfristige Exposition. Fouladi et al. (2012) fanden ebenfalls keinen Effekt auf den Cortisol-Spiegel bei Pegeln < 80 dB(A), allerdings für höhere Pegel. Bei Melamed und Bruhis (1996) wirkte sich eine Verringerung des zuvor bei über 85 dB(A) hohen Pegels durch das Tragen eines Gehörschutzes günstig auf den Cortisol-Spiegel aus.

Weitere Zusammenhänge zwischen Lärm und physiologischen Stressparametern wurden in den gesichteten Studien seltener berichtet und sind Tab. 16 zu entnehmen. Die Zusammenhänge sind, wenn nicht anders angegeben, stets im Sinne einer ungünstigen Wirkung von Lärm zu verstehen, z. B. Erhöhung des Cortisol-Spiegels bei höherem Pegel.

Tab. 16 Zusammenhang zwischen pegelorientierten Merkmalen und dem physischen Befinden

Studie	Branche/Stichprobe	Lärmexposition/ Pegel (L_{eq} , falls nicht anders angegeben)	Berichteter Zusammenhang
Engelmann et al. (2014)	Klinik/156 Operationen (Chirurgen)	63 dB(A) vs. 59 dB(A) (nach lärmreduzierender Maßnahme)	Stress Cor: Reduzierung des Anstiegs um 20 % HLF: Anstieg auf mehr als 15 μ S (als Indikator für starken Stress) um 60 % seltener
Evans & Johnson (2000)	Büroumgebungen/ 40 Büroangestellte	Ruhe: 40 dB(A), Bürolärm: 55 dB(A) (VG vs. KG)	Stress Cor (Urin): kein Unterschied ADR: signifikanter Unterschied NOR: kein Unterschied
Fischer et al. (2001)	Industrie/ 124 Arbeiter	kontinuierliche Pegel im Bereich von 71 bis 93 dB(A)	Kein Zusammenhang selbstberichteter Beschwerden und Krankheiten mit Lärm (Pegel meist unterhalb der erlaubten Grenzwerte)
Fouladi et al. (2012)	Industrie/ 80 Arbeiter	Freizeittag vs. Arbeitstag: 80 bis 88 dB(A) mittlere Pegel (Prä-/Post)	Stress Cor (Speichel): signifikanter Unterschied (höher abends am Arbeitstag), kein Effekt von Pegeln < 80 dB(A) auf den Cortisol-Spiegel
Fried, Melamed & Ben-David (2002)	Büroumgebungen/ 802 Büroangestellte	mittlerer Pegel: 62, 92 dB(A)	Krankenstand Zusammenhang zwischen Arbeitsausfällen und Lärm ($r = ,13$)
Jahncke & Hallin (2012)	Büroumgebungen/ 38 Studierende	Bürolärm leise: 30 dB(A), laut: 60 dB(A)	Stress Cor: kein Unterschied CA: kein Unterschied
Jahncke et al. (2011)	Büroumgebungen/ 47 Studierende	Bürolärm laut 51 dB(A), leise 39 dB(A)	Stress Cor: kein Unterschied CA: kein Unterschied
Kristiansen et al. (2009)	Büroumgebungen/ 10 Büroarbeitskräfte/ Studierende	Ruhe Bürogeräusche (sprachlich, nichtsprachlich): 65 dB(A)	Stress Cor: kein Unterschied EMG-Werte: kein Unterschied
Leather, Beale & Sullivan (2003)	Büroumgebungen/ 128 Büroangestellte	mittlerer Pegel (4 Messzeitpunkte/Tag): 55,08 dB	Kein signifikanter Zusammenhang mit selbst berichteten Symptomen von Infektionskrankheiten
Mehta et al. (2012)	Büroumgebungen/ Studierende (Experiment III: 95)	Experiment III: Umgebungsgeräusche (Gespräche, Straßenverkehr, entfernter Baulärm) mit 50 dB (Gruppe 1) vs. 70 dB (Gruppe 2)	Erregungszustand/Arousal (über kurzfristige Änderung HF und Blutdruck) HF: signifikanter Unterschied BD: signifikanter Unterschied Normalisierung des Erregungsniveaus über die Zeit

Melamed & Bruhis (1996)	Industrie/ 35 Textilarbeiter	> 85 dB(A) vs. Minderung um 30 dB bis 33 dB durch Gehörschutz	Stress Cor (Urin): signifikanter Unterschied
Morrison et al. (2003)	Klinik/ 11 Krankenschwestern	Tagschicht: 61 dB(A), Nachtschicht: 58 dB(A)	Stress Speicheldiastase: kein Unterschied
Stokholm et al. (2014)	Industrie, Büroumgebungen/ 501 (415 Arbeiter, 86 Büroangestellte)	Lärmbelastung der Umgebung dB(A) Lärmbelastung am Ohr dB(A) Kumulierte Lärmbelastung als Produkt der durchschnittlichen Lärmbelastung und der Beschäftigungsdauer ($10 \cdot \log[\text{Sum}(10^{(dB(A)/10)} \cdot \text{Beschäftigungsdauer})]$) Dauer der Belastung > 75 dB(A) und 80 dB(A)	Stress Cor (Speichel): kein signifikante. Zusammenhang

Legende:

ADR = Adrenalin; BD = Blutdruck, CA = Catecholamine, Cor = Cortisol, EMG = Elektromyogramm, HF = Herzfrequenz, HLF = Hautleitfähigkeit, NOR = Noradrenalin

5.2.4. Beschreibung zu pegelorientierten Merkmalen und psychischem Befinden

Die gesichteten Studien zum Zusammenhang zwischen pegelorientierten Größen und dem psychischen Befinden untersuchen seitens der Outcome-Variablen das selbst berichtete Stresserleben, Belästigungsreaktionen, die Müdigkeit, die Stimmung sowie die wahrgenommene Arbeitsbelastung. Die gesichteten Primärstudien zum Zusammenhang zwischen pegelorientierten Merkmalen und dem psychischen Befinden sind in Tab. 17 gelistet.

Der Schalldruckpegel und die Lautheit sind starke Prädiktoren für die Lästigkeit bzw. Belästigung. Im Bürokontext zeigen sich Zusammenhänge zwischen der beurteilten Lautheit und der Lästigkeit, aber auch Lästigkeitsunterschiede zwischen Büroumgebungen mit unterschiedlichem Pegel (z. B. Pierrette, Parizet, Chevret & Chatillon, 2015, höhere Lästigkeitsbewertungen in Büroumgebung mit $L_{eq} = 56$ dB(A) vs. 49 dB(A)). Bezüglich der psychischen Stresswirkungen zeigt sich ein gemischtes Bild. Ein Grund dafür könnte die Heterogenität in der Operationalisierung sein (siehe Tab. 17).

Tab. 17 Zusammenhang zwischen pegelorientierten Merkmalen und dem psychischen Befinden

Studie	Branche/Stichprobe	Lärmexposition/Pegel (L_{eq} , falls nicht anders angegeben)	Berichteter Zusammenhang
Applebaum, Fowler, Fiedler, Osinubi & Robson (2010)	Klinik/116 (Pflegepersonal)	subjektives Lärmurteil	Stress (selbst berichtet): signifikanter Zusammenhang zwischen empfundenem Lärm und Stresserleben ($r = -,18$); Achtung: d. h. weniger Stress bei höherem Pegel!
Engelmann et al. (2014)	Klinik/156 Operationen (Chirurgen)	63 dB(A) vs. 59 dB(A) (nach lärmreduzierender Maßnahme)	Akustisch bedingter Stress/Störungen (selbst berichtet): Reduktion des akustischen Stress bei Personen mit hoher Lärmsensitivität (verbesserte Kommunikation, Abnahme von Störungen und plötzlich auftretender Pegelspitzen)
Evans & Johnson (2000)	Büroumgebungen/40 Büroangestellte	Ruhe: 40 dB(A), Bürolärm: 55 dB(A) (VG vs. KG)	Stress (selbst berichtet): kein Unterschied
Fischer et al. (2001)	Industrie/124 Arbeiter	kontinuierliche Pegel im Bereich von 71 bis 93 dB(A)	Kein Zusammenhang selbst berichteter Beschwerden und Krankheiten mit Lärm (Pegel meist unterhalb der erlaubten Grenzwerte)
Hoppe & Binkowski (2006)	Industrie/Arbeiter	Vornehmlich geringe Pegel	Zusammenhang wurde nicht näher betrachtet aufgrund geräuscharmer Arbeitsplätze
Jahncke & Halin (2012)	Büroumgebungen/38 Studierende	Bürolärm leise: 30 dB(A), laut: 60 dB(A)	Kognitive Ermüdung (Leistungstest) und selbst berichtete Müdigkeit: kein Unterschied
Jahncke et al. (2011)	Büroumgebungen/47 Studierende	Bürolärm laut: 51 dB(A), leise: 39 dB(A)	Kognitive Ermüdung: kein Unterschied bzgl. der Inhibitionsfähigkeit Selbst berichtete Müdigkeit: signifikanter Unterschied
Kjellberg et al. (1996)	Industrie, Büroumgebungen/439 (219 Büroangestellte, 144 Laborarbeiter, 76 Industriearbeiter)	B-gewichtete Lautstärke	Lästigkeit/Belästigung (anhand Belästigungsindex): signifikanter standardisierter Regressionskoeffizient für den Belästigungsindex: Lautstärke (dB(B)): 0,378
Kristiansen et al. (2009)	Büroumgebungen/10 Büroarbeitskräfte/ Studierende	Ruhe vs. Bürogeräusche (sprachlich, nichtsprachlich): 65 dB(A)	Affekt, Energie, Stress (selbst berichtet): kein Unterschied Selbstberichtete Anspannung: signifikanter Unterschied

Mehta et al. (2012)	Büroumgebungen/ Experiment I: 65 Studierende	Umgebungsgeräusche (Gespräche/Cafeteria, Straßenverkehr, entfernter Baulärm) mit 50 dB (Gruppe 1), 70 dB (Gruppe 2), 85 dB (Gruppe 3), Ruhe (Gruppe 4)	Stimmung: keine Unterschiede
Melamed & Bruhis (1996)	Industrie/35 Textilarbeiter	> 85 dB(A) vs. Minderung um 30 dB bis 33 dB durch Gehörschutz	Stress (gemessen über berichtete Müdigkeit und Reizbarkeit): signifikanter Unterschied
Melamed, Fried & Froom (2004)	Industrie/ 5.727 Arbeiter	< 80 dB(A), > 80 dB(A)	Stress über wahrgenommene Arbeitsbelastung: kein Unterschied Reizbarkeit: signifikanter Unterschied Belästigung: signifikanter Unterschied
Morrison et al. (2003)	Klinik/11 Krankenschwestern	Durchschnittliche Pegel: Tagschicht: 61 dB(A), Nachtschicht: 58 dB(A)	Stress Selbst berichteter Stress, Reizbarkeit: signifikante Vorhersage durch Pegel
Muzammil et al. (2004)	Industrie/5 Probanden (im Experiment)	80 dB(A), 90 dB(A), 100 dB(A)	Müdigkeit (hier gemessen über Herzrate): signifikanter Zusammenhang
Pierrette et al. (2015)	Büroumgebungen/ 237 Büroangestellte	Lautheit (subjektiv), lautes Büro: 56 dB(A), leise Büros: 50 bzw. 49 dB(A)	Lästigkeit: signifikanter Zusammenhang mit Lautheit ($r = ,81$); signifikanter Unterschied zwischen lautem und leisem Büro
Raffaello & Maass (2002)	Industrie/ 62 Arbeiter	Prätest: 75 bis 86 dB(A) (Kontrollgruppe); 78 bis 84 dB(A) (Experimentalgruppe) Posttest: 75 bis 86 dB(A) (Kontrollgruppe); 69 bis 72 dB(A) (Experimentalgruppe), subjektives Lärmurteil	Stress (selbst berichtet): signifikanter Zusammenhang mit Pegel ($r = ,61$) und subjektiver Lautstärke ($r = ,43$) (Postvergleich zwischen den Gruppen)
Ryherd, Wayne & Ljungkvist (2008)	Klinik/ 47 (Pflegepersonal)	65 dB(A) bis 71 dB(A)	Keine Zusammenhänge, nur deskriptive Befragungsergebnisse: 91 % der Befragten berichten, dass Lärm sie bei ihrer täglichen Arbeit beeinträchtigt, 66 % berichten über Irritationen und über Müdigkeit, 43 % über Konzentrationsprobleme, 40 % über Spannungskopfschmerzen.
Saremi et al. (2008)	Industrie/ 254 Arbeiter	< 80 dB(A), 80-85 dB(A), > 80 dB(A)	Müdigkeit (selbst berichtet): signifikanter Effekt (zunehmende Müdigkeit mit zunehmendem Pegel)

Sauer et al. (2011)	Industrie (simuliert)/ 60 Studierende	hoch: 80 dB(A), gering: 55 dB(A)	Unbehagen/Misstimmung, Wahrgenommene Arbeitsbelastung Erschöpfung: signifikanter Unterschied
Sauer et al. (2013)	Industrie (simuliert)/ 40 Studierende	hoch: 80 dB(A), gering: 55 dB(A)	Wahrgenommene Arbeitsbelastung: kein Unterschied Angst: kein Unterschied Erschöpfung: signifikanter Unterschied

6. Bewertung und Diskussion der Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen dem Arbeitsbedingungs-faktor Lärm und den Outcomes

6.1. Bewertung zum Merkmal Sprachverständlichkeit

6.1.1. Bewertung zum Merkmal Sprachverständlichkeit und Leistung

Der Zusammenhang zwischen Sprachverständlichkeit und Leistung kann aus grundlagenwissenschaftlicher Perspektive als gesichert angesehen werden. Die vordergründig grundlagenorientierte und laborexperimentelle Betrachtung und entsprechende Operationalisierung erscheint allerdings problematisch hinsichtlich der Generalisierbarkeit für reale Arbeitsumgebungen.

Stichprobe

Bei den Stichproben handelt es sich meist um studentische Stichproben. Dabei ist hervorzuheben, dass Studenten hinsichtlich Alter und kognitiver Fähigkeiten keinen Durchschnitt der Bevölkerung darstellen. Dies ist von Bedeutung, da zum einen die Altersabhängigkeit von Wirkungen nicht adäquat untersucht werden kann, zumal die Streuung der Daten nur gering ausgeprägt ist. Zum anderen wird von der Arbeitsgedächtniskapazität als Moderatorvariablen (z. B. Ljung et al., 2013) berichtet. Aufgrund der studentischen Stichprobe ist anzunehmen, dass der Effekt hinsichtlich der Gesamtpopulation eher unterschätzt wird, da Studenten wahrscheinlich über eine eher überdurchschnittliche Arbeitsgedächtniskapazität verfügen.

Operationalisierung der unabhängigen und abhängigen Variablen

Die Operationalisierung unterschiedlicher Ausprägungen der Sprachverständlichkeit erfolgt vor allem durch zielgerichtete Manipulationen des STI. Manchmal werden vermeintlich auch nur Pegelvariationen vorgenommen, jedoch beeinflussen diese ebenfalls den STI. Häufig wird die Sprachverständlichkeit durch eine Überlagerung von störendem Hintergrundgeräuschen durch neutrale Signale wie technisches oder natürliches Rauschen modifiziert (z. B. Haapakangas et al., 2011). Es werden aber auch bauliche Änderungen oder Änderungen der Möblierung zur Variation der unabhängigen Variablen vorgenommen (z. B. Haapakangas et al., 2014). Es liegen daher auch Aussagen zur Wirkung von Gestaltungsmaßnahmen vor. Die Operationalisierung der Leistungsfähigkeit erfolgt meist mittels kognitiver Leistungstests aus dem Bereich der kognitionspsychologischen Grundlagenforschung. Häufig wird das Serial-Recall-Paradigma angewendet und damit allein die Wirkung auf die Kapazität des verbalen Arbeitsgedächtnisses untersucht. Das Serial-Recall-Paradigma umfasst die singuläre Präsentation einer Reihe unverbundener Items (Zahlen

oder Buchstaben), die nach einem Behaltensintervall von wenigen Sekunden in exakt der Reihenfolge wiedergegeben werden müssen, in der sie ursprünglich präsentiert wurden. Aufgabenstellungen, die den realen Büroalltag abbilden, fehlen meist.

Zusätzliche Studienmerkmale

In mehreren Untersuchungen werden Geschlecht, Alter oder Muttersprache als Moderatorvariablen berücksichtigt. Während sich Geschlecht und Alter nicht als signifikante Moderatoren zeigen, wird über eine stärkere Vulnerabilität von Nichtmuttersprachlern (z. B. Ebissou et al., 2014) berichtet. Dabei ist zu vermuten, dass diese stärkere Vulnerabilität mit dem Umstand im Zusammenhang steht, dass die Aufgabenstellungen das verbale Arbeitsgedächtnis betreffen. Durch die geringere Automatisierung der Sprachverarbeitungsprozesse bei Nichtmuttersprachlern wird dieses stärker beansprucht.

6.1.2. Bewertung zum Merkmal Sprachverständlichkeit und psychischem Befinden

Der Zusammenhang zwischen Sprachverständlichkeit und dem psychischen Befinden wird meist begleitend zu den Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit untersucht. Auch hier zeichnet sich die Sprachverständlichkeit als geeignete Prädiktorvariable ab. Allerdings ist eine differenzierte Betrachtung erforderlich, zumal die Sprachverständlichkeit durch unterschiedliche Maßnahmen beeinflusst werden kann. Zudem ist die Bewertung der Sprachverständlichkeit als beeinträchtigend oder förderlich davon abhängig, ob Sprache in der gegebenen Situation als Nutz- oder als Störsignal angesehen wird. In Kommunikationssituationen wird eine hohe Sprachverständlichkeit positiv bewertet, steht dagegen stilles und konzentriertes Arbeiten im Vordergrund, wird sie negativ bewertet.

Stichprobe

Ebenso wie für den Zusammenhang zwischen Sprachverständlichkeit und Leistung gilt die Einschränkung, dass vor allem studentische Stichproben untersucht wurden.

Operationalisierung der unabhängigen und abhängigen Variablen

Die Operationalisierung unterschiedlicher Ausprägungen der Sprachverständlichkeit durch eine Überlagerung von störendem Hintergrundsprechen mit maskierenden Signalen oder durch bauliche Veränderungen kann sowohl positive als auch negative Effekte auf das psychische Befinden haben. Die Sprachverständlichkeit kann bspw. durch die Überlagerung (Maskierung) mit lauten Geräuschen oder durch lange Nachhallzeiten in Räumen reduziert werden. Wenn allerdings bestimmte Maskierpegel oder Nachhallzeiten überschritten werden, wird dies ebenfalls als Belästigung oder Belastung erlebt. Eine differenzierte Betrachtung ist daher erforderlich. Die Arbeitsbelastung wird häufig mittels des NASA-TLX erfasst. Ansonsten kommen zur Beurteilung der Arbeitsbelastung, aber auch der Lästigkeit, der Aufmerksamkeit und der Konzentration häufig selbst konstruierte, nicht validierte Skalen zum Einsatz.

6.2. Bewertung zu pegelorientierten Merkmalen

6.2.1. Bewertung zu pegelorientierten Merkmalen und Leistung

Stichprobe

Im Gegensatz zu den Untersuchungen zu Büroarbeitsplätzen werden zu Arbeitsplätzen in der Industrie und in Kliniken häufiger Untersuchungen an echten Arbeitsplätzen berichtet. Die Zahl der identifizierten Arbeiten ist diesbezüglich in der Summe aber gering.

Operationalisierung der unabhängigen und abhängigen Variablen

Wie beim Zusammenhang zwischen Sprachverständlichkeit und Leistung ist die ökologische Validität bei der Operationalisierung kognitiver Leistung (meist Serial-Recall-

Paradigma) infrage zu stellen. Diese Aufgaben erfassen zwar grundlegende kognitive Funktionen, die bei der Büroarbeit sicherlich eine Rolle spielen, werden aber den komplexen Anforderungen der Bürotätigkeit nicht gerecht. Die Ergebnisse werden meist vom Labor auf den Bürokontext übertragen, einige Studien wurden auch in simulierten Büroumgebungen durchgeführt. Feldstudien zum Zusammenhang von L_{eq} und Leistung fehlen.

Einige Untersuchungen zeigen den Einfluss von Büroschall (z. B. Ruhe vs. Bürogeräusche bei Kristiansen et al., 2009), wobei der L_{eq} dokumentiert wird. Auswirkungen auf die Leistung können aber nicht eindeutig auf das Merkmal Schalldruckpegel zurückgeführt werden, da eine Reihe weiterer Merkmale mitvariiert werden. Hier kann nicht identifiziert werden, welches akustische Merkmal die Störwirkung letztlich verursacht.

Auch bei systematischen Variationen des L_{eq} ist in Bezug auf sprachhaltigen Schall und die durch diesen bedingte Beeinträchtigung kognitiver Leistungen zu bedenken, dass sich infolge von Pegelvariationen Änderungen des Signal-Rausch-Verhältnisses (zwischen Sprache und Grundgeräusch) einstellen, die auch den STI beeinflussen. Eine Beeinflussung der Leistung kann dann ggf. auch auf eine Variation des STI zurückzuführen sein, falls dieser nicht gezielt kontrolliert wurde.

6.2.2. Bewertung zu pegelorientierten Merkmalen und Herz-Kreislauf-System

Stichprobe

Hinsichtlich der Untersuchung der Wirkungen auf das Herz-Kreislauf-System liegt der Fokus der bisherigen Lärmwirkungsforschung klar auf den Industriearbeitsplätzen, die z. T. mit Büroarbeitsplätzen verglichen werden. Es handelt sich dabei vorwiegend um Feldstudien, im deren Rahmen Arbeitergruppen, die unterschiedlich hohen Lärmbelastungen ausgesetzt sind, miteinander verglichen werden. Häufig werden auch Arbeiter mit Büroangestellten verglichen, die i. d. R. geringen Pegeln ausgesetzt sind.

Studien zur langfristigen Wirkung dauerhafter Exposition durch Störquellen mit geringen Pegeln, wie sie z. B. im Mehrpersonenbüro auftreten, fehlen bislang. Auch im Bereich der Klinikarbeitsplätze besteht Nachholbedarf (Ärzte, Pflegepersonal).

Operationalisierung der unabhängigen und abhängigen Variablen

Die medizinischen Indikatoren für Einflüsse auf das Herz-Kreislauf-System sind sehr vielfältig, was die Vergleichbarkeit der Studien erschwert. Hier sind der systolische und diastolische Blutdruck, das Auftreten von Bluthochdruck, Blutzuckerwerte, das Lipidprofil, Eigenschaften des Blutgefäßsystems (Nachgiebigkeit, Dehnbarkeit und Widerstand der Oberarmarterie, Nachgiebigkeit und Widerstand des Gefäßsystems) sowie der Cortisolspiegel als Indikator für die Stressaktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse zu nennen. Ob eine Wirkung auf das Herz-Kreislauf-System festgestellt werden kann, hängt auch vom gewählten physiologischen Indikator ab. Am häufigsten werden der systolische und diastolische Blutdruck gemessen. Sie gelten als belastbare Indikatoren für das Risiko einer Herzkrankung.

Der äquivalente Dauerschallpegel (L_{eq}) ist die am häufigsten verwendete pegelorientierte Messgröße. In seltenen Fällen wird auf eine technische Messung verzichtet und ein Zusammenhang zwischen der Lautheitsbewertung durch die Probanden und möglichen Lärmwirkungen untersucht. Eine Homogenisierung der Messverfahren und Begrifflichkeiten aufseiten der unabhängigen Variablen (UV), also der pegelorientierten Größen, würde die Vergleichbarkeit der Arbeiten erleichtern. Der betrachtete bzw. gemessene Zeitraum

variiert stark zwischen wenigen Minuten und mehreren Stunden. Zudem erfolgen die Angaben zumeist, aber nicht durchgängig in dB(A), teilweise erfolgt die Angabe auch in dB.

6.2.3. Bewertung zu pegelorientierten Merkmalen und physischem Befinden

Stichprobe

Bei den gesichteten Studien zum Einfluss von Lärm am Arbeitsplatz auf das physische Befinden handelt es sich um eine Mischung aus Feld- und Laborstudien aus den Bereichen Industrie, Klinik und Büro. Dementsprechend reichen die untersuchten Stichproben von Studierenden (Laborexperimente) über Industriearbeiter und Büroangestellte bis hin zu Ärzten und Pflegepersonal in Kliniken.

Operationalisierung der abhängigen und der unabhängigen Variablen

Im Bereich des physischen Befindens werden physiologische Stresswirkungen am häufigsten untersucht. Die Variable Stress wird dabei meist durch die Konzentration von Cortisol im Speichel, Blut oder Urin operationalisiert. Weiterhin werden die Konzentration von Adrenalin und Noradrenalin untersucht. Als weitere Indikatoren für physischen Stress werden die Muskelspannung (gemessen mittels EMG) sowie die kurzfristige Erhöhung der Herzrate und des Blutdrucks herangezogen. Davon zu unterscheiden ist der psychisch erlebte Stress, der über Fragebogenverfahren erhoben werden kann (siehe 6.2.4).

An dieser Stelle sei angemerkt, dass in vielen Fällen keine klare Trennung der Studien nach den Wirkungsbereichen Stress und Herz-Kreislauf-System möglich ist. Dieselben physiologischen Parameter (z. B. Herzrate, Blutdruck) werden in Abhängigkeit von der jeweiligen Studie als Indikator für Stress oder aber als Nachweis der Wirkung auf das Herz-Kreislauf-System und der damit verbundenen erhöhten Risiken für Herz-Kreislauf-Erkrankungen herangezogen. Beispielsweise ziehen Stokholm et al. (2014) den Cortisol-Spiegel als Indikator für die Aktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse und ein damit verbundenes höheres Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen heran. Hier liegt die Annahme einer Kausalitätskette zugrunde, in der Lärm physiologisch messbar Stresswirkungen bedingt, die wiederum zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen. Physiologische Stresswirkungen fungieren folglich als Mediator im Zusammenhang von Lärm und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die Studien entweder unter den Herz-Kreislauf-Wirkungen oder dem physischen Befinden (einschließlich Stress) aufgeführt. Die Zuordnung richtet sich in erster Linie nach der Schwerpunktsetzung der Autoren.

6.2.4. Bewertung zu pegelorientierten Merkmalen und psychischem Befinden

Stichprobe

Unter den Studien zum Einfluss von Lärm am Arbeitsplatz auf das psychische Befinden finden sich Feld- und Laborstudien aus den Bereichen Industrie, Klinik und Büro. Die untersuchten Stichproben variieren in Abhängigkeit vom Untersuchungskontext (Studierende, Industriearbeiter und Büroangestellte, Ärzte und Pflegepersonal in Kliniken).

Operationalisierung der abhängigen und der unabhängigen Variablen

Zur Erfassung der Lästigkeit (ISO/TS 15666) und der Arbeitsbelastung (NASA-TLX) existieren standardisierte Skalen, die allerdings nicht in allen hier gesichteten Studien Verwendung finden. Psychischer Stress wird mittels selbst konstruierter Fragebogenskalen gemessen oder durch die wahrgenommene Arbeitsbelastung oder die Reizbarkeit operationalisiert. Die Müdigkeit und Erschöpfung werden über selbst berichtete kognitive Maße (z. B. die Inhibitionsfähigkeit bei Jahncke et al., 2011) oder die Herzrate erhoben. Letztere ist zwar ein physiologisches Maß, wird aber auch als Indikator für die psychische Ermüdung verwendet.

7. Zusammenfassende Bewertung der Merkmale des Arbeitsbedingungsfaktors, Schlussfolgerungen und Forschungsbedarf

Es deutet sich an, dass sich trotz der Vielzahl von Untersuchungen zum Thema Lärm am Arbeitsplatz noch keine verbindlichen Grenzwerte ableiten lassen, die allen Arbeitsumgebungen in der gleichen Weise gerecht werden. Vielmehr gilt es, den spezifischen akustischen Umgebungsbedingungen und Schutzbedürfnissen in Abhängigkeit von der Arbeitstätigkeit Rechnung zu tragen. Einerseits unterscheiden sich die akustischen Umgebungsbedingungen (Art und Ausmaß der Schallbelastung) an Büroarbeitsplätzen von denen an Arbeitsplätzen in der Industrie, im Gesundheitswesen usw. Andererseits unterscheiden sich auch das Schutzbedürfnis und die zu stellenden Anforderungen in Abhängigkeit von der Tätigkeit.

Diesem Ansatz wird in gültigen Richtlinien wie der VDI 2058-3 bereits ansatzweise Rechnung getragen, da in der Richtlinie Geräuschimmissionen am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten (überwiegend geistige Tätigkeit, einfache oder eingeübte Bürotätigkeiten und vergleichbare Tätigkeiten, sonstige Tätigkeiten) beurteilt werden. Die Belastbarkeit der spezifizierten Grenzwerte und vor allem deren konkreter Wirkungsbezug sind allerdings in der aktuellen Form infrage zu stellen. Es deutet sich an, dass die oftmals ingenieurstechnisch begründeten Grenzwerte in keinem direkten Zusammenhang mit den eher medizinischen oder psychologischen Wirkungsuntersuchungen stehen.

Um belastbarere Aussagen treffen zu können, ist einerseits eine Harmonisierung der Untersuchungsansätze erforderlich. Das bedeutet, dass entweder vergleichbare Operationalisierungen der Prädiktor- und Kriteriumsvariablen etabliert oder Methoden entwickelt werden müssen, um diese unterschiedlichen Variablen in ein vergleichbares Maß zu überführen. Dabei ist besonders eine stärkere interdisziplinäre Zusammenarbeit erforderlich. Oft werden Schallexposition am Arbeitsplatz und Schallwirkung getrennt voneinander betrachtet. Dabei fällt eine ingenieurstechnische Ausrichtung im Rahmen von Untersuchungen zur Schallexposition im Gegensatz zu einem medizinischen und psychologischen Fokus im Rahmen von Wirkungsuntersuchungen auf.

Für Büroarbeitsplätze gilt, dass der Zusammenhang zwischen Sprachverständlichkeit und Leistung sowie psychischem Befinden als belastbar angesehen werden kann. Gleichzeitig spielt die Sprachverständlichkeit als Planungsgröße in aktuellen Richtlinien keine Rolle. In der Regel wird die konkrete Belastung durch sprachliche Hintergrundschalle bei der Beurteilung der Qualität von Arbeitsplätzen gar nicht erfasst, da Messungen häufig im unbesetzten Zustand stattfinden. Dies ist einerseits nachvollziehbar, da Art und Ausmaß der sprachlichen Umgebungsgeräusche auch von der Tätigkeit abhängig sind. In der Folge werden zur Beschreibung der Qualität eines Arbeitsplatzes technische Beurteilungsgrößen herangezogen. Im Fall von Büroumgebungen sind dies bspw. die räumliche Abklingrate von Sprache ($D_{2,S}$), der A-bewertete Schalldruckpegel von Sprache in einem Abstand von 4 Metern ($L_{p,A,S,4m}$), die Nachhallzeit (T) und das bauseitige Grundgeräusch ($L_{NA,Bau}$). Es ist anzustreben, dass diese technischen Beurteilungsgrößen in einen konkreten Bezug zu Prädiktorvariablen von Lärmwirkungen (z. B. zum STI) gesetzt werden und auf dieser Grundlage Grenzwerte oder Qualitätsstufen abgeleitet werden, die nachweislich wahrnehmungs- oder wirkungsrelevant sind. Dies gilt auch für die Herstellung von hoher Sprachverständlichkeit für Situationen, in denen Kommunikation im Vordergrund steht.

An mehreren Stellen wird auch der Zusammenhang zwischen der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm und Outcomes wie erhöhtem Krankenstand (z. B. Clausen, Kristiansen, Hansen, Pejtersen & Burr, 2013) oder erhöhtem Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen berichtet. Aus der subjektiv empfundenen Lärmbelastung lässt sich aber keine Planungsgröße ableiten, sodass es notwendig ist, den Zusammenhang zwischen der subjektiv empfundenen Lärmbelastung und physikalischen Messgrößen herzustellen.

Es deutet sich auch ein erheblicher Nachholbedarf hinsichtlich wissenschaftlicher Untersuchungen zum konkreten Zusammenhang zwischen Lärm und psychischen Belastungen an. Der konkrete Zusammenhang zwischen Lärm und psychischen Belastungen bzw. Stress wurde in den bislang gesichteten Arbeiten selten untersucht, obwohl naheliegend ist, dass Lärm einen Belastungsfaktor darstellt. Lärm bindet nachweislich kognitive Ressourcen, was bestenfalls durch vermehrte Anstrengung kompensiert werden kann. Er kann das Erregungsniveau beeinflussen und kurzfristig sogar eine positive Wirkung auf die Vigilanz haben, was aber längerfristig eine größere Erschöpfung bedingt. Lärm bedingt Störungen und Unterbrechungen bei der Arbeit, die als belastend empfunden werden. Insbesondere sprachhaltiger Lärm beeinflusst auch die Privatheitsregulation und stellt einen potenziellen Stressor im Sinne von Crowding dar. Allerdings wurden diese Effekte nicht systematisch im Arbeitsumfeld untersucht. Ein Bezug wird eher argumentativ hergestellt. Es ist auch festzuhalten, dass Moderatorvariablen oder Coping-Strategien selten berücksichtigt werden. Zudem werden überraschend selten Effektstärken berichtet, obwohl einschlägige Publikationsrichtlinien wie die der American Psychological Association (APA) dies fordern. Diese Effektstärkenmaße sind notwendig für die Durchführung von Metaanalysen. Beinahe gänzlich unberücksichtigt bleibt im Rahmen der gesichteten Literatur die Rolle des Wandels in der Arbeitswelt. Lediglich die Untersuchung von Mehta et al. (2012) könnte vor diesem Hintergrund interpretiert werden, wenn man davon ausgeht, dass im Zug der Flexibilisierung von Büroarbeit zukünftig vermehrt Wissensarbeit unter freier Wahl des Arbeitsplatzes auch in Cafés stattfinden wird. Auf Grundlage dieser Untersuchung könnte man annehmen, dass für kreatives Arbeiten ein mittlerer Hintergrundgeräuschpegel (70 dB) förderlich ist.

8. Gestaltungsaussagen zum Arbeitsbedingungsfaktor Lärm

8.1. Gestaltungswissen auf der Basis von Interventionsstudien

In Bezug auf das Merkmal Sprachverständlichkeit liegt eine Reihe von Interventionsstudien vor, die die Wirksamkeit von Manipulationen der Sprachverständlichkeit hinsichtlich Leistungsfähigkeit und psychischem Befinden belegen (siehe Tab. 11 und 12). Die Möglichkeiten zur Manipulation der Sprachverständlichkeit umfassen einerseits typische bau- und raumakustische Maßnahmen wie den Einsatz von hochabsorbierenden Decken oder spezifischem Mobiliar (z. B. Stellwänden) und reichen andererseits bis zur gezielten Anhebung des Grundgeräuschniveaus (z. B. durch Sound Masking). Im Rahmen der Untersuchungen von Haapakangas et al. (2014) wurden verschiedene handelsübliche Büroausstattungen dahingehend untersucht, welche Bandbreite von Variationen des STI sich durch ihren Einsatz realisieren lässt. Einerseits zeigt diese Untersuchung erneut den Zusammenhang zwischen STI und Leistung sowie psychischem Befinden, andererseits wird eindeutig darauf hingewiesen, dass die Möglichkeiten zur Beeinflussung des STI durch übliche bau- und raumakustische Maßnahmen äußerst begrenzt sind. Durch eine zielgerichtete Anhebung des Grundgeräuschs (z. B. durch Sound Masking) kann ebenfalls der STI und damit die Leistung und das psychische Empfinden beeinflusst werden. Entspre-

chende Untersuchungsergebnisse finden sich bspw. bei Haapakangas et al. (2011) sowie Park et al. (2013). Allerdings sind auch der Anhebung des Grundgeräuschs mit dem Zweck der Beeinflussung des STI klare Grenzen gesetzt, weil das Grundgeräusch im Raum nicht beliebig angehoben werden darf, da sonst die maskierenden Signale selbst als belastend empfunden werden. Die Untersuchung von Kaarlela-Tuomaala, Helenius, Keskinen und Hongisto (2009) deutet zudem darauf hin, dass grundsätzliche Vor- und Nachteile bei bestimmten Büroformen (offen gestaltete Büros vs. Einzelbüros) existieren und die Arbeit in offenen Büroumgebungen mit einer stärkeren akustischen Belastung verbunden ist. Diese Arbeit konnte aber nicht in das vorgegebene Schema von Merkmalen und Outcomes eingefügt werden, weil durch die Vielzahl der gleichzeitig manipulierten Größen keine eindeutige Zuordnung vorgenommen werden kann. Zudem wurden im Rahmen der beschriebenen Forward-Suche einige Studien identifiziert, die die Wirksamkeit raumakustischer Maßnahmen allein auf die Prädiktorvariablen (Merkmale) untersuchen, aber keinen Wirkungsbezug hinsichtlich der Outcome-Variablen herstellen. Es handelt sich hierbei um die Untersuchungen von Keränen und Hongisto (2013), Keränen, Virjonen, Elorza und Hongisto (2008) sowie Passero und Zannin (2013) für Büroarbeitsplätze.

Im Klinikbereich liegen einzelne Untersuchungen vor, die sowohl erfolgreiche als auch unwirksame Gestaltungsmaßnahmen berichten. Engelmann et al. (2014) berichten bspw. über eine erfolgreiche Reduzierung des L_{eq} und von einer Reduzierung von Stressindikatoren bei Operateuren sowie Komplikationen nach Operationen durch verhaltensbezogene und technische Maßnahmen in Operationssälen. Die Maßnahmen reichen von technischen Maßnahmen wie der Verringerung der Lautstärke von Alarmen bis hin zu konkreten Verhaltensanweisungen zum Umgang mit technischen Gerätschaften wie Absauggeräten. Im Gegensatz dazu konnten Konkani, Oakley und Penprase (2014) keine pegelreduzierende Wirkung durch die Rückmeldung der Lärmexposition mittels Lärmdosimeter erreichen. Keinen Erfolg hinsichtlich einer Reduzierung des L_{eq} zeigten auch räumliche Organisationsmaßnahmen im pharmazeutischen Bereich eines Krankenhauses. Guérin, Leroux und Bussièrès (2013) berichten kaum einen Erfolg hinsichtlich pegelreduzierender Maßnahmen. Eine Übersicht über mögliche Interventionsmaßnahmen liefert Topf (2000) im Rahmen der Formulierung eines Modells zum angenommenen Zusammenhang zwischen Umgebungsstress, Verbesserungen der Person-Umwelt-Kompatibilität und Gesundheit. Sie werden aber ausschließlich aufgezählt und nehmen keinerlei Bezug zu empirischen Untersuchungen, die deren Wirksamkeit belegen würden.

9. Suchstrings zum Arbeitsbedingungsfaktor Lärm

Der Leitfaden für die Erarbeitung von Scoping Reviews sieht im Rahmen der Definition der Fragestellung vor, dass im ersten Schritt eine angemessene Operationalisierung des fokussierten Arbeitsbedingungsfaktors (hier Lärm) als Prädiktorvariable erfolgt sowie Ein- und Ausschlusskriterien festgelegt werden. Wenn notwendig, ist als zweiter Schritt zur Verdichtung der Suchergebnisse die Eingrenzung auf den Arbeitskontext vorgesehen. Ist der Ergebnisraum nach diesen Schritten immer noch zu groß, kann laut Leitfaden in einem dritten Schritt durch eine gezielte Hinzunahme relevanter abhängiger Variablen eine Einschränkung des Ergebnisraums vorgenommen werden. Die vollständigen Suchstrings ergeben sich durch die Verknüpfung der unabhängigen Variablen (UV), Kontrollvariablen (KV) und abhängigen Variablen (AV) in folgender Art und Weise:

UV (... OR...) AND KV (... OR...) NOT NV (...OR...) AND AV (...OR...)

Tab. 18 Suchstring für den Arbeitsbedingungsfaktor Lärm basierend auf MeSH-Terms und Thesaurus

Unabhängige Variable (UV) – Lärm Kontextvariable (KV) – Arbeit Ausschlussvariable (NV) – aurale Lärmwirkungen		
Medline	MeSH	(MH "Noise, Occupational") NOT (MH "Hearing Loss+")
PsycINFO/ PsycARTIC- LES/PSYINDEX	Thesaurus	(DE "Noise Effects" OR DE "Noise Levels (Work Areas)") NOT (DE "Hearing Disorders" OR DE "Deaf")

Tab. 19 Einführungsdatum und Datum der rückwirkenden Kategorisierung der MeSH-Terms und Schlagwörter aus dem Thesaurus von PsycINFO, PsycARTICLES und PSYINDEX

MeSH/Thesaurus	Datum der Einführung	Datum der Kategorisierung
Noise, Occupational	1991	1979
Hearing Loss	2003	
Noise Effects	1973	
Noise Levels (Work Areas)	1973	
Hearing Disorders	1982	
Deaf	1967	

Tab. 20 Suchstring für den Arbeitsbedingungsfaktor Lärm basierend auf den Dokumenten „Spezifizierung der abhängigen Variablen“ (Stand 10.06.2014) und „Suchstrings für die Recherche zur UV Klima“ (Stand 09.12.2014)

Unabhängige Variable (UV)		
Lärm	UV	nois* OR acoustic* OR sound* OR "irrelevant speech" OR "background speech"
Kontextvariable (KV)		
Arbeit	KV1	work* OR occupation*
Ausschlussvariablen (NV)		
Tiere, Kinder	NV1	child* OR animal*
Aurale Wirkungen	NV2	"hearing impairment*" OR "hearing loss*" OR "loss of hearing" OR "hearing disorder*" OR "hearing damage"
Abhängige Variable (AV) – Suchstring		
Mentale Gesundheit		depress* OR "major depression*" OR burnout OR "anxiety disorders"
Psychische Störung Motivation Arbeitszufriedenheit Befinden		OR "somatoform disorders" OR "adjustment disorders" OR "stress symptom*" OR "stress hormone*" OR "stress disorders" OR "stress-related disorders" OR "stressor-related disorder" OR "sleep disorders" OR "depressive disorder" OR "depressive symptom*" OR depressiveness OR "dysthymic disorder*" OR "depressive episode" OR "affective disorder*" OR "affective symptom*" OR "mood disorder*" OR "mental disorder*" OR "mental illness" OR "psychiatric disorder*" OR "mental health" OR distress OR "substance-related disorder*" OR monotony OR "mental fatigue" OR exhaustion OR satiation OR "mental satiation"
		"mental health*" OR "well-being" OR "wellbeing" OR eudaimonia OR workability* OR "work ability*" OR happiness* OR "psychological functioning" OR "positive functioning" OR "social functioning" OR "human functioning" OR "affect balance" OR ("positive affect" AND "negative affect*") OR "positive affect*" OR "positive emotion*" OR flourishing* OR "satisfaction with life" OR "life satisfaction*" OR "work satisfaction*" OR "job satisfaction*" OR "quality of life"
		"irritable bowel syndrome" OR "abdominal pain" OR gastritis OR "gastrointestinal disorders" OR arthralgia OR "joint pain" OR "muscle tension" OR "muscle tonus" OR "limb pain" OR headache OR "sleep disorders" OR asthenia OR "psychosomatic disorders" OR "psychosomatic complaints" OR "somatoform disorders" OR "sick building syndrome" OR "eye pain" OR "skin symptoms" OR tinnitus OR breathlessness OR dyspnea OR "respiratory diseases" OR "respiration disorders" OR "unspecific symptoms" OR "nonspecific symptoms" OR "unexplained symptoms" OR "unspecific pain" OR "non-specific pain" OR "unexplained pain" OR "unspecific complaints" OR "nonspecific complaints" OR "unexplained complaints" OR "chronic pain" OR "chronic complaints" OR discomfort

	<p>"general fatigue*" OR "general lassitude*" OR "physical exhaustion*" OR "emotional exhaustion*" OR irritability OR "mental fatigue*" OR monotony* OR alertness OR vigilance OR recovery* OR buoyancy OR recuperativeness OR strain OR excitation OR activation OR "positive mood" OR evenness OR effort* OR discontent OR dissatisfaction* OR disaffection* OR "speech privacy" OR "acoustic privacy" OR annoyance OR interference OR disturb* OR impairment OR comfort*</p>
<p>Kognitive Leistungsfähigkeit</p>	<p>cognition OR "cognitive function*" OR "cognitive efficiency" OR "cognitive impairment*" OR memor* OR "neuropsychological memor*" OR alzheimer* OR dementia OR forget* OR "cognitive failure" OR "cognitive decline*" OR "cognitive performance*" OR "cognitive deterioration*" OR intelligence OR reasoning* OR learning* OR "problem solving*" OR inhibition OR planning* OR attention* OR "executive function*" OR conscious* OR "processing speed*" OR language OR "decision making*" OR alertness* OR attention* OR concentration* OR communication*</p> <hr/> <p>performance* OR efficiency OR "work performance*" OR efficiency OR productivity* OR "increased efficiency*" OR "improvement of performance" OR "performance speed*" OR "performance quality*" OR "normal performance*" OR recall OR rehearsal OR distraction OR disruption OR mistake OR accident*</p>
<p>Muskel-Skelett-System</p>	<p>((pain OR complaint) AND ("lower extremit*" OR "lower limb" OR knee OR pelvis OR neck OR shoulder OR back OR "low back" OR hip OR elbow OR "upper extremit*" OR "upper limb" OR arm OR "musculoskeletal system")) OR "neck pain" OR "shoulder pain" OR</p> <hr/> <p>"low back pain" OR "back pain" OR "musculoskeletal disorder" OR</p> <hr/> <p>"musculoskeletal pain" OR "muscular pain" OR "muscular disease"</p> <hr/> <p>OR musculoskeletal system OR cumulative trauma disorder OR "tennis elbow" OR "patellofemoral pain" OR "myofascial pain" OR "patellofemoral pain syndrome"</p>
<p>Herz-Kreislauf-System</p>	<p>"cardiovascular diseases" OR "blood pressure" OR hypertension OR</p> <hr/> <p>"coronary heart disease" OR "coronary disease" OR "cerebrovascular disorders"</p> <hr/> <p>OR "angina pectoris" OR "cardiovascular death" OR "heart failure" OR atheroscler*)</p>

10. Literatur zum Arbeitsbedingungsfaktor Lärm

- Abbate, C., Giorgianni, C., Munaò, F., Costa, C., Brecciaroli, R., & Barbaro, M. (2002). Effects of noise on functional cardiovascular parameters: a follow-up study. *Gionale Italiano Di Medicina Del Lavoro Ed Ergonomia*, 24(1), 43–48. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=11892416&site=ehost-live>
- Akbari, J., Dehghan, H., Azmoon, H., & Forouharmajd, F. (2013). Relationship between lighting and noise levels and productivity of the occupants in automotive assembly industry. *Journal of Environmental and Public Health*, 2013, 527078. doi:10.1155/2013/527078
- Applebaum, D., Fowler, S., Fiedler, N., Osinubi, O., & Robson, M. (2010). The impact of environmental factors on nursing stress, job satisfaction, and turnover intention. *The Journal of Nursing Administration*, 40(7-8), 323–328. doi:10.1097/NNA.0b013e3181e9393b
- Arbeitsschutzgesetz vom 7. August 1996 (BGBl. I S. 1246), das durch Artikel 427 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist
- Arbeitsstättenverordnung vom 12. August 2004 (BGBl. I S. 2179), die zuletzt durch Artikel 282 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist
- Attarchi, M., Dehghan, F., Safakhah, F., Nojomi, M., & Mohammadi, S. (2012). Effect of exposure to occupational noise and shift working on blood pressure in rubber manufacturing company workers. *Industrial Health*, 50(3), 205–213. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=22453208&site=ehost-live>
- Attarchi, M., Golabadi, M., Labbafinejad, Y., & Mohammadi, S. (2013). Combined effects of exposure to occupational noise and mixed organic solvents on blood pressure in car manufacturing company workers. *American Journal of Industrial Medicine*, 56(2), 243–251. doi:10.1002/ajim.22086
- Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet*, 383(9925), 1325–1332. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psych&AN=2014-14669-033&site=ehost-live>
- Bayo, M. V., García, A. M., & García, A. (1995). Noise levels in an urban hospital and workers' subjective responses. *Archives Of Environmental Health*, 50(3), 247–251. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=7618959&site=ehost-live>
- Bildschirmarbeitsverordnung vom 4. Dezember 1996 (BGBl. I S. 1841, 1843), die durch Artikel 429 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist Arbeitsstättenrichtlinie 89/654/EWG
- Blomkvist, V., Eriksen, C. A., Theorell, T., Ulrich, R., & Rasmanis, G. (2005). Acoustics and psychosocial environment in intensive coronary care. *Occupational and Environmental Medicine*, 62(3), e1. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=15723873&site=ehost-live>

- Brennan, P. C., Ryan, J., Evanoff, M., Toomey, R., O'Beirne, A., Manning, D., McEntee, M. (2008). The impact of acoustic noise found within clinical departments on radiology performance. *Academic Radiology*, 15(4), 472–476. doi:10.1016/j.acra.2007.12.005
- Cabrera, I. N., & Lee, M. H. (2000). Reducing noise pollution in the hospital setting by establishing a department of sound: a survey of recent research on the effects of noise and music in health care. *Preventive Medicine*, 30(4), 339–345. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=10731463&site=ehost-live>
- Chang, T.-Y., Jain, R.-M., Wang, C.-S., & Chan, C.-C. (2003). Effects of occupational noise exposure on blood pressure. *Journal of Occupational and Environmental Medicine/American College of Occupational and Environmental Medicine*, 45(12), 1.289–1.296. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=14665815&site=ehost-live>
- Chang, T.-Y., Liu, C.-S., Young, L.-H., Wang, V.-S., Jian, S.-E., & Bao, B.-Y. (2012). Noise frequency components and the prevalence of hypertension in workers. *The Science of The Total Environment*, 416, 89–96. doi:10.1016/j.scitotenv.2011.11.071
- Chang, T.-Y., Su, T.-C., Lin, S.-Y., Jain, R.-M., & Chan, C.-C. (2007). Effects of occupational noise exposure on 24-hour ambulatory vascular properties in male workers. *Environmental Health Perspectives*, 115(11), 1.660–1.664. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=18008000&site=ehost-live>
- Choiniere, D. B. (2010). The effects of hospital noise. *Nursing Administration Quarterly*, 34(4), 327–333. doi:10.1097/NAQ.0b013e3181f563db
- Clausen, T., Kristiansen, J., Hansen, J. V., Pejtersen, J. H., & Burr, H. (2013). Exposure to disturbing noise and risk of long-term sickness absence among office workers: a prospective analysis of register-based outcomes. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 86(7), 729–734. doi:10.1007/s00420-012-0810-4
- Davies, H. W., Teschke, K., Kennedy, S. M., Hodgson, Hertzman, C., & Demers, P. A. (2005). Occupational exposure to noise and mortality from acute myocardial infarction. *EPIDEMIOLOGY*, 16(1), 25–32. doi:10.1097/01.ede.0000147121.13399.bf
- de Korte, E., Kuijt-Evers, L., & Vink, P. (2007). *Effects of the office environment on health and productivity 1: Auditory and visual distraction. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): 4566 LNCS*. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-38149106491&partnerID=40&md5=902ed29806960ceb63905e010ae818bb>
- destatis (2014). Retrieved from <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/Krankenhaeuser/Tabellen/PersonalKrankenhaeuserBL.html>, abgerufen am 12.5.2015
- DIN EN ISO 3382-3 (2012-05). Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- DIN EN ISO 11690-1 (1997-02). Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- DIN EN ISO 11690-2 (1997-02). Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- DIN EN ISO 9241-6 (2001-03). Berlin: Beuth Verlag GmbH.

DIN 18041 (2004-05). Berlin: Beuth Verlag GmbH.

DIN 1320 (2009-12). Berlin: Beuth Verlag GmbH.

DIN 45645-2 (2012-09). Berlin: Beuth Verlag GmbH.

DIN EN 61672-1 (2014-07). Berlin: Beuth Verlag GmbH.

Ebissou, A., Parizet, E., & Chevret, P. (2014). Use of the Speech Transmission Index for the assessment of sound annoyance in open-plan offices. *Applied Acoustics*, 88, 90–95. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84908431968&partnerID=40&md5=66ec17fd8a922d7e4afc8020474185e8>

Ellermeier, W., & Zimmer, K. (2014). The psychoacoustics of the irrelevant sound effect. *Acoustical Science and Technology*, 35(1), 10–16. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84892378325&partnerID=40&md5=b113a022a18c0ed00ddcf84a6a188b68>

Engelmann, C. R., Neis, J. P., Kirschbaum, C., Grote, G., & Ure, B. M. (2014). A noise-reduction program in a pediatric operation theatre is associated with surgeon's benefits and a reduced rate of complications (PSYNDEXshort). *Annals of Surgery*, 259(5), 1.025–1.033. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=pdx&AN=0280223&site=ehost-live>

Evans, G. W., & Johnson, D. (2000). Stress and open-office noise. *The Journal of Applied Psychology*, 85(5), 779–783. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=11055149&site=ehost-live>

Fischer, F. M., Morata, T. C., Latorre, M do R, Krieg, E. F., Fiorini, A. C., Colacioppo, S., Cesar, C. L. (2001). Effects of environmental and organizational factors on the health of shiftworkers of a printing company. *Journal of Occupational and Environmental Medicine/American College of Occupational and Environmental Medicine*, 43(10), 882–889. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=11665457&site=ehost-live>

Flynn, E. A., Barker, K. N., Gibson, J. T., Pearson, R. E., Smith, L. A., & Berger, B. A. (1996). Relationships between ambient sounds and the accuracy of pharmacists' pre-prescription-filling performance. *Human Factors*, 38(4), 614–622. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=8976624&site=ehost-live>

Fouladi, D. B., Nassiri, P., Monazzam, E. M., Farahani, S., Hassanzadeh, G., & Hoseini, M. (2012). Industrial noise exposure and salivary cortisol in blue collar industrial workers. *Noise & Health*, 14(59), 184–189. doi:10.4103/1463-1741.99894

Fried, Y., Melamed, S., & Ben-David, H. A. (2002). The joint effects of noise, job complexity, and gender on employee sickness absence: An exploratory study across 21 organizations - The CORDIS study. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 75(2), 131–144. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psych&AN=2002-15559-001&site=ehost-live>

Gesetz über Betriebsärzte, Sicherheitsingenieure und andere Fachkräfte für Arbeitssicherheit vom 12. Dezember 1973 (BGBl. I S. 1885), das zuletzt durch Artikel 3 Absatz 5 des Gesetzes vom 20. April 2013 (BGBl. I S. 868) geändert worden ist.

- Guérin, A., Leroux, T., & Bussi eres, J.-F. (2013). Pre-post pilot study of noise levels at a university hospital center pharmacy department. *Journal of Pharmacy Practice*, 26(4), 448–453. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psyh&AN=2013-27974-017&site=ehost-live>
- Haapakangas, A., Hongisto, V., Hy on a, J., Kokko, J., & Ker anen, J. (2014). Effects of unattended speech on performance and subjective distraction: The role of acoustic design in open-plan offices: *Applied acoustics*, 86, 1–16.
- Haapakangas, A., Kankkunen, E., Hongisto, V., Virjonen, P., Oliva, D., & Keskinen, E. (2011). Effects of Five Speech Masking Sounds on Performance and Acoustic Satisfaction. Implications for Open-Plan Offices. *Acta Acustica united with Acustica*, 97(4), 641– 655. doi:10.3813/AAA.918444
- Haka, M., Haapakangas, A., Ker anen, J., Hakala, J., Keskinen, E., & Hongisto, V. (2009). Performance effects and subjective disturbance of speech in acoustically different office types-a laboratory experiment. *Indoor Air*, 19(6), 454–467. doi:10.1111/j.1600-0668.2009.00608.x
- Hamrol, A., Kowalik, D., & Kujawi nska, A. (2011). Impact of selected work condition factors on quality of manual assembly process. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 21(2), 156–163. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psyh&AN=2011-03926-002&site=ehost-live>
- Hongisto, V. (2005). A model predicting the effect of speech of varying intelligibility on work Performance. *Indoor Air*, 15(6), 458–468. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=16268835&site=ehost-live>
- Hoppe, A., & Binkowski, S. (2006). Prozess- und Arbeitsplatzoptimierung in Kraftwerks-Blockwarten – eine arbeitswissenschaftlich/arbeitspsychologische Untersuchung unter Ber ucksichtigung von Technikstress [Process and workplace optimization in power plant control stations – An ergonomic and industrial psychology study under consideration of technology-caused stress]. *Zeitschrift f ur Arbeitswissenschaft*, 60(2), 133–139. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=pdx&AN=0190650&site=ehost-live>
- Inoue, M., Laskar, M. S., & Harada, N. (2005). Cross-sectional study on occupational noise and hypertension in the workplace. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 60(2), 106–110. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=16983863&site=ehost-live>
- Ising, H.; Rebentisch, E.; Sust, Ch. A. (1996): L armbeurteilung – Extra-aurale Wirkungen. Auswirkungen von L arm auf Gesundheit, Leistung und Kommunikation. In: Bundesanstalt f ur Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) (Hg.): *Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse: Forschungsergebnisse f ur die Praxis*, Bd. 98. 1. Aufl. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag f ur neue Wissenschaft GmbH 1996, S. 1–25.
- Jahncke, H., Hygge, S., Halin, N., Green, A.M. & Dimberg, K. (2011). Open-plan office noise: Cognitive performance and restoration. *Journal of Environmental Psychology*, 31, 373-382.

- Jahncke, H., & Halin, N. (2012). Performance, fatigue and stress in open-plan offices: The effects of noise and restoration on hearing impaired and normal hearing individuals. *Noise and Health, 14*(60), 260–272. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84870000953&partnerID=40&md5=5fa28d35fac3d36dc5e1c222ba2a5519>
- Jahncke, H., Hongisto, V., & Virjonen, P. (2013). Cognitive performance during irrelevant speech: Effects of speech intelligibility and office-task characteristics. *Applied Acoustics, 74*(3), 307–316. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84870040118&partnerID=40&md5=0a9c1be89b42691c03bba3caa820e22f>
- Jiang, B., Liebl, A., Leistner, P., & Yang, J. (2012). Sound Masking Performance of Time-Reversed Masker Processed from the Target Speech. *Acta Acustica united with Acustica, 98*(1), 135–141. doi:10.3813/AAA.918499
- Kaarlela-Tuomaala, A., Helenius, R., Keskinen, E., & Hongisto, V. (2009). Effects of acoustic environment on work in private office rooms and open-plan offices - longitudinal study during relocation. *Ergonomics, 52*(11), 1.423–1.444. doi:10.1080/00140130903154579
- Karasek, R., & Theorell, T. (1990). *Healthy work: Stress, productivity, and the reconstruction of working life*. New York: Basic Books.
- Keränen, J., & Hongisto, V. (2013). Prediction of the spatial decay of speech in open-plan offices. *Applied Acoustics, 74*(12), 1.315–1.325.
- Keränen, J., Virjonen, P., Elorza, D. O., & Hongisto, O. V. (2008). Design of room acoustics for open offices. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health, Supplement, 4*, 46–49.
- Kersten, N., & Backe, E. (2015). Occupational noise and myocardial infarction: considerations on the interrelation of noise with job demands. *Noise & Health, 17*(75), 116–122. doi:10.4103/1463-1741.153403
- Keus Van De Poll, M., Ljung, R., Odellius, J., & Sörqvist, P. (2014). Disruption of writing by background speech: The role of speech transmission index. *Applied Acoustics, 81*, 15–18. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84897769650&partnerID=40&md5=d5270ae2877028649d97754988b50e96>
- Kjellberg, A., Landström, U., Tesarz, M., Söderberg, L., & Akerlund, E. (1996). The effects of nonphysical noise characteristics, ongoing task and noise sensitivity on annoyance and distraction due to noise at work. *Journal of Environmental Psychology, 16*(2), 123–136. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psych&AN=1996-05033-004&site=ehost-live>
- Konkani, A., Oakley, B., & Penprase, B. (2014). Reducing hospital ICU noise: a behavior-based approach. *Journal of Healthcare Engineering, 5*(2), 229–246. doi:10.1260/2040-2295.5.2.229
- De Korte, E., Kuijt-Evers, L., & Vink, P. (2007). *Effects of the office environment on health and productivity 1: Auditory and visual distraction. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): 4566 LNCS*. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-38149106491&partnerID=40&md5=902ed29806960ceb63905e010ae818bb>

- Koskinen, H.-L., Kauppinen, T., & Tenkanen, L. (2011). Dual role of physical workload and occupational noise in the association of the metabolic syndrome with risk of coronary heart disease: findings from the Helsinki Heart Study. *Occupational and Environmental Medicine*, 68(9), 666–673. doi:10.1136/oem.2010.057075
- Kristal-Boneh, E., Melamed, S., Harari, G., & Green, M. S. (1995). Acute and chronic effects of noise exposure on blood pressure and heart rate among industrial employees: the Cordis Study. *Archives of Environmental Health*, 50(4), 298–304. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=7677430&site=ehost-live>
- Kristiansen, J., Mathiesen, L., Nielsen, P. K., Hansen, A. M., Shibuya, H., Petersen, H. M., Søgaaard, K. (2009). Stress reactions to cognitively demanding tasks and open-plan office noise. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 82(5), 631–641. doi:10.1007/s00420-008-0367-4
- Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung vom 6. März 2007 (BGBl. I S. 261), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 19. Juli 2010 (BGBl. I S. 960) geändert worden ist
- Leather, P., Beale, D., & Sullivan, L. (2003). Noise, psychosocial stress and their interaction in the workplace. *Journal of Environmental Psychology*, 23(2), 213–222. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psyh&AN=2003-05671-012&site=ehost-live>
- Lee, P. J., & Jeon, J. Y. (2014). A laboratory study for assessing speech privacy in a simulated open-plan office. *INDOOR AIR*, 24(3), 307–314. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84899642903&partnerID=40&md5=ab8e15edde6fba093e93f6962bdf8426>
- Liebl, A., Drotleff, H., Sedlbauer, K., Schleuniger, F., & Uygun, A. (2011). Room acoustical set values and measures for optimization of cognitive performance and acoustic comfort in open-plan offices. *BAUPHYSIK*, 33(2), 87–93. doi:10.1002/bapi.201110010
- Liebl, A., Haller, J., Jödicke, B., Baumgartner, H., Schlittmeier, S., & Hellbrück, J. (2012). Combined effects of acoustic and visual distraction on cognitive performance and well-being. *Applied Ergonomics*, 43(2), 424–434. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-80054714791&partnerID=40&md5=3d8eb4f7b2449df79dedbd02ab4c3168>
- Ljung, R., Israelsson, K., & Hygge, S. (2013). Speech Intelligibility and Recall of Spoken Material Heard at Different Signal-to-noise Ratios and the Role Played by Working Memory Capacity. *Applied Cognitive Psychology*, 27(2), 198–203. doi:10.1002/acp.2896
- Mehta, R., Zhu, R., & Cheema, A. (2012). Is noise always bad? Exploring the effects of ambient noise on creative cognition. *Journal of Consumer Research*, 39(4), 484–799. doi:10.1037/t11859-000.
- Melamed, S., & Bruhis, S. (1996). The effects of chronic industrial noise exposure on urinary cortisol, fatigue and irritability: a controlled field experiment. *Journal of Occupational and Environmental Medicine / American College of Occupational and Environmental Medicine*, 38(3), 252–256. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=8882096&site=ehost-live>

- Melamed, S., Fried, Y., & Froom, P. (2004). The joint effect of noise exposure and job complexity on distress and injury risk among men and women: the cardiovascular occupational risk factors determination in Israel study. *Journal of Occupational and Environmental Medicine / American College of Occupational and Environmental Medicine*, *46*(10), 1.023–1.032. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=15602176&site=ehost-live>
- Melamed, S., Froom, P., Kristal-Boneh, E., Gofer, D., & Ribak, J. (1997). Industrial noise exposure, noise annoyance, and serum lipid levels in blue-collar workers--the CORDIS Study. *Archives of Environmental Health*, *52*(4), 292–298. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=9210730&site=ehost-live>
- Morrison, W. E., Haas, E. C., Shaffner, D. H., Garrett, E. S., & Fackler, J. C. (2003). Noise, stress, and annoyance in a pediatric intensive care unit. *Critical Care Medicine*, *31*(1), 113–119. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=12545003&site=ehost-live>
- Murthy, V. S., Malhotra, S. K., Bala, I., & Raghunathan, M. (1995). Detrimental effects of noise on anaesthetists. *Canadian Journal of Anaesthesia = Journal Canadien D'anesthésie*, *42*(7), 608–611. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=7553997&site=ehost-live>
- Muzammil, M., Khan, A. A., Hasan, F., & Hasan, S. N. (2004). Effect of noise on human performance under variable load in a die casting industry – a case study. *Journal of Environmental Science & Engineering*, *46*(1), 49–54. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=16649592&site=ehost-live>
- Park, M., Kohlrausch, A., & van Leest, A. (2013). Irrelevant speech effect under stationary and adaptive masking conditions. *Journal of the Acoustical Society of America*, *134*(3), 1.970–1.981. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84883414942&partnerID=40&md5=cfccce37c3b8eb083ddc9fd9b4c662d37>
- Passero, Carolina Reich Marcon, & Zannin, Paulo Henrique Trombetta. (2012). Acoustic evaluation and adjustment of an open-plan office through architectural design and noise control. *Applied Ergonomics*, *43*(6), 1.066–1.071. doi:10.1016/j.apergo.2012.03.007
- Perham, N., Hodgetts, H., & Banbury, S. (2013). Mental arithmetic and non-speech office noise: an exploration of interference-by-content. *Noise & Health*, *15*(62), 73–78. doi:10.4103/1463-1741.107160
- Pierrette, M., Parizet, E., Chevret, P., & Chatillon, J. (2015). Noise effect on comfort in open-space offices: Development of an assessment questionnaire. *Ergonomics*, *58*(1), 96–106. doi:10.1080/00140139.2014.961972
- Produktsicherheitsgesetz vom 8. November 2011 (BGBl. I S. 2178, 2179; 2012 I S. 131), das durch Artikel 435 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist

- Raffaello, M., & Maass, A. (2002). Chronic exposure to noise in industry: The effects on satisfaction, stress symptoms, and company attachment. *Environment and Behavior*, 34(5), 651–671. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psyh&AN=2002-17991-005&site=ehost-live>
- Rahma, M. S., Mustafa, B. E., Razali, A., Shamsuddin, N., & Althunibat, O. Y. (2013). The correlation between serum leptin and blood pressure after exposure to noise at work. *Noise & Health*, 15(67), 375–378. doi:10.4103/1463-1741.121223
- Rashid, M., & Zimring, C. (2008). A review of the empirical literature on the relationships between indoor environment and stress in health care and office settings - Problems and prospects of sharing evidence. *Environment and Behavior*, 40(2), 151–190.
- Richtlinie 89/391/EWG des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit
- Richtlinie 2001/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 3. Dezember 2001 über die allgemeine Produktsicherheit
- Richtlinie 89/654/EWG des Rates vom 30. November 1989 über Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz in Arbeitsstätten
- Richtlinie 2003/10/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Februar 2003 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Lärm)
- Ryherd, E. E., Waye, K. P., & Ljungkvist, L. (2008). Characterizing noise and perceived work environment in a neurological intensive care unit. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(2), 747–756. doi:10.1121/1.2822661
- Saremi, M., Rohmer, O., Burgmeier, A., Bonnefond, A., Muzet, A., & Tassi, P. (2008). Combined effects of noise and shift work on fatigue as a function of age. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics: JOSE*, 14(4), 387–394. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=19080043&site=ehost-live>
- Sauer, J., Kao, C.-S., Wastell, D., & Nickel, P. (2011). Explicit control of adaptive automation under different levels of environmental stress. *Ergonomics*, 54(8), 755–766. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psyh&AN=2012-31725-008&site=ehost-live>
- Sauer, J., Nickel, P., & Wastell, D. (2013). Designing automation for complex work environments under different levels of stress. *Applied Ergonomics*, 44(1), 119–127. doi:10.1016/j.apergo.2012.05.008
- Sbihi, H., Davies, H. W., & Demers, P. A. (2008). Hypertension in noise-exposed sawmill workers: a cohort study. *Occupational and Environmental Medicine*, 65(9), 643–646. doi:10.1136/oem.2007.035709
- Schlittmeier, S. J., & Hellbrück, J. (2009). Background music as noise abatement in open-plan offices: A laboratory study on performance effects and subjective preferences. *Applied Cognitive Psychology*, 23(5), 684–697. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psyh&AN=2009-09099-005&site=ehost-live>

- 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 [Der Einfluss von Hintergrundsprache mit einem unterschiedlichen Ausmaß an Verstehbarkeit: Auswirkungen auf die kognitive Leistung und wahrgenommene Beeinträchtigung]. *Ergonomics*, *51*(5), 719–736. doi:10.1080/00140130701745925
- Schlittmeier, S. J., & Liebl, A. (2012). Acoustics in offices: The disturbance impact of background speech. *Lärmbekämpfung*, *7*(4), 183–189. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84864613990&partnerID=40&md5=0dd7ef467546ceadb80df5583289a200>
- 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, and Psychophysics*, *74*(1), 194–203. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84856171475&partnerID=40&md5=4fbd20fd2fd6513b7782499c4f7a969b>
- Smith-Jackson, T. L., & Klein, K. W. (2009). Open-plan offices: Task performance and mental workload. *Journal of Environmental Psychology*, *29*(2), 279–289. doi:10.1037/t15489-000
- Steeneken, H. J., & Houtgast, T. (2002). Validation of the revised STIr method. *Speech Communication*, *38*(3-4), 413–425.
- Stokholm, Z. A., Hansen, Å. M., Grynderup, M. B., Bonde, J. P., Christensen, K. L., Frederiksen, T. W., Kolstad, H. A. (2014). Recent and long-term occupational noise exposure and salivary cortisol level. *Psychoneuroendocrinology*, *39*, 21–32. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psych&AN=2013-44392-003&site=ehost-live>
- Tomei, F., Fantini, S., Tomao, E., Baccolo, T. P., & Rosati, M. V. (2000). Hypertension and chronic exposure to noise. *Archives of Environmental Health*, *55*(5), 319–325. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=11063406&site=ehost-live>
- Topf, M. (2000). Hospital noise pollution: an environmental stress model to guide research and clinical interventions. *Journal of Advanced Nursing*, *31*(3), 520–528. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=10718870&site=ehost-live>
- van Kempen, E., & Babisch, W. (2012). The quantitative relationship between road traffic noise and hypertension: a meta-analysis. *Journal of hypertension*, *30*(6), 1.075–1.086. doi:10.1097/HJH.0b013e328352ac54
- Vardaman, J. M., Cornell, P. T., Allen, D. G., Gondo, M. B., Muslin, I. S., Mobley, R. N., Sigmon, T. L. (2014). Part of the job: the role of physical work conditions in the nurse turnover process. *Health Care Management Review*, *39*(2), 164–173. doi:10.1097/HMR.0b013e3182915e2b
- VDI 2058 Blatt 3 (2014-08). Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- VDI 2569 (Entwurf 2014-01). Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- Venetjoki, N., Kaarlela-Tuomaala, A., Keskinen, E., & Hongisto, V. (2006). The effect of speech and speech intelligibility on task performance. *Ergonomics*, *49*(11), 1.068–1.091. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psych&AN=2006-12552-004&site=ehost-live>

- Virkkunen, H., Härmä, M., Kauppinen, T., & Tenkanen, L. (2006). The triad of shift work, occupational noise, and physical workload and risk of coronary heart disease. *Occupational and Environmental Medicine*, 63(6), 378–386. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=16709702&site=ehost-live>
- Vischer, J. C. (2007). The effects of the physical environment on job performance: Towards a theoretical model of workspace stress. *Stress and Health: Journal of the International Society for the Investigation of Stress*, 23(3), 175–184.
- Zamanian, Z., Rostami, R., Hasanzadeh, J., & Hashemi, H. (2013). Investigation of the effect of occupational noise exposure on blood pressure and heart rate of steel industry workers. *Journal of Environmental and Public Health*, 2013, 256060. doi:10.1155/2013/256060

11. Anhang

11.1. Anhang A

Tab. 21 Übersicht der in den einzelnen Studien zum Merkmal Sprachverständlichkeit identifizierten Outcomes

Quelle	Leistung	Psychisches Befinden	Summe
Blomkvist et al. (2005)		1	1
de Korte et al. (2007)	1		1
Ebissou et al. (2014)	1	1	2
Haapakangas et al. (2014)	1	1	2
Haapakangas et al. (2011)	1	1	2
Haka et al. (2009)	1	1	2
Hongisto (2005)	1		1
Jahncke et al. (2013)	1		1
Jiang et al. (2012)	1	1	2
Keus Van De Poll et al. (2014)	1		1
Lee & Jeon (2014)		1	1
Liebl et al. (2011)	1	1	2
Liebl et al. (2012)	1		1
Ljung et al. (2013)	1		1
Park et al. (2013)	1		1
Perham et al. (2013)	1		1
Schlittmeier & Hellbrück (2008)	1	1	2
Schlittmeier et al. (2008)	1	1	2
Schlittmeier & Liebl (2012)	1	1	2
Smith-Jackson & Klein (2009)	1	1	2
Venetjoki et al. (2006)	1	1	2

11.2. Anhang B

Tab. 22 Übersicht der in den einzelnen Studien zu pegelorientierten Merkmalen identifizierten Outcomes

Quelle	Leistung	Herz-Kreislauf-System	Physisches Befinden	Psychisches Befinden	Motivation	Arbeitszufriedenheit	Summe
Abbate et al. (2002)		1					1
Akbari et al. (2013)	1						1
Applebaum et al. (2010)				1		1	2
Attarchi et al. (2012)		1					1
Attarchi et al. (2013)		1					1
Basner et al. (2014)	1	1	1	1			4
Bayo, García & García (1995)						1	1
Brennan et al. (2008)	1						1
Cabrera & Lee (2000)		1	1	1			3
Chang et al. (2003)		1					1
Chang et al. (2007)		1					1
Chang et al. (2012)		1					1
Choiniere (2010)		1	1	1			3
Davies et al. (2005)		1					1
Engelmann et al. (2014)	1		1	1			3
Evans & Johnson (2000)			1	1			2

Quelle	Leistung	Herz-Kreislauf-System	Physisches Befinden	Psychisches Befinden	Motivation	Arbeitszufriedenheit	Summe
Fischer et al. (2001)		1	1	1			3
Flynn et al. (1996)	1						1
Fouladi et al. (2012)			1				1
Fried et al. (2002)			1				1
Hamrol et al. (2011)	1						1
Hoppe & Binkowski (2006)				1		1	2
Inoue et al. (2005)		1					1
Jahncke & Halin (2012)	1		1	1			3
Jahncke et al. (2011)	1		1	1	1		4
Kersten & Backé (2015)		1					1
Kirstal-Boneh et al. (1995)		1					1
Kjellberg et al. (1996)	1			1			2
Koskinen et al. (2011)		1					1
Kristiansen et al. (2009)	1	1	1	1			4
Leather et al. (2003)			1			1	2
Mehta et al. (2012)	1		1	1	1		4
Melamed & Bruhis (1996)			1	1			2
Melamed et al. (2004)				1			1

Quelle	Leistung	Herz-Kreislauf-System	Physisches Befinden	Psychisches Befinden	Motivation	Arbeitszufriedenheit	Summe
Melamed et al. (1997)		1					1
Morrison et al. (2003)		1	1	1			3
Murthy et al. (1995)	1						1
Muzammil et al. (2004)	1			1			2
Pierrette et al. (2015)				1			1
Raffaello & Maass (2002)				1		1	2
Rahma et al. (2013)		1					1
Ryherd et al. (2008)				1			1
Saremi et al. (2008)				1			1
Sauer et al. (2011)	1	1		1			3
Sauer et al. (2013)	1	1		1			3
Sbihi et al. (2008)		1					1
Stokholm et al. (2014)			1				1
Tomei et al. (2000)		1					1
Topf (2000)			1	1			2
Vardaman et al.					1	1	2
Virkkunen et al. (2006)		1					1
Zamanian et al. (2013)		1					1

12. Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Anzahl von Arbeiten in der Literaturdatenbank (Zeitraum 1995 bis 2015) mit Bezug zu spezifischen Arbeitsumgebungen.....	18
Tab. 2	Empfohlene Höchstwerte für Hintergrundgeräuschpegel	22
Tab. 3	Empfohlene akustische Eigenschaften von Arbeitsräumen	22
Tab. 4	Empfehlungen für die maximalen Nachhallzeiten T und den maximalen Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche $L_{NA,Bau}$ in Einzelbüros	24
Tab. 5	Empfehlungen für die raumakustischen Kenngrößen zur Einstufung der Messpfade in Mehrpersonenbüros.....	24
Tab. 6	Empfehlungen für die raumakustischen Kenngrößen und den maximalen Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche $L_{NA,Bau}$ in Mehrpersonenbüros	24
Tab. 7	Ergebnis der Suchanfrage nach Anwendung der Suchstrings aus Tab. 18 mit und ohne Eingrenzung des Suchzeitraums.....	26
Tab. 8	Ergebnis der Suchanfrage nach Anwendung der Suchstrings aus Tab. 20 mit und ohne Eingrenzung des Suchzeitraums.....	28
Tab. 9	Kategoriensystem zur Klassifizierung der Treffer	31
Tab. 10	Übersicht über die Studien zum Zusammenhang zwischen dem Merkmal Sprachverständlichkeit und den Outcomes	34
Tab. 11	Primärstudien zum Einfluss von Sprachverständlichkeit auf die Leistung.....	36
Tab. 12	Primärstudien zum Einfluss von Sprachverständlichkeit auf das psychische Empfinden	38
Tab. 13	Übersicht über die Studien zum Zusammenhang zwischen pegelorientierten Merkmalen und den Outcomes	40
Tab. 14	Primärstudien zum Einfluss von pegelorientierten Merkmalen auf die Leistung	41
Tab. 15	Primärstudien zum Einfluss von Lärm auf das Herz-Kreislauf-System	43
Tab. 16	Zusammenhang zwischen pegelorientierten Merkmalen und dem physischen Befinden	48
Tab. 17	Zusammenhang zwischen pegelorientierten Merkmalen und dem psychischen Befinden	50
Tab. 18	Suchstring für den Arbeitsbedingungsfaktor Lärm basierend auf MeSH-Terms und Thesaurus.....	59
Tab. 19	Einführungsdatum und Datum der rückwirkenden Kategorisierung der MeSH-Terms und Schlagwörter aus dem Thesaurus von PsycINFO, PsycARTICLES und PSYINDEX	59
Tab. 20	Suchstring für den Arbeitsbedingungsfaktor Lärm basierend auf den Dokumenten „Spezifizierung der abhängigen Variablen“ (Stand 10.06.2014) und „Suchstrings für die Recherche zur UV Klima“ (Stand 09.12.2014).....	60
Tab. 21	Übersicht der in den einzelnen Studien zum Merkmal Sprachverständlichkeit identifizierten Outcomes	72
Tab. 22	Übersicht der in den einzelnen Studien zu pegelorientierten Merkmalen identifizierten Outcomes	73

13. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Stresserzeugende Wirkungen von Lärm und langfristige gesundheitliche Beeinträchtigungen (nach Ising, Rebentisch & Sust, 1996, S. 6)	12
Abb. 2	Konzeptioneller Rahmen zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen der physikalischen Umgebung und Stress (nach Rashid & Zimring, 2008, S. 153)	13
Abb. 3	Bedürfnispyramide (nach Vischer, 2005, S. 180)	14
Abb. 4	Modell zum angenommenen Zusammenhang zwischen Umgebungsstress, Verbesserungen der Person-Umwelt-Kompatibilität und Gesundheit (nach Topf, 2000, S. 521)	15
Abb. 5	Flow-Chart der Literatursuche basierend auf Schlagwörtern (siehe Tab. 18) ohne Eingrenzung des Suchzeitraums (Datum der Suchanfrage: 26.02.2015)	25
Abb. 6	Flow-Chart der Literatursuche basierend auf Schlagwörtern (siehe Tab. 18) mit Eingrenzung des Suchzeitraums auf 1970 bis 2015 (Datum der Suchanfrage: 26.02.2015)	26
Abb. 7	Flow-Chart der Literatursuche basierend auf Suchstring (siehe Tab. 20) ohne Eingrenzung des Suchzeitraums (Datum der Suchanfrage: 26.02.2015)	27
Abb. 8	Flow-Chart der Literatursuche basierend auf Suchstring (siehe Tab. 20) mit Eingrenzung des Suchzeitraums auf 1970 bis 2015 (Datum der Suchanfrage: 26.02.2015)	28
Abb. 9	Flow-Chart der Literatursuche basierend auf Suchstring (siehe Tab. 18) mit Eingrenzung des Suchzeitraums auf 1995 bis 2015 und Fokussierung auf die Arbeitsumfelder Industrie, Büroarbeit sowie Gesundheitswesen und Kliniken.....	32
Abb. 10	Verlust der Arbeitsgedächtnisleistung in Abhängigkeit von der Verständlichkeit (operationalisiert mittels Speech Transmission Index) von für die Arbeitsaufgabe irrelevantem Hintergrundsprechen (nach Hongisto, 2005, S. 465)	35