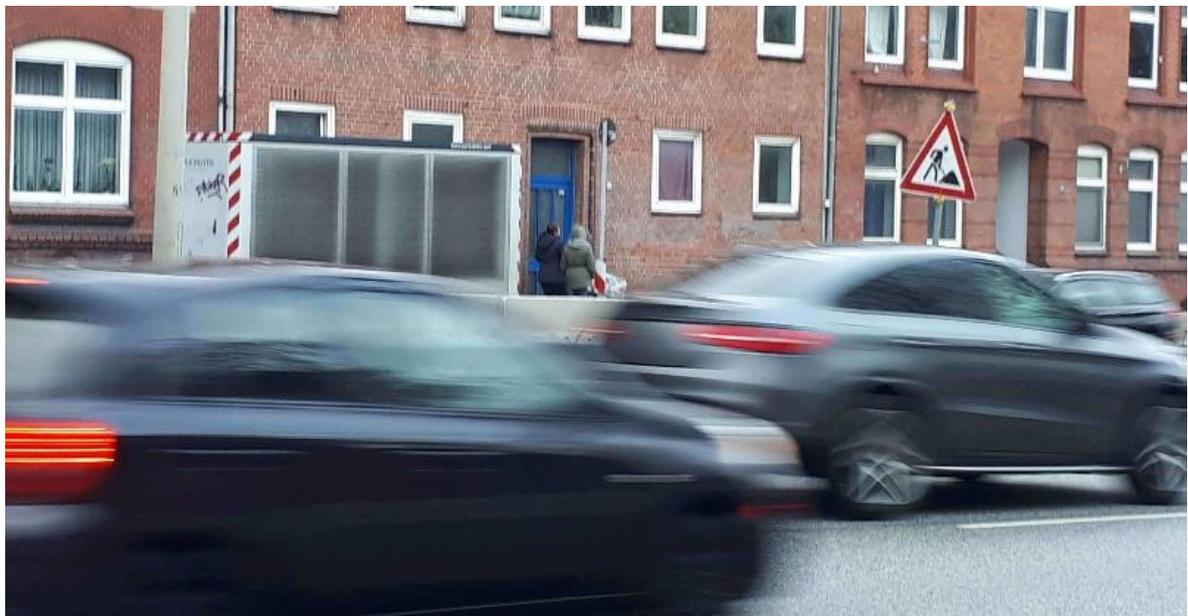


Lärmschutz aus Sicht des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes

nach den WHO-Leitlinien für Umgebungslärm 2018

Im Auftrag der Länderarbeitsgruppe Umweltbezogener Gesundheitsschutz
(LAUG)

Hamburg, Februar 2022



Redaktion

Der vorliegende Text wurde erarbeitet von

Monika Ueberhorst (Federführung)

Behörde für Justiz und Verbraucherschutz, Freie und Hansestadt Hamburg

Dr. Anne Caroline Krefis

Behörde für Justiz und Verbraucherschutz, Freie und Hansestadt Hamburg

Benjamin Peipert

Landesamt für Gesundheit und Soziales, Mecklenburg-Vorpommern

Gudrun Petzold (Foto Titelseite)

Ministerium für Soziales, Gesundheit, Jugend, Familie und Senioren,
Schleswig-Holstein

Dr. Irene Scheler

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz,
Nordrhein-Westfalen

Dr. Jutta Witten

Behörde für Justiz und Verbraucherschutz, Freie und Hansestadt Hamburg

Dr. Sibylle Zielke

Niedersächsisches Ministerium für Soziales, Gesundheit und Gleichstellung

Danksagung

Die LAUG-Unterarbeitsgruppe Lärmschutz hat gemäß des Beschlusses der LAUG-Sitzung 2019 einen Berichtentwurf „Lärmschutz aus Sicht des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes“ erarbeitet. Reifung und Verbesserung erfuhr er durch die vielen Kommentare, Korrekturen, Vorschläge und Ergänzungen von unseren Kolleg:innen aus der LAUG und den von Ihnen einbezogenen Kolleg:innen. Für diese kritisch-konstruktive Durchsicht danken wir herzlich. Darüber hinaus danken wir ebenso herzlich Frau Dr. Niemann (Robert Koch-Institut, Abteilung für Epidemiologie und Gesundheitsmonitoring, FG24 Gesundheitsberichterstattung), Frau Wothge (Umweltbundesamt, Fachgebiet I 2.4 Lärminderung bei Anlagen und Produkten, Lärmwirkungen) und Herrn Wessolowski (Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz, Referat 62 Physikalische Einwirkungen in der Umwelt), die uns fachlich mit ihren speziellen Kompetenzen bei der Überprüfung einzelner Kapitel unterstützt haben.

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	1
2. Einleitung	5
3. Auftrag und Zielsetzung	9
4. Die WHO-Leitlinien für Umgebungslärm (2018)	10
4.1 Inhalt der Leitlinien	10
4.2 Geschichte	13
4.3 Verfahren und Methodik	13
4.4 Fachliche Bewertung des methodischen Verfahrens	17
4.5 Fachliche Bewertung der Leitlinienwerte	18
4.6 Form der Leitlinienwerte und Vergleichbarkeit mit deutschen Schutzwerten	21
4.7 Schlussfolgerungen aus den Leitlinien	22
5. Grundlagen	25
5.1 Das Gehör und seine Funktionsweise – die Wahrnehmung von Schallreizen	25
5.2 Lärm – unerwünschte, störende, gesundheitsschädliche Geräusche	27
5.2.1 Physikalische Faktoren	28
5.2.2 Tieffrequenter Schall und Infraschall	37
5.2.3 Psychische/ individuelle Faktoren	40
5.3 Die wichtigsten Lärmquellen und ihre Charakteristika	42
6. Gesundheitliche Auswirkungen von Lärm	46
6.1. Aurale und extra-aurale Wirkungen	46
6.1.1 Aurale Wirkungen	46
6.1.2 Extra-aurale Wirkungen	47
6.2 Belästigung	51
6.3 Schlafstörungen	55
6.4 Herz-Kreislauf-Erkrankungen	61
6.5 Wirkungen auf den Stoffwechsel	66
6.6 Psychische Störungen und Erkrankungen	68
6.7 Kognitive Entwicklung bei Kindern	70
6.8 Wirkungen von tieffrequentem Schall und Infraschall	72
6.9 Lärmbezogene Krankheitslast (DALYs) und Gesundheitskosten	75

7. Die Bedeutung des Wohnumfelds für die Gesundheit	79
7.1 Gesundheitsfördernde Elemente in Außenbereichen/ Grünflächen	79
7.2 Der Wert der Ruhe – „Ruhige Gebiete“	83
7.3 Gestaltung der Außenbereiche/ Festsetzung ruhiger Gebiete	84
7.4 Besondere Problematik: Verdichtung im städtischen Raum	85
7.5 Lärm und Umweltgerechtigkeit	87
8. Lärminderungsmaßnahmen	90
8.1 Strategische Ansätze von Lärminderungsmaßnahmen	90
8.2 Beispiel: Lärminderung im Verkehrsbereich	92
8.3 Wirkung von Lärminderungsmaßnahmen	94
9. Regelungen zum Lärmschutz – Überblick	97
9.1 Regeln zum Schutz vor Verkehrs- und Gewerbe-/ Industrielärm	98
9.1.1 Europarecht zur Regelung von Umgebungslärm/ Geräuschimmissionen	106
9.2.2 Deutsches Recht	107
9.2.3 Landesrecht	113
9.2.4 Normen, Richtlinien, Hinweise	114
9.2 Regelungen für tieffrequente Geräusche	116
10. Kernforderungen der LAUG für den umweltbezogenen Gesundheitsschutz	117
11. Literaturverzeichnis	119
12. Anlagen	132
Anlage 1: Beschluss zur Einsetzung der UAG Lärmschutz (22. LAUG Sitzung, Kiel 2019)	
Anlage 2: LAUG – Position zur Experimentierklausel in der TA Lärm vom 11.06.2021	
Anlage 3: Beschluss der LAUG zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Bahnlärm (13. LAUG-Sitzung, Magdeburg 2015)	
Anlage 4: Beschluss der LAUG zur Abschätzung der durch Umweltbelastungen hervorgerufenen Gesundheitskosten (19. LAUG-Sitzung, Stuttgart 2016) einschließl. ‚Fachliche Anmerkungen des Umweltbundesamtes‘	

Abkürzungen

AOLG	Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden
BMK	Bauministerkonferenz
dB	Dezibel, logarithmische Einheit für den Schalldruck(pegel) [gemessene Lautstärke]
dB(A)	Darstellung des A-bewerteten Schalldrucks Bei der Angabe von Unterschieden im Schalldruck (plus oder minus dB, Senkung um x dB) fällt das A weg, da die Bewertung hier keine Rolle spielt.
GMK	Gesundheitsministerkonferenz
IHD	Ischämische Herzerkrankung („ischemic heart disease“)
LAI	Länderarbeitsgemeinschaft Immissionsschutz
L_{äq} (oder <i>e_q</i>)	Der L _{eq} ist der Mittelungspegel eines gedachten (fiktiven) Dauergeräuschs, das die gleiche Schallenergie enthält wie das reale zeitlich schwankende Geräusch.
LAUG	Länderarbeitsgruppe Umweltbezogener Gesundheitsschutz
L_{den}	A-bewerteter gewichteter Mittelungspegel über den gesamten 24 Stunden-Tag (day evening night) mit Zuschlägen für den Abend und für die Nacht
L_{night}	A-bewerteter gewichteter Mittelungspegel über die Nacht (22.00 Uhr – 6.00 Uhr)
L_r	Beurteilungspegel
L_{Tag}	A-bewerteter Mittelungspegel für den Tag (z. B. 6.00 Uhr – 22.00h)
SRU	Sachverständigenrat Umweltfragen
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
UBA	Umweltbundesamt
UMK	Umweltministerkonferenz
WEA	Windenergieanlagen

1. Zusammenfassung

Die Länderarbeitsgruppe Umweltbezogener Gesundheitsschutz (LAUG) hat 2019 auf ihrer 22. Sitzung beschlossen, eine Unterarbeitsgruppe zu beauftragen, den aktuellen Diskussionsstand zum Thema Lärm aufzubereiten und aktuelle Entwicklungen zum Lärmschutz aus Sicht des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes zu bewerten (s. Anlage 1). Die Arbeitsgruppe sollte daraus ein Positionspapier der LAUG vorbereiten, das in relevante Fachgremien sowie in die Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG) und in die Gesundheitsministerkonferenz (GMK) eingebracht werden und die Gesundheitsbehörden im Öffentlichen Gesundheitsdienst durch Information unterstützen soll.

Anlass sind unter anderem die neuen „Leitlinien für Umgebungslärm“ der Weltgesundheitsorganisation (WHO) aus dem Jahr 2018 sowie weitere aktuelle Entwicklungen im Bereich des Lärmschutzes wie zum Beispiel die Entwicklung einer „Experimentierklausel“ in der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) im Zusammenhang mit der Innenentwicklung der Städte (s. auch Anlage 2).

Nach Einleitung und Beschreibung der Zielsetzung werden im Kapitel 4 dieses Berichtes die WHO-Leitlinien aus dem Jahr 2018 kritisch gewürdigt. Die Leitlinien haben einen hohen Stellenwert in der gesellschaftlich-politischen Diskussion. Sie sind das bisher am umfassendsten ermittelte und wissenschaftlich am besten gesicherte Richtwerte-Set für Lärmeinwirkungen, das zurzeit vorhanden ist. Ungeachtet einiger Defizite können die WHO-Leitlinien zur Orientierung dienen, an welchen Stellen aus gesundheitlicher Sicht Überarbeitungsbedarf im deutschen Lärmschutzrecht besteht. Auf lange Sicht sollte die dauerhafte Lärmbelastung von Bürger:innen unter den in den Leitlinien angegebenen Schallpegelwerten liegen.

Kapitel 5 widmet sich den biologischen und physikalischen Grundlagen. In diesem Zusammenhang werden unter anderem die Eignung von Mittelungspegeln und Maximalpegeln von Einzelereignissen als Maß für die Exposition sowie weitere zum Lautheitsempfinden beitragende (z. B. soziale oder situative) Faktoren dargestellt und diskutiert. Neben der Problematik der Gesamtlärmbewertung wird auch auf die spezielle Thematik tieffrequenten Schalls eingegangen.

In einem Unterkapitel findet sich zudem eine Zusammenstellung der Charakteristika der häufigsten Lärmquellen.

In Kapitel 6 sind die gesundheitlichen Wirkungen von Lärm auf dem aktuellen Stand der Lärmwirkungsforschung zusammengetragen.

Der Hörsinn ist der empfindlichste Sinn. Aufgrund seiner wichtigen Warnfunktion kann er nicht abgeschaltet werden, auch nicht im Schlaf, was die Bedeutung von Lärm in der Nacht heraushebt. Störende Schallreize (Lärm) lösen Stressreaktionen über das vegetative Nervensystem und den Hormonstoffwechsel aus. Sie führen zu Veränderungen im Stoffwechsel und in der Blutdruckregulation, was sich weiter auf

den Blutdruck, die Herzfähigkeit, die Blutfettzusammensetzung, die Blutzuckerkonzentration und die Fließeigenschaft des Blutes auswirkt.

Belästigung, Schlafstörungen und Herz-Kreislaufkrankungen sind als Folge dauerhafter Lärmbelastung inzwischen gut beschriebene und anerkannte Gesundheitswirkungen. Zudem liegen Ergebnisse zu Wirkungen von Lärm bezüglich bestimmter Stoffwechselerkrankungen (z. B. Diabetes), psychischer Erkrankungen (z. B. unipolare Depression) und kognitiver Beeinträchtigungen (vor allem bei Kindern) vor.

Die Wirkungen von tieffrequentem Schall, auf den wegen vielfältiger Diskussionen und Beschwerden extra eingegangen wird, beschränken sich nach heutigem Wissen vor allem auf die starke Belästigungswirkung oberhalb der Wahrnehmungsschwelle. Das Kapitel schließt ab mit der Vorstellung und Bewertung der Berechnung von Krankheitslasten durch Lärm.

Mit Kapitel 7 legt der Bericht einen Schwerpunkt auf die Betrachtung des Wohnumfeldes und ruhiger Gebiete. Die Qualität der Außenbereiche¹ ist neben der Qualität der Wohnräume ein bedeutsames Element, damit die Menschen ihre Wohnsituation als lebenswert erfahren, Orte zur Erholung finden und gesund bleiben. Das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) und seine Verordnungen zielen auf den Schutz dieser Außenbereiche vor schädlichen Umwelteinwirkungen, durch den dann entsprechend auch die Innenräume geschützt werden können. Damit körperliche und seelische Regenerationsprozesse in ausreichendem Maß ablaufen können, werden sowohl Ruhephasen als auch Ruheräume (nicht nur im Innenbereich) benötigt. Ruhige Gebiete, deren Schutz auch in der europäischen Umgebungslärmrichtlinie² gefordert wird, sowie Konzepte aus der Soundscape-Forschung sind daher aus gesundheitlicher Sicht als überaus bedeutsam zu betrachten. In diesem Zusammenhang wird auf die Bedeutung von Planung und Stadtentwicklung eingegangen, in die gesundheitliche Aspekte in einem möglichst frühen Planungsstadium ausreichend einbezogen werden sollten. Im Sinne der Umweltgerechtigkeit sollten zudem sowohl die gesundheitsfördernden als auch die unvermeidbaren gesundheitsbeeinträchtigenden Faktoren räumlich und sozial ausgewogen verteilt sein.

Aus der Nachverdichtung in Städten und den unterschiedlichen Nutzungsansprüchen an die nur begrenzt zur Verfügung stehenden Flächen ergeben sich Zielkonflikte, deren Lösung nicht zu Lasten der Gesundheit der Betroffenen gehen dürfen. Hier sieht sich der Lärmschutz zunehmendem Druck ausgesetzt, höhere Richtwerte zuzulassen

¹ Mit diesem Begriff werden hier sowohl bewohnte Außenbereiche wie Balkone, Terrassen, Gärten, das direkte Wohnumfeldgrün als auch benachbarte Parkanlagen, Grün-, Blau- (offene Wasser-) und andere Freiflächen verstanden (in Anlehnung an den Bericht der Gemeinsamen AG BMK/UMK 2020, Abschnitt 3.5.1).

² EU Richtlinie 2002/49/EG, Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm (2002): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0049&from=DE>.

und passive Schallschutzmaßnahmen stärker zu berücksichtigen als es bislang das BImSchG und die TA Lärm zulassen – Stichwort: „Experimentierklausel“. Die LAUG hat zu der geplanten Experimentierklausel am 11. Juni 2021 ein Positionspapier verabschiedet, das während der Arbeit an diesem Bericht erstellt wurde und dem Bericht im Anhang beigefügt ist (Anlage 2).

Im Kapitel 8 wird zur Orientierung ein kurzer Überblick über Lärmschutzmaßnahmen und deren Wirksamkeit (aktiv, passiv, Vermeidung, Minderung u. a.) gegeben.

Das folgende Kapitel 9 gibt einen Überblick über die wichtigsten rechtlichen Lärmvorschriften in Deutschland und ihre Anwendungsbereiche. Aktuelle Diskussionen zu einzelnen Regelungen werden angesprochen.

Auf der Grundlage des dargestellten Wissensstandes begründet die LAUG im letzten Kapitel des Berichtes die folgenden zentralen Forderungen aus Sicht des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes:

- ➔ Festsetzung von Lärmgrenzen sind stärker am vorsorgenden Gesundheitsschutz auszurichten.
- ➔ Die Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung müssen stärker und schneller Eingang in die Lärmschutzregelungen finden. Die Zielwerte der WHO (Night Noise Guidelines 2009 und die Leitlinien-Werte 2018) sollten als Orientierung zur Formulierung von Anforderungen an den Lärmschutz dienen.
- ➔ Die bislang als Gefahrenschwelle herangezogene Lärmpegel von 70 dB(A) tags und 60 dB(A) nachts, die die WHO-Leitlinienwerte um 10 bis 15 dB überschreiten, müssen kurzfristig mindestens um 5 dB und mittelfristig um 10 dB gesenkt werden (z. B. in der 16. BImSchV).
- ➔ Die Berücksichtigung von wirkungsbasierten Maximalpegelkriterien, insbesondere nachts, ist bei der Lärmbewertung unabdingbar, nicht nur in der Umgebung von Flughäfen, sondern auch beim Schienenverkehr, damit die tatsächliche Qualität der Einwirkung von Lärm auf den Menschen berücksichtigt wird. Vorliegende Untersuchungen und Entwürfe sollen weiter entwickelt und in die Regulation aufgenommen werden.
- ➔ Die wirkungsbasierte Erfassung und Berücksichtigung des Gesamtlärms, der auf Menschen einwirkt, muss methodisch weiter entwickelt und in die gesetzlichen Regelungen aufgenommen werden.
- ➔ Der Verlärmung von Außenbereichen in bewohnten Gebieten muss Einhalt geboten werden und der Wert der Ruhe und Erholung einen deutlich höheren Stellenwert erhalten. Hierfür ist es wichtig, dass als Hauptkriterium der Lärmbewertung der Außenlärmpegel gilt. Bestrebungen, den Lärmschutz mehr und mehr auf den Innenbereich zu beschränken, müssen abgelehnt werden.

- ➔ Tieffrequenter Schall muss methodisch geeignet erfasst und ausreichend reguliert werden (durch Vorgaben für Geräte und Anlagen sowie geeignete Beurteilungsverfahren).
- ➔ Die Schaffung von Ruheinseln, von ruhigen Gebieten im öffentlichen Raum, die eine zeitweilige Erholung vom Lärm ermöglichen, muss in der Stadtentwicklung ausreichend Berücksichtigung finden.
- ➔ Mit der Verdichtung der Siedlungsräume und aufgrund der unterschiedlichen Nutzungsansprüche an die nur begrenzt zur Verfügung stehenden Flächen ergeben sich Zielkonflikte, deren Lösung nicht zu Lasten der Gesundheit der Betroffenen führen dürfen.
- ➔ Lärm ist vorrangig mittels Planung und Organisation bereits vor seiner Entstehung zu vermeiden (z. B. Verkehrswende-Konzepte, bessere Vernetzung der Lärmaktionsplanung mit anderen raumordnerischen Planungen) und nicht erst nachträglich durch Lärminderungsmaßnahmen zu bekämpfen.
- ➔ Aktiven Schallschutzmaßnahmen ist unbedingter Vorrang einzuräumen. Nur in Ausnahmefällen sollten für die Einhaltung vorgeschriebener Lärmpegelwerte passive Schutzmaßnahmen ergänzend zu Hilfe genommen werden dürfen. Der Einsatz passiver Schallschutzmaßnahmen als letztes Mittel muss immer gut begründet, nachvollziehbar und transparent sein.
- ➔ Die Verantwortung für den Lärmschutz darf nicht auf Betroffene verlagert werden (bspw. mittels passiver Schalldämmmaßnahmen). Grundsätzlich haben weiterhin das Verursacherprinzip Vorrang und die Beachtung der Vorsorge durch vorausschauende Planung (z. B. bei heranrückender Bebauung/ Nachverdichtung).
- ➔ Beim Umgang mit nicht vermeidbaren Lärmbelastungen, in der Planung und bei der Schaffung von Ruheinseln bzw. ruhigen Gebieten sind gezielt Umweltgerechtigkeitsaspekte zu beachten.

2. Einleitung

Lärm beeinträchtigt das gesundheitliche Wohlbefinden und kann bei chronischer Einwirkung zu manifesten Krankheiten wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Veränderungen der kognitiven Leistungsfähigkeit, Schlafstörungen oder Depressionen führen. Das ist in der Fachwelt seit Langem weithin bekannt. Seit vielen Jahren werden daher Bemühungen unternommen, Menschen vor Lärm zu schützen. Die Erfolge dieser technischen sowie regulatorisch ausgerichteten Maßnahmen sind allerdings nicht zufriedenstellend.

Das zeigen beispielsweise die Ausmaße der Lärmbelastungen, die nach der europäischen Umgebungslärmrichtlinie (2002) wiederholt in den Mitgliedsstaaten festgestellt und in Lärmkarten dargestellt werden. Nach den Zahlen der Lärmkartierung im Jahr 2017 sind in Deutschland rund 15,8 Millionen Menschen gesundheitsschädlichen Lärmbelastungen über 55 dB(A) am Tage und rund 10,9 Millionen über 50 dB(A) in der Nacht, bezogen auf Verkehrslärm, ausgesetzt. Auch bezüglich des Belästigungsempfindens zeigen die Zahlen aus regelmäßigen repräsentativen Befragungen des Umweltbundesamtes (UBA), zuletzt im Jahr 2018, dass sich seit Jahren kaum etwas verändert hat. Danach fühlen sich 75 % der Befragten in ihrem Wohnumfeld durch Straßenverkehr gestört oder belästigt. 42 % geben dies für Industrie und Gewerbelärm an, 42 % für den Luftverkehr³ und 35 % fühlen sich durch Schienenverkehr beeinträchtigt.⁴

Belästigung als lediglich „ärgerlich“ zu betrachten, würde ihrer gesundheitlichen Bedeutung nicht gerecht werden. Lärmbelästigung ist als Vorläufer für verschiedene stressbezogene Folgeerkrankungen zu bewerten. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) zählt sie in ihren Leitlinien für Umgebungslärm 2018 aus diesem Grund neben Schlafstörungen und Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu den „critical health outcomes“ von Umgebungslärm (s. Kap. 4.3).

³ Fluglärm wird im Vergleich zu Straßen- und Schienenverkehrslärm als am stärksten belästigend wahrgenommen. Die geringere Prozentzahl im Überblick ergibt sich aus der Tatsache, dass insgesamt weniger Personen von Fluglärm betroffen sind.

⁴ Auch der Nachbarschaftslärm zählt für 60 % der Befragten zu den bedeutenden Ursachen für die Lärmbelästigung. In dem vorliegenden Bericht wird auf diese Lärmquelle nicht weiter eingegangen.

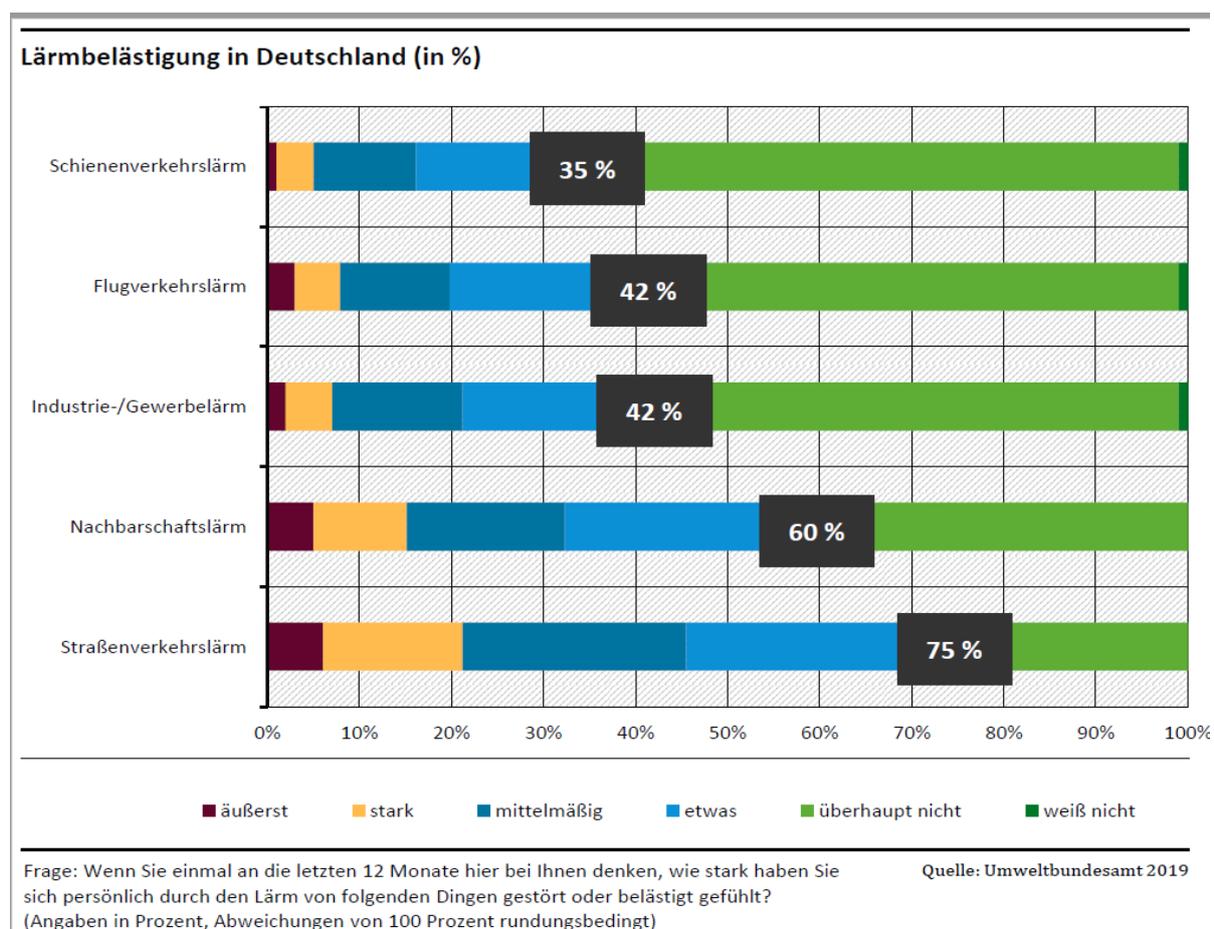


Abb. 1: Lärmbelästigung in Deutschland (in %)⁵

Nahezu drei Viertel der Befragten sind mehreren Lärmquellen zugleich ausgesetzt. Die Betrachtung des Gesamtlärms ist regulatorisch gewünscht, aber aktuell von der Methodik her noch nicht umsetzbar. Ebenso werden wichtige Kriterien wie Anzahl und Höhe von Maximalpegeln, die für die gesundheitlichen Auswirkungen höchst bedeutsam sind (hier vor allem für nächtliche Aufwachreaktionen) in den meisten Lärmschutzregelungen nicht berücksichtigt (Ausnahme Fluglärmschutzgesetz). In für die Regelungen ausschlaggebenden äquivalenten Dauerschalldruckpegeln (Mittelungspegeln) werden derartige und weitere Lärmcharakteristika nicht hinreichend abgebildet.

Zudem gelten in den rechtlichen Regelungen zum Lärmschutz Beurteilungswerte, mit denen nach den Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung, siehe dazu auch die WHO-Leitlinien von 2018, die Gesundheit nicht ausreichend geschützt werden kann.

Der Verkehr hat über die Jahrzehnte zugenommen und eine weitere Zunahme sowohl für den Personen- als auch den Güterverkehr bis 2030 wird vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur prognostiziert. Verpflichtende Regelungen, die mit dem Verkehrszuwachs gleichsam die Zunahme des Verkehrslärms begrenzen, gibt es

⁵ UBA Internetseite zu Lärmbelästigung (2021), <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/laermwirkung/laermbelaestigung>. Daten von 2018.

nicht. Lärmschutz an Straßen und Schienen ist nur für den Neubau oder hinsichtlich wesentlicher (baulicher) Änderungen vorgeschrieben, nicht aber für den Fall, dass bestehende Verkehrswege stärker befahren werden. Das oftmals angeführte Potenzial der Lärminderung durch die bevorstehende Elektrifizierung des Verkehrs überzeugt nicht, da ab einem Tempo von etwa 30 bzw. 60 Stundenkilometern die Abrollgeräusche der Reifen bei PKW bzw. LKW überwiegen, unabhängig vom Antrieb. Neue Elektro- und Hybridfahrzeuge müssen zudem bis zu einer Geschwindigkeit von ca. 20 km/h im elektrischen Betrieb zur Sicherheit anderer Verkehrsteilnehmer mit einem akustischen Warnsystem (AVAS) ausgestattet sein.⁶

Einheitliche, verbindliche und einklagbare Grenzwerte wie bei der Luftverschmutzung gibt es beim Verkehrslärm nicht. In der Rechtsprechung wird üblicherweise die Schwelle zur Gesundheitsgefährdung bei Pegeln über 70 dB(A) am Tag und über 60 dB(A) in der Nacht gesehen (in Anlehnung an die Anforderungen der Verkehrslärmvorsorge nach der sechzehnten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissions-schutzgesetzes - 16. BImSchV). Diese Werte sind aus gesundheitlichen Gründen als veraltet zu bewerten, sie berücksichtigen nicht die aktuellen und anerkannten Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung. Aus Sicht des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes sind sie mittelfristig um 10 dB zu senken.

Viele Städte befinden sich in der Situation, mehr Wohnraum ausweisen zu müssen – Stichworte sind hier: wachsende Stadt und Nachverdichtung. Grundstücke werden in die Bauplanung einbezogen, die in früheren Jahren aufgrund verschiedener Belastungen als nicht bebaubar galten. Die Wohnbebauung rückt näher an viel befahrene Verkehrswege und Gewerbe- und Industrieanlagen heran. Um die Bautätigkeiten jeweils zu ermöglichen, werden Überlegungen verfolgt, geltende Immissionsgrenzwerte zu „flexibilisieren“ bzw. den Lärmschutz verstärkt mit passiven Schallschutzmaßnahmen zu erreichen. Diese Bestrebungen verhalten sich konträr zu einer aus gesundheitlicher Sicht gebotenen Senkung der Beurteilungswerte (Lärmpegel) in Lärmschutzvorschriften.

Die gesetzlichen Regelungen zum Lärmschutz zielen mit bereits vor den Gebäuden einzuhaltenden Richt- und Grenzwerten grundsätzlich auch auf den Schutz des Außenbereichs. Nicht zuletzt haben die gesellschaftlichen Auswirkungen durch die SARS-CoV-2-Pandemie gezeigt, wie wichtig diese Orte außerhalb von Gebäuden für unsere Lebensqualität und unsere Gesundheit sind. Chöre, Sport- und Yoga-Gruppen, Schulklassen und viele andere suchten Parkanlagen und Orte im Freien auf, in denen sie ihren (Freizeit-)Aktivitäten nachgehen und sich erholen konnten. Qualitativ ansprechende Orte, wozu auch ein geringerer Lärmpegel gehört, sind überaus bedeutsam für die körperliche und seelische Gesundheit. Bestrebungen, zunehmend

⁶ UBA Internetseite Straßenverkehrslärm (2020), <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verkehrslaerm/strassenverkehrslaerm#welche-faktoren-haben-einen-einfluss-auf-den-strassenverkehrslarm>. **Und:**

UBA (2013): Position: Kurzfristig kaum Lärminderung durch Elektroauto, <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/kurzfristig-kaum-laermminderung-durch-elektroautos>.

die Innenräume beim Lärmschutz zu betrachten und dann passiven Lärmschutz vorzusehen, werden diesen wichtigen Funktionen des Außenbereichs nicht gerecht.

Aktuelle Initiativen zur Veränderung von Lärmschutzregelungen aus baulichen oder verkehrstechnischen Interessen dienen nicht immer auch dem Gesundheitsschutz. Im Rahmen der 2. Änderung der 16. BImSchV im Jahr 2019 konnte sich ein Änderungsantrag zur Absenkung der Beurteilungswerte für Lärmschutzmaßnahmen um 5 dB im Bundesrat nicht durchsetzen. In Bezug auf die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) wird derzeit die Einführung einer Experimentierklausel diskutiert, die in Einzelfällen nachts höhere Lärmpegel im Außenbereich zulassen soll, um das Heranrücken von Wohnbebauung an gewerbliche Anlagen in größerem Maß zu ermöglichen.

Seit über zwei Jahrzehnten mahnen die WHO (zuletzt in ihren Leitlinien für Umgebungslärm 2018), das UBA und der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU, zuletzt 2020 in seinem Umweltgutachten) zur schrittweisen Senkung der Lärmgrenz- bzw. -richtwerte und der rechtzeitigen Einbeziehung gesundheitlicher Aspekte in Planungen, die Auswirkungen auf Lärmemissionen und -immisionen haben. 2019 hat sich auch die Umweltministerkonferenz (UMK) mit mehreren unterschiedlichen Lärmthemen befasst und unter anderem bei Straßen- und Schienenverkehrslärm, tags und nachts, eine Absenkung der Eingriffspegel für Lärmschutz um 5 dB gefordert.⁷

Auch die EU hat im aktuellen EU-Aktionsplan: „Schadstofffreiheit von Luft, Wasser und Boden“ als Teil des europäischen Green Deal ein extra Ziel für die Lärminderung formuliert: „Ziel 2: Die EU soll den Anteil der durch Verkehrslärm chronisch beeinträchtigten Menschen um 30 % verringern.“⁸ Dieses Ziel soll durch die Aktualisierung des Rechtsrahmens zur Reduzierung von Luft- und Lärmemissionen an der Quelle erreicht werden, ggf. mittels der Festlegung von Lärmreduzierungszielen in der Richtlinie über Umgebungslärm und/ oder einer besseren Integration von Lärmaktionsplänen in Pläne für eine nachhaltige urbane Mobilität. Aus der Evaluierung der Richtlinie über umweltbelastende Geräuschemissionen sollen zudem Folgemaßnahmen entwickelt werden.

Es ist wichtig, dass der Gesundheitsbereich sich und die neuesten Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung stärker in Planungs- und Regulierungsprozesse einbringt, um den (möglichst aktiven) Lärmschutz voranzubringen und die durch Lärm bedingten gesundheitlichen Beeinträchtigungen für Millionen von Bürger:innen zu senken.

⁷ Umweltministerkonferenz (2019, 15. November): TOP 32 der 93. UMK.

https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/endgueltiges-protokoll-93-umweltministerkonferenz_1575983525.pdf.

⁸ EU-Kommission (2021): Mitteilung. EU-Aktionsplan: „Schadstofffreiheit von Luft, Wasser und Boden“ COM/2021/400 final, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0400&qid=1630668654576>.

3. Auftrag und Zielsetzung

Anlässlich der Vorlage der neuen „Leitlinien für Umgebungslärm“ durch die WHO Ende 2018 und den vielfältigen Diskussionen zu Lärmschutzregelungen insbesondere in Umwelt-, Verkehrs- und Baugremien wurde unter TOP 14 der 22. LAUG in Kiel 2019 beschlossen, eine Unterarbeitsgruppe zur Aufbereitung des aktuellen Diskussionsstandes aus Sicht des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes zu beauftragen. Im Beschluss der 22. LAUG heißt es:

„Das Thema Lärmschutz ist von hoher Bedeutung für die öffentliche Gesundheit. Um die aktuellen Diskussionen aufzubereiten und ein Positionspapier der LAUG mit Empfehlungen vorzubereiten, setzt die LAUG eine Unterarbeitsgruppe ein. Es ist beabsichtigt, das in der LAUG abgestimmte Papier in relevante Fachgremien sowie in die Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG) und die Gesundheitsministerkonferenz (GMK) einzubringen.“⁹

Der Bericht soll Verantwortliche im Gesundheitsbereich für das im Immissionsschutzrecht und damit zumeist im Umweltbereich liegende Thema Lärm sensibilisieren, informieren und in die Lage versetzen, sich für den Gesundheitsschutz einzusetzen, gesundheitliche Aspekte in die Diskussion über Lärmschutzthemen oder Planungsprozesse einzubringen und Stellung beziehen zu können.

Zudem sollen aus dem Bericht Positionen für die LAUG abgeleitet und abgestimmt werden, die in relevante Fachgremien sowie in die AOLG und die GMK eingebracht werden sollen.

⁹ LAUG. Protokoll der 22. LAUG, Teil Umweltbezogener Gesundheitsschutz, Einsatzbeschluss der UAG Lärmschutz, Stand 2019 12 17 abgestimmt, s. Anlage 1.

4. Die WHO-Leitlinien für Umgebungslärm (2018)

Im Oktober 2018 hat das europäische Regionalbüro der WHO die „Environmental Noise Guidelines for the European Region“¹⁰ herausgegeben und damit einen aktuellen wichtigen „Meilenstein für die gesundheitsbezogene Bewertung des Umgebungslärms“ gesetzt.¹¹ Es handelt sich um Leitlinien, um deren Entwicklung die WHO auf der 5. Ministerkonferenz für Umwelt und Gesundheit in Parma im Jahr 2010 gebeten wurde. Dabei sollte nicht nur verkehrsbedingter Lärm berücksichtigt werden, sondern auch der Lärm von Windenergieanlagen (WEA) und Freizeitlärm.

In einem umfangreichen wissenschaftlichen Prozess hat die WHO in den Leitlinien 2018 nach Lärmquellen differenziert Empfehlungen zum Schutz der Bevölkerung vor den schädlichen Auswirkungen erarbeitet. Es werden Leitlinienwerte für die verschiedenen Lärmquellen beschrieben sowie auch Lärminderungsmaßnahmen auf der Basis ihrer Wirksamkeit empfohlen.

Die Leitlinien bieten den Mitgliedsstaaten in der Europäischen Region eine grundsatzpolitische Orientierung.

4.1 Inhalt der Leitlinien

Die Leitlinien beziehen sich auf fünf quellenspezifische Lärmarten. Für jede der Lärmarten (Straßen-, Schienen-, Flugverkehrslärm, Lärm von WEA sowie Lärm bei der Ausübung von Freizeitaktivitäten) wurden drei Empfehlungen erarbeitet:

- ein Leitlinienwert, der als durchschnittliche Belastung über den gesamten Tag (L_{den}^{12}) nicht überschritten werden sollte,
- ein Leitlinienwert für die durchschnittliche Belastung durch Lärm während der Nacht (L_{night}) und
- Empfehlungen für Lärminderungsmaßnahmen, die in Bezug auf die jeweilige Lärmart als gut geeignet erscheinen.

Für den Lärm, dem man bei der Ausübung von Freizeitaktivitäten ausgesetzt ist, wurden abweichend Empfehlungen zur Einhaltung einer ungewichteten durchschnittlichen Dauerschallbelastung über den gesamten Tag, zu Einzelschallereignissen sowie Impulsschall und wiederum zu Lärminderungsmaßnahmen aufgeführt. Diese Lärmart zählt nicht zu den Umweltimmissionen. Sie wurde auf Anforderung der

¹⁰ WHO (World Health Organization) Regional Office for Europe (2018): Environmental Noise Guidelines for the European Region, <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/publications/2018/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>.

¹¹ UBA (Hrsg. 2019): WHO-Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region. Lärmfachliche Bewertung der neuen Leitlinien der Weltgesundheitsorganisation für Umgebungslärm für die europäische Region. Wothge J, <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/who-leitlinien-fuer-umgebungslaerm-fuer-die>.

¹² Dauerschallpegel über 24h, Tag/Abend/Nacht (day/evening/night), s. Kap. 5.2.1.

Politik mit berücksichtigt, passt aber nicht in die Systematik der anderen Leitlinien hinein und besitzt somit eine Sonderstellung. Unter diese Lärmart zählen z. B. die Einwirkungen von Schall beim Besuch von Nachtclubs, Konzerten und Sportveranstaltungen oder beim Abspielen von Musik im privaten Bereich und über Kopfhörer.

Die Leitlinienempfehlungen sind in der unten stehenden Tabelle zusammengefasst. Diejenigen, deren Einhaltung bzw. Umsetzung „stark“ empfohlen wird, sind grün gefärbt. Wird eine Empfehlung „bedingt“ ausgesprochen, steht sie in einem gelben Feld.

Tab. 1: Lärmquellenspezifische Empfehlungen der WHO in den Leitlinien 2018 für Umgebungslärm für die Europäische Region. Felder mit starken Empfehlungen sind grün, bedingte Empfehlungen sind gelb eingefärbt.

Lärmart/ Quelle	Leitlinien-Empfehlungen		
Umgebungslärm	L_{den}	L_{night}	Maßnahmen
Straßenverkehr	53 dB(A)	45 dB(A)	Lärm durch Veränderung der Infrastruktur bereits an der Quelle oder auf dem Ausbreitungsweg verringern.
Schieneverkehr	54 dB(A)	44 dB(A)	Nach dem derzeitigen Stand des Wissens kann keine Maßnahme einer anderen vorgezogen werden.
Flugverkehr	45 dB(A)	40 dB(A)	Lärm durch Veränderung der Infrastruktur verringern.
Windenergieanlagen	45 dB(A)	---	Nach dem derzeitigen Stand des Wissens kann keine Maßnahme einer anderen vorgezogen werden.
Individuelllärm	$L_{Aeq, 24h}$	L_{Amax}	Maßnahmen
Lärm während Freizeitaktivitäten	70 dB(A)	gesetzl. Vorgaben	Nach dem derzeitigen Stand des Wissens kann keine Maßnahme einer anderen vorgezogen werden.

Im Einzelnen ergibt sich der Leitlinienwert für die durchschnittliche Dauerbelastung jeweils durch den niedrigsten Wert, welcher für die betrachtete Lärmart zu relevanten gesundheitlichen Wirkungen oder sogar Risiken führt. Dieser Wert wird dann auf die nächste ganze Zahl mathematisch gerundet.

Die unten stehende Tabelle zeigt, welche gesundheitlichen Wirkungen bzw. Risiken für die Festlegung der Leitlinien Verwendung fanden und welche Pegelwerte sich aus den entsprechenden Expositions-Wirkungskurven bei Überschreitung der relevanten Risiken (s. Tab. 3) ergaben (s. dazu Kap. 4.3).

Tab. 2: Ermittelte Pegelwerte, die je Lärmart zur Überschreitung der jeweils definierten relevanten Gesundheitsrisiken je untersuchter Wirkung führen.

Lärmart/ Quelle	Lärmindex	Untersuchte Wirkung	Relevante gesundheitliche Risiken	Ermittelter Pegelwert in dB(A)
Straßenverkehr	L_{den}	Inzidenz für IHD	5 % Anstieg des RR	59,3
		Inzidenz für Hypertonie	10 % Anstieg des RR	N.N.
		HA	10 % AR	53,3
		Sprachentwicklung	1 Monat Verzögerung	N.N.
	L_{night}	HSD	3 % AR	45,4
Schienenverkehr	L_{den}	Inzidenz für IHD	5 % Anstieg des RR	N.N.
		Inzidenz für Hypertonie	10 % Anstieg des RR	N.N.
		HA	10 % AR	53,7
		Sprachentwicklung	1 Monat Verzögerung	N.N.
	L_{night}	HSD	3 % AR	43,7
Flugverkehr	L_{den}	Inzidenz für IHD	5 % Anstieg des RR	52,6
		Inzidenz für Hypertonie	10 % Anstieg des RR	N.N.
		HA	10 % AR	45,4
		Sprachentwicklung	1 Monat Verzögerung	55,0
	L_{night}	HSD	3 % AR	40,0*
Windenergieanlagen	L_{den}	Inzidenz für IHD	5 % Anstieg des RR	N.N.
		Inzidenz für Hypertonie	10 % Anstieg des RR	N.N.
		HA	10 % AR	45,0
		Sprachentwicklung	1 Monat Verzögerung	N.N.
	L_{night}	HSD	3 % AR	N.N.
Lärm während Freizeitaktivitäten	$L_{Aeq, 24h}$	bleibende Hörminderung/ Tinnitus	kein Risikoanstieg	70

IHD: Ischämische Herzkrankheit (ischemic heart disease)

Hypertonie: Bluthochdruck

HA: Anteil hochgradig belästigte Personen (highly annoyed)

Sprachentwicklung: Beeinträchtigung der sprachlichen Entwicklung bei Kindern bzw. Verzögerung des Lesealters

HSD: Anteil hochgradig schlafgestörte Personen (highly sleep disturbed)

N.N.: Keine Studien oder evidenten Ergebnisse

Inzidenz: Anzahl neu auftretender Krankheitsfälle in einer Population (meist pro 100.000 Einwohner:innen) innerhalb einer bestimmten Zeitspanne (meist pro Jahr).

Absolute Risiko (AR): Auftreten der gesundheitsschädlichen Auswirkung in einer Bevölkerung, die einem bestimmten Lärmpegel ausgesetzt ist.

Relative Risiko (RR): Vergleich von zwei absoluten Risiken, Verhältnis der Wahrscheinlichkeit des Eintritts der gesundheitsschädlichen Auswirkungen in einer Bevölkerung, die einem spezifischen Lärmpegel ausgesetzt ist, zu der entsprechenden Wahrscheinlichkeit in einer Bevölkerung, die keinem Umgebungslärm ausgesetzt ist.

* Der Anteil hochgradig Schlafgestörter liegt beim Flugverkehr bei einem Wert von 40 dB(A) bereits bei 11 %, nicht bei 3 % absolutem Risiko. Pegelwerte unter 40 dB(A) wurden in den Studien u. a. aus technischen Gründen nicht untersucht. Der Wert von 40 dB(A) dient somit als Hilfswert.

4.2 Geschichte

Seit den 1990er Jahren hat die WHO drei Empfehlungen zum Thema Umgebungslärm herausgegeben. Vor den hier vorgestellten „Environmental Noise Guidelines“¹³ wurden bereits im Jahr 1999 die wissenschaftlichen Erkenntnisse über „Gesellschaftslärm“ zusammengetragen und Empfehlungen formuliert, um Entscheidungsträger beim Schutz der Bevölkerung vor schädlichem Lärm abseits der Immissionen des Arbeitsplatzes zu unterstützen. Das Ergebnis waren die „Guidelines for Community Noise“.¹⁴ Zehn Jahre später folgten die „Night Noise Guidelines“.¹⁵

Der Guideline-Wert von $L_{\text{Nacht, außen}}$ 40 dB(A) aus den „Night Noise Guidelines“, der im Mittel nachts außerhalb von Gebäuden nicht überschritten werden soll, ist als gesundheitlich abgeleiteter Wert zu verstehen, unterhalb dessen keine negativen Effekte auf den Menschen beobachtet worden sind. Er entspricht dem LOAEL: lowest-observed-adverse-effect level.¹⁶ Als Interims-Ziel auf dem Weg zur Erreichung des Guideline-Wertes wird hier ein Wert von 55 dB(A) genannt. Diese Nachtwerte sollten diejenigen in den „Guidelines for Community Noise“ von 1999 ersetzen.

Die jüngsten Empfehlungen, welche 2018 in den „Environmental Noise Guidelines“ veröffentlicht worden sind, ersetzen nunmehr die früheren Tageswerte, nicht aber die Nachtwerte. Die empfohlenen Schalldruckpegel für den Nachtzeitraum der „Night Noise Guidelines“ sollen ausdrücklich weiterhin Beachtung finden.

4.3 Verfahren und Methodik

Zur Entwicklung der Leitlinien wurde ein standardisiertes Verfahren angewandt, mit dem eine objektive und transparente Ableitung der Werte sichergestellt werden konnte. Dieses Verfahren wurde zudem in der WHO für die zukünftige Bearbeitung aller Leitlinienwerke eingeführt. Es besteht im Wesentlichen aus drei Teilen: Die Identifikation und Analyse relevanter wissenschaftlicher Erkenntnisse, die Bewertung deren Evidenz und zum Schluss die Entwicklung von Empfehlungen aus diesem Wissen.

¹³ WHO (2018).

¹⁴ WHO (1999): Guidelines for community noise, Geneva: World Health Organization, <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217>.

¹⁵ WHO (2009): Night noise guidelines for Europe, Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, <https://apps.who.int/iris/handle/10665/326486>.

¹⁶ Kleinster Wert der Exposition, bei dem noch schädliche Wirkungen beobachtet wurden.

Die grundlegende Literaturanalyse beschäftigte sich mit den folgenden gesundheitlichen Auswirkungen von Umgebungslärm¹⁷:

Kritische/ entscheidende gesundheitliche Auswirkungen	Wichtige gesundheitliche Auswirkungen
<ul style="list-style-type: none"> • Herz-Kreislauf-Erkrankungen • Chronische Lärmbelästigung • Schlafstörungen • Kognitive Beeinträchtigungen • Dauerhafte Gehörschäden und Tinnitus 	<ul style="list-style-type: none"> • Pränatale Beeinträchtigung und Fehlgeburten • Auswirkungen auf die Lebensqualität, das allgemeine Wohlbefinden und die mentale Gesundheit • Metabolische Auswirkungen

Zu jeder kritischen gesundheitlichen Auswirkung wurde eine Metaanalyse¹⁸ erarbeitet und durch die jeweilige Forschergruppe in Bezug auf die Evidenz der wissenschaftlichen Erkenntnisse bewertet. Dabei wurde der GRADE-Ansatz (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation) angewandt, bei dem die empirische Sicherheit bemessen wird, dass eine Wirkung im direkten kausalen Zusammenhang zu einer bestimmten Exposition steht. Für die Bewertung der Evidenz standen vier Stufen zur Verfügung:

hoch: Die gefundenen Effekte werden mit einer hohen Wahrscheinlichkeit von weiterer Forschung nicht wesentlich verändert.

moderat: Die gefundenen Effekte werden möglicherweise von weiterer Forschung verändert.

niedrig: Die gefundenen Effekte werden sehr wahrscheinlich von weiterer Forschung wesentlich verändert.

sehr niedrig: Die gefundenen Effekte sind ungewiss.

Im weiteren Bewertungsprozess konnte die so bestimmte Evidenz durch vorher definierte Qualitäts-Kriterien noch auf- oder abgewertet werden.

Im nächsten Schritt legte die Leitlinien-Entwicklungsgruppe die aus ihrer Sicht relevanten Schwellen für die kritischen gesundheitlichen Auswirkungen fest (expert judgement, s. Tab. 3). Unter anderem dienten die jeweiligen Gewichtungsfaktoren für

¹⁷ UBA (Hrsg. 2019): WHO-Leitlinien, Lärmfachliche Bewertung.

¹⁸ https://www.mdpi.com/journal/ijerph/special_issues/WHO_reviews.

die verschiedenen Erkrankungen (disability weights, s. hierzu Kap. 6.9) wie auch die Größe der Fallzahlen und der jeweilige Anteil an der Gesamtzahl entsprechender Erkrankungen zur Orientierung, nicht zuletzt auch die Stimmigkeit mit WHO-Bewertungen anderer Gesundheitsrisiken.¹⁹ Die empfohlenen Expositionswerte sind daher nicht dazu gedacht, Wirkungsschwellen zu ermitteln (so genannte LOAEL, die niedrigsten beobachteten schädlichen Wirkungen für verschiedene Gesundheitsauswirkungen). Dies ist ein deutlicher Unterschied zu früheren WHO-Leitlinien, die ausdrücklich darauf abzielten, Werte zu definieren, die keine schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit haben. Im Vergleich dazu werden die Werte in den Leitlinien von 2018 wie folgt beschrieben:

„Die Leitlinienwerte definieren die Exposition, oberhalb derer die Leitlinienentwicklungsgruppe der WHO sicher davon ausgeht, dass es zu gesundheitlichen Wirkungen kommen kann.“²⁰

Tab. 3: Von der Leitlinien-Entwicklungsgruppe gesetzte Risikoanstiege, ab denen die gesundheitlichen Auswirkungen als relevant betrachtet werden.²¹

Messindikatoren für die kritischen gesundheitlichen Auswirkungen	Relevanter Risikoanstieg für die Festlegung des Leitlinienwertes
Inzidenz ischämischer Herzerkrankungen	Anstieg des relativen Risikos um 5 %
Inzidenz für Bluthochdruck	Anstieg des relativen Risikos um 10 %
Anteil hoch belastigter Personen	Anstieg des absoluten Risikos auf 10 %
Anteil hoch schlafgestörter Personen	Anstieg des absoluten Risikos auf 3 %
Verzögerung beim Erwerb von Lesekompetenz und Hörverständnis bei Kindern	Ein Monat Verzögerung hinsichtlich des ‚Lesealters‘
Dauerhafte Gehörschäden und Tinnitus	Keine Risikoerhöhung durch Umgebungslärm

Anschließend wurden für jede der fünf Lärmquellen diejenigen Schall-Expositionen gesucht, bei denen diese festgelegten gesundheitlichen Risikozunahmen erreicht werden. Hierzu wurden die Expositions-Wirkungskurven aus den Metaanalysen herangezogen, die für die Messindikatoren angefertigt worden waren. Anhand der lärmquellenspezifischen Kurven konnten nun die Dauerschallpegel ermittelt werden, ab denen die relevanten Risikoanstiege überschritten werden (s. Abb. 2).

¹⁹ WHO (2018), S. 22.

²⁰ WHO (2018), S. 20.

²¹ UBA (Hrsg. 2019): WHO-Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region.

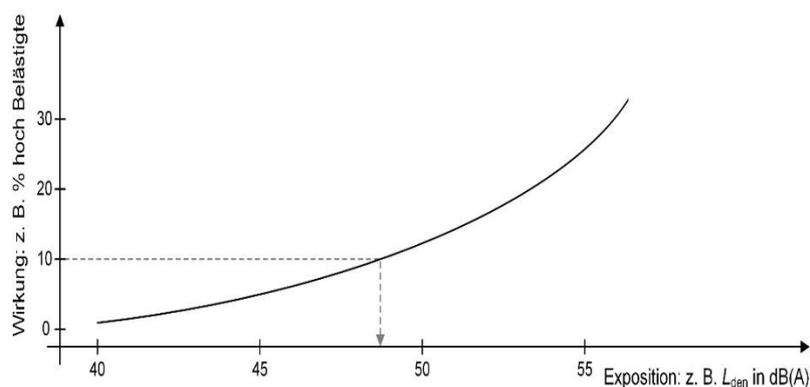


Abb. 2: Schema für die Ermittlung der Expositionswerte für die relevanten gesundheitlichen Wirkungen (eigene Darstellung)

Im letzten Schritt wurde dann aus den so ermittelten Dauerschallpegeln für jede Lärmquelle der jeweils niedrigste ausgesucht und als Leitlinien-Wert für den gesamten Tag L_{den} für die jeweilige Lärmquelle festgelegt. Der Leitlinienwert L_{den} bezeichnet also den niedrigsten Schalldruckpegel, bei dem für die jeweilige Lärmquelle eines der oben aufgeführten Risiken erreicht ist.

Der Indikator „Anteil hoch schlafgestörter Personen“ wurde herangezogen, um die relevante Gesundheitswirkung im Nachtzeitraum zu definieren. Zum Schutz des Schlafes wurden zusätzlich je Lärmart Leitlinienwerte für die Nacht L_{night} festgelegt, welche die ermittelten Expositionen dieses Indikators verwenden.

Anschließend wurden Lärminderungsmaßnahmen bewertet, die besonders geeignet sind, um die beschriebenen gesundheitlichen Auswirkungen zu minimieren oder zu verhindern. Mit Hilfe der GRADE-Methode wurden alle Empfehlungen noch einmal bewertet und in zwei Kategorien eingeteilt. In Bezug auf die Lärminderungsmaßnahmen wurde die Empfehlung als „stark“ eingestuft, wenn die positiven Wirkungen die möglichen negativen überwiegen. Dies ist der Fall, wenn für viele Menschen eine große Verbesserung der gesundheitlichen Situation herbeigeführt wird, aber nur geringe Umsetzungskosten zu erwarten sind. Bei einer „starken“ Empfehlung geht die WHO davon aus, dass sie in den meisten Fällen direkt als politische Richtlinie übernommen werden kann. Bei „bedingt“ ausgesprochenen Empfehlungen sind die Wirkungen aufgrund einer geringeren Evidenz nicht ganz klar, es besteht erhöhter Dissens über die Relevanz der gesundheitlichen Risiken in der Gesellschaft oder die Schutzmaßnahmen sind nur mit sehr hohem Aufwand realisierbar. Bei einer als „bedingt“ eingestuften Empfehlung sollte daher eine breite Diskussion und ein umfangreicher Abstimmungs- und Abwägungsprozess der Umsetzung vorausgehen. Um eine Einstufung als „stark“ zu erhalten, musste die Evidenz der wissenschaftlichen Erkenntnisse zuvor mindestens als „moderat“ bewertet worden sein.

4.4 Fachliche Bewertung des methodischen Verfahrens

Durch die standardisierte Methode, welche von der WHO für die Entwicklung all ihrer Leitlinien erstellt worden ist und welche hier zum ersten Mal zur Entwicklung von Leitlinien aus dem Bereich „Umwelt und Gesundheit“ angewandt wurde, wird ein hohes Maß an Transparenz und Objektivität hergestellt. Durch das Peer-Review-Verfahren wurde auch die berücksichtigte Literatur nach der Prüfung durch die interne Expertengruppe noch ein zweites Mal einer Qualitätsprüfung unterzogen. Diese Herangehensweise stärkt die Glaubwürdigkeit der Ergebnisse.

Auch die Festlegung der relevanten Risikoanstiege wurde in einem unabhängigen Prozess durchgeführt. Die relevanten Risikoanstiege wurden dabei ohne Kenntnis der später daraus resultierenden Expositionswerte und Konsequenzen definiert.

Einschränkungen der Methodik der Leitlinienentwicklung bestehen darin, dass das **Verfahren zur Bewertung der wissenschaftlichen Erkenntnisse für Studiendesigns aus dem medizinischen Bereich** ausgelegt ist. Hier werden überwiegend randomisierte Kontrollstudien und Studien mit Kohorten-Designs durchgeführt. Solche Studien-Designs sind im Umweltbereich jedoch sehr aufwendig bzw. nicht möglich. Daher werden hier überwiegend Querschnittsdesigns verwendet. Aus diesem Grund war es notwendig, die Bewertungsschemata für einen Teil der untersuchten Auswirkungen, vor allem für die Lärmbelästigung, anzupassen. Im Ergebnis wurde die Evidenz dadurch eher zu schwach bewertet.

Auch die prinzipiell zu begrüßende **Betrachtung kontextueller Faktoren** (z. B. Kosten, baulicher Aufwand, Akzeptanz) die im Gesamtkonzept die Umsetzbarkeit erhöhen soll, ist im Bereich gesundheitlicher Umwelteinwirkungen problematisch. Im Gegensatz zu medizinischen Maßnahmen lassen sich hier nur schwerlich eindeutige Bewertungen treffen. Dies hat dazu geführt, dass eine abschließende Bewertung aller relevanten Parameter aus dem Kontext der jeweiligen Lärmwirkung nicht in allen Fällen erfolgen konnte.

In Bezug auf den **Stand des Wissens** ist zu erwähnen, dass in die Metaanalysen nur Literatur bis Ende 2014 bzw. Ende 2015 Eingang gefunden hat. Wichtige aktuelle Studien wie etwa Teile der umfangreichen NORAH-Studie²² zu Belästigung, Lebensqualität und Schlaf bei Fluglärm oder neue Erkenntnisse zur Wirkung von Lärm von Windenergieanlagen konnten so nicht berücksichtigt werden.

Zudem sollte man bei der Verwendung der Leitlinienwerte bedenken, dass diese auf einem definierten Risikoanstieg beruhen. Während in den ‚Night Noise Guidelines‘ noch der niedrigste Expositionswert als Empfehlung verwendet wurde, der mit einer gesundheitlichen Wirkung assoziiert wird (LOAEL), besteht bei dem hier

²² Die NORAH-Studie, <http://www.laermstudie.de/>.

genutzten Verfahren **auch unterhalb der Leitlinienwerte bereits ein gewisses nachgewiesenes Risiko für negative gesundheitliche Auswirkungen.**

Die gewählte Herangehensweise soll die Umsetzbarkeit der Leitlinien und somit deren Akzeptanz erhöhen. Das UBA kritisiert aber insbesondere den relativ hohen Wert von 5 % für den relativen Risikoanstieg bezüglich der Inzidenz von ischämischen Herzerkrankungen, den die Leitlinien-Entwicklungs-Gruppe als gesellschaftlich relevante Schwelle zu Grunde gelegt hat, Weiteres dazu s. Kap. 4.5.

4.5 Fachliche Bewertung der Leitlinienwerte

Mit den Leitlinien wurde von der WHO ein Empfehlungs-Set erstellt, das wissenschaftlich fundiert und qualitätsgesichert Wirkschwellen für bestimmte gesundheitliche Belastungen ausweist. Das heißt, dass die dauerhafte Belastung von Wohngebäuden unter den in den Leitlinien angegebenen Schallpegelwerten liegen sollte, um die definierten Gesundheitsrisiken zu verhindern.

Die Leitlinienwerte sind für einzelne Lärmarten bzw. -quellen ausgewiesen. Dies ermöglicht eine genaue Aussage darüber, ob eine zu untersuchende Immission aus einer bestimmten Quelle zu einem laut WHO relevanten gesundheitlichen Risiko führen kann.

Ein Punkt, der hinterfragt werden kann, ist die quantitative **Setzung der Risikoanstiege**, ab denen eine relevante gesundheitliche Belastung gesehen wird. Die Setzung des relevanten Risikoanstiegs für die Inzidenz ischämischer Herzerkrankungen (IHD) wurde auch in den Expert:innengruppen bzw. der Leitlinien-Entwicklungsgruppe der WHO diskutiert. In diesem Zusammenhang wird kurz in den Leitlinien ausgeführt, dass ein Anstieg des relativen Risikos von 5 % in einem durchschnittlichen EU-Land mit 20 Millionen Einwohner:innen einige Tausend zusätzliche IHD-Fälle pro Jahr zur Folge hätte, die auf Straßenlärm bei Überschreitung des Pegelwertes von 59 dB(A) zurückzuführen wären. Insgesamt entspräche dies weniger als 10 % aller IHD-Fälle.²³ Nach Russland ist Deutschland mit ca. 83 Millionen Einwohner:innen das bevölkerungsreichste europäische Land. Die Absolutzahl der Fälle, die in Deutschland in etwa das Vierfache dieser Schätzung betrüge, ist hier unbedingt mit zu berücksichtigen.

Zudem weist das UBA darauf hin, dass die niedrigste der aus den betrachteten Studien ermittelte Exposition²⁴ (der Ausgangswert für die Expositions-Wirkungskurve) bei einem relativ hohen Wert von 53 dB(A) lag. Die Autor:innen des entsprechenden

²³ WHO (2018), S. 22. Diskussion der Leitlinien-Entwicklungsgruppe zur Setzung des Risikoanstiegs bezüglich der ischämischen Herzerkrankungen.

²⁴ Das Verfahren hierfür wird in den Leitlinien genauer beschrieben.

Reviews²⁵ für die WHO-Leitlinien 2018 beschrieben Zusammenhänge zwischen der Straßenverkehrslärmexposition und dem relativen Risiko, an einer ischämischen Herzerkrankung zu erkranken, bereits ab 40 dB(A). Diese Beobachtungen werden durch jüngere Studien, die nicht mehr Eingang in die Leitlinienarbeit fanden, unterstützt. Daher spricht sich das UBA für einen geringeren als relevant bewerteten relativen Risikoanstieg für IHD aus und weist darauf hin, dass im Entwicklungsprozess der Leitlinien auch eine relevanter Risikoanstieg von 1 % erwogen wurde.²⁶

Schlussfolgern lässt sich aus dieser Diskussion, dass der in den Leitlinien empfohlene Lärmpegel zum Schutz vor ischämischen Herzkrankheiten bzw. zur Minderung ihres Auftretens für den Straßenverkehrslärm zu hoch angesetzt ist. Anzustreben ist hier ein Pegelwert, der deutlich unterhalb des in den Leitlinien ermittelten Pegelwertes von 59 dB(A), bezogen auf die fünfprozentige Zunahme des relativen Risikos, an einer ischämischen Herzkrankheit zu erkranken, liegt, und ab dem geeignete Maßnahmen zur Reduktion des Lärms einzuplanen bzw. durchzuführen sind.

Die Festlegung der Höhe noch akzeptabler Risikoanstiege ist grundsätzlich auch eine gesellschaftspolitische Entscheidung darüber, welcher Aufwand zum Schutz wie vieler Personen betrieben werden kann und soll. Diskutabel erscheint, ob derartige Entscheidungen allein Wissenschaftler:innen überlassen werden sollten.

Wie bereits im Hinblick auf die Zunahme des Risikos für IHD-Fälle sei allgemein angemerkt, dass sich die definierten relativen Risikoanstiege auf die jeweils niedrigsten in den verwendeten Studien wissenschaftlich untersuchten Schalldruckpegel als Basis beziehen. Es ist daher nicht sicher, dass unterhalb der verwendeten Basiswerte keine Risikoanstiege stattfinden. Möglicherweise liegen die gefundenen relativen Risikoanstiege sogar bei noch niedrigeren Schallpegeln als in der Metaanalyse ermittelt.²⁷

Es sind Leitlinienwerte für die wesentlichen Verkehrsarten (Straßen-, Schienen- und Flugverkehr) sowie für den Lärm von Windenergieanlagen veröffentlicht worden. Für wichtige weitere Quellen wie den **Lärm von gewerblichen Anlagen oder von Freizeitanlagen** bzw. Veranstaltungen, der als Umgebungslärm auf die Anwohnerschaft einwirkt, werden jedoch keine Empfehlungen ausgesprochen. Die Datenlage war hier nicht aussagekräftig genug. Das könnte zum einen daran liegen, dass diese beiden Lärmarten in der Geräuschcharakteristik zu heterogen sind. Bei

²⁵ van Kempen E, Casas M, Pershagen G, Foraster M (2018): WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary, in: International Journal of Environmental Research and Public Health, Bd. 15, Nr. 2, <https://www.mdpi.com/1660-4601/15/2/379>.

²⁶ UBA (Hrsg. 2019): WHO-Leitlinien. Lärmfachliche bewertung.

²⁷ Rössli M, Wunderli J-M, Brink M, Cajochen C, Probst-Hensch N (2019): Die SiRENE-Studie, in: Swiss Medical Forum – Schweizerisches Medizin-Forum, https://edoc.unibas.ch/71523/1/20190725151216_5d39aab0583d0.pdf.

ihrer Bewertung muss eine Vielzahl von unterschiedlichen Frequenzzusammensetzungen und Zeitverläufen berücksichtigt werden. Um diese komplexen Geräuschsituationen in einem Einzahlwert zusammenfassen zu können, wäre eine komplexe Berechnungsvorschrift (wie z. B. im Anhang der TA Lärm²⁸) notwendig, die alle möglichen Belastungssituationen aufnimmt, einzeln bewertet und in einem Beurteilungspegel zusammenführt. Für eine solche Vorgehensweise war wiederum die bei den Leitlinien von der WHO angewendete Methodik zu starr.

Bei der Leitlinie für den Fluglärm hat die starre Methodik der Leitlinien-Entwicklung dazu geführt, dass für den Nachtwert L_{night} eine Empfehlung von 40 dB(A) ausgesprochen wird, obwohl dieser Wert einem Anteil hoch schlafgestörter Personen von 11 % zugeordnet wird. Aufgrund zunehmender Unsicherheiten wurde auf die Extrapolation zu niedrigeren Expositionswerten verzichtet. Ersatzweise wurde der niedrigste Pegelwert herangezogen, der untersucht worden war.

Die Unzulänglichkeit von Mittelungspegeln bezüglich der Abbildung physiologischer Wirkungen (z. B. Aufwachreaktionen, Herzratenvariabilität, Motilität) im Vergleich zu Maximalwerten und deren Anzahl war den WHO-Expert:innengruppen bewusst. Zwecks Kompatibilität mit europäischen Regelwerken und auch mit Blick auf die Datenlage und die Vergleichbarkeit von Studien fiel die Entscheidung auf Dauerschallpegel. Das führte u. a. dazu, dass die in den Leitlinien von 2018 einbezogenen Schlafstörungen nicht mittels genannter und weiterer physiologischer Reaktionen ermittelt waren, sondern (nur) anhand selbst-berichteter Schlafstörungen. Für intermittierende Geräusche sind aber Einzelschall-Ereignis-bezogene Indikatoren von maßgeblicher Bedeutung. Aus diesem Grund sollten die Werte der Night Noise Guidelines weiterhin ergänzend betrachtet werden, da diese auch physiologische Parameter und Einzelschall-Ereignis-Indikatoren (wie den L_{max}) einbeziehen. Es wird daher explizit darauf verwiesen, dass die empfohlenen Expositionswerte aus den Night Noise Guidelines von 2009 weiterhin Gültigkeit besitzen.

Für zukünftige Darstellungen und die Ableitung von „Grenzwerten“ ist anzustreben, stärker weitere geräusch-, wahrnehmungs- bzw. wirkungsbezogene Größen zu berücksichtigen. Ein ausschließlich auf $L_{\text{den}}/ L_{\text{night}}$ abzielender Lärmschutz stellt nur „einen ersten, groben vereinfachenden Schritt dar, der vor allem für hoch exponierte Betroffene wirksam ist.“²⁹

Die Empfehlungen zur Lärmbelastung bei der Ausübung von Freizeitaktivitäten nimmt eine Sonderstellung unter den Leitlinien der WHO ein. Bei der Einordnung von

²⁸ TA Lärm, Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm), https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_26081998_IG19980826.htm.

²⁹ Schreckenber D. in: Schulte-Fortkamp B, Fiebig A, Schreckenber D, Bonacker M, Baumer E (2019): Fragen und Antworten zu den neuen WHO-Leitlinien für Umgebungslärm, in: Akustik Journal, Bd. 02, https://www.dega-akustik.de/fileadmin/dega-akustik.de/publikationen/akustik-journal/19-02/akustik_journal_2019_02_online.pdf, S. 22–32.

Lärmexpositionen durch individuell herbeigeführte Freizeitaktivitäten wurde die ansonsten starr befolgte Methodik ausgesetzt. Zum einen wurde hier nicht der L_{den} zur Gefährdungsbeurteilung herangezogen, der durch seine Gewichtung von Zeiten erhöhter Empfindlichkeit auch nicht zur Beurteilung freiwilliger Expositionen geeignet gewesen wäre, sondern der reine Mittelungspegel ohne zeitliche Gewichtung, der das Gehör über 24 Stunden hinweg trifft. Außerdem wurde hier auf die wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Gehörgefährdung durch Arbeitslärm zurückgegriffen, da für die Gefährdung durch Freizeitlärm eine nur unzureichende Evidenz vorlag.

Die Leitlinien verfolgen allein den **lärmquellenspezifischen Ansatz**. Der Grund hierfür mag sicherlich darin gelegen haben, dass die nationalen Lärmschutzregelungen weitestgehend ebenso lärmquellenspezifisch aufgestellt sind. Dennoch wäre es wünschenswert gewesen, wenn die WHO Expert:innengruppen auch Möglichkeiten zur Bewertung von Gesamtlärm, also von gleichzeitig auf einen Immissionsort einwirkenden verschiedenen Lärmquellen, aufgezeigt hätten. Realistischerweise entstehen oftmals komplexe Immissionssituationen, die mit den hier vorliegenden WHO-Leitlinien aber nicht beurteilt werden können. Dadurch verlieren die Leitlinien einen Teil ihrer Aussagekraft zur tatsächlich vorhandenen Lärmeinwirkung.

Praxisfreundlich hingegen wirken die Leitlinien bezüglich der quellenspezifischen Lärminderungsmaßnahmen. Leider werden nur sehr wenige konkrete Empfehlungen ausgesprochen. Nur zu Straßenverkehrslärm und Fluglärm konnten gesicherte Erkenntnisse zur Wirkung von Maßnahmen gefunden werden. Bei allen anderen Quellen war die Evidenz unzureichend.

4.6 Form der Leitlinienwerte und Vergleichbarkeit mit deutschen Schutzwerten

Bei der Beauftragung der WHO zur Erarbeitung von Leitlinien für Umgebungslärm hatte die 5. UMK unter anderem die Prüfung und Aktualisierung bzw. Weiterentwicklung der Umgebungslärmrichtlinie der Europäischen Union im Sinn. Dementsprechend sind die Leitlinienwerte für den Tag im europäischen Standard-Lärmindex L_{den} ermittelt worden (s. Kap. 4). Dieser auf 24 Stunden bezogene Lärmindex („Tag-Abend-Nacht-Pegel“) zielt mit der stärkeren Gewichtung von Zeiten, in denen Betroffene eine erhöhte Empfindlichkeit zeigen, auf die Interpretation der Belastung von wachen Personen ab. Um eine Einschätzung der Beeinträchtigung von Schlaf zu ermöglichen, wurden zusätzlich Empfehlungen zum ungewichteten Lärmindex L_{night} erarbeitet.

Im deutschen Lärmschutzrecht werden hingegen meist Tagesimmissionen (16 Stunden; 6.00 - 22.00 Uhr) und Nachtimmissionen (8 Stunden; 22.00 - 6.00 Uhr) getrennt behandelt. Hierbei wird der höheren Empfindlichkeit in der Nacht zum Schutz des Schlafes durch niedrigere Grenz- und Richtwerte Rechnung getragen. Der Nachtpegel wird dann ohne weitere Gewichtung mit den vorgegebenen

Lärmrichtwerten verglichen. Im Tageszeitraum wird in der Regel ein Beurteilungspegel berechnet, der Zuschläge enthalten kann.

Die WHO-Empfehlungen für die Nacht L_{night} können somit relativ gut mit den im deutschen Recht definierten Werten verglichen werden. Die Empfehlungen für den gesamten Tag L_{den} hingegen können im Vergleich mit deutschen Immissionswerten nur als Anhaltswerte dienen und ausschließlich orientierend herangezogen werden.

Sehr gut geeignet sind die WHO-Empfehlungen jedoch, um verbindliche Werte für die Umsetzung der EU-Umgebungslärmrichtlinie festlegen zu können. Hier werden die selben Lärmindizes verwendet.

4.7 Schlussfolgerungen aus den Leitlinien

Insgesamt sind die WHO-Leitlinien das wohl am umfassendsten ermittelte und wissenschaftlich am besten gesicherte Richtwerte-Set, das zurzeit vorhanden ist. Sicherlich können die Empfehlungen aufgrund der getroffenen Festlegungen relevanter Gesundheitsrisiken noch diskutiert werden, aber zur Prävention und als Orientierung für die Politik sind die Werte gut geeignet. Der Ansatz der WHO, die Werte und Empfehlungen praxistauglich zu gestalten, führt dazu, dass die Leitlinienwerte nur dann zu tragfähigen Aussagen herangezogen werden können, wenn nur eine einzelne Quellenart auf einen Immissionsort einwirkt. Leider zeigen die Leitlinien keinen methodischen Ansatz auf, wie im Falle der realistischeren Einwirkung mehrerer Lärmquellen die Gesamteinwirkung bewertet werden könnte.

Die in der deutschen Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV)³⁰ als Schwellen für wesentliche Änderungen von Verkehrswegen normierten Werte von 70 dB(A) am Tag und 60 dB(A) in der Nacht werden von der Rechtsprechung immer wieder als Grenze der Gesundheitsgefahr definiert. Selbst wenn der in Deutschland verwendete L_{day} nicht direkt mit dem gewichteten L_{den} verglichen werden darf, zeigt die erhebliche Differenz der Werte der WHO und der 16. BImSchV einen dringenden Überarbeitungsbedarf der deutschen Vorschrift. (Das UBA spricht von ca. 10 bis 15 dB Unterschied nach Umrechnung der Pegel in einen vergleichbaren Wert.³¹) Dies gilt vor allem in Hinblick auf die relativ schwere gesundheitliche Belastung durch ischämische Herzkrankheiten, für die ein Risikoanstieg schon bei viel geringeren Pegeln gefunden wurde.

Die Notwendigkeit einer Überarbeitung z. B. der Verkehrslärmschutzverordnung ergibt sich auch daraus, dass die Studienergebnisse zur Lärmbelästigung ein mit der Zeit verändertes Belästigungsempfinden der Bevölkerung zeigen. Menschen scheinen

³⁰ Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV); in: BGBl I 1990, 1036; zul. geändert durch Art. 1 V v. 4.11.2020 I 2334.

³¹ UBA (Hrsg. 2019): WHO-Leitlinien, Lärmfachliche Bewertung.

heutzutage sensibler auf Schienen- und auch auf Fluglärm zu reagieren als noch im letzten Jahrhundert. Der bereits erfolgte Wegfall des sogenannten Schienenbonus ist unter diesen Erkenntnissen sehr zu begrüßen.

Die neuen Expositions-Wirkungskurven für hochgradige Belästigung (HA) und hochgradige Schlafstörung (HSD) durch Straßen-, Schienen- und Flugverkehr sowie die für die Zunahme des relativen Risikos für ischämische Herzerkrankungen durch Straßenverkehr fanden 2020 Eingang in den Anhang III der europäischen Umgebungslärmrichtlinie.

Die von den Leitlinien der WHO ermittelten Werte für Fluglärm, welche noch nicht die unterste Grenze gesundheitlicher Auswirkungen darstellen und vor allem beim Nachtlärm keinen ausreichenden Schutz für die Belastung der Betroffenen darstellen, weil Einzelschallereignisse nicht berücksichtigt sind, sind die niedrigsten Werte der Leitlinien. Dies zeigt, dass der Fluglärm die gesundheitlich am stärksten belastende Verkehrslärmart ist. Die Leitlinien unterstreichen daher laut UBA, dass die Grenzwerte der Fluglärmschutzzonen im Gesetz zum Schutz vor Fluglärm überarbeitet werden müssten.

In Bezug auf Windenergieanlagen scheinen die empfohlenen Werte der Leitlinien relativ gut durch die Regelungen der TA Lärm, die zurzeit zur Beurteilung solcher Anlagen genutzt wird, abgedeckt zu sein. Allerdings sind die von der WHO empfohlenen Leitlinienwerte nur bedingte Empfehlungen, da sich hinsichtlich WEA eine geringe Qualität der Evidenz ergab.

Das Wichtigste kurz und knapp

- Die WHO-Leitlinien sind das bisher am umfassendsten ermittelte und wissenschaftlich am besten gesicherte Richtwerte-Set, das zurzeit vorhanden ist.
- Die standardisierte Methode zur Ableitung der Leitlinien gewährleistet ein hohes Maß an Transparenz und Objektivität.
- Zur Prävention und als Orientierung für die Politik sind die WHO-Leitwerte gut geeignet.
- Die von der WHO gewählten begrenzenden Risikoanstiege sind teilweise mit einem relativ hohen absoluten Erkrankungsrisiko verbunden (z. B. ischämische Herzleiden) und daher zu hinterfragen.
- Den Leitlinien fehlt ein Ansatz für eine Beurteilung von unterschiedlichen, gleichzeitig einwirkenden Lärmquellen.
- Die abgeleiteten Mittelungspegel sind für Fluglärm und Schienenverkehrslärm in Bezug auf Schlafstörungen unzureichend. Daher gelten weiterhin die Leitlinienwerte der Night Noise Guideline von 2009.
- Ein direkter Vergleich mit Richtwerten der deutschen Lärmschutzvorschriften ist nicht möglich, kann aber orientierend vorgenommen werden. Für einzelne Lärmquellen zeigt hier die erhebliche Differenz einen dringenden Überarbeitungsbedarf der deutschen Lärmschutzregelungen.
- Die dauerhafte Belastung von Wohngebäuden sollte unter den in den Leitlinien angegebenen Schallpegelwerten liegen.

5. Grundlagen

In diesem Kapitel wird zunächst beschrieben, wie das Hörorgan, das Ohr bzw. das Hörsystem funktioniert. Anschließend werden einige physikalische Parameter vorgestellt, mittels derer ein Geräusch charakterisiert werden kann. Ein weiterer Abschnitt befasst sich mit Lärmcharakteristika verschiedener Lärmquellen.

5.1 Das Gehör und seine Funktionsweise – die Wahrnehmung von Schallreizen

Beim Hören (auch auditive, aurale oder akustische Wahrnehmung genannt) handelt es sich um die Wahrnehmung von Schall durch den Hörsinn.³²

Schallwellen treffen über die äußere Ohrmuschel auf das Trommelfell und bringen dieses zum Schwingen. Bereits bei Schwingungen bzw. Auslenkungen des Trommelfells im Nanometerbereich entsteht im Folgenden eine Empfindung. Die Schwingungen werden über die Gehörknöchelchen Hammer, Amboss und Steigbügel (kleinster Knochen im menschlichen Körper) im Mittelohr (Paukenhöhle) verstärkt und durch kleine Muskeln in der Schallanalyse verbessert. Der Steigbügel überträgt die Schwingungen auf das ovale Fenster. Hier beginnt das Innenohr, das mit Flüssigkeit, der Perilymphe, gefüllt ist und in dem zusammen mit dem Gleichgewichtssinn die für das Hören wichtige knöcherne Schnecke (Cochlea) liegt. In ihr übertragen sich die Schwingungen über die Lymphe zunächst weiter auf die Basilarmembran, auf der das so genannte Cortische Organ mit seinen Sinneszellen (Haarzellen) liegt. Hier kommt es zur Umwandlung der Schwingungen in Scherbewegungen der Härchen, abhängig von Tonhöhe und Lautstärke (Schalldruckpegel). Die Haarzellen geben die Erregung entsprechend dem Reiz, den die jeweilige Biegung der Härchen am jeweiligen Ort in der Cochlea auslöst, an Nervenfasern weiter.

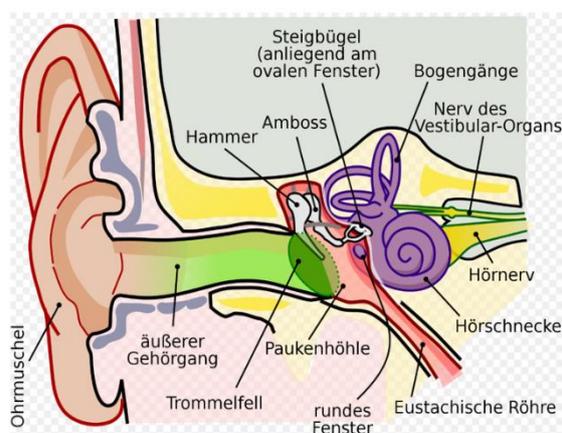


Abb. 3: Aufbau des Gehörs*

Die Nervenfasern des Hörsinns vereinigen sich mit den Nervenfasern des Gleichgewichtssinns zum 8. Hirnnerv (Nervus vestibulocochlearis, N. VIII), der zum

³² Hellbrück J, Guski R (2018): Lauter Schall: Wie Lärm in unser Leben eingreift, Darmstadt, Deutschland: wbG Academic in Wissenschaftliche Buchgesellschaft (WBG).

* Bild-Quelle: Chittka L, Brockmann A (2005): Perception Space—The Final Frontier, in: PLoS Biol3(4): e137. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0030137>, : <http://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.0030137> (veröffentlicht unter der CC-BY 4.0 Lizenz (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)).

Hörzentrum in den Großhirnschläfenlappen (Hörinde) zieht, wo die bewusste Wahrnehmung und Bewertung des akustischen Reizes stattfindet. Auf dem Weg dorthin zweigen von der Hörbahn Nervenfasern ab, z. B. zu einer netzförmigen Formation von Zellstrukturen (Formatio reticularis), über die der Schlaf-Wach-Zustand gesteuert wird, oder zur Vierhügelregion, in der unter anderem Reflexe auf auditive Reize hin ausgelöst werden können. Zudem besteht eine Verbindung zum Mandelkern (Amygdala) und zum Hypothalamus. Über diese Hirnareale nehmen Schallereignisse Einfluss auf das vegetative Nervensystem, das hormonelle System sowie auf emotionale Bereiche. Die Aktivierung dieser Strukturen und Funktionssysteme läuft größtenteils unbewusst, auch während des Schlafs, ab. In der Beteiligung dieser Systeme liegt die Ursache für die extra-auralen Wirkungen von Schallereignissen, s. Kap. 6.1.

Tiefe Töne, z. B. Bässe und Brummtöne, können bei ausreichender Lautstärke nicht nur mit dem Gehör, sondern auch über Resonanzerscheinungen mit dem Körper wahrgenommen werden. Neben der Hörschwelle wird in diesem Tonbereich daher auch die Wahrnehmungsschwelle ermittelt, die meist geringfügig unterhalb der Hörschwelle, bei empfindlichen Personen sogar deutlich unter der Hörschwelle liegen kann.³³

Das Wichtigste kurz und knapp

- Der Hörsinn ist der empfindlichste Sinn.
- Das Hören kann nicht abgeschaltet werden, der Mensch hört auch im Schlaf, in der Narkose, im Koma.
- Lärm-bedingte Schwerhörigkeit ist die häufigste anerkannte Berufskrankheit.
- Die Schallreize wirken über das vegetative Nervensystem und über eine veränderte Hormonregulation auf den gesamten Körper.
- Sehr laute tiefe Töne können mit dem ganzen Körper wahrgenommen werden.

Das Gehör ist im Dauerbetrieb, die Ohren können sich Schallreizen bzw. Geräuschen gegenüber nicht verschließen. Diese Reize werden Tag und Nacht bewusst oder unbewusst analysiert, bewertet und verarbeitet. Von der Evolution her gesehen ist das sinnvoll, da akustische Signale nicht nur der Kommunikation und Orientierung dienen, sondern auch eine wichtige Warnfunktion haben. Sie versetzen den Körper über die Ausschüttung von Stresshormonen in Alarmbereitschaft. Werden das Hörsystem bzw.

³³ Moorehouse A, Waddington D, Adams M (2005): Proposed criteria for the assessment of low frequency noise disturbance: Project Report, Manchester, GB: Department for Environment, Food and Rural Affairs.

das damit verbundene Stresshormonsystem aber chronisch überlastet, werden Letzterem keine ausreichenden Erholungspausen zur Regeneration gewährt und es kann in Folge zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen kommen (s. Kap. 6).

Wenn Schallwellen bzw. Geräusche als störend und unangenehmer Stressfaktor empfunden werden, werden sie als Lärm wahrgenommen.

5.2 Lärm – unerwünschte, störende, gesundheitsschädliche Geräusche

Lärm umfasst alle Schallereignisse, die belästigen und die Lebensqualität beeinträchtigen, indem sie bei der aktuell ausgeführten Tätigkeit stören, insbesondere indem sie die Kommunikation, das konzentrierte Arbeiten und Lernen, die Entspannung und den Schlaf stören sowie nachhaltige Gesundheitsstörungen hervorrufen können.

„Lärm ist jede Art von Schall, der stört, belästigt oder die Gesundheit beeinträchtigen kann.“
(WHO, 1972)

Geräusche können als physikalische Ereignisse (Schwingungen) vermessen und beschrieben werden. Einige physikalische Faktoren, die auch in rechtlichen Regelungen sowie in Diskussionen zum Lärmschutz von Bedeutung sind, werden in Kap. 5.2.1 vorgestellt, in Kap. 5.2.2 im Besonderen für den tieffrequenten Schall. Die Bewertung von Geräuschen, ihre Wahrnehmung als Lärm, ist dagegen von vielen nicht-akustischen individuellen und psychosozialen Faktoren abhängig, wie in Kap. 5.2.3 dargestellt.

Allgemein wird geschätzt, dass die physikalischen Geräuschmerkmale nur ungefähr zu einem Drittel die individuelle Störwirkung beschreiben können.³⁴ Zusammen mit den Erkenntnissen aus epidemiologischen Studien zu Dosis-Wirkungs-Beziehungen ist es dennoch möglich, mit ihnen das Ausmaß bestimmter gesundheitlicher Wirkungen durch Lärm abzuschätzen und damit die fachliche Grundlage für Grenzwertfestlegungen bereit zu stellen.

Eine stärkere Einbeziehung nicht-akustischer Faktoren wird gefordert. Eine standardisierte Vorgehensweise hierfür liegt bislang nicht vor.

Auf multimodale, z. B. audio-visuelle Interaktionen wird im Folgenden nicht eingegangen (Beispiel: ein roter Zug erscheint bei gleichem Schalldruck lauter als ein grüner Zug).

³⁴ Babisch et al. (2014), Maschke C: Schall: Physikalische Eigenschaften, Messung und Bewertung.

5.2.1 Physikalische Faktoren³⁵

Wichtige messbare Parameter zur Charakterisierung von Geräuschen bzw. Lärmereignissen sind:

- die **Lautstärke** bzw. der Schall(druck)pegel, in Dezibel (dB), einer logarithmischen Feldgröße,
- die **Frequenz** bzw. die Tonhöhe, in Hertz (Hz) als Anzahl der Luftdruckschwingungen pro Zeiteinheit,
- das **Zeitverhalten**, die Veränderung des Schalls über die Zeit.

Mit diesen Größen ist es möglich, bspw. Schallpegelanstiege, Pegelmittelwerte, Maximalpegel und die Frequenzzusammensetzung (also das Spektrum) von Schallereignissen zu beschreiben und auch, ob Geräusche bspw. kontinuierlich (z. B. Straßenverkehrslärm), intermittierend (z. B. Fluglärm) oder impulsiv (z. B. Gewerbe-, Baulärm) auftreten. Eine weitere Rolle spielt die Tonalität oder der Informationsgehalt eines Geräusches. Hierin kann eine besondere Ablenkung liegen, da das Gehirn versucht, die Schall-Informationen sinnvoll zu entschlüsseln und zu verarbeiten.

Lautstärke

Die Lautstärke ist als Schalldruckpegel (L_p) messbar und wird in Dezibel (dB) angegeben, das ist der zehnte Teil (dezi) der Hilfsmaßeinheit Bel (B). Die Schmerzgrenze von Schalldruck liegt rund zwei bis drei Millionen Mal höher als der Schalldruck an der Hörschwelle.

Für eine besser handhabbare Darstellung wird der Schalldruckpegel daher als dekadischer Logarithmus angegeben, der bspw. den Größenbereich von der Hör- zur Schmerzschwelle auf eine überschaubare Skala von 0 dB(A)³⁶ bis 130 dB(A) übersetzt. Das führt dazu, dass eine Verdopplung oder Halbierung der energetischen Schallbelastung (z. B. der Anzahl der Lärmquellen) einen Unterschied von 3 dB ausmacht.

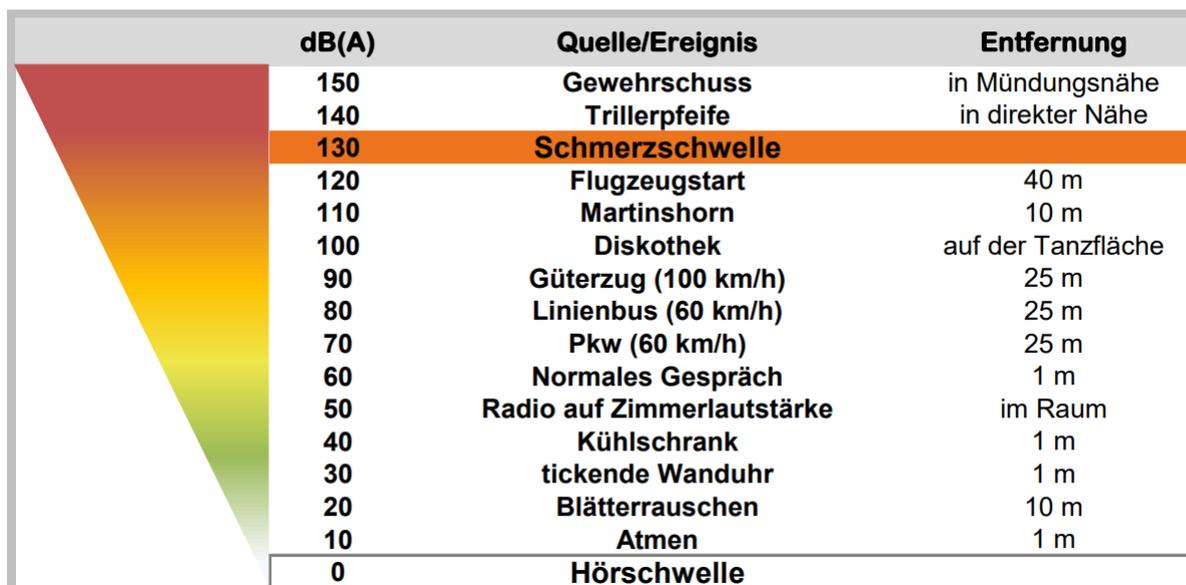
Beispiel:

Ein Presslufthammer erzeugt einen Schalldruckpegel (im Folgenden auch kurz: Schallpegel) von 100 dB(A). Kommt ein zweiter hinzu, erhöht sich der Schallpegel um 3 dB auf 103 dB(A) (Halbierungs- bzw. Verdopplungsparameter für den Schalldruckpegel).

³⁵ Zur ausführlicheren Beschreibung von Schallwellen vgl. z. B. Babisch W, Guski R, Ising H, Maschke C, Myck T, Niemann H, Speng M (2014): VII -1 Lärm, in: Wichmann H-E, Fromme H (Hrsg.): Handbuch der Umweltmedizin, Loseblattwerk, ecomed medizin. Hier Kapitel von Maschke C: „Schall: Physikalische Eigenschaften, Messung und Bewertung“.

Ausführungen in diesem Bericht geben nur einen groben Überblick ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

³⁶ Zur A-Bewertung siehe Seite S. 31



dB(A)	Quelle/Ereignis	Entfernung
150	Gewehrschuss	in Mündungsnähe
140	Trillerpfeife	in direkter Nähe
130	Schmerzschwelle	
120	Flugzeugstart	40 m
110	Martinshorn	10 m
100	Diskotheek	auf der Tanzfläche
90	Güterzug (100 km/h)	25 m
80	Linienbus (60 km/h)	25 m
70	Pkw (60 km/h)	25 m
60	Normales Gespräch	1 m
50	Radio auf Zimmerlautstärke	im Raum
40	Kühlschrank	1 m
30	tickende Wanduhr	1 m
20	Blätterrauschen	10 m
10	Atmen	1 m
0	Hörschwelle	

Abb. 4: Beispiele für Schallquellen und ihre ungefähren Schalldruckpegel. Diese dB(A)-Werte sind nicht mit gemittelten Dauerschalldruckpegeln, z. B. beim Verkehrslärm, zu vergleichen. (eigene Zusammenstellung nach verschiedenen Vorlagen)

Mit der Entfernung von der Schallquelle nimmt der Schalldruck ab. Hierfür ist vor allem die Schallverdünnung, die Verteilung der Schallenergie auf eine immer größer werdende Hüllfläche verantwortlich. Zudem spielen die Schallabsorption in der Luft, die Reflexion und Streuung in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Bodens und des Geländes sowie des Bewuchses eine Rolle für die Schalldruckabnahme mit zunehmender Entfernung von der Schallquelle. Daher ist es erforderlich, die Nennung eines Schalldruckpegels mit Angaben zum Messort zu verbinden.

Das wichtigste und am häufigsten verwendete Maß zur Darstellung der Lautstärke ist der äquivalente Dauerschallpegel (L_{eq}) oder auch Mittelungspegel (L_m). „Der L_{eq} ist der Schallpegel eines gedachten (fiktiven) Dauergeräuschs, das die gleiche Schallenergie enthält wie das zeitlich schwankende Geräusch.“³⁷ Gemittelt wird meist über 8 Stunden (Nacht: 22.00 - 6.00 Uhr) oder 16 Stunden (Tag: 6.00 - 22.00 Uhr). Durch die Mittelung (sowie die logarithmische Darstellung) ergibt sich für ein gleich lautes Geräusch ein verminderter Dauerschallpegel L_{eq} um 3 dB, wenn das Geräusch nicht über 8, sondern nur über 4 Stunden anhält. Der gemittelte Dauerschallpegel sagt nichts zum Zeitverhalten oder zur Frequenz der Geräusche aus. So kann der gleiche Dauerschallpegel mit einem über die Zeit gleich bleibendem Geräusch, mit wenigen sehr lauten Schallereignissen oder vielen weniger lauten, mit hohen oder tiefen Tönen erreicht werden.

³⁷ Babisch et al. (2014), S. 5.

Beispiel:

Eine moderat befahrene Autobahn erzeugt in 500 Metern Abstand etwa einen Dauerschallpegel von 55 dB(A) über die Tagesstunden (6.00h – 22.00 Uhr). Über den gleichen Zeitraum gemittelt erzeugen zehn Schallereignisse von etwa 1 Minute Dauer und einem Schalldruckpegel von jeweils 75 dB(A) (z. B. Überflüge) den gleichen Wert. Ein einzelnes Schallereignis von einer Minute Dauer müsste 85 dB(A) erzeugen, um einen Dauerschallpegel von 55 dB(A) über diesen Zeitraum zu erreichen.

Bedingt durch die Mittelung werden bei Angaben des Dauerschallpegels folglich Maximalwerte, die Häufigkeit ihres Auftretens und Geräuschauffälligkeiten nicht abgebildet. Vor allem Maximalwerte und andere Geräuschauffälligkeiten verursachen jedoch oftmals eine besonders starke Störwirkung.

Werden Dauerschallpegel über einen Beurteilungszeitraum von einem Jahr, wie bspw. beim L_{den} (s. u.), berechnet, werden Schallpegel auf ein Jahr gemittelt, sodass dem Wert keine Unterschiede im Verkehrsaufkommen bezüglich z. B. Wochentag oder Jahreszeiten entnommen werden können.

Frequenzen

Der gesunde Mensch hört Töne im Frequenzbereich zwischen ca. 16 und 20.000 Hertz (Hz) bzw. 0,016 und 20 Kilo-Hertz (kHz). Die Frequenzen (f) der menschlichen Sprache liegen im Bereich zwischen 0,5 bis 5 kHz. Hier liegt auch die höchste Empfindlichkeit des Hörsystems.

Der untere Frequenzbereich des Hörschalls geht in den Infraschall über, der hochfrequente Bereich in den Ultraschall. Hunde und Katzen hören Töne noch bei ca. 40 bzw. 50 kHz.

Die Frequenzen (Tonhöhe) spielen für die Wahrnehmung der Lautstärke eine wichtige Rolle. Hohe und niedrige wahrnehmbare Töne (also höhere und niedrigere Frequenzen) scheinen bei gleichem Schalldruckpegel leiser zu sein als Töne im mittleren Bereich. Dieser Effekt wird in so genannten Frequenzbewertungskurven A, B und C (und weiteren) berücksichtigt. Zwecks Vereinheitlichung und Vergleichbarkeit wurde in internationaler Übereinkunft die Bewertungskurve A gewählt, um die Lautstärke insbesondere im normalen Sprech- und Hörbereich – dann entsprechend gefiltert und gewichtet – zu messen und zu beschreiben. Es handelt sich bei der Angabe in dB(A) also um den A-bewerteten Schalldruckpegel.

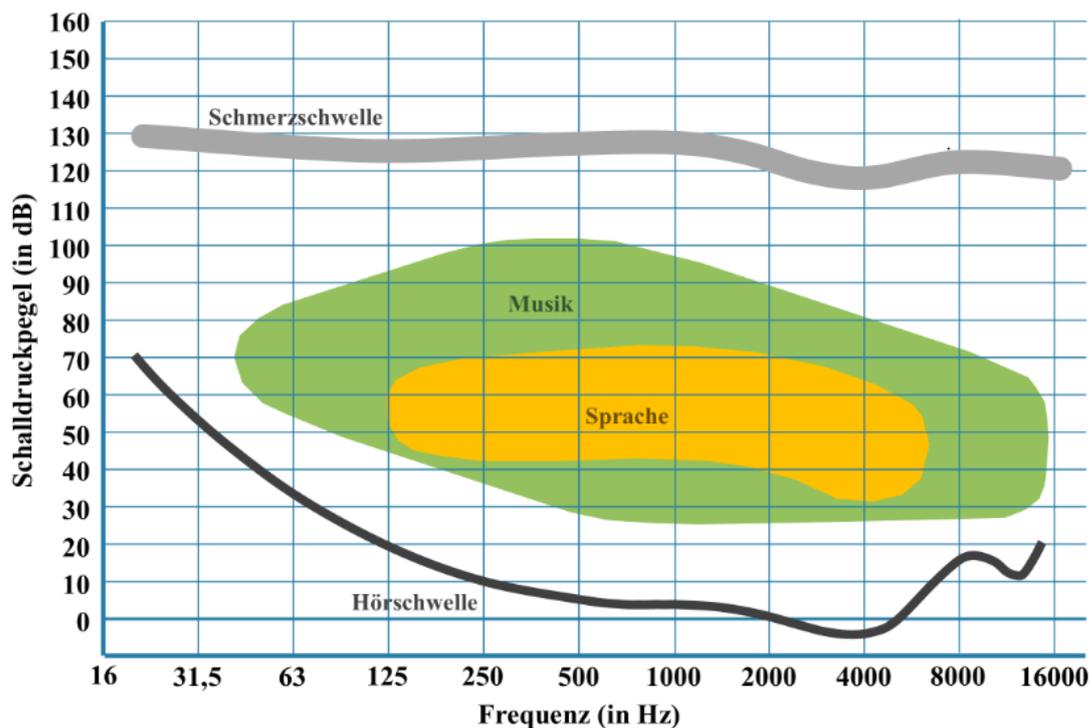


Abb. 5: Auditive Wahrnehmung: die frequenzabhängige Hörfläche zwischen Hörschwelle und Schmerzempfinden.³⁸

Daraus resultieren einige Ungenauigkeiten in der Darstellung tieffrequenter und hochfrequenter Schallereignisse, deren Berücksichtigung mittels spezieller Regelungen versucht wird (z. B. mit der DIN 45680:1997-07, Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft, s. Kap. 5.2.2).

Neben der Frequenz beeinflusst auch die Bandbreite eines Geräusches, d. h. sein Frequenzspektrum, die Wahrnehmung der Lautstärke. Geräusche größerer Bandbreite – viele Alltagsgeräusche, Verkehrslärm – werden bei gleichem Schalldruckpegel sehr viel lauter wahrgenommen als schmalbandige Geräusche, wie z. B. ein Sinuston. Gleich laut wahrgenommene schmal- und breitbandige Geräusche können im Schalldruckpegel bis zu 15 dB(A) auseinander liegen. Daher werden breitbandige Geräusche über die alleinige Angabe des Schalldruckpegels hinsichtlich der wahrgenommenen Lautstärke im Vergleich zu schmalbandigen Geräuschen unterschätzt.

³⁸ Eigene Darstellung, in Anlehnung an Ising H, Sust CA, Plath P (2004) Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.); Gesundheitsschutz 5, Gehörschäden durch Musik; Dortmund.

Die wahrgenommene Lautstärke: Lautheit

Die Lautheit spiegelt die empfundene Lautstärke von Geräuschen wider. Sie kann in den Einheiten phon und sone angegeben werden.³⁹ Die Lautheitsempfindung hängt nicht allein vom Schalldruck ab, sondern wird, wie bereits angeführt, von weiteren Eigenschaften des Geräuschs beeinflusst, z. B. von der Dauer, der Bandbreite und der Frequenz. Kurze Schallereignisse werden weniger laut empfunden als länger währende Geräusche, trotz identischem Schalldruckpegel.

Ein Unterschied von 1 dB gilt im Allgemeinen als gerade noch wahrnehmbar, ein Unterschied von 3 dB als deutlich wahrnehmbar.

Die Zunahme um 10 dB wird im Mittel als Verdopplung der Lautheit wahrgenommen. Von Person zu Person kann dies stark schwanken und auf Schalldruckpegel-Zunahmen zwischen 6 und 20 dB zurückgehen.

Änderungen der Geräusche im Zeitverlauf

Geräusche können stationär oder kontinuierlich (also hinsichtlich ihrer Amplitude und/oder der Zusammensetzung ihres Geräuschspektrums gleichförmig) auftreten oder aber intermittierend oder impulsartig. Der Schallpegel kann langsam oder schnell an- und abschwellen, letzteres z. B. bei der Vorbeifahrt einzelner Autos oder von Zügen bzw. bei Start und Landung von Flugzeugen. Impulsartig einsetzende, unregelmäßige Schallereignisse werden im Vergleich zu kontinuierlichen Geräuschen als störender empfunden (z. B. Presslufthammer). Diese Eigenschaften können bei der Lärmbeurteilung mit passenden Zeitbewertungen (slow, fast, impulse) und weiteren Auf- bzw. Abschlägen berücksichtigt werden.

Ein Maß für die Zahl und Höhe von Maximalpegeln wird beispielsweise in der TA Lärm ermittelt (Geräuschspitzen, Taktmaximal-Mittelungspegel) oder als Kriterium für die Abgrenzung von Lärmschutzzonen im Rahmen der Fluglärm-Gesetzgebung verwendet (NAT-Kriterium; NAT = Number Above Threshold = Anzahl der Ereignisse, die einen festgelegten Schwellenwert überschreiten).

Auch in den Berechnungen der Beurteilungspegel für Verkehrslärm werden Auf- bzw. Abschläge in Abhängigkeit von der jeweiligen Geräuschcharakteristik berücksichtigt

³⁹ Die Lautheit in der Einheit sone wird auf einer linearen Skala abgebildet. Das Referenzsignal wird durch einen Sinuston mit der Frequenz 1 kHz und einem Schalldruckpegel von 40 dB definiert, der die Lautheit 1 sone besitzt. Die Lautheit doppelt so laut empfundener Geräusche entspricht 2 sone.

Das phon beschreibt – wie die Lautheit in sone – die empfundene Lautstärke. Das eigentliche Schallereignis wird hier mit einem Referenzsignal, ebenfalls einem Sinuston mit einer Frequenz von 1 kHz verglichen. In phon wird der Wert des Schalldruckpegels des Referenzsignals angegeben, der gleich laut empfunden wird wie das eigentliche Schallereignis, das eine andere Frequenz besitzt. Durch diesen Vergleich ist es möglich, die Hörempfindung mit einem Pegelwert zu beschreiben, der unabhängig vom Spektrum des Signals ist. Entsprechend können über das Frequenzspektrum Isophon-Kurven gelegt werden, mit denen das Verhältnis zur Lautstärke in dB erkennbar wird, s. Abb. 7.

Diese Einheiten sind in den rechtlichen Regelungen zum Lärmschutz nicht gebräuchlich.

[s. 16. BImSchV, RSL 19 (Richtlinie für den Lärmschutz an Straßen), Schall 03 (Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen)].

Im Schweizer Projekt SiRENE (Short and Long Term Effects of Transportation Noise Exposure) wurde für intermittierende Geräusche ein neues Maß entwickelt: das Intermittenzverhältnis. Mit diesem Maß ist es möglich, Lärmwirkungen nicht nur aufgrund der durchschnittlichen Lärmexposition darzustellen, sondern auch den Einfluss der tageszeitlichen Verteilung oder die Ereignishaftigkeit einzubeziehen. Das Intermittenzverhältnis gibt an, welchen prozentualen Anteil einzelne voneinander klar abgrenzbare Lärmereignisse (z. B. Überflüge, Auto- oder Zugvorbeifahrten) zur gesamten Lärmbelastung beisteuern. Allein mit diesem Maß konnten die Zusammenhänge zwischen Lärmexposition und Belästigungsempfinden nicht hinreichend erklärt werden. Weitere Parameter, wie bspw. die Anzahl, Dauer und Tiefe von Erholungsphasen in einer lärmbelasteten Umgebung, scheinen eine entscheidende Rolle zu spielen.⁴⁰

Berücksichtigung tageszeitabhängiger Empfindlichkeiten

Zur Beschreibung der sich im Tagesverlauf verändernden Empfindlichkeit einer Person gegenüber Geräuschen werden A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel berechnet. Hierfür werden bestimmte Tageszeiten als Beurteilungszeiträume berücksichtigt und zum Teil entsprechend der höheren Empfindlichkeit am Abend und in der Nacht mit Zuschlägen versehen.

- **L_{den}: Tag-Abend-Nacht-Pegel**⁴¹
im EU- und teilweise im deutschen Recht verwendet (Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG, 34. BImSchV)
L_{den} ist ein A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel über 24 Stunden.
day 6.00 – 18.00 Uhr, evening 18.00 – 22.00 Uhr, night 22.00 – 6.00 Uhr.
Dabei werden die Mittelwerte für die Tages-, Abend- und Nachtlärmindizes jeweils für sich berechnet, „wobei der Beurteilungszeitraum ein Jahr beträgt und die Bestimmungen an allen Kalendertagen (in den jeweiligen Zeiträumen) erfolgen“. Unter Berücksichtigung der Zuschläge werden sie zu dem Index L_{den} zusammengeführt (gemäß ISO 1996-2: 1987). Zuschläge: 5 dB für die Abend-, 10 dB für die Nachtstunden (gemäß ISO 1996-2: 2017-07).
- **L_{night/Nacht}: Nachtpegel oder Nachtlärmindex**⁴¹
„Der Nachtlärmindex L_{night} ist der A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel

⁴⁰ Brink M, Schäffer B, Vienneau D, Foraster M, Pieren R, Eze IC, Cajochen C, Probst-Hensch N, Rösli M, Wunderli J-M (2019): A survey on exposure-response relationships for road, rail, and aircraft noise annoyance: Differences between continuous and intermittent noise, in: Environment International, Bd. 125, <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/21/4186>.

⁴¹ Zur Definition und Berechnung s. Europäische Umgebungslärmrichtlinie (2002): Anhang 1. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0049&from=DE>.

gemäß ISO 1996-2: 1987, der anhand der gesamten Nachtwerte eines Jahres ermittelt wird“,
im EU- und deutschen Recht verwendet, 22.00 – 6.00 Uhr

- **L_{Tag}: Tagespegel**
im deutschen Recht verwendet, 6.00 – 22.00 Uhr
- **L_r: Beurteilungspegel** gemäß DIN 45645-1:1996-07,
im deutschen Immissionsschutzrecht verwendet⁴²
Tag 6.00 – 22.00 Uhr, Nacht 22.00 – 6.00 Uhr,
Zuschläge abhängig von Zeit und örtlichen Gegebenheiten sowie ggf. Geräuschcharakteristik
Zur Prüfung, ob die Grenz- und Richtwerte der nationalen Regelungen zum Lärmschutz (TA Lärm, 16. BImSchV, 18. BImSchV, Freizeitlärmrichtlinie) eingehalten werden, wird der Beurteilungspegel L_r ermittelt. Hierbei handelt es sich um einen über die jeweilige Beurteilungszeit gebildeten Mittelungspegel, bei dem ausgehend vom äquivalenten Dauerschallpegel je nach Regelung Zu- und Abschläge für besonders empfindliche Zeiten, besondere Geräuschcharakteristiken oder lokale Situationen berücksichtigt werden.

Die Schallpegel-Werte L_{Tag}, L_{Nacht} werden in deutschen Lärmschutzregelungen als Rechengröße verwendet. In der Lärmwirkungsforschung sind L_{den} und L_{night}, letzterer als Parameter für nächtlichen Lärm, der zu Schlafstörungen führen kann, von Bedeutung sowie teilweise darüber hinaus gehende Parameter wie Maximalpegel und deren Anzahl, Anschwell- und Abschwelzeiten, besondere Geräuschcharakteristiken u. a. m., die für die Lärmwirkungen entscheidend sind.

⁴² Definition des Beurteilungspegels nach TA Lärm: „Der Beurteilungspegel L_r ist der aus dem Mittelungspegel L_{Aeq} des zu beurteilenden Geräusches und gegebenenfalls aus Zuschlägen gemäß dem Anhang für Ton- und Informationshaltigkeit, Impulshaltigkeit und für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit gebildete Wert zur Kennzeichnung der mittleren Geräuschbelastung während jeder Beurteilungszeit. Der Beurteilungspegel L_r ist diejenige Größe, auf die sich die Immissionsrichtwerte nach Nummer 6 beziehen.“ (s. TA Lärm 2.10). Der Beurteilungspegel L_r wird generell in allen nationalen Rechtsnormen zur Beurteilung gebildet (s. auch 16. BImSchV, 18. BImSchV, Freizeitlärmrichtlinie). Die Beurteilungszeiträume und die Kriterien zur Berücksichtigung von Zu- oder Abschlägen bei der Bildung des L_r unterscheiden sich hierbei.

Tab. 4: Überblick über wesentliche Schallpegel-Werte in der Lärmregulation.

Dauerschallpegel	Zeitraum	Verwendung
L _{den}	Tag-Abend-Nacht	EU/ teilw. D
L _{night} , L _{Nacht}	Nacht (22.00 – 6.00 Uhr)	EU/ D
L _{Tag}	Tag (6.00 – 22.00 Uhr)	D
L _r Beurteilungspegel	Verschiedene Beurteilungszeiten und ggf. Zuschläge	D

Gesamtlärm

Da der Mensch gleichzeitig meist mehr als einer Lärmquelle ausgesetzt ist, wird eine Gesamtlärbetrachtung angestrebt.⁴³ Schwierigkeiten ergeben sich daraus, dass die unterschiedlichen Lärmquellen und Formen des Lärms (z. B. kontinuierlich, intermittierend, verschiedene Tonhöhen, mit oder ohne Informationsgehalt) für eine sachgerechte Beurteilung der Lärmwirkung nicht einfach bspw. energetisch summiert werden können. Für Verkehrsgeräusche gibt es einen Versuch mit dem Verfahren nach der VDI-Richtlinie 3722 Blatt 2 (2013), das darauf zielt, einen effektbezogenen Substitutionspegel zu ermitteln, der mehrere Verkehrslärmquellen (in diesem Fall Straße, Schiene und Flugverkehr) mit einem einzigen standardisierten Maß für Lärmbelastungen und Schlafstörungen bewertet.⁴⁴

⁴³ Bspw. steht im Koalitionsvertrag der Regierungsparteien 2021: „Wir wollen zum Schutz der Gesundheit zukünftig die gesamte Lärmsituation berücksichtigen und werden die Einführung einer Gesamtlärbetrachtung prüfen. Diese könnte zum Beispiel die Belastungen aus Straßen-, Schienen- und Luftverkehr sowie von Industrie- und Gewerbeanlagen zusammenführen.“ Bereits im vorhergehenden Koalitionsvertrag für die 19. Legislaturperiode war zu lesen: „Wir werden die Bürger frühzeitiger bei Verkehrsprojekten beteiligen und eine Gesamtlärbetrachtung einführen.“

Im UBA läuft aktuell ein Forschungsvorhaben zur Entwicklung eines möglichen Gesetzentwurfs zur wirkungsbasierten Gesamtlärbetrachtung.

⁴⁴ In einem UBA-Forschungsvorhaben wurden unter anderem Defizite in dieser VDI-Richtlinie wahrgenommen und entsprechende Regelungserweiterungen entwickelt.

UBA (Hrsg. 2019): Modell zur Gesamtlärbewertung,

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/modell-zur-gesamtlarmbewertung>. Modell zur Gesamtlärbewertung | Umweltbundesamt. **Und**

UBA (Hrsg. 2019): Entwicklung eines Konzeptes zur Gesamtlärbewertung. Treichel J, Steindorf A, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/publikationen/umid-02-19-konzept-gesamtlarmbewertung_0.pdf.

Das Wichtigste kurz und knapp

- Um das menschliche Gehörempfinden zu berücksichtigen, wird die Lautstärke von Geräuschen als A-bewerteter Schalldruckpegel in Dezibel, dB(A), angegeben.
- Es handelt sich meist um über bestimmte Zeiträume (Tag, Abend, Nacht) gemittelte Werte, die die besondere Charakteristik der Geräusche (impuls-, tonhaltig, intermittierend, Schärfe, tiefe Frequenzen, u. a. m.) schlecht abbilden können.
- Um die Lärmsituation bewerten zu können, werden Schallpegel meist berechnet. Mit diversen Aufschlagfaktoren wird versucht, die Besonderheiten von Geräuschen rechnerisch zu berücksichtigen.
- Die Wahrnehmung der Lautstärke, die Lautheit in den Einheiten phon oder sone, korrelieren nicht 1:1 mit der Angabe des Schalldruckpegels in Dezibel.
- Das Lautheitsempfinden hängt nicht nur ab vom Schalldruck, sondern auch von der Frequenz, der Bandbreite, von gleichzeitigen, ggf. verdeckenden (maskierenden) Geräuschen, von der zeitlichen Struktur und Dauer der Geräusche.
- Es gibt noch keine zufriedenstellende Möglichkeit, den Gesamtlärm, dem Menschen aus verschiedenen Lärmquellen ausgesetzt sind, wirkungsgerecht darzustellen und zu bewerten.

Wird die Lärmbelastung „gemessen“?

In der Regel wird der Schallpegel bzw. die Schalleistung an Straßen und Schienen sowie im Vorfeld von Genehmigungsverfahren z. B. von Windenergieanlagen und sonstigen Gewerbeanlagen nicht gemessen, sondern berechnet. Straßen- und Schienenverkehrslärm wird in Deutschland beispielsweise gemäß der Verkehrslärmschutzverordnung i. V. m. RLS 19 bzw. Schall 03 (s. o.) berechnet.

An größeren Flughäfen wird Fluglärm von an- und abfliegenden Luftfahrzeugen zu Dokumentations- und Monitoringpflichten auch gemessen, kontinuierlich über 24 Stunden pro Tag (vgl. § 19a Luftverkehrsgesetz). Für rechtliche Ansprüche von Flughafenanrainern auf passiven Lärmschutz im Lärmschutzbereich wird der Fluglärm nach den vorliegenden Flugplänen und unter Berücksichtigung von Prognoseannahmen berechnet (Anleitung zur Berechnung von Fluglärm – AzB).

Für Schienenverkehrslärm betreibt das Eisenbahnbundesamt ein Lärmmonitoring mit 19 Dauermessstationen auf dem deutschen Schienennetz. Unmittelbare Rechtsfolgen ergeben sich aus den Ergebnissen der Messungen jedoch nicht.⁴⁵

Messungen finden vor allem im Anlagenbereich zur amtlichen Überprüfung bei Beschwerden, hauptsächlich gegen gewerblich betriebene Anlagen, statt.

5.2.2 Tieffrequenter Schall und Infraschall

Grundsätzlich sind alle Menschen tieffrequentem Schall (Schall mit Frequenzen < 100 Hz) ausgesetzt, da tieffrequenter Schall allgegenwärtig und Bestandteil des modernen Lebens ist. Technische Anlagen verursachen auf Grund ihrer Abmessungen und ihrer Betriebsparameter meist Schalleinwirkungen mit Frequenzen im tieffrequenten Bereich über 16 Hz, z. B. Wärmepumpen, Blockheizkraftwerke, Heizungs-, Klima- und Lüftungsanlagen („Brumntonphänomene“). Diese können häufig trotz Einhaltung der Richtwerte der TA Lärm zu Beschwerden führen. Im privaten Bereich findet zudem meist keine Vorab-Prüfung solcher Anlagen im Rahmen von Genehmigungsverfahren statt. Dies kann im ungünstigen Fall zu einer schleichenden Verlärmung von Wohngebieten führen.

Zu beachten ist weiterhin, dass der zunehmende Einsatz im Wohnumfeld von Anlagen und Geräten, die Schall im tieffrequenten Bereich emittieren, im Zusammenwirken mit moderner Bauweise (z. B. große Fensterfronten, schallharte Böden) die Immissions-situation verschlechtern kann.⁴⁶

Infraschall (< 20 Hz, nach ISO 7196 (1995)) kann immer dann auftreten, wenn Luftmassen über große Flächen oder mit viel Energie zu Schwingungen angeregt werden. Es gibt beim Infraschall sowohl natürliche wie auch nicht natürliche Quellen. Natürliche Infraschall-Quellen sind unter anderem Erdbeben, Vulkanausbrüche, Meeresbrandung, Wasserfälle, Gewitter, Sturm und Wind oder Föhn-Wetterlagen. Als nicht natürliche Ursachen sind Sprengungen, Überschallknall von Flugzeugen, große Auspacktrommeln von Gießereien und große Lautsprechersysteme bekannt.

Eine genau definierte oder physikalisch notwendige Abgrenzung zwischen den Bereichen „tieffrequenter Schall“ und „Infraschall“ gibt es nicht.

Ein gesundes Ohr kann Schallsignale in einem Frequenzbereich von ca. 16 Hz bis 20 000 Hz hören (s. Abb. 5). Bei sehr hohen Schalldruckpegeln ist auch unterhalb von 16 Hz noch eine Wahrnehmung möglich. In diesem Bereich gibt es aber keine

⁴⁵ EBA (Eisenbahn-Bundesamt)- Fachmitteilungen - Lärm-Monitoring Jahresbericht (2020), in: Eisenbahn-Bundesamt, https://www.eba.bund.de/SharedDocs/Fachmitteilungen/DE/2021/19_2021_Laerm-Monitoring_Jahresbericht_2020_veroeffentlicht.html.

⁴⁶ Krahe D (2014): Geräuschqualität von Anlagen der erneuerbaren Energien im Spannungsfeld mit dem modernen Wohnungsbau, Lärmbekämpfung, Bd. 9 Nr. 2, 93-96.

ausgeprägte Hörempfindung mehr (s. Abb. 6). Die Geräusche werden bei entsprechend hohen Pegeln eher als Pulsation oder Vibration in Verbindung mit Ohrendruck wahrgenommen.

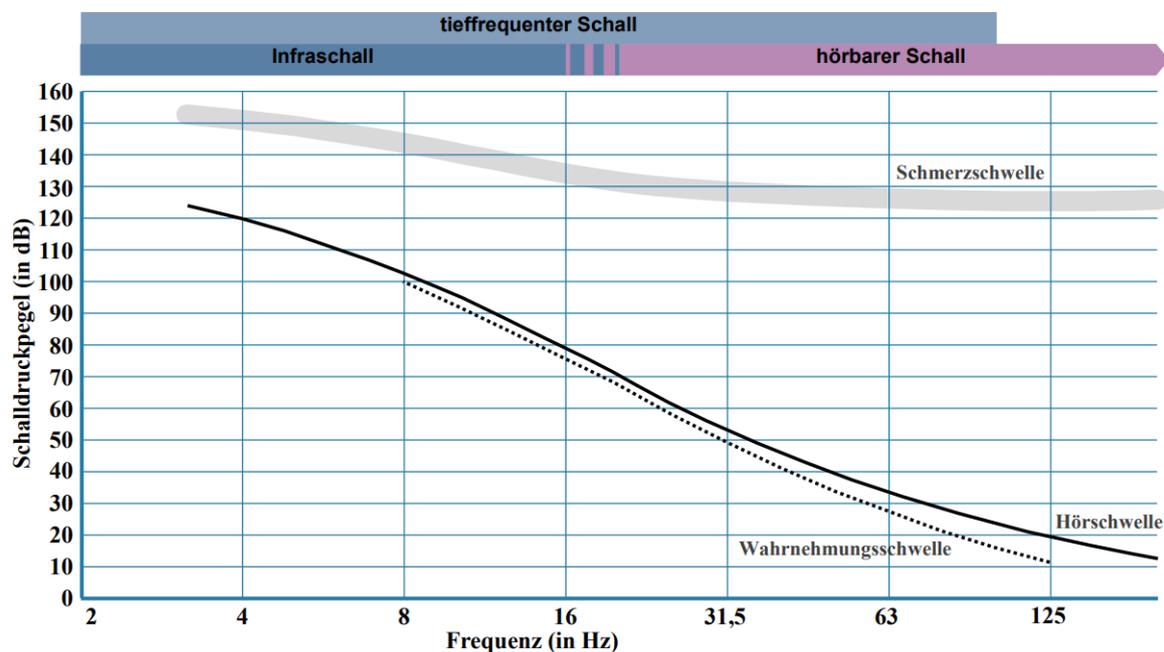


Abb. 6: Hörbereich im tieffrequenten Schallbereich.

Der normale Hörbereich endet in Richtung tiefer Frequenzen bei ca. 16 – 20 Hz. Dargestellt ist neben der Hörschwelle auch die Wahrnehmungsschwelle, denn tieffrequente Geräusche können bei entsprechendem Schalldruckpegel mit dem ganzen Körper über Resonanzen wahrgenommen werden.⁴⁷

Die wahrgenommene Lautstärke, die Lautheit von Geräuschen, ändert sich mit sinkender Frequenz. Unterhalb von 100 Hz werden bereits kleine Änderungen des Schalldruckpegels oberhalb der Hörschwelle als deutliche Zunahme der Lautheit wahrgenommen (s. Abb. 7) und bereits bei einer geringfügigen Überschreitung der Hörschwelle schnell als belästigend empfunden.

⁴⁷ Eigene Darstellung, in Anlehnung an Moller H, Pedersen CS (2004): Hearing at low and infrasonic frequencies. Noise Health, 6:37-57. **Und:**

UBA (Hrsg. 2020): Lärmwirkung von Infraschallimmissionen – Abschlussbericht. Krahe D, Alaimo Di Loro A, Müller U, Elmenhorst E-M, De Giannis R, Schmitt S, Belke C, Benz S, Großarth S, Schreckenber D, Eulitz C, Wiercinski B, Möhler U, [Lärmwirkungen von Infraschallimmissionen \(umweltbundesamt.de\)](https://www.umweltbundesamt.de).

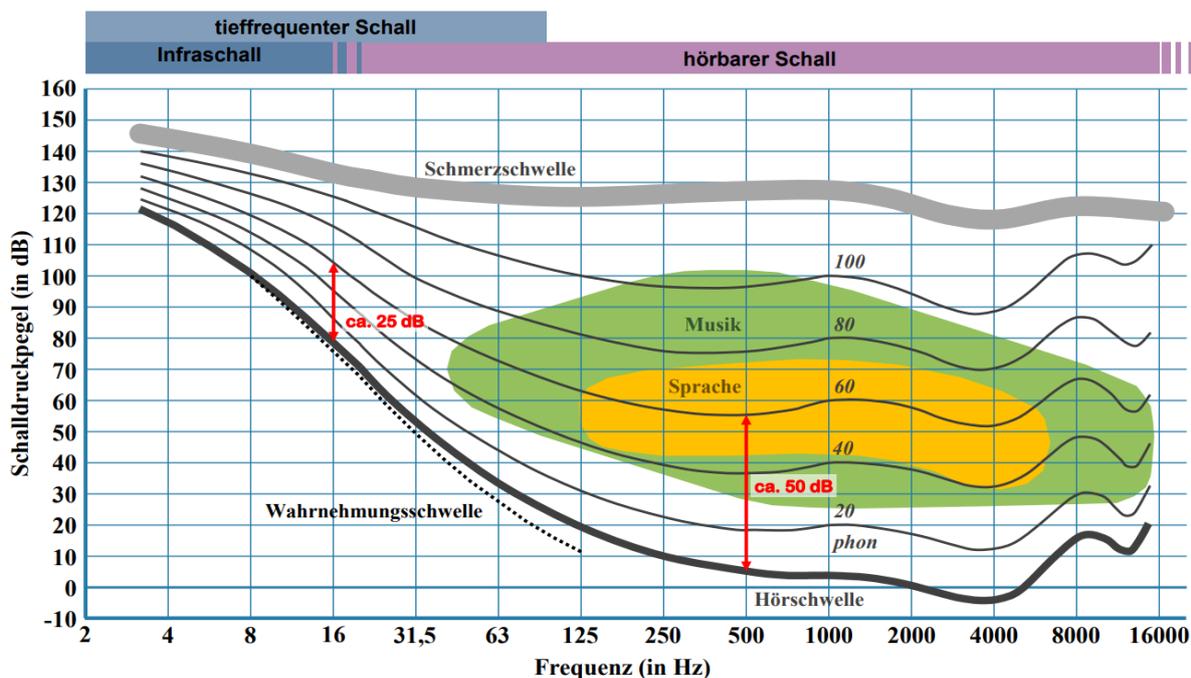


Abb. 7: Darstellung von Isophonen (Kurven gleicher Lautheit)⁴⁸

Erläuterung der roten Pfeile:

Um eine Lautstärke von 60 Phon wahrzunehmen, reicht bei einer Frequenz von 16 Hz eine Überschreitung der Hörschwelle von 25 dB. Bei 500 Hz dagegen muss oberhalb der Hörschwelle ein doppelt so hoher Schalldruck aufgewendet werden, um das gleiche Lautstärkeempfinden auszulösen.⁴⁹

Physikalisch verhält sich tieffrequenter Schall aufgrund der langen Schallwellen in diesem Bereich ebenfalls anders als mittel- oder hochfrequenter Schall. Das macht sich vor allem bei der Dämpfung und Dämmung bemerkbar.

Während ein Ton bei 2000 Hz eine Wellenlänge von 17 Zentimetern besitzt, liegt die Wellenlänge bei Tönen von 20 Hz schon bei 17 Metern, ein 2 Hz Ton kommt sogar auf 170 Meter Wellenlänge. Für tieffrequente Töne gibt es bei der Ausbreitung im Freien daher kaum ein Hindernis, das sie wirksam abschirmen könnte. Hinzu kommt, dass die Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung durch die Luft bei tiefen Frequenzen geringer ist als bei hohen.

Ebenso ist die Dämmwirkung beim Durchgang des Schalls durch ein Material von der Frequenz und den Eigenschaften des Materials abhängig. Für Fenster, die oft die akustische Schwachstelle in einer Fassade darstellen, gilt, dass unter 100 Hz keine Anforderungen mehr an die Dämmwirkung gestellt werden. In diesem Bereich fällt das Schalldämm-Maß oft stark ab. Tieffrequente Geräusche können somit besser in

⁴⁸ s. dazu auch Fn 39.

Um einen Ton mit 60 phon Lautheit zu hören, bedarf es bei 16 Hz im Vergleich zu 500 Hz ca. dem 100 000fachen Schalldruck (Unterschied von ca. 50 dB).

⁴⁹ Eigene Darstellung, in Anlehnung an Ising H, Sust CA, Plath P (2004) Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.); Gesundheitsschutz 5, Gehörschäden durch Musik; Dortmund.

Wohnungen eindringen als Geräusche im Bereich höherer Frequenzen. Treffen breitbandige Geräusche auf solche Bauteile, werden beim Durchgang durch das Material hauptsächlich die hohen und mittleren Frequenzen gedämpft. Die Geräusche im Inneren besitzen somit einen geringeren Schalldruckpegel, aber auch eine veränderte Charakteristik, da die tieferen Frequenzen nun stärker ausgeprägt sind. Bei starken Belastungen durch tieffrequente Geräusche kann dieser Effekt zu einer Erhöhung der Flankensteilheit führen. Das bedeutet, dass neben einem hohen Anteil an tieffrequentem Schall ein starker Abfall der Pegel zu den höheren Frequenzen entsteht. Bei einer hohen Flankensteilheit sind somit kaum Energieanteile im normalen Hörbereich vorhanden, welche die tieffrequenten Geräuschanteile maskieren könnten. Eine solche Geräuschcharakteristik wird als besonders belästigend empfunden.

Ein weiterer Aspekt der langen Wellenlängen sind Raumresonanzen. Passen die Schallwellen (bzw. ein Vielfaches der halben Wellenlänge) genau zwischen zwei parallel stehende Wände eines geschlossenen Raumes, können sich stehende Wellen entwickeln. Gerade im tieffrequenten Bereich sind die Wellenlängen gut geeignet, in Wohnräumen von üblicher Größe stehende Wellen auszubilden. Bei diesem Phänomen werden die Schallpegel in den betroffenen Frequenzen an bestimmten Stellen im Raum lokal erhöht, während sie an anderen Stellen fast wegfallen. Es entsteht bei fortdauernden Immissionen ein statischer Zustand, der auch Raummode genannt wird. An Orten im Raum mit Pegelerhöhung können dadurch sehr belästigende Einzeltöne entstehen.

Das Wichtigste kurz und knapp

- Tiefe Frequenzen beginnen ab einer Frequenz unterhalb von etwa 100 Hz, Infraschall nach ISO 7196 (1995) unterhalb von 20 Hz.
- Der Schalldruckpegel muss relativ hoch sein, um die Hörschwelle zu überschreiten. Dann aber reichen wenige Dezibel, um die Lautheit und die Belästigungswirkung überproportional zu steigern.
- Tieffrequente Geräusche können bei hohen Schallpegeln über Resonanzen vom ganzen Körper wahrgenommen werden.
- Tieffrequenter Schall ist sehr langwellig und kann daher schlecht abgeschirmt werden.

5.2.3 Psychische/ individuelle Faktoren

Lärm ist ein psychologischer Begriff. Es liegt daher nahe, dass situative, personale und soziale Faktoren die Wahrnehmung von hörbarem Schall als Lärm und dessen Wirkung beeinflussen.

Situative Faktoren wie Ort, Zeitpunkt, Situation und Verfassung, in der sich eine Person beim Auftreten des Geräusches befindet, spielen eine wichtige Rolle. Welche

beabsichtigten Aktivitäten wurden gestört – Gespräche, konzentriertes Arbeiten, Erholungssuche – mit welchen Folgen? Wann tritt die Lärmbelastung auf, in den Tages-, den empfindlicheren Nacht- oder den besonders empfindlichen Übergangsstunden zwischen Tag und Nacht? Sind die Geräusche bekannt (üblich)?

Als personenbezogener Faktor wirkt die individuelle Lärmempfindlichkeit. Des Weiteren tragen persönliche Erfahrungen, soziale, emotionale und kognitive Bezüge zur Schallquelle dazu bei, ein Geräusch als mehr oder weniger störenden Lärm zu empfinden, und auch die Frage, ob die Abwehr des Lärms durch eigene Schutzmaßnahmen oder andere Interventionen möglich ist. Viele nicht-akustische Eigenschaften einer Lärmquelle oder Faktoren, die mit ihr im Zusammenhang stehen, werden in die Bewertung einbezogen (Beispiel: Bahnfahren gilt als sozialer als Flugreisen; Windkraftanlagen werden als störender empfunden, wenn nur andere einen finanziellen Vorteil von ihnen haben; ortsunübliche Geräusche wirken störender als ortsübliche u. a. m.). Diese nicht-akustischen Faktoren, die die Bewertung und physiologische Reaktion auf das Schallereignis beeinflussen, werden auch Moderatoren genannt.

Die möglichen unterschiedlichen Bewertungen führen dazu, dass ein und dasselbe Schallereignis als nicht störender oder als störender Lärm empfunden wird. Was die einen nicht stört oder sogar erfreut, stört die anderen, zum Beispiel ein lautes Rockkonzert oder das Geknatter eines Motorrads. Der Fluglärm, unter dem die Anwohnerschaft eines Flughafenbetriebs leidet, stört die Betreibenden und vermutlich auch die Beschäftigten des Flughafens, die einen Nutzen von dem Betrieb haben, möglicherweise nicht. Am finanziellen Vorteil der Windenergieerzeugung Beteiligte sind weniger lärmempfindlich gegen die entsprechende Windenergieanlagen. Aber selbst wenn bestimmte Geräusche nicht negativ oder sogar positiv bewertet werden, können sie die Gesundheit beeinträchtigen. Hier ist die Höhe des Schallpegels, die Geräuschkulisse und die Dauer der Einwirkung entscheidend.

Die subjektive Wahrnehmung und Bewertung von Geräuschen bzw. Lärm zeigen, dass Lärm keine einfach messbare Noxe und folglich nicht mit einer allgemein gültigen einfachen Lärm-Wirkungsbeziehung darzustellen ist. Wohl aber können belastbare Beziehungen zwischen den Dauerschallpegeln und bestimmten gesundheitlichen Wirkungen abgeleitet werden. Dies ist auf der Grundlage epidemiologischer Studien möglich, s. Kap. 4 und 6.

Das Wichtigste kurz und knapp

- Geräusche können auch unabhängig von ihrer Lautstärke als Lärm bewertet werden.
- Psycho-akustische, personale, soziale, kulturelle und situative Faktoren spielen eine gewichtige Rolle bei der Wahrnehmung eines Geräuschs als Lärm.

5.3 Die wichtigsten Lärmquellen und ihre Charakteristika

Straßenverkehrslärm

Straßenlärm ist in Deutschland die dominierende Lärmquelle. Ein großer Teil der Bevölkerung trägt zu dieser Lärmquelle bei und profitiert vom Straßenverkehr. Das ist ein Grund dafür, dass die Immissionsgrenzwerte für Straßenverkehrslärm (und auch für andere Verkehrsträger) über den einzuhaltenden Werten anderer Lärmregelungen liegen, bei denen die Lärmquelle einzelnen Verursacher:innen zuzuordnen ist.

Der Straßenverkehrslärm zeichnet sich durch einen Geräuschverlauf aus, der gut mit Größen für Durchschnittspegel (L_{eq} , L_{den} , L_{day} , L_{night}) wiedergegeben werden kann. Das betrifft insbesondere verkehrsreiche Wege (Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen, Autobahnen). Bei wenig befahrenen Straßen können auch einzelne Fahrzeuge (Vorbeifahrten) wahrgenommen werden. Herausstechende Geräusche mit hohen Schallpegeln entstehen durch sehr laute Einzelfahrzeuge (z. B. LKW, Motorräder, Sportwagen).

Die Geräusche, die von Kraftfahrzeugen ausgehen, setzen sich hauptsächlich aus den Antriebs- und Abrollgeräuschen (Reifen-Fahrbahn-Geräusch) zusammen. Abhängig von der Fahrbahnoberfläche und der Reifenwahl dominiert das Reifen-Fahrbahn-Geräusch ab etwa 30 km/h bei PKW mit klassischem Verbrennermotor und bei konstanter Geschwindigkeit, bei LKW ist dies ab etwa 60 km/h der Fall.⁵⁰

Die Lautheit eines LKW entspricht durchschnittlich der von zwanzig PKW.⁵¹

Neben dem Lärm verursacht der Straßenverkehr Luftverschmutzungen durch Abgase oder Reifen- und Bremsenabrieb, die zusätzlich die Gesundheit belasten.

Schienenverkehrslärm

Im Unterschied zum Straßenverkehr ist der Schienenverkehr geprägt von einzelnen Geräuschereignissen (Vorbeifahrten). Diese sind insbesondere in der Nacht problematisch, da sie zu Aufwachreaktionen führen und den Schlaf entscheidend stören können. Bisher wird Schienenverkehrslärm ebenfalls nur über Durchschnittspegel beurteilt und geregelt. Ein Maximalpegelkriterium für Schienenlärm in der Nacht wurde bisher nicht eingeführt.

⁵⁰ Arbeitsring Lärm der Deutschen Gesellschaft für Akustik e.V. (ALD, 2021): Straßenverkehrslärm. Eine Hilfestellung für Betroffene, 2. Auflage, bspw. S. 33, 45, 49ff,

https://www.ald-laerm.de/fileadmin/ald-laerm.de/Publikationen/Druckschriften/ALD-Broschuere_Strassenverkehrslaerm_2021.pdf.

⁵¹ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verkehrslaerm/strossenverkehrslaerm#minderung-des-strassenverkehrslarms-prioritatenfolge>.

Die Lärmeinwirkung der Einzelereignisse und ihre Maximalpegel sind abhängig von der Geschwindigkeit der Vorbeifahrt (Steilheit des Lärmanstiegs), der Dauer und Häufigkeit (Länge der Lärmpausen), der Art des Schienenfahrzeugs (Personenzug, Güterzug u. a.) sowie den akustischen Zuständen der Fahrzeuge und der Gleise. Nach Aussage des Eisenbahn-Bundesamtes sind es vor allem Güterzüge, die die wesentliche Geräuschquelle auf den Schienen darstellen. Sie verursachten im Jahr 2020 bei einem Lärm-Monitoring an 19 Messstationen etwa 83 % der gemessenen Gesamtemission.⁵² Im Jahr zuvor belief sich der Anteil auf 90 %. Die Reduktion konnte insbesondere durch die Umrüstung der Güterzüge auf geräuschreduzierende Bremssohlen erreicht werden.

Der Schienenverkehrslärm geht oftmals einher mit Erschütterungen und Vibrationen, die bei der gesundheitlichen Bewertung zu berücksichtigen sind. Auf diese Emissionen geht der vorliegende Bericht nicht ein, s. hierzu Fußnote.⁵³

Fluglärm

Auch beim Fluglärm spielen Einzelereignisse die vorherrschende Rolle in der Lärmeinwirkung. In der Regel kommt es zu relativ hohen Schallpegeln, die langsam an- und abschwelen. Im Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm werden daher bei der Festlegung der Nachtschutzzone zusätzlich zum ermittelten Durchschnittspegel auch die nächtlichen fluglärmbedingten Maximalpegel berücksichtigt.

In den letzten Jahrzehnten wurden deutlich leisere Flugzeuge entwickelt und eingesetzt. Gleichzeitig hat der Flugverkehr zugenommen. In Verbindung mit neueren Lärmwirkungsuntersuchungen, die eine höhere Belästigung durch Fluglärm ermittelt haben als vor ca. 10 - 20 Jahren, könnte das ein Hinweis darauf sein, dass die Belästigungswirkung deutlich von der Anzahl der Ereignisse mit geprägt wird.

Eine Besonderheit beim Fluglärm ist, dass er – im Gegensatz zu bodengebundenem Verkehr – von oben kommt und daher nicht durch gängige Lärmschutzmaßnahmen auf dem Ausbreitungsweg, wie z. B. durch Lärmschutzwände, verringert werden kann. Hier kommen insbesondere passive Schallschutzmaßnahmen, wie die Schalldämmung von Gebäuden gemäß Fluglärmschutzgesetz, zum Einsatz; der Außenbereich bleibt also laut. Schallmindernd können hier nur bspw. lärmreduzierte Flugzeuge und Flugverfahren sowie angepasste Flugbetriebsphasen nach Luftverkehrsrecht wirken.

⁵² EBA Lärm-Monitoring Jahresbericht (2020).

⁵³ Schlattjan JH, Eberwein G, Nehring R, Scheler I, Witten J (2014): Gesundheitliche Auswirkungen von Bahnlärm - Aktueller Stand in der wissenschaftlichen Literatur. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz; Hessisches Ministerium für Soziales und Integration; Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). Hieraus Kernaussagen und Eckpunkte auf der LAUG 2015 diskutiert und beschlossen, s. Anlage 3.

Zu dem „Lärm von oben“ kommt der Lärm hinzu, den der Flughafenbetrieb am Boden verursacht.

Mit dem Luftverkehr sind wie beim Straßenverkehr Luftverschmutzungen verbunden, allerdings mit teils anderen atmosphärischen Verbreitungsmustern.

Gewerbe- und Industrielärm

Gewerbe- und Industrielärm ist räumlich häufig konzentriert auf als Gewerbe- und Industriegebiete ausgewiesene Flächen, kann aber auch in anderen Gebieten insbesondere durch an Gewerbe heranrückende Wohnbebauung von Bedeutung sein. Quellen können sowohl kleine, mittlere Gewerbebetriebe als auch große Industrieanlagen sein. Auch Windenergieanlagen zählen zu den gewerblichen Anlagen.

Abhängig von der Lärmquelle kann es zu gleichmäßigen (z. B. Lüfter/ Gebläse) oder stark impulshaltigen Geräuschen (z. B. Stanzen, Hämmern) kommen. Die Geräusche können große hochfrequente Anteile (z. B. druckluftgesteuerte Anlagen) oder auch große tieffrequente Anteile (z. B. Pumpen) besitzen. Zudem gibt es Anlagen mit einem eher gleichmäßigen Frequenzverlauf (z. B. WEA) wie auch solche mit hervortretenden Einzeltönen (z. B. Blockheizkraftwerke).

Der Begriff des Gewerbe- und Industrielärms umfasst neben anlagenbezogenem Lärm auch den Lärm des innerbetrieblichen Transports sowie den Lärm des Liefer- und Kundenverkehrs.

Gewerbelärm setzt sich daher oftmals aus den Emissionen unterschiedlichster Geräuschquellen zusammen. Die Geräusche können in ihrer Charakteristik stark variieren, zeitlich schwanken, stark impuls- oder tonhaltig sein. Häufig tritt eine Kombination dieser Charakteristika auf.

Gewerbelärm ist sehr heterogen. Dadurch unterscheidet er sich maßgeblich vom Straßenverkehrs-, Schienenverkehrs- oder Fluglärm.

Nachbarschaftslärm

Nachbarschaftslärm betrifft in seiner Charakteristik sehr unterschiedliche Geräusche, wie z. B. Geräusche durch TV und Hi-Fi-Geräte, laute Gespräche, Haustiere, Musizieren, Heizungs- und Sanitäreanlagen, Türenknallen usw. Dabei ist zu beachten, dass durch einen stärkeren Schallschutz der Fassade Nachbarschaftsgeräusche innerhalb des Gebäudes stärker hervor treten.

Zum Nachbarschaftslärm kann im weitesten Sinne aber auch der nicht gewerbliche Betriebslärm emittierender Anlagen (z. B. Rasen mähen, Betrieb von Heizungs- und Kühlanlagen und Wasserpumpen) im Wohnumfeld gezählt werden. Die Regelung dieses anlagenbezogenen Lärms erfolgt im nicht gewerblichen Bereich ähnlich wie beim Gewerbe- und Industrielärm durch Bundesrecht (BImSchG, 32. BImSchV, TA Lärm, Baurecht).

Bei Umfragen zur Belästigung durch Lärm wird nach dem Straßenverkehrslärm als zweithäufigste Quelle der Nachbarschaftslärm genannt. Die vielfältigen Geräuschkomponenten sind schwierig zu erfassen, es liegen vergleichsweise wenige Studien zu dieser Lärmquelle und ihrer Belästigungswirkung vor. Das UBA hat im Zusammenhang mit seiner turnusmäßigen Abfrage zur Belästigung durch Lärm ein Forschungsprojekt durchgeführt, um den Nachbarschaftslärm besser bei der aktuellen Umfrage zu erfassen.⁵⁴

Die Regulierung verhaltensbezogenen Lärms erfolgt nach den Landesimmissionsschutzgesetzen sowie Lärmvorschriften der jeweiligen Kommune. Ansprechpartner sind die kommunalen Ordnungsbehörden.

Im vorliegenden Bericht wird das Thema Nachbarschaftslärm nicht weiter behandelt. Er ist nicht gut fassbar, Studien liegen kaum vor.

Freizeitlärm

Auch der Lärm von Freizeitanlagen (Veranstaltungen, Gastronomie, Konzerte u. a.) ist sehr heterogen. Zur Beurteilung der Zulässigkeit bzw. der erheblichen Belästigung der Anwohner:innen haben viele Bundesländer auf der Grundlage der Freizeitlärmrichtlinie der Länderarbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI) „Freizeitlärm-Erlass“ herausgegeben. Darin sind Beurteilungsmaßstäbe und Immissionsrichtwerte festgelegt, die häufig im Grunde denen für gewerbliche Anlagen entsprechen. Die morgendlichen und abendlichen Ruhezeiten sowie die Mittagsruhe an Sonn- und Feiertagen werden besonders geschützt. Für "seltene Ereignisse" sind Ausnahmen beschrieben, an denen eine begrenzte Überschreitung der Immissionsrichtwerte gestattet ist.

Daneben wird mit Freizeitlärm bisweilen auch die Einwirkung von Lärm bei Teilnahme an einer Veranstaltung (z. B. Diskothek) oder durch die Nutzung von Musikabspielgeräten (Kopfhörer) beschrieben. In beiden Fällen steht die direkte Schädigung (Schwerhörigkeit, Tinnitus) des Gehörs im Mittelpunkt der gesundheitlichen Betrachtung.

⁵⁴ UBA (Hrsg. 2020): Lärmbelastigungssituation in Deutschland. Forschungsbericht 3716561010. Schreckenberger D, Benz S, Kuhlmann J, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_12_03_texte_22_5-2020_laermbelaestigungssituation_in_deutschland_0.pdf.

6. Gesundheitliche Auswirkungen von Lärm

6.1. Aurale und extra-aurale Wirkungen⁵⁵

Chronische Überbelastungen und auch kurzzeitig übermäßige Belastungen des Hörsinns können gesundheitliche Beeinträchtigungen und Schäden hervorrufen. Hier kann das Hörorgan selbst betroffen sein (aurale Wirkungen) oder der gesamte Organismus auf physischer und psychischer Ebene (extra-aurale Wirkungen).⁵⁶

6.1.1 Aurale Wirkungen

Schalldruckpegel unter 75 dB(A) am Arbeitsplatz beziehungsweise unter 70 dB(A) bezogen auf einen 24 Stunden-Tag werden laut WHO als „sicher“ angesehen, das heißt, es ist anzunehmen, dass unterhalb dieser Pegel keine Schädigungen des Hörorgans verursacht werden. Gemäß Arbeitsstättenrichtlinie⁵⁷ muss der Arbeitgeber bei 80 dB(A) Hörschutz bereithalten, ab 85 dB(A) ist dieser verpflichtend anzuwenden.

Direkte Schädigungen des Gehörs können bei Lautstärken ab etwa 85 dB(A) auftreten, die dauerhaft auf das Hörsystem einwirken, beispielsweise am Arbeitsplatz oder bei längerem oder wiederholtem Hören zu lauter Musik.⁵⁸

Akute Hörschäden folgen auf die Einwirkung ab 135 dB(A), beispielsweise nach einem lauten Knall.

Neben dem Schalldruckpegel sind die Expositionsdauer, der zeitliche Anstieg und die Frequenz entscheidend, inwieweit das Hörorgan geschädigt wird. Dabei kann die Reizleitung im synaptischen Spalt, in dem die Erregung der Haarzelle auf den Hörnerv übertragen wird, gestört werden, es kann zur vorübergehenden Erschlaffung oder aber auch zur irreversiblen Zerstörung der Haarzellen in der Hörschnecke (Cochlea) kommen, was zu Schwerhörigkeit und anderen Beeinträchtigungen (z. B. Tinnitus) führen kann.

Neuere Forschungen zeigen, dass es bei Lärmpegeln, die zu einer reversiblen Schwerhörigkeit führen (wie durch Watte hören, beispielsweise nach einem Konzert)

⁵⁵ Ohr – auris (lat.)

⁵⁶ Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, Stansfeld S (2014): Auditory and non-auditory effects of noise on health, in: The Lancet, Bd. 383, Nr. 9925, doi:10.1016/s0140-6736(13)61613-x.

⁵⁷ Arbeitsschutzausschüsse beim Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2021): Technische Regeln für Arbeitsstätten A3.7 „Lärm“, https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/pdf/ASR-A3-7.pdf?__blob=publicationFile&v=3.

⁵⁸ Bericht der Arbeitsgruppe „Discothekenlärm“ (2004): Optionen zum Schutz des Publikums von Veranstaltungen (einschließlich Diskotheken) vor gehörgefährdenden Schalleinwirkungen. Im Auftrag der LAUG, der LAI und des LASI, https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/lai_schutz_publikum_schalleinwirkungen_1503576070.pdf.

bereits zu einer irreversiblen Schwerhörigkeit kommen kann. Ursächlich ist die Schädigung des synaptischen Spalts, die zur Störung der Reizweiterleitung führt. Dies ist bislang nur in Tiermodellen nachgewiesen, aber auch für den Menschen gibt es Hinweise für dieses Phänomen. Man spricht vom „hidden hearing loss“, einem versteckten Hörverlust, der sich in den üblichen Hörtests nicht zeigt. Betroffene haben keine auffälligen Probleme bezüglich der Lautstärke eines Geräuschs, wohl aber Schwierigkeiten, einem Gespräch bei höheren Hintergrundlärmpegeln zu folgen.⁵⁹ Wenn sich diese Erkenntnisse für den Menschen bestätigen, müssten Lärmpegelwerte, mit denen eine irreversible Hörschädigung verhindert werden soll, überarbeitet, sprich gesenkt werden.

Schwerhörigkeit wirkt sich in vielen Lebensbereichen negativ aus, sie stellt ein schwerwiegendes soziales Handicap dar. Therapieverfahren zur Heilung einer lärm-induzierten Innenohrschwerhörigkeit gibt es bislang nicht.

Dauerschallpegel, die Schwerhörigkeit auslösen, kommen im Umweltbereich in der Regel (Ausnahme: Tiefflieger, sehr laute Musik) nicht vor.

Das Wichtigste kurz und knapp

- Irreversible Schädigungen des Hörsystems können bei Dauerschallpegeln über 85 dB(A) und akut bei Schallereignissen ab ca. 135 dB(A) eintreten.
- Ein chronischer Hörverlust ist irreversibel.
- Im Umweltbereich liegt üblicherweise die dauerhafte Lärmbelastung unterhalb gehörschädigender Werte.

6.1.2 Extra-aurale Wirkungen

Immer wiederkehrender, dauerhafter Lärm wirkt sich auf den gesamten Organismus aus. Er wirkt als einer der wichtigsten Umweltstressoren auf den Menschen. Geräusche mit Schallpegeln unterhalb der das Gehör schädigenden Schwellen, wie sie normalerweise in unserer Umwelt vorkommen (Umgebungsärm), können Stressreaktionen über das vegetative Nervensystem und den Hormonstoffwechsel auslösen. Die Hormonbalance und die hormonelle Stressverarbeitung werden

⁵⁹ Liberman MC (2017): Noise-induced and age-related hearing loss: new perspectives and potential therapies, in: F1000Research, Bd. 6, doi:10.12688/f1000research.11310.1. **Und** Kohrman CD, Wan G, Cassinotti L, Corfas G (2019): Hidden Hearing Loss: A Disorder with Multiple Etiologies and Mechanisms, in: Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine, Bd. 10, Nr. 1, doi:10.1101/cshperspect.a035493.

beeinträchtigt. Das führt zu Veränderungen von Vorgängen und Stellgrößen im Herz-Kreislauf-System und im Stoffwechsel.

Gerät der menschliche Organismus unter Stress, werden sehr schnell über das Nerven- und das hormonelle System Reaktionen eingeleitet, die ihn auf Kampf, Flucht oder Niederlage vorbereiten (Stichworte Sympatho-Adreno-Medulläre Achse, kurz SAM, und die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse, kurz HPA, zur Vertiefung siehe⁶⁰). Diese Stressreize führen zu Veränderungen im Fettstoffwechsel, Glukosestoffwechsel und bei der Blutdruckregulation, die sich dann beispielsweise in Änderungen des Blutdrucks, der Herztätigkeit, der Blutfettzusammensetzung, der Blutzuckerkonzentration und der Fließeigenschaft des Blutes zeigen. Verwiesen sei hierzu auch auf das sogenannte Stressmodell von W. Babisch, das auf Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems fokussiert (Abb. 14 in Kap. 6.4).

Die Reaktion auf Geräusche bzw. Lärm hängt maßgeblich auch von der individuellen Bewertung des Schallereignisses ab.

Tagsüber kann das Erleben und Bewerten von Geräuschen mehr oder weniger bewusst beeinflusst werden über subjektive Gewöhnung, über die innere Einstellung zu den jeweiligen Geräuschen, über eine aktive Stressbewältigung („Coping“) und andere Faktoren, die auf die Wahrnehmung der Lautstärke „moderatorisch“ einwirkend. Wirkungen von Lärm treten allerdings auch unbewusst, wie im Absatz zuvor beschrieben, über das autonome Nervensystem vermittelt auf. Insbesondere im Schlaf, da keine aktive Stressbewältigung stattfinden kann, können sich die körperlichen Stressreaktionen negativ auf die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit auswirken.

Hinsichtlich der individuellen Empfindlichkeit gegenüber Lärm spielen Faktoren wie Alter, Vorerkrankungen und Sozialstatus eine Rolle. So zählen zur Gruppe der vulnerablen Personen zum Beispiel Schwangere, kranke, ältere und gestresste Menschen sowie Schichtarbeiter:innen.

Inwieweit Kinder dieser Gruppe zugeordnet werden, wird teilweise nicht klar formuliert. Sie scheinen sich im Vergleich zu Erwachsenen weniger stark durch Umgebungslärm belästigt zu fühlen und seltener aufgrund nächtlichen Lärms aufzuwachen. Es ist jedoch belegt, dass dauerhafter Verkehrslärm auch bei Kindern physiologische Stressreaktionen auslöst und sich negativ auf die kognitiven Kompetenzen auswirken kann. Kinder befinden sich in einer sensiblen Lebensphase, ihre Gesundheit und Entwicklung wird stark durch Umweltfaktoren beeinflusst. Sie sind daher in besonderem Maße schutzbedürftig. Im Gegensatz zu Erwachsenen stehen ihnen weniger Möglichkeiten zur Stressbewältigung oder zur Kontrolle des Lärms zur

⁶⁰ Babisch et al. (2014), Speng M: Psychophysiologische Lärmwirkungen, S. 14 ff.

Verfügung. Nächtliche Ruhe und ein ungestörter Schlaf sind daher für Kinder ganz entscheidend, ebenso eine lärmarme Umgebung während ihrer Lernprozesse.⁶¹

In den letzten Jahrzehnten sind Geräuschmodellierungen verbessert worden. Diese weisen Gesundheitseffekte schon bei geringerer Geräuschbelastung nach als dies früher der Fall war. Einige Lärmforscher sind sogar der Ansicht, dass es keinen Schwellenwert für die gesundheitliche Schädlichkeit und Belästigungswirkung von Lärm gibt.⁶²

Dauerhafte Lärmbelastung beeinträchtigt die menschliche Gesundheit und das Wohlbefinden. Eine dauerhafte Lärmbelastung erhöht das Risiko für manifeste Erkrankungen.⁶³

Gesundheitliche Beeinträchtigungen und Erkrankungen, für die ein Zusammenhang oder Hinweise auf einen Zusammenhang mit Lärm gefunden wurden:

- Belästigungen (annoyance),
- Schlafstörungen,
- Herz-Kreislauf-Erkrankungen,
- verminderte kognitive Leistungsfähigkeit (vor allem bei Kindern)⁶⁴,
- Stoffwechselerkrankungen, wie z. B. Diabetes, und
- psychische Erkrankungen, wie z. B. die unipolare Depression.

Insbesondere dauerhafte Lärmbelastung und anhaltende Schlafstörungen können zu verschiedenen Erkrankungen führen.

6.1.3 Gesundheitseffekte durch die Kombination mehrerer Arten von Verkehrslärm

Realistischerweise wirkt oftmals mehr als eine Lärmart auf Personen ein. In Kapitel 5 wurde der Gesamtlärm angesprochen und das Problem, hierfür ein Verfahren bzw. einen „Wert“ zu entwickeln, der diesen Lärm gut abbilden kann und der sich zur Bewertung eignet. Wie wichtig es ist, an dem Konzept zur Gesamtlärmbewertung weiter zu arbeiten, zeigt bspw. eine Studie, die auf Grundlage von Versicherungsdaten

⁶¹ Stansfeld S, Clark C (2015): Health effects of noise exposure in children. *Curr. Environ. Health Rep.* 2015, 2, 171–178.

⁶² Rösli et al. (2019).

⁶³ Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz, Hamburg (2018): Gesundheitliche Auswirkungen von Umweltlärm. Aktuelle Entwicklungen in der Lärmwirkungsforschung, <https://www.hamburg.de/contentblob/11263366/ab77dc6821ff738cbdc5e39a83fbf91/data/umweltlaerm-gesundheit-download.pdf>.

⁶⁴ Es liegen nur wenige Studien zu kognitiven Beeinträchtigungen bei Erwachsenen vor. Auf diese Studien und weiter auf nicht nur langfristige kognitive Beeinträchtigungen, sondern auch auf kurzfristige akute Störungen der Aufmerksamkeit und der kognitiven Leistungsfähigkeit verweist der Review von Clark C, Paunovic K (2017): WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cognition, <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph15020285>.

in der NORAH-Studie (s. u.) untersucht hat, welche Verfahren am besten die Wirkung der Gesamtbelastung beschreiben können. Dazu wurden Patienten mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen (ca. 130 000 Patienten) bzw. Depression (ca. 80 000 Patienten) im Fall-Kontroll-Ansatz entsprechenden Vergleichsgruppen (ca. 600 000 Kontrollpersonen) gegenübergestellt. Es zeigte sich für beide Krankheitsgruppen, dass die „epidemiologische Multiplikation der Einzelrisiken“ eine bessere Abschätzung des Gesundheitsrisikos durch die kombinierte Exposition gegenüber Straßen-, Schienen- und Fluglärm liefert als die energetische Addition der Lärmpegel. Mit dem Ansatz der energetischen Addition würde die Wirkung unterschätzt werden.⁶⁵

6.1.4 Lärmstudien

Es sind vor allem umweltepidemiologische Studien, über die qualitative und quantitative Zusammenhänge zwischen einem betrachteten Umweltstressor (hier Lärm) und Gesundheitsrisiken auf Bevölkerungsebene ermittelt werden. Zusammen mit zahlreichen Einzelstudien zu physiologischen, psychoakustischen u. a. Reaktionen, die vorliegende plausible Wirkungsmodelle in der Lärmwirkungsforschung zunehmend schärfen, werden die Aussagen dieser Studien gestärkt. In der Betrachtung der Gesamtheit der vorliegenden Studien ist eine quantitative Abschätzung zur Wirkung von Lärm möglich, d. h. in welchem Maße Lärm gesundheitsschädigend wirkt. Hierauf stützen sich u. a. auch die Empfehlungen, die die WHO im Jahr 2018 in ihren Leitlinien für Europa gegeben hat.

Einige wichtige große Lärmstudien sind beispielsweise:

- NORAH-Studie (Noise-Related Annoyance, Cognition, and Health)⁶⁶
- SiRENE-Studie (Short and Long Term Effects of Transportation Noise Exposure)⁶⁷
- HYENA-Studie (Hypertension and Exposure to Noise near Airports)⁶⁸
- RANCH-Studie (Road Traffic and Aircraft Noise Exposure and Children's Cognition and Health)⁶⁹

⁶⁵ Seidler A, Hegewald J, Seidler AL, Schubert M, Zeeb H (2019): Is the Whole More Than the Sum of Its Parts? Health Effects of Different Types of Traffic Noise Combined, in: International Journal of Environmental Research and Public Health, Bd. 16, Nr. 9, doi:10.3390/ijerph16091665.

⁶⁶ NORAH-Studie (2015) (mit verschiedenen Teilstudien unter der Gesamtkoordination von Guski R und Schreckenberg D), http://www.laermstudie.de/fileadmin/files/Laermstudie/Krankheitsrisiken_Zusammenfassung.pdf.

⁶⁷ Was ist die SiRENE-Studie? <http://www.sirene-studie.ch/>.

⁶⁸ Jarup L, Babisch W, Houthuijs D, Pershagen G, Katsouyanni K, Cadum E, Dudley M-L, Savigny P, Seiffert I, Swart W, Breugelmans O, Bluhm G, Selander J, Haralabidis A, Dimakopoulou K, Sourtzi P, Velonakis M, Vigna-Taglianti F (2008): Hypertension and Exposure to Noise Near Airports: the HYENA Study, in: Environmental Health Perspectives, Bd. 116, Nr. 3, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18335099/>.

⁶⁹ Stansfeld SA, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrio I, Fischer P, Öhrström E, Haines MM, Head J, Hygge S, van Kamp I, Berry BF (2005): Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study, in: The Lancet, Bd. 365, Nr. 9475, doi:10.1016/s0140-6736(05)66660-3.

- Heinz Nixdorf Recall-Studie⁷⁰
- Gutenberg Gesundheitsstudie.⁷¹

6.2 Belästigung

Die in der Lärmkartierung im Rahmen der europäischen Umgebungslärm-Richtlinie (s. Kap. 9) dargestellte Lärmbelastung der Bevölkerung spiegelt sich in den Umfrageergebnissen zur Belästigungserfahrung durch Umgebungslärm wider, die seit 1984 im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) durchgeführt werden, zuletzt 2018 durch das UBA.

Als „Umgebungslärm“ gelten „belästigende oder gesundheitsschädliche Geräusche im Freien, die durch Aktivitäten von Menschen verursacht werden, einschließlich des Lärms, der von Verkehrsmitteln, Straßenverkehr, Eisenbahnverkehr, Flugverkehr sowie Geländen für industrielle Tätigkeiten ausgeht; ...“.⁷²

Die Lärmbelästigung wird mittels eines standardisierten Fragebogens erhoben. Dabei wird nicht die momentane Belästigung, sondern die Wahrnehmung von Lärm über ein Jahr im jeweils individuellen Kontext abgefragt.⁷³

Wie auch in den Jahren zuvor stellt der Straßenverkehr die Lärmquelle dar, von der sich mit 75 % der Befragten die meisten Menschen in Deutschland in ihrem Wohnumfeld belästigt und gestört fühlen. Je nach Wohnlage kommen Fluglärm und Schienenverkehrslärm hinzu; insgesamt empfinden 42 % bzw. 35 % der Befragten in Deutschland diese Lärmarten als belästigend. Als zweithäufigste Ursache für eine Störung durch Lärm wurde der Nachbarschaftslärm genannt. Gleichrangig mit dem

⁷⁰ Heinz Nixdorf Recall Studie (2018): Home, in: Heinz Nixdorf Recall MehrGenerationenStudie, <https://www.uni-due.de/recall-studie/>.

⁷¹ Wild PS, Zeller T, Beutel M, Blettner M, Dugi KA, Lackner KJ, Pfeiffer N, Münzel T, Blankenberg S (2012): Die Gutenberg Gesundheitsstudie, in: Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, Bd. 55, Nr. 6–7, doi:10.1007/s00103-012-1502-7, <https://www.gesundheitsstadt-berlin.de/studie-zeigt-zusammenhang-zwischen-fluglaerm-und-depressionen-10448/>.

⁷² Begriffsbestimmungen im BImSchG (§ 47b).

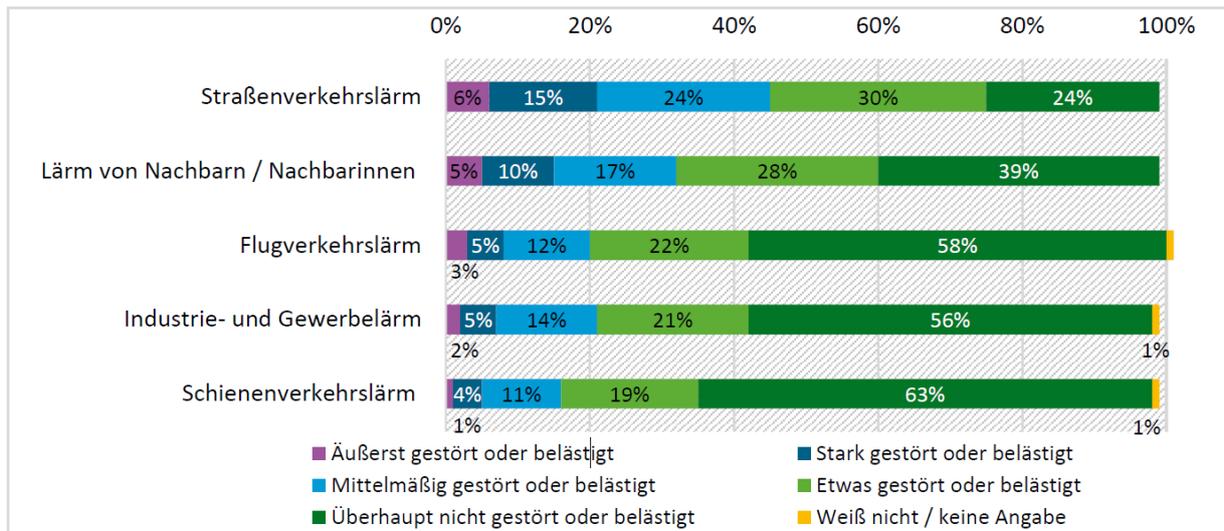
⁷³ Zur einheitlichen Erfassung und Bewertung von Angaben zur Lärmbelästigung wurden 2001 Empfehlungen für einen international anerkannter Fragebogen entwickelt (International Commission on Biological Effects of Noise (ICBEN, Fields JM et al. (2001): Standardized General-Purpose Noise Reaction Questions for Community Noise Surveys: Research and a Recommendation, in: Journal of Sound and Vibration, Bd. 242, Nr. 4, doi:10.1006/jsvi.2000.3384, S. 641–679.)

Oder s. auch: ISO TS15666 (2003). Beispielfrage: Wenn Sie einmal an die letzten (Zeitangabe) hier bei Ihnen denken, wie stark haben Sie sich durch Lärm von (Quelle) insgesamt gestört oder belästigt gefühlt?“ Es ist möglich, verbal zu antworten „überhaupt nicht, etwas, mittelmäßig, stark, äußerst“ oder numerisch auf einer Skala von 0 - 10.

Eine hilfreiche Ergänzung zum ICBEN-Fragebogen wird bei bestimmten Fragestellungen in der Methode der Multiple-Item Annoyance Scale (MIAS) gesehen. Diese Methode zielt darauf, drei Komponenten der Belästigung in einer Skala zu erfassen: (1) Erfahrung mit erlebten Störungen, (2) Emotionale/einstellungsbezogene Reaktionen und (3) Erfahrung mit Bewältigungsversuchen.

Flugverkehr rangiert der Industrie- und Gewerbelärm, den 42 % der Befragten als Störung oder Belästigung wahrnehmen.

Von Fluglärm geht im Vergleich zu den anderen beiden Verkehrslärmarten bei gleichem Dauerschallpegel die stärkste Belästigungswirkung aus. Die hier Befragten sind mehrheitlich von Straßenverkehrslärm betroffen, weniger Personen sind Schienenverkehrslärm und noch viel weniger Fluglärm ausgesetzt. Würden nur die tatsächlich von der jeweiligen Lärmquelle Betroffenen nach der Belästigungswirkung befragt werden, läge der Fluglärm an erster Stelle.



Frage: **Wenn Sie einmal an die letzten 12 Monate hier bei Ihnen denken, wie stark haben Sie sich persönlich durch den Lärm von folgenden Dingen gestört oder belästigt gefühlt?**

Repräsentativerhebung bei 2.021 Befragten, 1. Befragungswelle, Stichprobe ab 14 Jahren

(Angaben in Prozent, Abweichungen von 100 Prozent rundungsbedingt)

Abb. 8: Umfrageergebnisse im Jahr 2018 zum Lärmbelästigungsempfinden.⁷⁴

Unter den Befragten gaben 15 % an, sich stark oder äußerst stark belästigt zu fühlen. Diese Gruppe kann, der Einordnung von Fields et al. (2001, s. Fußnote 73) folgend, als erheblich oder hochgradig Belästigte (engl. „highly annoyed“, HA) bezeichnet werden. Ihr Anteil schwankt je nach Lärmquelle zwischen 5 % beim Schienenverkehrslärm und 21 % beim Straßenverkehrslärm.

Wenn Menschen Lärm als erheblich oder gar als unzumutbar empfinden, fühlen sie sich belästigt und in ihrer Lebensqualität eingeschränkt. Als besonders belästigend wird Lärm dann erlebt, wenn er sich beispielsweise störend auf eine Unterhaltung, die Konzentrationsfähigkeit oder auf die Erholung, insbesondere in den morgendlichen und abendlichen Tagesrandstunden, auswirkt und Betroffene der Schallbelastung nicht ausweichen können.

⁷⁴ UBA (Hrsg. 2020): Gesundheitliche Belastungen durch Umweltverschmutzung und Lärm – Ergebnisse der Umweltbewusstseinsstudien, Fact Sheet, S. 5; [Gesundheitliche Belastungen durch Umweltverschmutzung und Lärm – Ergebnisse der Umweltbewusstseinsstudien \(umweltbundesamt.de\)](https://www.umweltbundesamt.de/de/gesundheitsbelastungen).

Bei der Lärmbelastigung werden insbesondere drei Elemente in den Blick genommen:

- (1) Eine mehrfach wiederholte Störung bei intendierten Handlungen (z. B. Arbeiten, Unterhalten, Erholen),
- (2) eine emotionale Reaktion (z. B. Ärger, negative Bewertung der Quelle) und
- (3) kognitive Reaktionen (z. B. Bewertung der (Un-)Angemessenheit des Geräuschs, geringe Bewältigungsmöglichkeiten).⁷⁵

Viele Studien kommen zu den folgenden Aussagen:

- Je lauter es ist, desto mehr Menschen fühlen sich stark belästigt, das heißt, der Schallpegel korreliert mit dem Belästigungsempfinden.
- Bei gleichem Schallpegel wird Fluglärm als stärker belästigend empfunden als Straßen- oder Schienenverkehrslärm.
- Bei gleichem Beurteilungspegel zeigen sich höhere Anteile belästigter Personen im Vergleich zu früheren Untersuchungen, insbesondere bezüglich Flug- und Schienenverkehrslärm.⁷⁶ (s. Abb. 9)

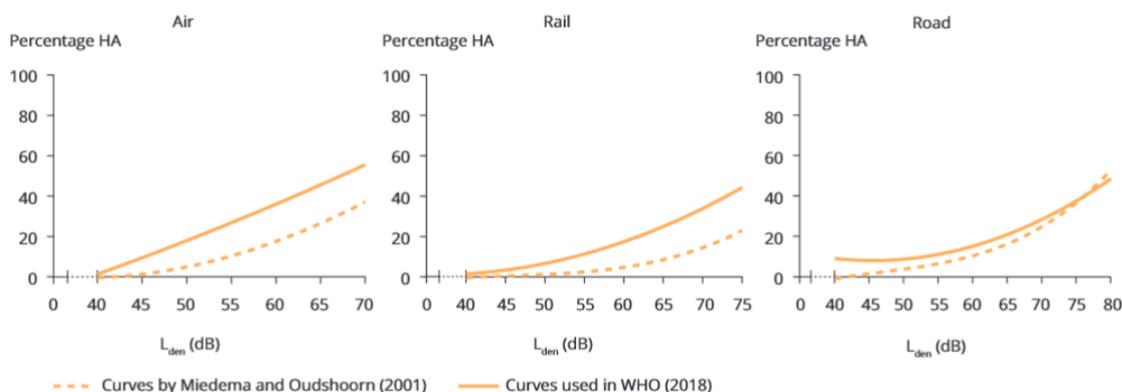


Abb. 9: Geschätzter Anteil hochgradig belästigter Personen (HA) durch Flug-, Schienen- und Straßenverkehrslärm nach WHO-Leitlinien 2018 und Miedema and Oudshoorn (2001)⁷⁷

Das Empfinden der Belästigung steht nicht nur im Zusammenhang mit dem energieäquivalenten Dauerschallpegel, sondern nachweislich auch mit der Anzahl der

⁷⁵ Guski R, Schreckenberger D, Schuemer R (2017): WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance, in: International Journal of Environmental Research and Public Health, Bd. 14, Nr. 12, doi:10.3390/ijerph14121539.

⁷⁶ Guski et al. (2017) diskutieren u. a. auch methodische Unterschiede in alten und neuen Studien, die diese Unterschiede im Belästigungsempfinden hervorgerufen haben könnten.

⁷⁷ Abbildung, die auf WHO-Review zur Belästigung von Guski et al. (2017) beruht, ist entnommen: Environmental noise in Europe — 2020 (2019): EEA Report No 22/2019, S. 47, Fig. 3-1, <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe>.

Schallereignisse, der Maximalpegel und der Dauer ruhiger Phasen im Schallverlauf. Der Dauerschallpegel ist zwar gleichgeblieben, der Verkehr aber hat zugenommen und Phasen mit Ruhepausen haben abgenommen. Die Geräuschkulisse hat sich verändert.

Von verschiedenen Seiten wird daher gefordert, dass der Dauerschallpegel nicht das einzige Entscheidungskriterium bei Neubau-Planungen und Sanierungsbedarfen darstellen darf.

Zudem tragen neben akustischen Kriterien auch die bereits teilweise erwähnten nicht-akustischen Faktoren einen wichtigen Teil zum subjektiven Belästigungsempfinden bei, z. B. die Lärmempfindlichkeit, das Coping⁷⁸-Verhalten sowie überhaupt das Bestehen von Coping-Möglichkeiten, aber auch die Einstellung zur Lärmquelle oder das Vertrauen in die örtlichen Entscheidungsträger:innen sowie die wahrgenommene Fairness bei Planungsprozessen und Entscheidungen.

Weitere Faktoren können das Lärmbelästigungsempfinden beeinflussen. Aktuell wurde die ‚Lärmbelastung in der deutschen Allgemeinbevölkerung‘, in der Kohorte der Gutenberg-Gesundheitsstudie mit etwa 15 000 Teilnehmer:innen im Hinblick auf diverse Faktoren untersucht, wie z. B. Alter, Geschlecht, sozioökonomischer Status, Schlafstörungen, verschiedene psychische und physische Vorerkrankungen, Nikotinkonsum. Mit zunehmender Altersdekade nahm die Lärmbelastung ab. Als relevante Determinanten zeigten sich mitunter Geschlecht, Alter, sozioökonomischer Status, Depression, Angststörung, Schlafstörung und Vorhofflimmern.⁷⁹

Die WHO gibt in ihren Leitlinien für Umgebungslärm nach Lärmquellen unterschiedene Schallpegel an, bei denen sich 10 % der Betroffenen hochgradig belästigt fühlen (s. Kap. 4). So sind 10 % der Personen bei einem durchschnittlichen ganztägigen Dauerschallpegel von 45 dB L_{den} des Luftverkehrs hoch belästigt. Beim Straßenverkehr ist dieser Prozentsatz bei einer durchschnittlichen Dauerschallbelastung von 53 dB L_{den} und beim Schienenverkehr bei einer durchschnittlichen Dauerschallbelastung von 54 dB L_{den} erreicht.

⁷⁸ Coping = Bewältigungsstrategien in Krisensituationen.

⁷⁹ Hahad O, Beutel M, Michal M, Schulz A, Pfeiffer N, Gianicolo E, Lackner K, Wild P, Daiber A, Münzel T (2021): Lärmbelastung in der deutschen Allgemeinbevölkerung. Prävalenz und Determinanten in der Gutenberg-Gesundheitsstudie, Herz, <https://doi.org/10.1007/s00059-021-05060-z>.

Belästigung als lediglich „ärgerlich“ zu betrachten, würde ihrer gesundheitlichen Bedeutung nicht gerecht werden. Nicht nur die Lebensqualität leidet und damit das psychische Wohlbefinden, wenn eine Belästigung durch Lärm lange und wiederholt auftritt oder die Erholungspausen fehlen. Viele der im Weiteren beschriebenen gesundheitlichen Beeinträchtigungen werden letztlich als Folge dauerhafter Störung und Belästigung durch den Stressfaktor Lärm angesehen. Entsprechend bewertet die WHO in ihren Leitlinien für Umgebungslärm 2018 die Lärmbelästigung als Vorläufer für stressbezogene Folgeerkrankungen. Sie zählt sie aus diesem Grund zu den „critical health outcomes“ von Umgebungslärm, s. Kap. 4.3.

Das Wichtigste kurz und knapp

- Chronisches Belästigungsempfinden ist die häufigste gesundheitsrelevante Lärmreaktion.
- Dauerhafte Belästigungen durch Lärm und daraus resultierende dauerhafte Stressreaktionen im Körper können zu manifesten Erkrankungen führen.
- Das Belästigungsempfinden ist von subjektiven Faktoren abhängig, korreliert aber eindeutig mit dem Schallpegel.
- Bei gleichem Beurteilungspegel zeigen sich im Vergleich zu früheren Untersuchungen höhere Anteile belästigter Personen, insbesondere bezüglich Flug- und Schienenverkehrslärm.
- Das Belästigungsempfinden nimmt in Abhängigkeit von der Verkehrslärmquelle zu:
Straßenverkehrslärm < Schienenverkehrslärm < Fluglärm.

6.3 Schlafstörungen⁸⁰

Schlaf ist für die physische wie psychische Erholung des Menschen von zentraler Bedeutung, ein ungestörter Schlaf ist eine biologische Notwendigkeit. Daher stellt nächtlicher Lärm, der den Schlaf stört, ein Gesundheitsrisiko dar. Die dauerhafte Störung des physiologischen Schlafprozesses ist als eine sehr schwerwiegende Auswirkung von Lärm zu werten.

Der Schlaf gliedert sich in unterschiedliche Schlafstadien: leichte Schlafstadien (Traumschlaf/REM⁸¹, S1, S2 oder N1, N2) und Tiefschlafphasen (S3, S4 oder zusammengefasst N3) sowie Wachphasen. Diese Stadien werden jeweils vier- bis fünfmal pro Nacht durchlaufen. Die Tiefschlafphasen dominieren in der ersten Hälfte

⁸⁰ Babisch et al. (2014), Maschke C, Niemann H: Lärmbedingte Schlafstörungen, S. 23 ff.

⁸¹ Rapid Eye Movement (REM). Der Traumschlaf (Grenze zur Wachphase) ist gekennzeichnet durch EEG-Aktivitäten und schnelle Augenbewegung (REM) unter geschlossenen Lidern.

der Nacht, in der zweiten Hälfte nimmt die Zeitdauer der REM- bzw. Traumschlafphasen zu. Die jeweiligen Schlafstadien-Zeiten weisen zudem eine charakteristische altersabhängige Verteilung auf. Die REM-Phasen verkürzen sich von einem Anteil von 60 % beim Säugling auf 20 - 25 % beim Erwachsenen.

Tab. 5: Anteilige Schlafstadienverteilung eines gesunden Erwachsenen mittleren Alters

Schlafstadien	Prozentualer Anteil
REM-Schlaf	20 – 25 %
Schlafstadium S2	40 – 50 %
Schlafstadien S3/ S4	10 – 20 %

Der Tiefschlaf ist für die physische Erholung von Bedeutung, für die psychische Erholung ist es vor allem der Traum(REM-)schlaf.

Schlafstörungen können durch verschiedene endogene (z. B. Alter, individuelle Lärmempfindlichkeit, physische und psychische Verfassung) und exogene Faktoren (z. B. Lärm, Raumtemperatur) hervorgerufen werden.

Das menschliche Gehör dient insbesondere während des Schlafs als Alarmsystem und kann nicht „abgestellt“ werden. Die Aktivierungsschwelle, oberhalb derer es zu vegetativen (unbewussten) Reaktionen kommt, liegt entsprechend deutlich niedriger als bei einem wachen Menschen. Wahrgenommene Geräusche werden verarbeitet und im Hinblick auf notwendige Reaktionen bewertet. Die Stimuli gelangen zu den kardio-respiratorischen Netzwerken des Hirnstamms und – abhängig vom aktuellen Zustand des Gehirns, bspw. vom Schlafstadium – weiter zur Hirnrinde (Kortex).⁸² Entsprechend sind physiologische Reaktionen in Form einer Herzfrequenzbeschleunigung bis hin zum Aufwachen zu beobachten. Das Erwachen aus dem Schlaf gilt als die stärkste Störung des Schlafs, es führt am deutlichsten zu einer Störung der Schlafstruktur.

Aber auch die nicht bewussten kurzzeitigen lärmbedingten Zustandsänderungen, die den Organismus von einem niedrigen in einen höheren Erregungszustand versetzen (so genannte Arousals) stellen eine Unterbrechung des Schlafablaufs dar. In der Schlafmedizin werden vegetative, motorische und EEG-Arousals unterschieden. In welcher Stärke ein Arousal auftritt, hängt von der Lautstärke, dem Zeitverhalten und Informationsgehalt des Geräuschs sowie dem Schlafstadium ab. Bei vegetativen

⁸² Müller U, Aeschbach D, Elmenhorst E-M, Mendolia F, Quehl J, Hoff A, Rieger I, Schmitt S, Littel W (2015): Fluglärm und nächtlicher Schlaf. In: Gemeinnützige Umwelthaus gGmbH (Hrsg.): NORAH (Noise related annoyance cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld, Band 4. Kelsterbach. **Und:** Dang-Vu TT, Schabus M, Desseilles M, Sterpenich V, Bonjean M, Maquet P (2010): Functional Neuroimaging Insights into the Physiology of Human Sleep, in: Sleep, Bd. 33, Nr. 12, doi:10.1093/sleep/33.12.1589.

Arousals verändern sich beispielsweise Blutdruck, Herzfrequenz, Atmung oder Hormonausschüttung. Ein motorisches Arousal kann sich in Form von Muskelzuckungen, Husten oder Lagewechsel äußern. Bei einem EEG-Arousal, einer messbaren Unterbrechung des regelmäßigen Rhythmus der Hirnwellen, kommt es zu einer Unterbrechung des Schlafablaufs.

Wiederholte lärmbedingte Arousals stören zirkadiane Rhythmen, können Tiefschlafphasen verkürzen und flache Schlafstadien verlängern und so insgesamt die Schlafzeit verkürzen und die Schlafqualität verringern. Ein Gewöhnungseffekt ist bei den vegetativ kardialen Arousals nicht beobachtbar. Herz-Kreislauf-Erkrankungen gelten als eine der wahrscheinlichsten gesundheitlichen Folgen dauerhafter Lärmbelastung, als Folge dauerhaft ausgelöster vegetativer und kardialer Reaktionen.⁸³

Studienergebnisse deuten darauf, dass es insbesondere hohe Maximalpegel sind, die zu nächtlichen Aufwachreaktionen oder Herzfrequenzbeschleunigungen führen.

Als Schwelle für nachweisbare Veränderungen der Schlafstruktur von Probanden (verminderte Tiefschlaf- und Traumschlafphasen) wurden Maximalschallpegel in Höhe von 33 dB(A) am Ohr der Schläfer:in festgestellt.⁸⁴

Intermittierende Geräusche führen zur Zerstörung der Schlafzyklen (Fragmentierung), kontinuierliche Geräusche zu einem oberflächlichen Schlaf. Besonders störanfällig ist der Schlaf in den frühen Morgenstunden, wenn der Schlafdruck nachlässt. Es zeigte sich auch, dass ereignishafter Lärm zu einer längeren Einschlafdauer (Schlafstadium 2) und zu mehr Wechseln der Schlafstadien führt.

Für die Aufwachwahrscheinlichkeit spielt neben Maximalpegeln bspw. beim Schienenverkehr auch die Plötzlichkeit von Lärmereignissen eine Rolle. Je schneller der Lärmpegel zunimmt, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit aufzuwachen.

Neben den in umfänglichen Schlafuntersuchungen (Polysomnografie)⁸⁵ „messbaren“ Schlafstörungen wird in Studien zu den Auswirkungen nächtlichen Lärms oftmals auch die Selbstauskunft herangezogen. Zwecks Vergleichbarkeit zum Maß der Schlafstörung wird eine Skala von Null (nicht schlafgestört) bis Hundert (extrem schlafgestört) genutzt. International wird in der Darstellung von Schlafstörungen Bezug auf die „hochgradigen“ Schlafstörungen genommen, was Werten über 72 % auf dieser Skala entspricht (HSD – highly sleep disturbed). Schlafstörungen höher als 50 % werden als SD – sleep disturbed – bezeichnet und solche, die mit Werten von 28 % bewertet werden, als LSD – little sleep disturbed.

⁸³ Müller et al. (2015), S. 155 f.

⁸⁴ Basner M, Isermann U, Samel A (2005): Die Umsetzung der DLR-Studie in einer lärmmedizinischen Beurteilung für ein Nachtschutzkonzept, in: Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Bd. 52, Nr. 4.

⁸⁵ Polysomnografie: kontinuierliche Überwachung von Körperfunktionen während des Schlafs, z. B. Hirnströme (EEG), Herzrhythmus (EKG), Sauerstoffgehalt des Blutes, Körpertemperatur, Atemfluss, Muskelspannung (EMG), Beinbewegung, Augenbewegung (EOG), Körperlage u.a..

Die in der Polysomnografie darstellbaren Schlafstörungen (z. B. Arousals) sind meistens nicht erinnerbar. Es ist daher im Rahmen der Befragung davon auszugehen, dass die tatsächliche Schlafstörung von den Befragten unterschätzt wird. Es wäre daher anzumerken, dass nicht nur die HSD-Quote, sondern vielmehr auch die SD-Quote in den Blick und die Bewertung einbezogen werden müsste. Tatsache ist, dass in den aktuellen Dosis-Wirkungs-Kurven, die in den Anhang III der Umgebungs-lärmrichtlinie aufgenommen wurden, ausschließlich die hochgradigen Schlafstörungen berücksichtigt wurden.

Bei gleichem Dauerschallpegel werden für Fluglärm deutlich häufiger Schlafstörungen angegeben als für Straßen- oder Schienenverkehrslärm (s. Abb. 10). Zudem zeigt sich im Vergleich zu älteren Expositions-Wirkungs-Funktionen in den Ableitungen in den WHO-Leitlinien 2018, dass Schlafstörungen bei gleichem Schallpegel in den letzten Jahren häufiger berichtet werden, besonders deutlich fällt dies für den Flug- und Schienenverkehrslärm aus. Hierbei spielen, wie bei der Erhebung von Daten zum Belästigungsempfinden, ebenfalls auch methodologische Unterschiede eine Rolle, nachzulesen in den entsprechenden wissenschaftlichen Reviews zu den WHO-Leitlinien 2018.⁸⁶ Letztlich gab es im Gesamtprozess der Leitlinienerarbeitung die Entscheidung, die Zunahme selbst berichteter Schlafstörungen anzuerkennen und die Überarbeitung der Expositions-Wirkungskurven zu empfehlen.

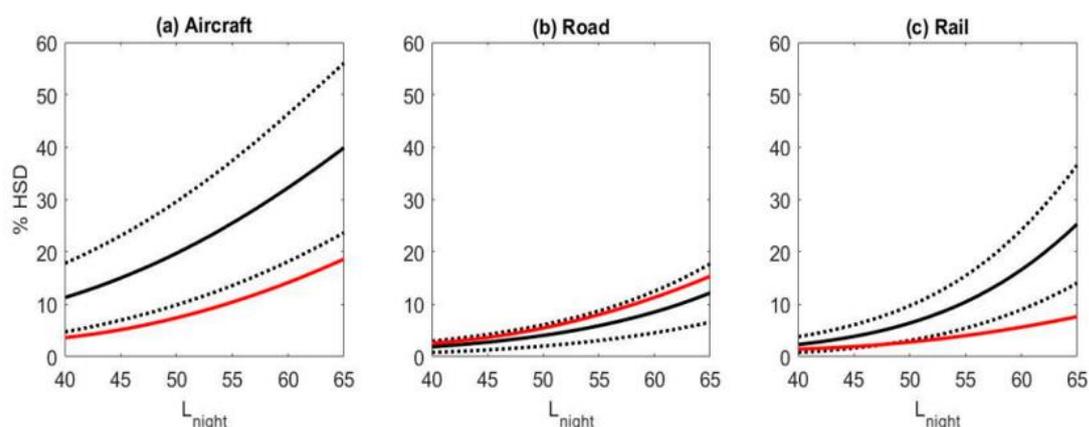


Abb. 10: Schwarze Linien: Anteil hochgradig schlafgestörter Personen (HSD) bei unterschiedlichen Verkehrslärmquellen basiert auf Antworten zum Erwachen sowie zu Einschlafschwierigkeiten und Schlafstörungen. Schwarz gestrichelte Linien: 95 % Konfidenzintervalle. Rote Linien: Expositions-Wirkungs-Funktionen, Miedema und Vos (2007) zum Vergleich.⁸⁷

⁸⁶ Basner M, McGuire S (2018): WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and effects on sleep. *Int J Environ Res Public Health*15(3):519.

⁸⁷ Abbildung beruht auf dem WHO-Review zu Schlafstörungen von Basner und McGuire (2018) und der Darstellung in: Wothge J, Niemann H (2020): Gesundheitliche Auswirkungen von Umgebungslärm im urbanen Raum, in: *BGesBl*, Bd. 63, Nr. 8, doi:10.1007/s00103-020-03178-9. (veröffentlicht unter der CC-BY 4.0 Lizenz (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)).

Im Vergleich der Wirkungen der drei wichtigsten Verkehrslärmarten Straßen-, Schienen- und Luftverkehr auf den Schlaf zeigte eine Studie von 2019, dass sich die polysomnografisch ermittelten Schlafstörungen in Abhängigkeit vom Maximal-Schalldruckpegeln invers zu jenen verhalten, die sich hinsichtlich selbstberichteter Schlafstörungen in Abhängigkeit von nächtlichen Dauerschalldruckpegeln zeigen. Genauer, der Schlaf wurde in seinen physiologischen Abläufen bei gleichem Maximal-Schalldruckpegel am stärksten durch Schienenverkehrslärm, leicht nachrangig von Straßenlärm und am wenigsten durch Fluglärm gestört. Bei 70 dB(A) ergab sich gegenüber Schienenverkehrslärm eine Reduktion in der Wahrscheinlichkeit, durch Fluglärm aufzuwachen, von 7 %, s. Abb. 11. Die Autor:innen schlussfolgern, dass zusätzlich zu abgefragten Schlafstörungen auch physiologische Schlafparameter berücksichtigt werden sollten, bevor Lärmschutzmaßnahmen geplant werden.⁸⁸ Zudem sollten unterschiedliche Lärmparameter betrachtet werden.

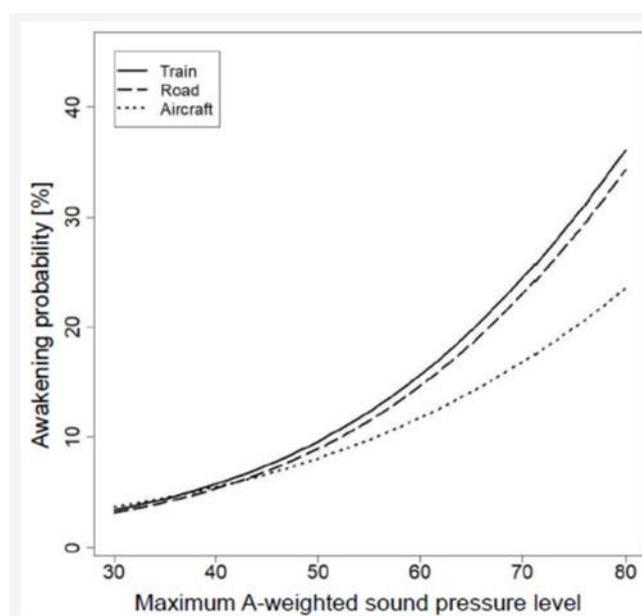


Abb. 11: Wahrscheinlichkeit für einen Schlafphasenwechsel hin zum Aufwachen oder zum leichten Schlafstadium S1 für Luft-, Straßen- und Schienenverkehrslärm in Abhängigkeit vom Maximal-Schalldruckpegel in dB(A) des Schallereignisses.⁸⁸⁷

Hinsichtlich des Gesundheitsschutzes gegenüber Fluglärm ist das Anfang der 2000er Jahre entwickelte Nachtschutzkonzept für den Flughafen Halle/ Leipzig erwähnenswert. Es sollte gelten: (1) „im Mittel soll weniger als eine zusätzliche Aufwachreaktion pro Nacht durch Fluglärm hervorgerufen werden“, (2) erinnerbares

⁸⁸ Elmenhorst E-M; Griefahn B, Rolny V, Basner M (2019): Comparing the Effects of Road, Railway, and Aircraft Noise on Sleep: Exposure–Response Relationships from Pooled Data of Three Laboratory Studies, in: IJER and Public Health, Bd. 16, Nr. 6, doi:10.3390/ijerph16061073. (veröffentlicht unter der CC-BY 4.0 Lizenz (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)).

Erwachen soll möglichst vermieden werden, (3) das Wiedereinschlafen soll trotz Fluglärm möglichst wenig beeinträchtigt sein.“⁸⁹

Schlafstörungen können weitgehend vermieden werden, wenn die Mittelungspegel im Schlafräum 30 dB(A) und Einzelgeräusche 45 dB(A) nicht überschreiten.

Um gesundheitliche Auswirkungen zu vermeiden, empfiehlt die WHO in den Night Noise Guidelines for Europe, dass die nächtliche Lärmbelastung einen Dauerschallpegel von 40 dB(A) außerhalb der Wohnung (L_{night} , außen) nicht überschreiten sollte. Diese Empfehlung teilt das UBA uneingeschränkt. Sie gilt auch nach der Publikation der Leitlinien der WHO von 2018 weiterhin.

Wie komplex die Zusammenhänge zwischen äußeren Reizen, Schlafindikatoren und den gesundheitlichen und sozialen Auswirkungen sind, veranschaulicht die folgende Abb. 12.

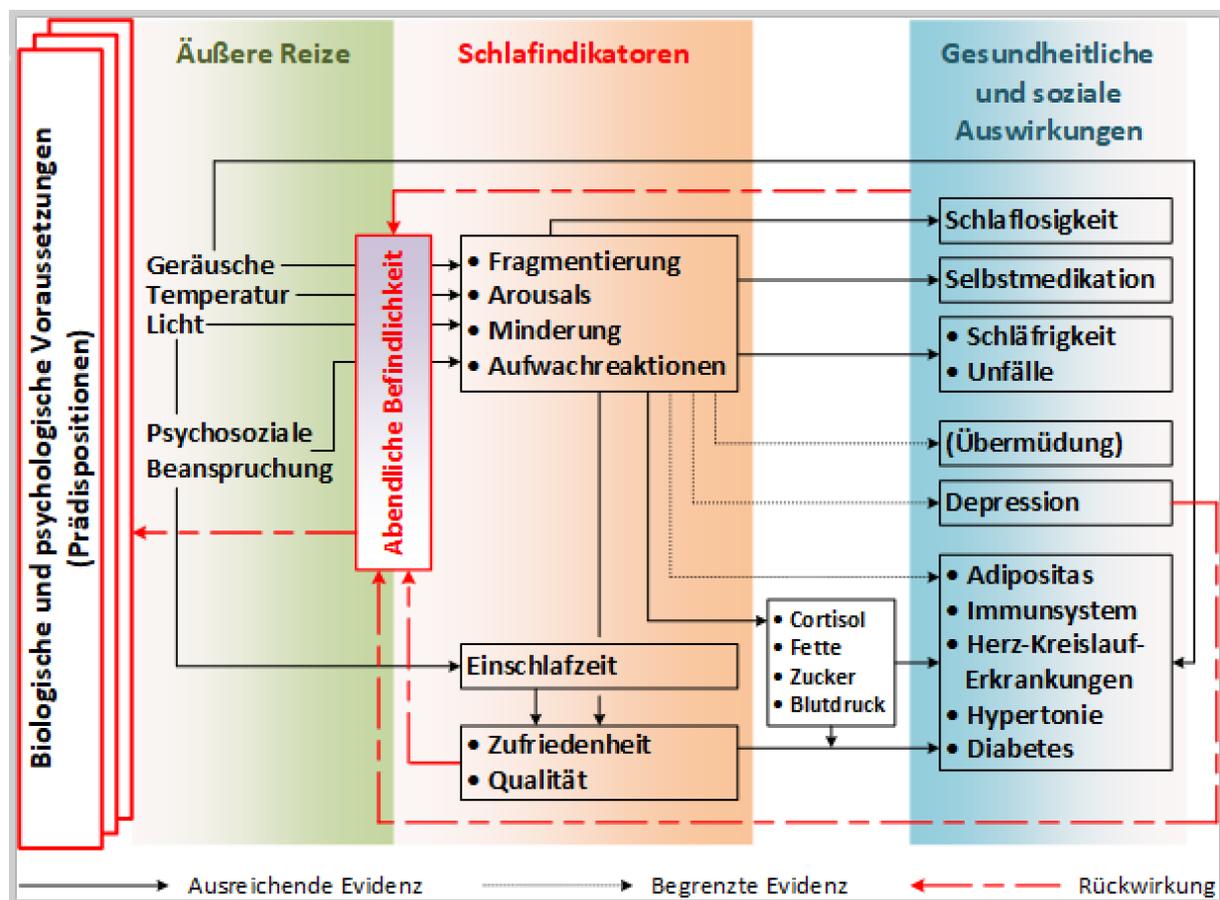


Abb. 12: Expertensicht auf die Zusammenhänge zwischen Schlaf und Gesundheit, in Anlehnung an die Darstellung in den Night Noise Guidelines der WHO⁹⁰ (ins Deutsche übersetzt von Autorinnen dieses Berichts).

⁸⁹ Basner et al. (2005).

⁹⁰ WHO. Regional Office for Europe (2009): WHO Night Noise Guidelines for Europe, Fig. 2.1 WHO, Bonn, S 43.

Gleich welcher Ursache können dauerhafte Schlafstörungen zu Erschöpfung, Einschränkung der geistigen Leistungsfähigkeit, mentalen Erkrankungen, Infektionskrankheiten, Unfällen, Diabetes, Übergewicht und Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen.

Das Wichtigste kurz und knapp

- Durch die hohe Bedeutung des Schlafs für die physische und psychische Regeneration birgt nächtlicher Lärm ein besonders hohes Gesundheitsrisiko.
- Der Hörsinn kann im Schlaf nicht abgestellt werden, er befindet sich immer in Alarmbereitschaft.
- Im Schlaf reagiert der Mensch empfindlicher auf Lärm als im wachen Zustand. Besonders störanfällig ist der Schlaf in den frühen Morgenstunden.
- Bewusste und unbewusste Reaktionen (Aufwachreaktionen und Arousals) können die Schlafstruktur zerstören und die Schlafqualität mindern.
- Der Körper gewöhnt sich nicht an eine nächtliche Lärmbelastung.
- Herz-Kreislauf-Erkrankungen gelten als eine der wahrscheinlichsten gesundheitlichen Folgen dauerhafter Lärmbelastung, als Folge dauerhaft ausgelöster vegetativer und kardialer Reaktionen im Schlaf.
- Zur Vermeidung gesundheitlicher Auswirkungen sollte die nächtliche Lärmbelastung (L_{night} , außen) einen Dauerschallpegel von 40 dB(A) nicht überschreiten.
- Schlafstörungen werden von Betroffenen am stärksten für Fluglärm berichtet.
- Die Reihenfolge Fluglärm – Straßenverkehrslärm – Schienenverkehrslärm kehrt sich um, wenn physiologische Reaktionen in Abhängigkeit vom Maximal-Schalldruckpegel polysomnografisch untersucht werden. Verschiedene Parameter und Indikatoren sind beim Lärmschutz zu berücksichtigen.

6.4 Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Epidemiologische Studien zeigen, dass Verkehrslärm dosisabhängig mit dem vermehrten Auftreten von Herz-Kreislauf-Erkrankungen (ischämische Herzkrankheiten, Herzinfarkt, hoher Blutdruck, Herzinsuffizienz, Schlaganfall) sowohl bezüglich der Morbidität als auch der Mortalität verbunden ist.

Die Wirkungen von Lärm auf das Herz-Kreislauf-System, insbesondere auf den Blutdruck, sind seit den 1980er Jahren intensiv untersucht worden. Die deutlichsten Hinweise zeigen sich für einen Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und dem Risiko für eine koronare Herzkrankheit. In der diesbezüglichen Metaanalyse zu

den WHO-Leitlinien 2018 konnte auf Basis aussagekräftiger Längsschnittstudien ermittelt werden, dass Straßenverkehrslärm beginnend ab 50 dB(A) und pro Zunahme von 10 dB(A) L_{den} das Risiko einer inzidenten koronaren (ischämischen) Herzerkrankung um 8 % erhöht.⁹¹

Der Zusammenhang zwischen Schienenverkehrs- bzw. Fluglärm und ischämischer Herzkrankheit ist ebenso nachgewiesen; die Evidenz der bei der Erarbeitung der WHO-Leitlinien 2018 vorliegenden Studien wurde allerdings als gering bewertet. Inzwischen liegen weitere Studien vor, die diesen Zusammenhang untermauern. Beim Flugverkehr lassen sich Effekte auf das Herz-Kreislauf-System ab L_{den} 60 dB(A) beobachten. In der NORAH-Studie wurden auch bei niedrigeren Dauerschallpegeln unter 40 dB(A) Hinweise auf Gesundheitsrisiken gefunden, wenn gleichzeitig nächtliche Maximalpegel von mehr als 50 dB vorlagen.⁹²

Schätzungen relatives Risiko

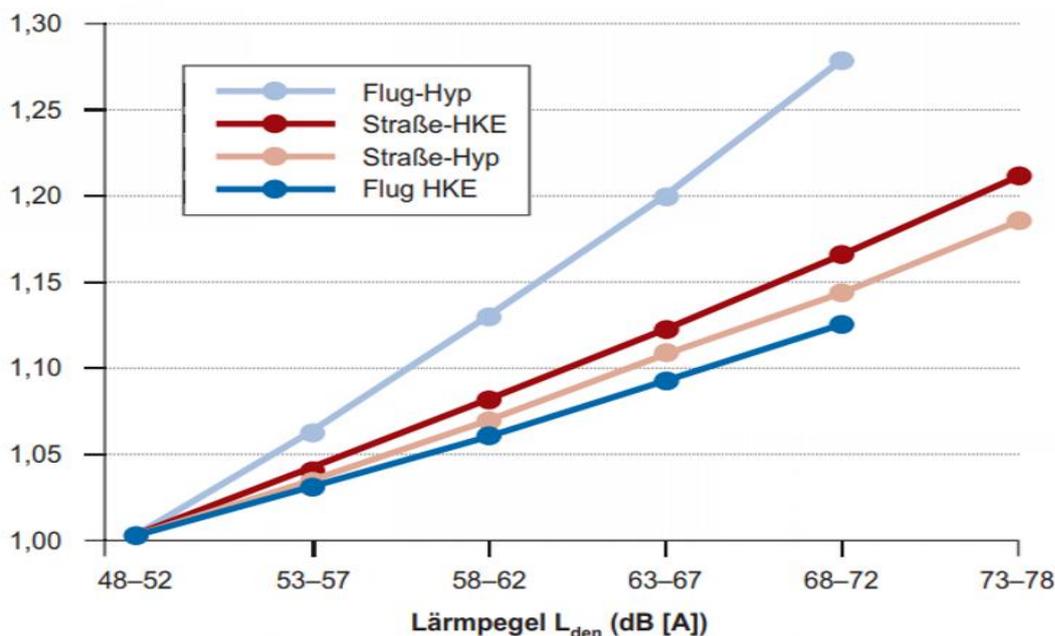


Abb. 13: Dosis-Wirkungs-Beziehungen zum Zusammenhang von Lärm und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Abkürzungen: Flug: Fluglärm, Hyp: Bluthochdruck, Straße: Straßenverkehrslärm, HKE: Herz-Kreislauf-Erkrankung.⁹³

⁹¹ van Kempen E, Casas M, Pershagen G, Foraster M (2018): WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary, in: IJER and Public Health, Bd. 15, Nr. 2, doi:10.3390/ijerph15020379.

⁹² Penzel T, Krämer U, Höger R, Zimmermann S, Wichmann H-E (2020): VIII – 7.1 Gesundheitsrisiken durch Fluglärm, in: Wichmann H-E, Fromme H (Hrsg.): Handbuch der Umweltmedizin, Loseblattwerk, ecomed.

⁹³ Republished with permission of Deutscher Ärzteverlag GmbH, from Hahad O, Kröller-Schön S, Daiber A, Münzel T (2019): Auswirkungen von Lärm auf das Herz-Kreislauf-System. The cardiovascular effects of noise. Dtsch Arztebl Int 2019; 116: 245-50; doi: 10.3238/arztebl.2019.0245, <https://www.aerzteblatt.de/archiv/206499/Auswirkungen-von-Laerm-auf-das-Herz-Kreislauf-System>; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.

Zu den zugrundeliegenden biologischen Mechanismen gibt es plausible Modellvorstellungen. Durch die Fragmentierung des Schlafs, den Anstieg des Stresshormonspiegels und die Entstehung von oxidativem Stress können sich durch Entzündungsreaktionen Gefäßfunktionsstörungen (endotheliale Dysfunktionen) entwickeln, die u. a. zu der weiteren Symptomatik von Herz-Kreislaufkrankungen führen.⁹⁴

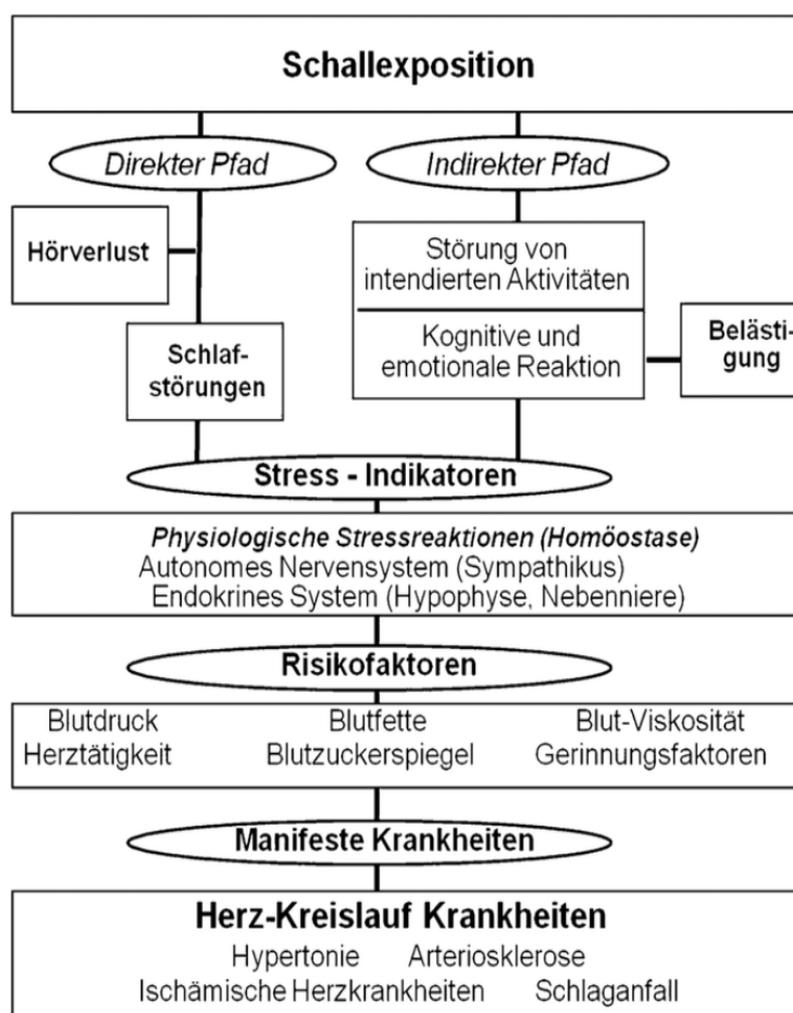


Abb. 14: Wirkungsschema zum lärmbedingten Risiko für Herz-Kreislauf-Krankheiten.⁹⁵

Mit arteriellen Entzündungsvorgängen, die in Verbindung mit einer durch Lärm(stress) ausgelösten höheren metabolischen Aktivität der Amygdala (Mandelkern, Teil des limbischen Systems) stehen, befasst sich auch eine andere Studie.⁹⁶ In der (allerdings

⁹⁴ Hahad O et al. (2019).

⁹⁵ Babisch W, Guski, R, Ising, H, Maschke C, Myck T, Niemann H, Speng M (2014). Lärm. In: Wichmann HE, Fromme H (Hrsg.) Handbuch der Umweltmedizin. Mit freundlicher Genehmigung der ecomed-Storck GmbH, Landsberg, Hamburg.

⁹⁶ Osborne MT, Radfar A, Hassan MZO, Abohashem S, Oberfeld B, Patrich T, Tung B, Wang Y, Ishai A, Scott JA, Shin LM, Fayad ZA, Koenen KC, Rajagopalan S, Pitman RK, Tawakol A (2019): A neurobiological mechanism linking transportation noise to cardiovascular disease in humans, in: European Heart Journal, Bd. 41, Nr. 6, doi:10.1093/eurheartj/ehz820.

retrospektiven) Studie werden in Verbindung mit der Aktivitätssteigerung der Amygdala eine Zunahme von schwerwiegenderen Herz-Kreislauf-Erkrankungen beobachtet.

Weitere Assoziationen bzw. Korrelationen wurden zwischen Lärm und/ oder Lärmbelastigung und den folgenden Herz-Kreislauf-Erkrankungen gefunden (eine Auswahl):

- Vorhofflimmern⁹⁷
- arterielle Steifheit, die zu einem erhöhten Risiko für eine spätere kardiovaskuläre Erkrankung führt⁹⁸
- erhöhtes Risiko, an einem Herzinfarkt zu sterben⁹⁹ (s. Abb. 15)
- akute Wirkung nächtlichen Fluglärms: kardiovaskuläre Mortalität¹⁰⁰
- Hinweise auf ein erhöhtes Schlaganfallrisiko durch Fluglärm¹⁰¹ und Straßenlärm.¹⁰²

Belastungen der Außenluft, insbesondere Feinstaub, können ebenfalls zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen. Da sie oftmals zusammen mit Verkehrslärm auftreten, wurde in Betracht gezogen, dass nicht Lärm, sondern Feinstaub für diese Wirkungen verantwortlich sein kann. Studien, die Lärm- und Luftbelastungen gleichzeitig untersuchten, konnten jedoch zeigen, dass beide Effekte unabhängig voneinander auftreten.⁹⁹

⁹⁷ Hahad O, Beutel M, Gori T, Schulz A, Blettner M, Pfeiffer N, Rostock T, Lackner K, Sørensen M, Prochaska JH, Wild PS, Münzel T (2018): Annoyance to different noise sources is associated with atrial fibrillation in the Gutenberg Health Study, in: *International Journal of Cardiology*, Bd. 264, doi:10.1016/j.ijcard.2018.03.126.

⁹⁸ Foraster M, Eze IC, Schaffner E, Vienneau D, Héritier H, Endes S, Rudzik F, Thiesse L, Pieren R, Schindler C, Schmidt-Trucksäss A, Brink M, Cajochen C, Wunderli J-M, Röösli M, Probst-Hensch N (2017): Exposure to Road, Railway, and Aircraft Noise and Arterial Stiffness in the SAPALDIA Study: Annual Average Noise Levels and Temporal Noise Characteristics, in: *Environmental Health Perspectives*, Bd. 125, Nr. 9, doi:10.1289/ehp1136.

⁹⁹ Héritier et al. (2018).

¹⁰⁰ Saucy A, Schäffer B, Tangemann L, Vienneau D, Wunderli J-M, Röösli M (2020): Does night-time aircraft noise trigger mortality? A case-crossover study on 24 886 cardiovascular deaths, in: *European Heart Journal*, Bd. 42, Nr. 8, doi:10.1093/eurheartj/ehaa957.

¹⁰¹ Weihofen VM, Hegewald J, Euler U, Schlattmann P, Zeeb H, Seidler A (2019): Aircraft noise and the risk of stroke—a systematic review and meta-analysis, in: *Deutsches Ärzteblatt*, Bd. 116, doi:10.3238/arztebl.2019.0237.

¹⁰² Sørensen M, Poulsen AH, Hvidtfeldt UA, Münzel T, Thacher JD, Ketzler M, Brandt J, Christensen JH, Levin G, Raaschou-Nielsen O (2021): Transportation noise and risk of stroke: a nationwide prospective cohort study covering Denmark, in: *International Journal of Epidemiology*, Bd. 50, Nr. 4, doi:10.1093/ije/dyab024.

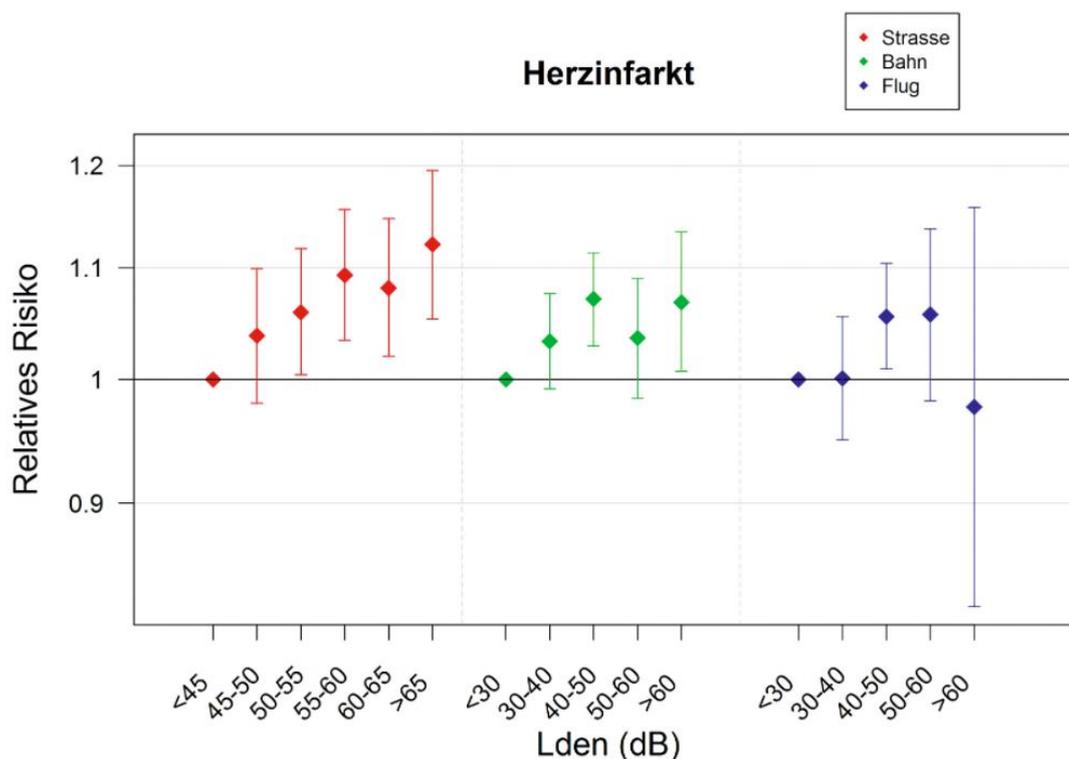


Abb. 15: Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und dem Herzinfarkt-Mortalitätsrisiko (inkl. +/- 95 % Konfidenzintervall).¹⁰³

Das Wichtigste kurz und knapp

- Herz-Kreislauf-Erkrankungen zählen zu den am meisten untersuchten Lärmwirkungen (das betrifft Blutdruckerhöhung, Schlaganfall, Herzinfarkt als auch allgemein ischämische Herzkrankheiten).
- Dauerhafte Lärmbelastung führt zu dauerhaften Stressreaktionen, die das Risiko, an einer Herz-Kreislauf-Erkrankung zu erkranken, erhöhen.
- Die ermittelten Zusammenhänge werden unabhängig von der Luftbelastung gefunden.
- Angesichts der großen Zahl von Verkehrslärmbetroffenen sind auch zahlenmäßig relativ klein erscheinende Risiken bezogen auf die Bevölkerung bedeutsam.

¹⁰³ Entnommen aus Rösli et al. (2019). Original-Unterschrift zur Abb.: „Zusammenhang zwischen Strassen-, Bahn- und Fluglärm (modellierter L_{den} an der lautesten Fassade) und Herzinfarkt-Mortalitätsrisiko (inkl. +/- 95% Vertrauensintervall) (adapted/translated by permission from Héritier H, et al (2017). Transportation noise exposure and cardiovascular mortality: a nationwide cohort study from Switzerland. Eur J Epidemiol;32(4):307–15.doi:10.1007/s10654-017-0234-2. „(veröffentlicht unter der CC-BY 4.0 Lizenz (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>))“.

6.5 Wirkungen auf den Stoffwechsel

Noch relativ neu sind Ergebnisse zu möglichen Auswirkungen von Lärmbelastungen auf die Entstehung von Diabetes. In mehreren Langzeitstudien zeigten sich übereinstimmend statistische Zusammenhänge zwischen Straßenverkehrs- und Fluglärm und der Diabetes-Neuerkrankungsrate. Für Schienenlärm lagen nur sehr wenige Studien vor, diese gaben bislang keinen Hinweis auf einen Zusammenhang.¹⁰⁴ Diskutiert werden auch Einflüsse von Lärm auf Übergewicht und Fettleibigkeit. Hier besteht ebenfalls noch Forschungsbedarf.

Bei einer Kohorte von 2631 Personen der SAPALDIA-Studie (Swiss study on Air Pollution and Respiratory Diseases in Adults) erhöhte sich im Zeitraum von 2002 bis 2011 - nach Berücksichtigung einer Vielzahl von weiteren Einflussfaktoren wie Luftverschmutzung, Ernährungs- und Bewegungsgewohnheiten - das Risiko an Diabetes zu erkranken um 35 % (95 % Konfidenzintervall 2 – 78 %) pro 10 dB Zunahme der Straßenlärmbelastung am Wohnort. Tendenziell war auch ein Zusammenhang mit Fluglärm ersichtlich, allerdings wohnten nur wenige der Studienteilnehmer:innen in von Fluglärm stark belasteten Regionen. Der Zusammenhang mit Lärm war linear und ohne erkennbaren Schwellenwert. Die Risikoerhöhung bei Straßenlärm war unabhängig von der Luftbelastung, der subjektiven Lärmbelästigung und der Lärmempfindlichkeit und nahm mit der Anzahl der Lärmereignisse zu. Tendenziell fand sich ein stärkerer Zusammenhang bei Personen, die zugleich über Schlafprobleme berichteten.¹⁰⁵

Der Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und glykolysiertem Hämoglobin – einem Langzeitmaß für den Blutzuckergehalt – war besonders ausgeprägt bei Personen mit einer genetischen Prädisposition für eine Dysregulation des zirkadianen Melatoninrhythmus. Der Anstieg des glykolysierten Hämoglobins mit zunehmendem Verkehrslärm war am stärksten bei Patient:innen, die bereits an Diabetes litten. Die SAPALDIA-Studie hat durch statistische Auswertung gezeigt, dass die Probanden ein höheres Übergewicht mit zunehmender Lärmbelastung am Wohnort hatten und die körperliche Aktivität abnahm.¹⁰⁶ Das deutet darauf hin, dass lärmbedingte Störungen des Schlafs und eine Abnahme der Bewegungsfreude tagsüber sich langfristig

¹⁰⁴ Zare Sakhvidi MJ, Zare Sakhvidi F, Mehrparvar AH, Foraster M, Dadvand P (2018): Association between noise exposure and diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Environ. Res.* 166, 647–657. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.05.011> (2018).

¹⁰⁵ Eze IC, Foraster M, Schaffner E, Vienneau D, Héritier H, Rudzik F, Thiesse L, Pieren R, Imboden M, von Eckardstein A, Schindler C, Brink M, Cajochen C, Wunderli J-M, Rösli M, Probst-Hensch N (2017): Long-term exposure to transportation noise and air pollution in relation to incident diabetes in the SAPALDIA study, in: *Int J Epidemiol*, Bd. 46, Nr. 4, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5837207/>.

¹⁰⁶ Foraster M, Eze IC, Vienneau D, Brink M, Cajochen C, Caviezel S, Héritier H, Schaffner E, Schindler C, Wanner M, Wunderli J-M, Rösli M, Probst-Hensch N (2016): Long-term transportation noise annoyance is associated with subsequent lower levels of physical activity, in: *Environ Int*, Bd. 91, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27030897/>.

ebenfalls negativ auf den Metabolismus und das Herzkreislaufsystem auswirken können (indirekte Wirkung des Lärms!).

In einer dänischen Studie mit ca. 50 000 Erwachsenen im Alter von 50 - 64 Jahren wurde mit einer Zunahme des Verkehrslärmpegels (Langzeitexposition) um 10 dB ein statistisch signifikanter Anstieg des Diabetesrisikos um ca. 10 % mittels Modellen berechnet.¹⁰⁷

Als plausible Erklärung für diese Befunde wird diskutiert, dass die chronische Ausschüttung von Stresshormonen – ausgelöst durch dauerhafte Lärmeinwirkung - den Insulinstoffwechsel beeinflusst. „Die Stresshormone greifen direkt und indirekt in den Glukosestoffwechsel ein: Sie stimulieren Lipolyse, Glykogenolyse und Glukoneogenese und supprimieren zugleich Insulinausschüttung und Insulinwirkung. Die erhöhten Blutzuckerspiegel stören auf lange Sicht die Rückkopplungsmechanismen und die Insulinsensitivität sinkt.“¹⁰⁸ Dieser Wirkmechanismus wird als plausibel angesehen, es sind allerdings weitere Studien erforderlich, die diese These stützen.

Zusammenfassend wird dies ähnlich auch im Handbuch Umweltmedizin im 2020 ergänzten Kapitel „Gesundheitsrisiken durch Fluglärm“¹⁰⁹ formuliert: „Metabolische Effekte des Fluglärms, wie Effekte auf Diabetes und Fettleibigkeit, wurden bisher erst in wenigen Studien untersucht. Stress könnte zu solchen Effekten beitragen. Dieser kann den Cortisolspiegel erhöhen, die Insulinsekretion senken und die Insulinempfindlichkeit herabsetzen. Außerdem könnten Schlafstörungen durch Modulationen des Appetitverhaltens und eine generelle Dysregulation von metabolischen und endokrinen Funktionen dazu beitragen.“

¹⁰⁷ Sørensen M, Andersen ZJ, Nordsborg R, Becker T, Tjønneland A, Overvad K, Raaschou-Nielsen O (2013): Long-Term Exposure to Road Traffic Noise and Incident Diabetes: A Cohort Study, in: ISEE Conference Abstracts, Bd. Nr. 1, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3569689/>.

¹⁰⁸ Arand M (2019): Autos, Flugzeuge, Züge: Wie Lärm Diabetes fördert, in: Medical Tribune, <https://www.medical-tribune.de/medizin-und-forschung/artikel/autos-flugzeuge-zuege-wie-laerm-diabetes-foerdert/>.

¹⁰⁹ Penzel T, Krämer U, Höger R, Zimmermann S, Wichmann H-E (2020): VIII – 7.1 Gesundheitsrisiken durch Fluglärm, Abschnitt: 4.4, in: Wichmann H-E, Fromme H (Hrsg.): Handbuch der Umweltmedizin, ecomed. Verweis auf: van Kempen E, Casas M, Petershagen G, Foraster M (2017). Cardiovascular and metabolic effects of environmental noise: Systematic evidence review in the framework of the development of the WHO environmental noise guidelines for the European Region. RIVM Report 2017–0078. Hrsg. v. National Institute for Public Health and the Environment. Bilthoven, The Netherlands.

Das Wichtigste kurz und knapp

- Studien zeigen statistische Zusammenhänge zwischen Straßenverkehrs- und Fluglärm und der Diabetes-Neuerkrankungsrate.
- Es gibt plausible Wirkmechanismen, wie lärmbedingte Stressreaktionen und Schlafstörungen, die den Stoffwechsel beeinflussen können und so zu einem vermehrten Auftreten von Diabetes und Fettleibigkeit unter Lärmbelastung beitragen. Es sind weitere Studien erforderlich, dies zu untermauern.

6.6 Psychische Störungen und Erkrankungen

Neben den in den Kap. 6.2 bis 6.5 genannten Auswirkungen – allen voran die Herz-Kreislauf-Erkrankungen – zählen auch psychische Störungen und Erkrankungen zu den möglichen klinischen Folgen einer dauerhaften Belastung durch Umgebungslärm. Einen Überblick über verschiedene Lärmquellen und deren Auswirkungen auf die mentale Gesundheit geben die Reviews von Hegewald et al.¹¹⁰ oder auch Hahad et al.¹¹¹ (jeweils 2020).

Insbesondere die Erforschung des Zusammenhangs zwischen depressiven Störungen und verschiedenen Verkehrslärmquellen ist in den letzten Jahren immer bedeutsamer geworden. Bereits in einer 2010 veröffentlichten Studie im Auftrag des UBA¹¹² wurden deutlich erhöhte Risiken für Frauen beschrieben, wegen einer Depression einer stationären Behandlung zu bedürfen. Einige Studien aus dem letzten Jahrzehnt, darunter die NORAH-Studie¹¹³, geben ebenfalls Hinweise auf einen Anstieg psychischer Erkrankungen bei steigendem Schalldruckpegel, insbesondere hinsichtlich der unipolaren Depression. In der NORAH-Studie wurden dabei Flug-, Straßen- und Bahnlärm betrachtet. Die Auswertungen ergaben für alle betrachteten Lärmarten, dass ab einem nächtlichen Dauerschallpegel von 40 dB(A) mit zunehmender Lärmbelastung die Häufigkeit entsprechender Diagnosen zunahm.

¹¹⁰ Hegewald J, Schubert M, Freiberg A, Starke KR, Augustin F, Riedel-Heller SG, Zeeb H, Seidler A (2020): Traffic Noise and Mental Health: A Systematic Review and Meta-Analysis, in: Int J Environm Res Public Health, Bd. 17, Nr. 17, doi:10.3390/ijerph17176175.

¹¹¹ Hahad O, Beutel ME, Gilan DA, Michal M, Daiber A, Münzel T (2020): Auswirkungen von Umweltrisikofaktoren wie Lärm und Luftverschmutzung auf die psychische Gesundheit: Was wissen wir?, in: DMW - Deutsche Medizinische Wochenschrift, Bd. 145, Nr. 23, doi:10.1055/a-1201-2155.

¹¹² UBA (Hrsg. 2010): Risikofaktor nächtlicher Fluglärm, Greiser E, Greiser C, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/risikofaktor-naechtlicher-fluglaerm>

¹¹³ Seidler A, Wagner M, Schubert M et al. (2016): Sekundärdatenbasierte Fallkontrollstudie mit vertiefter Befragung. In: Gemeinnützige Umwelthaus gGmbH (Hrsg.): NORAH (Noise related annoyance cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld, Band 6. Kelsterbach.

Ähnliche Ergebnisse wurden mit der SAPALDIA-Kohorte erzielt.¹¹⁴ Einige der Ergebnisse dieser Kohorte waren statistisch nicht signifikant, aber es wurden Hinweise auf den Zusammenhang des Auftretens von Depression mit dem Schallpegel und noch deutlichere Hinweise auf einen Zusammenhang mit dem Belästigungsempfinden beschrieben.

Es ist wahrscheinlich, dass nicht allein der physikalisch messbare Schallpegel, insbesondere nicht ein gemittelter Dauerschallpegel, sondern vor allem das Ausmaß der subjektiven Lärmbelästigung ein treibender Faktor für die Entwicklung einer depressiven Symptomatik sein kann. Wiederholt sich das subjektive Gefühl, die Kontrolle über das Auftreten einer Stresssituation (z. B. chronische Lärmexposition) und die Fähigkeit zur Veränderung der eigenen Lebenssituation verloren zu haben, können Symptome „erlernter Hilflosigkeit“ auftreten.¹¹⁵ Der Begriff bezeichnet ein psychologisches Konzept zur Erklärung von Depressionen.

In weiteren Metaanalysen und Primärstudien wird diskutiert, dass Verkehrslärm und resultierende Lärmbelastigungsreaktionen das Risiko auch für Angststörungen erhöhen könnten.¹¹⁶

Hier besteht weiterhin dringend Forschungsbedarf, auch aufgrund der geringen Gesamtzahl an Studien, um die Zusammenhänge zwischen psychischen Erkrankungen und der Geräuschbelastung besser zu verstehen. Es ist wichtig, „die Gleichwertigkeit psychischer Erkrankungen gegenüber körperlichen Krankheiten im gesamtgesellschaftlichen Verständnis zu stärken, um Stigmatisierungen vorzubeugen und eine adäquate Behandlung zu gewährleisten.“¹¹⁷

¹¹⁴ Eze IC, Foraster M, Schaffner E, Vienneau D, Pieren R, Imboden M, Wunderli J-M, Cajochen C, Brink M, Rössli M, Probst-Hensch N (2020): Incidence of depression in relation to transportation noise exposure and noise annoyance in the SAPALDIA study, in: *Environment International*, Bd. 144, doi:10.1016/j.envint.2020.106014.

¹¹⁵ Seligman M (1975): *Helplessness: On Depression, Development and Death*, San Francisco, USA: W.H.Freeman & Co Ltd.

¹¹⁶ Hahad O et al. (2020). **Und:** Beutel ME, Jünger C, Klein E, Wild PS, Lackner KJ, Blettner M, Binder H, Michal M, Wiltink J, Brähler E, Münzel T (2016): Noise Annoyance is Associated With Depression and Anxiety in the General Population- the Contribution of Aircraft Noise, in: *Journal of Psychosomatic Research*, Bd. 85, doi:10.1016/j.jpsychores.2016.03.138.

¹¹⁷ Wothge (2016), S. 41.

Im Frühjahr 2022 plant das UBA die Veröffentlichung des Abschlussberichts des Forschungsvorhabens „Wirkungen von Lärm auf die Psyche“. In dem Vorhaben wurden sowohl NORAH Daten als auch Daten aus der LIFE-Kohorte im Hinblick auf die Auswirkungen von Umgebungslärm auf verschiedene psychische Erkrankungen untersucht.

Das Wichtigste kurz und knapp

- Es gibt Hinweise, dass es unter Lärmbelastung zu einem vermehrten Auftreten von Depressionen und Angststörungen kommen kann. Entscheidend scheint hier vor allem das lärmbedingte Belästigungsempfinden zu sein.
- Es ist wichtig, in Lärmwirkungsstudien auch das Risiko für psychische Erkrankungen stärker zu berücksichtigen.

6.7 Kognitive Entwicklung bei Kindern

„Kognitive Funktionen stehen als Sammelbegriff für psychische Prozesse der Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung. Hierzu zählen im Wesentlichen Wahrnehmungs-, Aufmerksamkeits-, Gedächtnis- und Denkprozesse. Während der Einfluss von Fluglärm auf die Bewältigung kognitiver Aufgaben bei Erwachsenen hauptsächlich im Labor untersucht wurde, wurden Untersuchungen an Kindern sowohl im Feld als auch im Labor durchgeführt. Die interessierenden kognitiven Funktionen beziehen sich im Wesentlichen auf die Bereiche Aufmerksamkeit, Gedächtnis (Arbeitsgedächtnis, Langzeitgedächtnis), problemlösendes Denken, Sprachverarbeitung (Lesekompetenz, Leseverständnis) und psychomotorische Reaktionen.“¹¹⁸

Defizite in der kognitiven Entwicklung in Zusammenhang mit einer Exposition gegenüber Umgebungslärm sind bei Kindern insbesondere für Fluglärm untersucht worden. Bereits in der internationalen Querschnittstudie RANCH¹¹⁹ (Road Traffic and Aircraft Noise Exposure and Children's Cognition and Health) wurde 2005 und in einer der Folgestudien 2010¹²⁰ auf Zusammenhänge hingewiesen, dass das Leseverständnis signifikant mit steigender Fluglärmbelastung an den Schulen abnimmt und die kognitive Leistungsfähigkeit sich gegenüber komplexeren Aufgaben abschwächt. Zu beachten ist jedoch, dass die Tests meist in Klassenräumen durchgeführt wurden und der Schallpegel dort näherungsweise mit den Schallpegeln zu Hause übereinstimmte. Deshalb ist es schwer zu beurteilen, ob der Effekt auf die akute Lärmbelastung in der Schule oder auf eine chronische Lärmbelastung zu Hause zurückgeführt werden kann. Eine der neueren Untersuchungen dazu wurde im

¹¹⁸ Penzel T et al. (2020).

¹¹⁹ Stansfeld SA, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrío I, Fischer P, Öhrström E, Haines MM, Head J, Hygge S, van Kamp I, Berry BF (2005): Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study, in: The Lancet, Bd. 365, Nr. 9475, doi:10.1016/s0140-6736(05)66660-3, S. 1942–1949.

¹²⁰ Kempen van E, van Kamp I, Lebet E, Lammers J, Emmen H, Stansfeld S (2010): Neurobehavioral effects of transportation noise in primary schoolchildren: a cross-sectional study, in: Environmental Health, Bd. 9, Nr. 1, doi:10.1186/1476-069x-9-25.

Rahmen der NORAH-Studie am Flughafen Frankfurt/Main durchgeführt.¹²¹ Es wurde ein Zusammenhang zwischen Fluglärmbelastung und verminderter Leseleistung bei Kindern, die sich noch in der Leseerwerbsphase befinden, nachgewiesen. Bei einem Anstieg des Dauerschallpegels (im Zeitfenster 8.00 – 14.00 Uhr) von 10 dB hatte sich der Erwerb der Lesekompetenz um durchschnittlich einen Monat verschlechtert. Die Kinder mit einer fluglärmassoziierten Geräuschbelastung von 59 dB(A) lagen mit ihrer Lesefähigkeit etwa zwei Monate hinter den Kindern, an deren Schulen eine durchschnittliche fluglärmassoziierte Geräuschbelastung von 39 dB(A) vorherrschte.¹²²

In den WHO-Leitlinien (ohne Berücksichtigung der NORAH-Studie) wird für Kinder ein relevanter Anstieg des Risikos für eine Verzögerung beim Erwerb der Lesekompetenz und des Hörverständnisses mit ein bis zwei Monaten Verzögerung ab einem durchschnittlichen Fluglärm-Schallpegel von 55 dB(A) beschrieben. Zur Frage, ob, wann und wie diese Verzögerung ausgeglichen wird, liegen bislang keine hinreichenden Erkenntnisse vor.

Bei Kindern laufen grundlegende kognitive Funktionen wie Aufmerksamkeit, Gedächtnis und Sprachverarbeitung weniger automatisiert ab als bei Erwachsenen und die Möglichkeit, kognitive Bewältigungsstrategien anzuwenden, ist bei ihnen noch nicht voll ausgeprägt. Dies macht sie zu einer besonders vulnerablen Gruppe hinsichtlich kognitiver Beeinträchtigungen. So kann sich Verkehrslärm negativ auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Kindern auswirken, einschließlich einer verschlechterten Langzeitgedächtnisleistung.¹²³

Die beobachteten Effekte in den einzelnen Studien erscheinen gering (Verzögerung in der Entwicklung der Lesekompetenz von bis zu zwei Monaten bei einem Unterschied in der Lärmbelastung von 20 dB(A)), allerdings weist das Umweltbundesamt in seiner fachlichen Bewertung der NORAH-Studie auf Folgendes hin:

„Absolut betrachtet mag diese Zahl zunächst gering erscheinen. Ihre Relevanz zeigt sich erst im Vergleich zur Gesamtlernzeit des Erwerbs des Lese- und Hörverständnisses bei Kindern:

¹²¹ Klante M, Bergström K, Spilski J (2014): Wirkungen chronischer Fluglärmbelastung auf kognitive Leistungen und Lebensqualität bei Grundschulkindern. In: Gemeinnützige Umwelthaus gGmbH (Hrsg.): NORAH (Noise related annoyance cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld, Band 1. Kelsterbach.

¹²² Ein Unterschied zwischen den Studien RANCH und NORAH liegt u. a. in den Beurteilungszeiträumen: RANCH hat einen Leq über 16 und NORAH einen Leq über 8 - 14 Stunden ermittelt.

¹²³ Wothge & Niemann (2020).

In der Regel erreichen Schulkinder das Leseverständnis im ersten Schuljahr. Durch Schuleingewöhnung und Ferien liegt die gesamte Lernzeit des ersten Schuljahres bei etwa einem halben Jahr. Eine Verzögerung des Kompetenzerwerbs von einem Monat bedeutet daher eine Verzögerung um etwa ein Sechstel der Leselernzeit gegenüber Kindern, die nicht durch Fluglärm belastet sind. Zum jetzigen Zeitpunkt ist ungeklärt, inwiefern Kinder dieses Defizit kompensieren und wie lange sie dafür benötigen.“¹²³

Das Wichtigste kurz und knapp

- Dauerhafte Einwirkung durch Fluglärm tagsüber kann den Erwerb der Lesekompetenz bei Kindern verzögern.

6.8 Wirkungen von tieffrequentem Schall und Infraschall

Physikalisch gesehen wirkt Schall tiefer Frequenzen nicht grundsätzlich anders auf den Menschen als Schall im hörbaren Frequenzbereich. Dass hier den Wirkungen tieffrequenter Geräusche bzw. Geräuschanteile ein extra Kapitel gewidmet ist, soll ausschließlich den vielen aktuellen Diskussionen u. a. zu den Wirkungen von Infraschall, Rechnung tragen. Betrachtet werden hier jedoch nur Schallpegel, wie sie üblicherweise in der Umwelt auftreten können. Höhere Schallpegel tiefer Frequenzen, z. B. aus speziellen Arbeitsumgebungen, sind nicht Gegenstand dieses Kapitels und müssen vom Arbeitsschutz bewertet werden.

Nach dem aktuell gesicherten Stand des Wissens treten gesundheitliche Auswirkungen von Infraschall erst dann auf, wenn Menschen ihn hören oder spüren können. Dazu muss der Schalldruck bei tieffrequentem Schall und beim Infraschall deutlich höher sein als bei höheren Frequenzen. Über Resonanzen im Körper können Frequenzen in diesem Bereich bei ausreichenden Schalldrücken auch mit dem Körper wahrgenommen werden (s. dazu Kap. 5.2.2).

Die für den umweltbezogenen Gesundheitsschutz relevante Wirkung tieffrequenter Geräusche ist die Belästigungswirkung. Beim tieffrequenten Schall und beim Infraschall werden bereits kleine Änderungen des Schalldruckpegels als deutliche Zunahme der Lautstärke wahrgenommen und bereits bei einer geringfügigen Überschreitung der Hörschwelle schnell als belästigend empfunden. Je stärker die Geräusche auf tiefe Frequenzen begrenzt sind, um so unangenehmer werden sie in der Wirkung bewertet¹²⁴, bis dahin, dass sie selbst bei verhältnismäßig geringen Pegeln mental belastend wirken können. Kopfschmerzen, Konzentrationsstörungen oder Schlafbeeinträchtigung werden als Folgen dieser Belästigung/ Belastung genannt.

¹²⁴ Moorhouse A, Waddington D, Adams M (2009): A procedure for the assessment of low frequency noise complaints, in: The Journal of the Acoustical Society of America, Bd. 126, Nr. 3, doi:10.1121/1.3180695.

Besonders belästigend werden tieffrequente Geräusche empfunden, die ein störendes Geräuschprofil aufweisen (An- und Abschaltvorgänge, Nachtbetrieb).

Sekundärer Luftschall niedriger Frequenzen (z. B. durch Vibrationen verursacht) ist besonders lästig, da eine Zuordnung zu einer definierten Schallquelle für Betroffene nicht möglich ist.

In den meisten Fällen sind tieffrequente Geräusche überlagert von Geräuschen mit höheren Frequenzen. Eine Zuordnung der Wirkungen allein zu tieffrequenten Anteilen ist häufig nicht möglich.

Speziell für den Infraschall gibt es einige wenige Laboruntersuchungen. Sie weisen nach, dass Infraschall – bei ausreichend hohen Schallpegeln – ermüdend und konzentrationsmindernd wirken sowie die Leistungsfähigkeit beeinflussen kann. Als die am besten nachgewiesene Reaktion des Körpers auf Infraschall gilt eine zunehmende Müdigkeit nach mehrstündiger Exposition. Diese Wirkungen können aber nur bei Schalldrücken festgestellt werden, die deutlich oberhalb der Hörschwelle/Wahrnehmungsschwelle liegen. Die Anregung von am Hören beteiligten Hirnregionen konnte bei Schallpegeln oberhalb der Hörschwelle ab 12 Hz nachgewiesen werden.¹²⁵

Auch das UBA stellte in seiner „Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall“ 2014 fest: „Für eine negative Auswirkung von Infraschall unterhalb der Wahrnehmungsschwelle konnten bislang keine wissenschaftlich gesicherten Erkenntnisse gefunden werden, auch wenn zahlreiche Forschungsbeiträge entsprechende Hypothesen postulieren.“¹²⁶

In einem aktuellen Untersuchungsbericht des UBA (2020)¹²⁷ werden die Ergebnisse von Laboruntersuchungen an 44 Probanden dargestellt. Die Versuchspersonen wurden unterschiedlichen Frequenzen und Schalldrücken im tieffrequenten und Infraschallbereich ausgesetzt und sowohl Belästigung als auch physiologische Reaktionen gemessen. Zusammenfassend stellt das UBA fest, dass Infraschallpegel zwischen 85 dB/18 Hz (gut wahrnehmbar) und 105 dB/3 Hz (unterhalb der Hörschwelle) keine körperlichen Akutreaktionen hervorrufen, aber dass Infraschallimmissionen an und oberhalb der Hörschwelle als belästigend und unangenehm beurteilt werden. Das UBA bestätigt die in der Literatur und Normung aufgeführten frequenzabhängigen

¹²⁵ Weichenberger M, Bauer M, Kühler R, Hensel J, Forlim CG, Ihlenfeld A, Ittermann B, Gallinat J, Koch C, Kühn S (2017): Altered cortical and subcortical connectivity due to infrasound administered near the hearing threshold – Evidence from fMRI, in: Xi-Nian Zuo (Hrsg.), PLOS ONE, Bd. 12, Nr. 4, doi:10.1371/journal.pone.0174420.

¹²⁶ UBA (Hrsg. 2014): Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall. Entwicklung von Untersuchungsdesigns für die Ermittlung der Auswirkungen von Infraschall auf den Menschen durch unterschiedliche Quellen. Krahe D, Schreckenberger D, Ebner F, Eulitz C, Möhler U: Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall, Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall (umweltbundesamt.de).

¹²⁷ UBA (Hrsg. 2020): Lärmwirkungen von Infraschallimmissionen. Krahe D, Di Loro AA, Müller U, Elmenhorst E-M, De Gioannis R, Schmitt S, Belke C, Benz S, Großarth S, Schreckenberger D, Eulitz C, Wiercinski B, Möhler U: Lärmwirkungen von Infraschallimmissionen, [Lärmwirkungen von Infraschallimmissionen | Umweltbundesamt](#).

Wahrnehmungsschwellen im Infraschallbereich. Eine Sensibilisierung von Personen konnte aus dem Untersuchungskonzept des UBA nicht nachgewiesen werden. Noch ungeklärt blieb bei diesen Untersuchungen, ob körperliche Infraschallauswirkungen erst nach einer länger andauernden Exposition nachgewiesen werden können.

Weitere diskutierte Wirkungen von Infraschall wie z. B. Belästigung und Schlafstörungen, Ohrendruck, verringerte Herzschlagfrequenz, Müdigkeit, Angst, Gleichgewichtsstörungen, Konzentrationsstörungen oder Unsicherheitsgefühle sind bei Schallpegeln, die für den umweltbezogenen Gesundheitsschutz relevant sind, bisher nicht nachgewiesen.

Es werden häufig auch Auswirkungen von Infraschall, ausgehend von Windenergieanlagen angesprochen. Tatsächlich emittieren Windenergieanlagen Infraschall, allerdings sind die entstehenden Schallpegel dieser tiefen Frequenzen so niedrig, dass sie in 700 m Entfernung messtechnisch kaum mehr von im Hintergrund vorhandenem Infraschall (vor allem Wind) unterschieden werden konnten. Bereits in Entfernungen zwischen 120 m und 300 m lagen die Infraschallpegel deutlich unterhalb der Hör- und Wahrnehmungsschwelle.¹²⁸

Das Wichtigste kurz und knapp

- Belästigung ist bei in der Umwelt üblicherweise vorkommenden Schalldruckpegeln von tieffrequenten Geräuschen und Infraschall im hörbaren Bereich die nachgewiesene Wirkung auf den Menschen. Dabei nimmt das Belästigungspotenzial mit tieferen Frequenzen zu.
- Die Belästigungswirkung setzt eine Wahrnehmung (über Körper oder Hörsinn) voraus und tritt erst auf, wenn die Hör- bzw. Wahrnehmungsschwelle überschritten wird.
- Nachweise für gesundheitliche Auswirkungen von Infraschall unterhalb der Hör- bzw. Wahrnehmungsschwelle gibt es bisher nicht.
- Bei Überschreiten der Hör- bzw. Wahrnehmungsschwelle wirkt Infraschall deutlich schneller belästigend als im üblichen Hörbereich des Menschen.
- Eine Zuordnung der Wirkungen allein zu tieffrequenten Anteilen ist häufig nicht möglich, da meist eine Überlagerung von Geräuschen mit höheren Frequenzen vorhanden ist.

¹²⁸ LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg., 2020): Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen (2016, 3. Auflage 2020), <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/84558>.

6.9 Lärmbezogene Krankheitslast (DALYs) und Gesundheitskosten

Die lärmbedingten gesundheitlichen Wirkungen lassen sich mithilfe des Konzepts der umweltbezogenen Krankheitslast (Environmental Burden of Disease – EBD) als Gesundheitseinbußen auf Bevölkerungsebene quantitativ darstellen.¹²⁹

Disability-adjusted life years (DALYs) – verlorene gesunde Lebensjahre

Als eine mögliche Maßeinheit zur Beschreibung der Krankheitslast einer Bevölkerung wurde das Summenmaß „disability-adjusted life years“ (DALYs) entwickelt, mit dem Gesundheitsverluste durch Krankheiten oder andere Beeinträchtigungen in verlorenen gesunden Lebensjahren ausgedrückt werden. Über diese Maßeinheit lassen sich die Auswirkungen verschiedener Umweltfaktoren auf die Bevölkerungsgesundheit näherungsweise quantitativ darstellen. Vergleiche verschiedener Umweltfaktoren, Darstellungen im zeitlichen Verlauf oder bezogen auf unterschiedliche Bevölkerungsgruppen sind damit möglich.¹³⁰

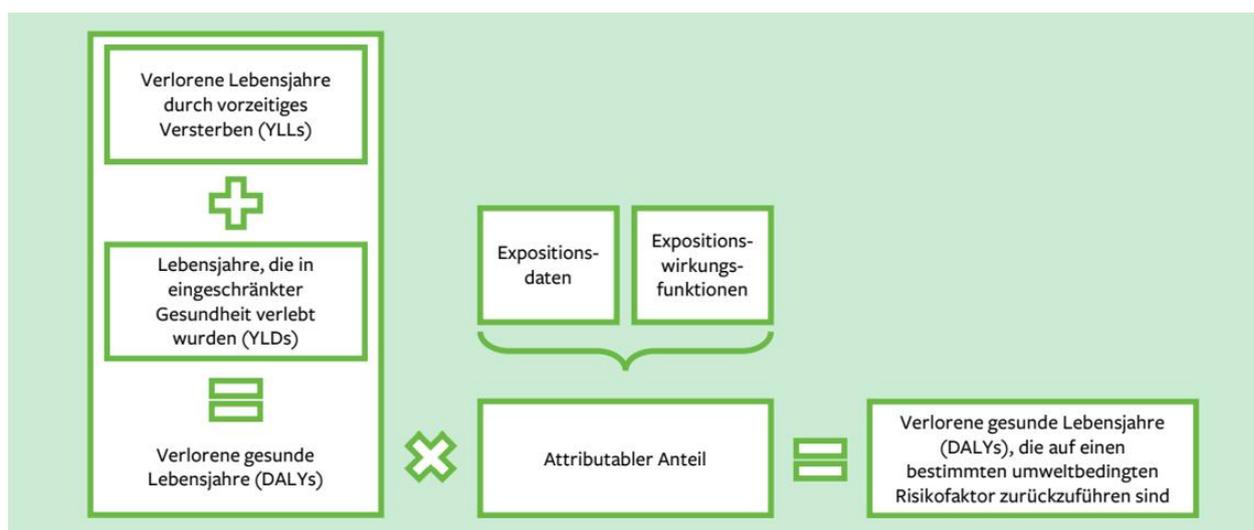


Abb. 16: Berechnung der umweltbedingten Krankheitslast.¹³¹

¹²⁹ UBA (Hrsg. 2021): Umweltbedingte Krankheitslasten und Ansätze zu ihrer monetären Bewertung. Abschlussbericht. Best A, Chelminska M, Schock M, Srebotnjak T, Thie J-E, Greßmann A, Beltran Mondragon Y: [Umweltbedingte Krankheitslasten und Ansätze zu ihrer monetären Bewertung | Umweltbundesamt](#).

¹³⁰ UBA Internetseite Umweltbedingte Krankheitslasten (2016), [Umweltbedingte Krankheitslasten | Umweltbundesamt](#).

¹³¹ SRU (2020): - Umweltgutachten 2020: Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa. Kap. 5: Weniger Verkehrslärm für mehr Gesundheit und Lebensqualität. Hornberg C, Niekisch M, Callies C, Kemfert C, Lucht W, Messari-Becker L, Rotter S, https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2016_2020/2020_Umweltgutachten_Kap_05_Weniger_Verkehrslaerm.pdf?__blob=publicationFile&v=4.
Datenquelle für Abb. in SRU 2020: Tobollik M, Plaß D, Steckling N, Mertes H, Myck T, Ziese T, Wintermeyer D, Hornberg C (2018): Umweltbedingte Krankheitslasten in Deutschland. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 61 (6), S. 748.

Bei der Berechnung der DALYs fließen sowohl die Mortalitätskomponente [Sterblichkeitsrate, „Years of Life Lost“ (YLLs; verlorene Lebensjahre durch vorzeitiges Versterben)] aufgrund von Erkrankungen und Beeinträchtigungen als auch die Morbiditätskomponente [Erkrankungsrate, „Years Lived with Disability“ (YLDs; Jahre, die in eingeschränkter Gesundheit verlebt wurden)] ein. Dann wird der zurechenbare Anteil an der Krankheitslast, den der jeweilige Umweltstressor verursacht, unter Einbeziehung von Expositionsdaten und vorliegender Expositions-Wirkungskurven ermittelt. Aus dem Produkt mit den DALYs (insgesamt) ergibt sich die Zahl der DALYs, die auf den jeweiligen Umweltstressor, z. B. Lärm, zurückzuführen ist.

Jahre, die in eingeschränkter Gesundheit verlebt wurden, werden mittels Gewichtungsfaktoren, die verschiedenste gesundheitliche Einschränkungen auf einer Skala von 0 (vollkommene Gesundheit) bis 1 (mit dem Tod vergleichbarer Zustand) bewerten, beschrieben. Die Festlegung der Gewichtungsfaktoren für mögliche Gesundheitszustände erfolgt auf der Grundlage repräsentativer Befragungen von Bevölkerungsgruppen.

DALYs haben sich als ein standardisiertes Maß zur Beurteilung von umweltbezogenen Krankheitslasten und Gesundheitseffekten etabliert.¹³² Sie können bei umweltpolitischen Entscheidungen helfen, ob, wie und mit welchen Maßnahmen die Reduzierung welcher Umweltbelastungen umgesetzt werden sollten. Da jedoch die Berechnungen der DALYs von den genutzten Eingangsdaten abhängen, sind diese immer mit Unsicherheiten behaftet und daher kritisch zu sehen.

Lärmbezogene DALYs

Umgebungslärm (vor allem Straßen-, Schienen-, Flug- und Gewerbelärm) gehört nach der Luftverschmutzung zu den größten Umweltrisiken für die Gesundheit. Jedes Jahr gehen europaweit schätzungsweise eine Million gesunde Lebensjahre durch gesundheitliche Auswirkungen wie Belästigung, Schlafstörungen und ischämische Herzerkrankungen verloren. Diese Zahl wurde nach der Lärmkartierung gemäß der Umgebungslärmrichtlinie ermittelt und stellt vermutlich eine Unterschätzung dar, da neue Erkenntnisse der WHO (bzw. der Lärmwirkungsforschung) Auswirkungen bei Pegeln bereits unterhalb der obligatorischen Meldeschwellen dieser Richtlinie belegen. Darüber hinaus deckt die Lärmkartierung nicht umfassend alle städtischen Gebiete, Straßen, Eisenbahnen und Flughäfen in ganz Europa ab.¹³³ Nach der Umgebungslärmrichtlinie müssen Kartierungen für Hauptlärmquellen (Hauptverkehrsstraßen, Haupteisenbahnstrecken, Großflughäfen) und Ballungsräume (Gebiete > 100 000

¹³² UBA Internetseite Umweltbedingte Krankheitslasten (2016).

¹³³ EEA (2019): Environmental noise in Europe — 2020,

<https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe>. **Und:**

Hänninen O, Knol AB, Jantunen M, Lim T-A, Conrad A, Rappolder M, Carrer P, Fanetti A-C, Kim R, Buekers J, Torfs R, Iavarone I, Claßen T, Hornberg C, Mekel OCL (2014): Environmental Burden of Disease in Europe: Assessing Nine Risk Factors in Six Countries, in: Environmental Health Perspectives, Bd. 122, Nr. 5, doi:10.1289/ehp.1206154, S. 439–446.

Einwohnern und einer Dichte > 1.000 Einwohner pro km²) durchgeführt werden. Eine entsprechende Einschränkung gilt für die Darstellung der ermittelten DALYs für Deutschland in Abb. 17.

	YLD/yr	YLL/yr	DALYs/yr	DALYs/yr per 100000 inhabitants
Road	47.203	9.946	57.149	69
Rail	54.219	6.463	60.682	74
Air	8.055	639	8.694	11
Industry	184	37	221	0

Years of life lost (YLL), years lived with disability (YLD) and disability adjusted life years (DALYs) attributable to noise exposure. The disability weights used here are described in the WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region (2018).

Abb. 17: DALYs in Deutschland - der Exposition durch Lärm (Straße, Schiene, Luft und Industrie) zugerechnet.¹³⁴

Es gibt bislang in Deutschland nur wenige Studien, die die umweltbedingte Krankheitslast durch Umgebungslärm untersuchen. Zuletzt berechneten Tobollik et al. 2019 die Krankheitslast, welche Straßen-, Schienen- und Luftverkehrslärm zuzurechnen ist, auf Basis der Lärmkartierung in Kombination mit den Expositions-Wirkungsbeziehungen aus den WHO-Leitlinien von 2018.¹³⁵

Dabei wurde die umweltbezogene Krankheitslast in Deutschland für das Jahr 2016 hinsichtlich ischämischer Herzkrankheiten, erheblicher Belästigung und Schlafstörungen ermittelt. Die höchste Belastung für alle drei untersuchten Gesundheitspunkte zusammen konnte mit bis zu 176 888 DALYs auf Straßenverkehrslärm zurückgeführt werden.

Eine frühere Studie berechnete eine geringere Anzahl an DALYs, die auf Verkehrslärm zurückgeführt werden können. So wurden hier beispielsweise für die erhebliche Belästigung 18 843 DALYs geschätzt, dies ist weniger als ein Drittel der DALYs, die in der oben genannten Studie für Straßenverkehrslärm und Belästigung (58 469 DALYs) quantifiziert wurden.¹³⁶ Die Unterschiede sind auf die Nutzung unterschiedlicher Daten und Gewichtungsfaktoren zurückzuführen. Unstreitig bleibt, dass Umgebungslärm ein

¹³⁴ EEA (2021): Germany noise fact sheet, <https://www.eea.europa.eu/themes/human/noise/noise-fact-sheets/noise-country-fact-sheets-2021/germany>.

¹³⁵ Tobollik M, Hintzsche M, Wothge J, Myck T, Plass D (2019): Burden of Disease Due to Traffic Noise in Germany, in: International Journal of Environmental Research and Public Health, Bd. 16, Nr. 13, doi:10.3390/ijerph16132304, S. 2304.

¹³⁶ UBA (Hrsg. 2013): Quantifizierung der Auswirkungen verschiedener Umweltbelastungen auf die Gesundheit der Menschen in Deutschland unter Berücksichtigung der Bevölkerungsbezogenen Expositionsermittlung (Verteilungsbasierte Analyse Gesundheitlicher Auswirkungen von Umwelt-Stressoren, Vegas). Hornberg C, Claßen T, Steckling N, Samson R, McCall T, Tobollik M, Meikel OCL, Terschüren C, Schillmöller Z, Popp J, Paetzelt G, Schumann M, [Quantifizierung der Auswirkungen verschiedener Umweltbelastungen auf die Gesundheit der Menschen in Deutschland \(umweltbundesamt.de\)](https://www.umweltbundesamt.de).

wichtiger Risikofaktor ist, der zu einem erheblichen Verlust an gesunden Lebensjahren führt.

Zum weit verbreiteten Bestreben, Gesundheitsbeeinträchtigungen zu monetarisieren, hat sich die Länderarbeitsgruppe Umweltbezogener Gesundheitsschutz (LAUG) in ihrem Beschluss 2016 zur Abschätzung der durch Umweltbelastungen hervorgerufenen Gesundheitskosten (s. Anlage 4), insbesondere zu den so genannten intangiblen Kosten positioniert. Das UBA hat der LAUG hierzu eine Stellungnahme übermittelt (ebenfalls in Anlage 4).

7. Die Bedeutung des Wohnumfelds für die Gesundheit

Viele Studien belegen seit Langem, dass die Qualität der Außenbereiche¹³⁷ – neben der Qualität der Wohnräume – ein bedeutsames Element ist, damit die Menschen ihre Wohnsituation als lebenswert erfahren, vor allem als Orte zur Erholung. Dazu gehören neben einer ästhetisch ansprechenden Umgebung mit Naturelementen vor allem saubere Luft und eine akzeptable, nicht schädigende Geräuschkulisse.

Der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen wird mit den Regelungen des BImSchG und seinen Verordnungen angestrebt (s. Kap. 9.1). Schädliche Umwelteinwirkungen werden hier definiert als „Immissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen“. Der maßgebliche Immissionsort für Lärm, an dem gemessen wird, liegt dabei im Außenbereich, z. B. vor dem geöffneten Fenster (s. TA Lärm). Über die vorgegebenen Immissionsricht- oder -grenzwerte im Außenbereich werden indirekt die Innenräume geschützt.¹³⁸ Den in Kapitel 6 zusammengefassten aktuellen Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung folgend stellen die geltenden Immissionsschutzwerte (insbesondere beim Verkehrslärm) die Einhaltung dieses Schutzzieles nicht hinreichend sicher.

Zum gesunden Wohnen, für die Lebensqualität und das Wohlbefinden tragen unter anderem ebenso das soziale Umfeld, die Art des Wohnviertels, die Nähe zum Arbeitsplatz und zu Bildungseinrichtungen, der Zugang zu medizinischer Versorgung und Einkaufsmöglichkeiten maßgeblich bei. In diesem Kapitel werden insbesondere direkte Effekte der Wohnumgebung auf die Gesundheit unter besonderer Berücksichtigung des Lärmfaktors betrachtet. Aspekte zur Umweltgerechtigkeit werden im letzten Abschnitt dargestellt.

7.1 Gesundheitsfördernde Elemente in Außenbereichen/ Grünflächen

Die Aufenthaltsqualität der Außenbereiche entscheidet maßgeblich über die Lebensqualität, die wir im Wohnumfeld erleben. In Forschungsprojekten wurden die Kriterien eines gesunden Wohnumfelds herausgearbeitet, also Faktoren, die die Lebensqualität befördern und die Gesundheit positiv beeinflussen, wie beispielsweise

¹³⁷ Mit diesem Begriff werden hier sowohl bewohnte Außenbereiche, wie Balkone, Terrassen, Gärten, als auch benachbarte Parkanlagen, Grün-, Blau- und andere Freiflächen verstanden.

¹³⁸ Die vorgegebenen Immissionsricht- oder -grenzwerte im Außenbereich sind so dimensioniert, dass in den Innenräumen tagsüber eine ungestörte Kommunikation und nachts gesunder Schlaf auch bei spaltgeöffneten Fenstern möglich sind.

der Zugang zu Grün- oder Blauflächen¹³⁹, sowie Faktoren, die sich negativ auf die Gesundheit auswirken, wie bspw. Lärm, Luftschadstoffe und Hitze.¹⁴⁰

Spiel, Sport, Naturerfahrung, soziale Begegnungen, Entspannung und Erholung wirken sich nachweislich positiv auf die Gesundheit aus. Einladende (angstfreie) Plätze, Grünflächen, Bäume, Wasserelemente, Ruheinseln, Wege, Sichtachsen und vieles anderes mehr können den Rahmen für solche Aktivitäten schaffen.

Regelmäßige körperliche Aktivität gilt als eine Schlüsselkomponente gesunder Lebensweise. Die Mortalität wird vermindert, Stress reduziert, es besteht ein Zusammenhang zu einem niedrigeren Risiko für Depressionen, vermeidbaren Verletzungen, Diabetes mellitus Typ 2 und bestimmten Krebserkrankungen. Die Außenbereiche sollen daher auch dazu einladen, viele Wege zu Fuß oder per Rad erledigen zu können, sie sollen bewegungsfreundlich sein und zur Bewegung animieren. Zusammen mit der Planung einer Infrastruktur, die die unterschiedlichen Versorgungsleistungen in einem zu Fuß (oder per Rad) erreichbaren Umkreis vorsieht, führt dies zum Konzept „Walkability“, das hier aber nicht weiter ausgeführt wird.¹⁴¹

Die besondere Wirkung von Grün- und Blauflächen¹⁴² auf die physische wie mentale Gesundheit und das Wohlbefinden ist seit Jahrhunderten bekannt. Seit einigen Jahren wird sie in ihren direkten Effekten auf die Gesundheit bezüglich ihrer physiologischen und psychologischen Wirkmechanismen erforscht.¹⁴³

Der Zugang bzw. Anblick von Natur bzw. naturnahen Umgebungen wird u. a. mit heilsamer Erholung, Stärkung der Widerstandskräfte und dem Abbau von Stress verbunden. Vermutlich führen mehrere Elemente zusammen zu dieser gesundheitsförderlichen Wirkung, wie z. B. verbesserte Luftqualität, Förderung körperlicher

¹³⁹ Blauflächen = offene Wasserflächen.

¹⁴⁰ WHO Regional Office for Europe (2016): Urban Green Spaces and Health. A review of evidence (2016). https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/321971/Urban-green-spaces-and-health-review-evidence.pdf.

¹⁴¹ Tran MC (2018): Walkability als ein Baustein gesundheitsförderlicher Stadtentwicklung und -gestaltung. In: Baumgart S, Köckler H, Ritzinger A et al. (Hrsg.): Planung für gesundheitsfördernde Städte. Forschungsbericht der ARL 08, [23 Tran\(S284-296\) Ro.indd \(arl-net.de\)](#).

¹⁴² Gascon M, Zijlema W, Vert C, White MP, Nieuwenhuijsen MJ (2017): Outdoor blue spaces, human health and well-being: A systematic review of quantitative studies, in: Int. J. of Hyg. Environm. Health.220/8:1207-1221, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.08.004>.

¹⁴³ Claßen T, Bunz M (2018): Einfluss von Naturräumen auf die Gesundheit – Evidenzlage und Konsequenzen für Wissenschaft und Praxis, in: Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, Bd. 61, Nr. 6, S. 720–728, er: <https://doi.org/10.1007/s00103-018-2744-9>. **Und:**

Dzhambov AM, Markevych I, Hartig T, Tilov B, Arabadzhiev Z, Stoyanov D, Gatseva P, Dimitrova DD (2018): Multiple pathways link urban green- and bluespace to mental health in young adults, in: Environmental Research, Bd. 166, S. 223–233, doi:10.1016/j.envres.2018.06.004.

Jeweils mit vielen weiter führenden Literaturhinweisen.

Aktivität, Stressreduktion und soziale Aktivitäten und Interaktionen.¹⁴⁴

Untersuchungen haben gezeigt, dass im Vergleich zu bebauten städtischen Arealen in naturnahen Umgebungen der Blutdruck sinkt, die Konzentration des Stresshormons Kortisol abnimmt, die Aktivität des Parasympathikus gesteigert, die des Sympathikus gemindert wird, sich das Immunsystem in seiner Leistung verbessert, der Hang zum Grübeln reduziert und die mentale Gesundheit gestärkt wird (bspw. weniger Depressionen, Aufmerksamkeits- und Angststörungen).¹⁴⁵

Es sind nicht nur größere Parks, von denen die heilsamen Wirkungen ausgehen. Auch das Wohnumfeldgrün oder das so genannte „Puschen-Grün“ direkt vor der Tür, das sich beim Gang nach draußen in Hausschuhen erleben lässt, wirkt positiv auf die Gesundheit. Ebenso wirken grüne Naturelemente, z. B. Bäume, beim Blick aus dem Fenster. Bekannt geworden ist u. a. der heilende Effekt des Fensterausblicks auf Bäume durch den Architekturprofessor Roger Ulrich in den 1980er Jahren. Er zeigte in einer Studie, dass Patient:innen nach einer Operation (Cholezystektomie) schneller gesund wurden, wenn ihr Blick aus dem Krankenhausfenster anstatt auf eine Mauer in eine grüne Umgebung fiel.¹⁴⁶

Möglicher Einfluss von Grün-, Blau- und Freiflächen auf die Lärmwahrnehmung und Lärmwirkungen

Beim Aufenthalt in einer Umgebung mit attraktiven Grün-, Blau- (Wasser-) und Freiflächen verändert sich die Wahrnehmung von Lärm. Einerseits ist es mit zunehmendem Abstand von der Lärmquelle in der Mitte eines Parks, einer Grün- oder anderweitigen Freifläche – je nach ihrer Größe – deutlich leiser. Andererseits wird Verkehrslärm in einem Park anders wahrgenommen als direkt an einer Straße. In Grünräumen sind bis zu einem gewissen Grad lärmindernde und lärmmoderierende Wirkungen zu beobachten, sei es durch eine geringere Schallreflektion an den pflanzlichen Strukturen oder durch die konkurrierende Geräuschkulisse (Soundscape¹⁴⁷), die die Grünräume selbst erzeugen (z. B. Blätterrauschen, Vogelgesang, Wassergeplätscher). Mit dieser positiv bewerteten Geräuschkulisse wird der störende Umgebungslärm teilweise überlagert (maskiert), was die subjektiv

¹⁴⁴ Hartig T, Mitchell R, de Vries S, Frumkin H (2014): Nature and health. *Annu Rev Public Health*, 35:207-28. <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-publhealth-032013-182443>.

¹⁴⁵ WHO Europe (2016): Urban green spaces and health – a review of evidence. WHO Europe, Copenhagen, https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/321971/Urban-green-spaces-and-health-review-evidence.pdf.

¹⁴⁶ Ulrich RS (1984): View Through a Window May Influence Recovery from Surgery, in: *Science*, Bd. 224, Nr. 4647, doi:10.1126/science.6143402, S. 420–421.

¹⁴⁷ Soundscapes sind akustische Umwelten, die sich voneinander nach ihren typischen akustischen Merkmalen abgrenzen. Soundscape – so Murray Schafer – ist die Gesamtheit von Schallereignissen, aus denen sich eine Landschaft, ein Ort, ein Raum zusammensetzt. Soundscape ist die akustische Hülle, die den Menschen in seinem Alltag umgibt.

Zur Vertiefung, s. Publikationen von Brigitte Schulte-Fortkamp, u. a. (etwa 2001) Kann die Belästigung durch Geräusche in der Wohnumgebung durch die Akzeptanz der Soundscape moderiert werden?, Publikationen der DEGA, http://pub.dega-akustik.de/DAGA_1999-2008/data/articles/001047.pdf.

empfundene Lärmbelastung mindert, also das Wohlbefinden und damit die Aufenthaltsqualität steigert.

Ein geringerer Lärmpegel ist angenehmer und führt zu weniger Stressreaktionen, das ist bekannt. Weniger gut untersucht ist, inwieweit die „Moderation“ der Lärmwahrnehmung und das damit einhergehende geringere Lärmbelastungsempfinden bei ähnlich hohen Schallpegeln, wie z. B. direkt an einer Straße, vor den negativen gesundheitlichen Effekten schützt. Insgesamt ist anzunehmen, dass die Maskierung der unerwünschten Geräusche stressmindernd wirkt und Grünbereiche bzw. Grünelemente darüber hinaus Stressreaktionen mit den oben beschriebenen heilsamen Effekten entgegen wirken. Diese Möglichkeit, negativ bewerteten Verkehrslärm zu maskieren und eine angenehme Geräuschkulisse (Soundcape) dagegen zu setzen, ist jedoch begrenzt. Mit steigenden Schallpegeln nimmt der positive Effekt des Soundscapings ab.¹⁴⁸

Möglicher Einfluss von Lärm auf die Grün- und Freiflächen

Ab einer gewissen Lautstärke, die subjektiv und situativ unterschiedlich empfunden werden kann, wirkt Lärm (z. B. Verkehrslärm) negativ auf die Kommunikation, das soziale Miteinander, die Konzentration und Erholung. Viele Aktivitäten in den von Lärm betroffenen Aufenthaltsbereichen, mögen sie noch so einladend gestaltet sein, können dann beeinträchtigt sein, so dass der Bereich seine Attraktivität verliert.

Beispiel Kommunikation:

Grün- und Freiflächen sollen unter anderem Begegnungsräume sein, dem sozialen Miteinander dienen, der Inklusion und dem Zusammenhalt in der Gesellschaft. Hierfür ist es notwendig, dass insbesondere eine gute Sprachverständlichkeit gegeben ist. Normalhörende Erwachsene können mit einem Meter Abstand zueinander in der Regel miteinander verständlich sprechen, wenn die Störgeräusche im Freien einen Schallpegel von 50 dB(A) nicht übersteigen.¹⁴⁹ Lautere Störgeräusche können akustische Kommunikationsprobleme verursachen, was bspw. zu einer aggressiveren, lauterem und abgehackten Sprechweise, zu Konzentrations- und Aufmerksamkeitsstörungen führen kann.¹⁵⁰ Die soziale Interaktion ist somit gestört.

¹⁴⁸ Gidlöf-Gunnarsson A, Öhrström E (2010): Attractive „Quiet“ Courtyards: A Potential Modifier of Urban Residents' Responses to Road Traffic Noise?, in: International Journal of Environmental Research and Public Health, Bd. 7, Nr. 9, doi:10.3390/ijerph7093359, S. 3359–3375.

¹⁴⁹ UBA (Hrsg. 2014): Lärmwirkungen von Straßenverkehrsgläuschen - Auswirkungen eines lärmarmen Fahrbahnbelages, Wende H, Ortscheid J, Hintzsche M, <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3047.pdf>. Und: Interdisziplinärer Arbeitskreis für Lärmwirkungsfragen beim Umweltbundesamt (1985): Die Beeinträchtigung der Kommunikation durch Lärm. Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 32, 95-99.

¹⁵⁰ Claßen T (2013): Lärm macht krank – Gesundheitliche Wirkungen von Lärmbelastungen in Städten, Informationen zur Raumentwicklung, 3,223-234, https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/izr/2013/3/Inhalt/DL_Classen.pdf?blob=publicationFile&v=3.

Neben der begrüßenswerten Stadtplanung, die aus guten Gründen vermehrt Grün-, Blau- und Freiflächen einplant, ist generell weiterhin die Reduktion der Lärmbelastung sowie zusätzlich die Schaffung von Ruheinseln oder -gebieten anzustreben, um dem ständig arbeitenden und in Alarmbereitschaft stehenden Hörsystem unseres Körpers wichtige Erholung zu ermöglichen.

7.2 Der Wert der Ruhe – „Ruhige Gebiete“

Zu den schädlichen Auswirkungen von Lärm liegen viele Untersuchungen vor. Andererseits gibt es nur wenige Studien, die den Einfluss von Ruhe auf die menschliche Gesundheit und das Wohlbefinden untersuchen. Diese Studien zeigen, dass in ruhigeren Gebieten oder bei leicht zugänglichen ruhigeren Bereichen, wie zum Beispiel einem ruhigeren Hinterhof¹⁵¹, die Lebensqualität in den untersuchten Haushalten steigt oder auch das Lärmbelästigungsempfinden abnimmt.¹⁵² Die Gesundheitseffekte lassen sich hierbei nicht so leicht quantifizieren. Nachgewiesen ist aber, dass Ruhephasen am Tag sowie ausreichend Schlaf benötigt werden, damit biochemische Prozesse, die für die körperliche und seelische Regeneration erforderlich sind, in ausreichendem Maß ablaufen können.

Darüber hinaus gilt, dass sich die meisten Menschen wenigstens von Zeit zu Zeit eine ruhigere Umgebung wünschen, zur Erholung, zur Entspannung und für die Seelenruhe. Die EU hat dieses Bedürfnis ernst genommen und in der EG-Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG berücksichtigt. Hier sollen nicht nur strategische Lärmkarten und Lärmaktionspläne für lärmbelastete Bereiche erarbeitet werden, sondern es sollen auch so genannte „Ruhige Gebiete“ identifiziert und vor einer Lärm-Zunahme geschützt werden. Dabei sind ruhige Gebiete in einem Ballungsraum und ruhige Gebiete auf dem Land zu unterscheiden (weitere Informationen¹⁵³). Das UBA stellte 2018 fest, dass in tausend vorliegenden Lärmaktionsplänen aus den Gemeinden nur in 30 % der Fälle auch die Festsetzung von ruhigen Gebieten vorgenommen wurde. Als Gründe werden das Erfordernis eines hohen Maßes an Abstimmung zwischen Fachämtern für Landschaftsplanung und Stadtentwicklung sowie Unsicherheit durch Fehlen allgemein gültiger Auswahlkriterien angeführt. Andere Länder wie Belgien oder

¹⁵¹ Gidlöf-Gunnarsson & Öhrström (2010).

¹⁵² Shepherd D, Welch D, Dirks K, McBride D (2013): Do Quiet Areas Afford Greater Health-Related Quality of Life than Noisy Areas?, in: International Journal of Environmental Research and Public Health, Bd. 10, Nr. 4, doi:10.3390/ijerph10041284, S. 1284–1303.

¹⁵³ SRU (2020). **Und:** EEA – European Environment Agency (2014) Good practice guide on quiet areas, <https://www.eea.europa.eu/publications/good-practice-guide-on-quiet-areas>. **Und:** EEA (2016): Quiet areas in Europe — The environment unaffected by noise pollution, <https://www.eea.europa.eu/publications/quiet-areas-in-europe>.

die Niederlande sind hier weiter. Daher hat das UBA eine Fachbroschüre zum Thema Ruhige Gebiete herausgegeben, die die Planungsträger:innen unterstützen soll.¹⁵⁴

Die Europäische Umweltagentur entwickelte 2016 einen „Quietness Suitability Index“ (QSI)¹⁵⁵, um ruhige Gebiete in Europa zu identifizieren. Der QSI hat einen Wertebereich von 0 („lautes Gebiet“) bis 1 („mögliches ruhiges Gebiet“) und berücksichtigt sowohl objektive quantitative (z. B. gemessene Lärmpegel) als auch subjektive qualitative Wahrnehmungsparameter hinsichtlich des Vorhandenseins von Natur. Ein Gebiet, welches einen QSI-Wert von mehr als 0,5 aufweist, wird bereits als Gebiet mit hoher Qualität gewertet. Im Vergleich zu anderen europäischen Ländern werden für Deutschland überdurchschnittlich viele Gebiete im Wertebereich 0 – 0,49 ausgewiesen.

Zum Erhalt bzw. zur Steigerung der Lebensqualität und der Gesundheit der Bevölkerung – vor allem in dicht besiedelten Ballungsräumen – wird ruhigen Gebieten und deren Schutz vor weiterer Verlärmung eine große Bedeutung zugemessen.

7.3 Gestaltung der Außenbereiche/ Festsetzung ruhiger Gebiete

Ruhige Gebiete, Grün- und Freiflächen werden mittlerweile vielerorts als wichtiger Beitrag zur Qualität des Lebensumfelds betrachtet. Neben den genannten direkten positiven Wirkungen für die Gesundheit wird mit diesen Flächen zudem die Förderung von Begegnung und sozialem Zusammenhalt angestrebt sowie auch die Anpassung an den Klimawandel unterstützt (Schaffung von Luftschneisen, Abkühlungsflächen, Berücksichtigung natürlicher Luftfilter, Schadstoffsenken u. a. m.).

Dass hier noch viel zu tun ist, zeigte sich 2020 während der Coronakrise, die bisherige Versäumnisse in diesem Bereich verdeutlichte. „Die Coronakrise zeigt gerade in den Großstädten in Deutschland deutlich, dass zu wenig städtisches Grün für eine wohnungsnaher Freizeitgestaltung und Erholung im Freien vorhanden ist, wenn alle daran teilhaben wollen.“¹⁵⁶

Planungsprozesse optimieren

Die bebaute Wohnumwelt beeinflusst das gesundheitsrelevante Verhalten der Menschen. Daher ist es im Rahmen städtebaulicher Planungsprozesse wichtig, die Grundlagen für einen gesundheitsförderlichen Außenbereich zu legen. Diese

¹⁵⁴ UBA (Hrsg.) (2019): Ruhige Gebiete. Eine Fachbroschüre für die Lärmaktionsplanung, Heinrichs E, Leben J, Cancik P, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/181005_uba_fb_ruhige_gebiete_bf_150.pdf.

¹⁴⁸ EEA (2016): Quiet areas in Europe — The environment unaffected by noise pollution, <https://www.eea.europa.eu/publications/quiet-areas-in-europe>.

¹⁵⁶ Saß AC, Niemann H, Straff W, Bunz M (2020): Health and the City. Bundesgesundheitsbl.63(8):925–927, <https://link.springer.com/article/10.1007/s00103-020-03194-9>.

Planungen legen die Auswirkungen auf die Wohnbevölkerung über Jahrzehnte, wenn nicht gar für Jahrhunderte fest. Dies lässt sich bspw. an dem Leitbild der autogerechten Stadt nachvollziehen, an dem sich die Stadtplanung nach Ende des Zweiten Weltkriegs in Deutschland orientierte.¹⁵⁷ Sinnvoll ist, die verschiedenen Planungsprozesse im Verkehrswesen, bei der Flächennutzung, der Stadtentwicklung, beim Lärmaktions- und beim Luftreinhalteplan zu koordinieren und an Lösungen auf den Konfliktfeldern, die ganz sicher auf Grund konkurrierender Interessen auftreten, zu arbeiten. Die derzeit noch recht unverbindliche Lärminderungsplanung nach der Europäischen Umgebungslärmrichtlinie sollte gleichwertig zu anderen rechtsverbindlichen Planungen gestellt werden.¹⁵⁸

7.4 Besondere Problematik: Verdichtung im städtischen Raum

Das Bestreben, luftige grüne Bereiche mit hohen Aufenthaltsqualitäten einzuplanen, steht oftmals im Konflikt mit dem Ziel, Wohnraum ohne Verbrauch von Landschafts- und Erholflächen zu bauen und dadurch städtische Gebiete „nachzuverdichten“. Das Leitbild „Stadt der kurzen Wege“, das Wohnungen und Gewerbe auf engem Raum zulässt, soll Verkehrslärm vermeiden helfen.

Im Abschlussbericht einer gemeinsamen Arbeitsgruppe der Bau- und der Umweltministerkonferenz (BMK, UMK) zu „Zielkonflikten zwischen Innenentwicklung und Immissionsschutz“ von 2020¹⁵⁹ heißt es:

„Es muss Lärmkonflikten begegnet werden, die beispielsweise dadurch entstehen, dass Baulücken geschlossen werden oder eine Umnutzung alter Gewerbeflächen zum Wohnen stattfindet. Durch immer dichter werdende Bebauung und eine immer stärkere Durchmischung unterschiedlicher Nutzungen auf engem Raum rücken schutzbedürftige Nutzungen nicht selten in räumliche Nähe zu gewerblichen oder sonst emittierenden Nutzungen oder werden ihrerseits durch Heranrücken von Lärmquellen beeinträchtigt.“

Da sich die Einhaltung der Immissionsschutzrichtwerte bei der heranrückenden Wohnbebauung bspw. an Gewerbebetriebe insbesondere nachts manchen Orts schwierig

¹⁵⁷ Siehe z. B.: Bernhardt C (2017): Zur widersprüchlichen Geschichte der »autogerechten Stadt«. Längst beerdigt und doch quicklebendig. Zeithistorische Forschungen/Studies in Contemporary History 14, S. 526-540, https://doks.zeitgeschichte-digital.de/doks/frontdoor/deliver/index/docId/1076/file/ZF_3_2017_526_540_Bernhardt.pdf.

¹⁵⁸ SRU (2020). **Und:** UBA (Hrsg. 2019): Umgebungslärmrichtlinie: Vernetzung von Planungsebenen bei der Lärmaktionsplanung: in: Umweltbundesamt. Heinrichs E, Janßen A, Leben J, Rath S, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-09-17_texte_112-2019_umgebungslaermrichtlinie_0.pdf.

¹⁵⁹ Gemeinsame AG BMK/ UMK zu Zielkonflikten zwischen Innenentwicklung und Immissionsschutz (Lärm und Gerüche), Abschlussbericht 24.09.2020, 3.1, S. 7. Kap. 3.5.1 behandelt den Schutz des Außenbereichs, S. 7. https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/bericht-zu-top-26_1607084603.pdf.

gestaltet, gerät der Innenraum in den letzten Jahren mehr und mehr in den Fokus des Lärmschutzes. Das heißt, der Druck, passive Schallschutzmaßnahmen stärker zu berücksichtigen als es bislang das BImSchG und die TA Lärm zulassen, nimmt zu. Dies würde die Bewertung der Einhaltung von Schutzziele auf den Innenraum verlegen – im Vertrauen auf die Qualität der Schalldämmmaßnahmen und im Bewusstsein, dass nahe an Wohnungen gelegene Außenbereiche höher als immissionsschutzrechtlich vorgesehen durch Lärm belastet würden.

In geprüften Ausnahmefällen soll dies durch eine Experimentierklausel, die in die TA Lärm aufgenommen werden soll, ermöglicht werden.¹⁶⁰

Die LAUG hat hierzu am 11. Juni 2021 ein Positionspapier verfasst (s. Anlage 2). Die zu beachtenden gesundheitlichen Aspekte werden dargestellt. Die Aufnahme einer solchen Experimentierklausel wird unter Berücksichtigung dieser Aspekte äußerst kritisch gesehen und weitgehend abgelehnt.

Selbst in lärmbelasteten Stadtteilen lassen sich durch geschickte Planung und Gestaltung des öffentlichen Raums der Lärm reduzieren, ruhige Aufenthaltsbereiche und -zonen schaffen und damit die Aufenthaltsqualität für die Wohnbevölkerung im Außenbereich steigern. Beispiele und Möglichkeiten zum Umgang mit Lärmkonflikten finden sich z. B. in den Abschlussberichten der bereits genannten gemeinsamen AG BMK/ UMK sowie des UBA-Forschungsvorhabens „Gute Praxisbeispiele kompakter und zugleich lärmarmen städtischer Quartiere“.¹⁶¹

Besondere Bauweisen mit lärmabgewandten Seiten/ Plätzen

Es gibt Untersuchungen zu den Vorteilen und zur Kompensationsleistung ruhigerer, dem Lärm abgewandter Außenbereiche (quiet-side-concept), wie bspw. Arbeiten zur Bedeutung von lärmgeschützten Innenhöfen und ihrer Wirkung auf das Belästigungsempfinden gegenüber Lärm.¹⁶² Der Zugang zu leiseren bzw. ruhigen Bereichen reduziert die negativen Effekte von Verkehrslärm. Entscheidend ist hierbei nicht nur die Lärminderung, sondern auch die attraktive Gestaltung der Aufenthaltsqualität in diesen Bereichen. So brauchen Anwohner:innen von viel befahrenen Straßen oder Schienen wohnungsnah Außenbereiche, in denen positive Geräuschwahrnehmungen (vor allem natürliche Geräusche) und ansprechende optische Eindrücke möglich sind, Bereiche, in denen ausgeruht, gespielt, gesprochen, gut gelebt werden kann. Die nachträgliche Schaffung solcher Räume in bestehenden Gebäuden, die in von starkem Verkehrslärm betroffenen Wohnvierteln liegen, kann hier sehr hilfreich sein. Allerdings können sie die negativen Lärmeffekte und das

¹⁶⁰ Die 2021 eingeleitete Ressortabstimmung zu einem Entwurf des Bundesumweltministerium ist vor Ende der 19. Legislaturperiode vorerst gescheitert. Es ist fest damit zu rechnen, dass das Vorhaben von der neuen Bundesregierung in der 20. Legislaturperiode wieder aufgegriffen wird.

¹⁶¹ UBA (Hrsg. 2019). **Und**: UBA (Hrsg. 2020): Gute Praxisbeispiele kompakter lärmarmen Quartiere, Preuß T, Bunzel A, Hanke S, Michalski D, Pichl J, Steinrücke E, Janßen A, Riemer E, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gute-praxisbeispiele-kompakter-laermarmen-quartiere>.

¹⁶² Gidlöf-Gunnarsson & Öhrström (2010).

Belästigungsempfinden nur zum Teil kompensieren. 16 % in der untersuchten Personengruppe fühlten sich bei Ganztages-Lautstärken ($L_{Aeq,24h}$) von 58 – 62 dB(A) (bezogen auf die lärmexponierte Fassade) immer noch durch den ihre Wohnung umgebenden Verkehrslärm belästigt, bei einem Pegel von 63 – 68 dB(A) waren es 29 %.

Das quiet-side-concept sollte daher nicht missbräuchlich als Argument verwendet werden, neue Wohnungen in lärmbelasteten Gegenden zu planen und zu bauen oder auf emissionsmindernde Maßnahmen an bzw. nahe der Quelle zu verzichten. Von den Studienautor:innen wird deutlich darauf hingewiesen, dass die positiven Effekte des ruhigeren lärmabgewandten Bereichs oberhalb eines Ganztages-Verkehrslärmpegels ($L_{Aeq,24h}$) von 60 dB(A) mehr und mehr verloren gehen.¹⁶³

7.5 Lärm und Umweltgerechtigkeit

Immer mehr Menschen (derzeit ca. 75 % in Deutschland) leben und arbeiten in Städten und in stadtnahen Gebieten. Insbesondere hier sind Umweltbelastungen und ihre gesundheitlichen Folgen nicht gleich verteilt. Sozioökonomisch benachteiligte Bevölkerungsgruppen sind Umweltbelastungen regelmäßig in höherem Maße ausgesetzt als andere Bevölkerungsgruppen.

Diese Zusammenhänge werden seit einigen Jahren in Deutschland unter dem Begriff „Umweltgerechtigkeit“ diskutiert. So befasst sich z. B. die UMK seit dem Jahr 2016 mit dem Thema Umweltgerechtigkeit. Auf der 86. UMK-Sitzung wurde der Bund von den Ländern gebeten, gemeinsam mit den Ländern und weiteren relevanten Akteuren ein strategisches Gesamtkonzept zu entwickeln und Leitlinien zur konkreten Umsetzung von mehr Umweltgerechtigkeit zu erarbeiten.¹⁶⁴

Dabei ist es wichtig, das Wohnumfeld insgesamt zu betrachten, denn die Gesundheit der Wohnbevölkerung wird durch alle in einem Wohngebiet vorhandenen Umweltfaktoren beeinflusst, also gefördert oder geschwächt. Mit dem Forschungsfeld „Urban Health - StadtGesundheit“ wird der Einfluss der städtischen Umwelt auf die Gesundheit untersucht¹⁶⁵, dazu zählen auch städtische Besonderheiten und deren Chancen und Risiken für die Gesundheit.

Aufgabe der Stadtentwicklung muss sein, sowohl die gesundheitsfördernden als auch die unvermeidbaren gesundheitsbeeinträchtigenden Faktoren räumlich und sozial ausgewogen im gesamten Stadtgebiet zu verteilen.

¹⁶³ Öhrström E, Skånberg A, Svensson H, Gidlöf-Gunnarsson A (2006): Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness, in: Journal of Sound and Vibration, Bd. 295, Nr. 1–2, doi:10.1016/j.jsv.2005.11.034, S. 40–59.

¹⁶⁴ Umweltministerkonferenz. (2016). TOP 7 der 87. UMK, Soziale Aspekte der Umweltpolitik, https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/umk-protokoll_juni_2016_1522236592.pdf.

¹⁶⁵ Institut für Public Health und Pflegeforschung der Universität Bremen (IPP Bremen) (2014). Heft 12/2014, http://www.ipp.uni-bremen.de/uploads/Downloads/IPP_Info/IPP_info_no12_rz_online.pdf.

Die Belastung durch Lärm und insbesondere durch Verkehrslärm nimmt bei dieser Betrachtung eine zentrale Stellung ein. So konnte im Rahmen von Studien gezeigt werden, dass in Stadtteilen, in denen sich negative Umweltfaktoren wie hohe Lärm- und Luftbelastung an stark befahrenen Straßen konzentrieren, der Anteil von gering verdienenden Personen und schlechten Wohnverhältnissen erhöht war, was wiederum mit einem insgesamt schlechteren gesundheitlichen Status der Wohnbevölkerung einherging.¹⁶⁶ In der epidemiologischen Forschung und Gesundheitsberichterstattung stellt der sozioökonomische Status seit Jahrzehnten eine zentrale Analysekategorie dar.

Zum Thema Umweltgerechtigkeit führte und führt das Deutsche Institut für Urbanistik (DifU) im Auftrag des Umweltbundesamtes (und als Folge der UMK-Befassung) diverse Projekte durch. Zum Beispiel läuft derzeit ein Projekt zu der Frage, wie der Ansatz der Umweltgerechtigkeit auf allen Verwaltungsebenen verankert werden kann.¹⁶⁷ 2015 – 2019 beteiligten sich drei deutsche Kommunen an dem Pilotprojekt „Umsetzung einer integrierten Strategie zu Umweltgerechtigkeit“. ¹⁶⁸ Aus den Ergebnissen wurden konkrete Handlungsempfehlungen für Kommunen abgeleitet und eine Online-Toolbox „Umweltgerechtigkeit“¹⁶⁹ entwickelt. Die Toolbox bietet vor allem Akteuren aus Kommunalverwaltung und -politik praxisnahe Informationen und Tipps rund um das Thema Umweltgerechtigkeit (u. a. Begriffserläuterungen, Argumente, Akteure, Instrumente, Handlungsfelder, Schritte und Wege).¹⁷⁰

Die Diskussionen rund um die Weiterentwicklung von urbanen Räumen hin zu einer gesunden Stadt zeigen, dass einzelne Problemfelder wie die nach wie vor zunehmende Lärmbelastung insbesondere in Ballungsräumen nicht isoliert, sondern möglichst im Gesamtkontext und unter besonderer Berücksichtigung sozialer Aspekte betrachtet werden müssen. Daher empfiehlt z. B. der Sachverständigenrat für

¹⁶⁶ Laußmann D, Haftenberger M, Lampert T, Scheidt-Nave C (2013): Soziale Ungleichheit von Lärmbelastung und Straßenverkehrsbelastung, in: Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, Bd. 56, Nr. 5–6, S. 822–831, doi:10.1007/s00103-013-1668-7, **Und:** RKI – Robert Koch-Institut (2014): GEDA - Gesundheit in Deutschland: Ergebnisbericht GEDA 2012, <https://www.geda-studie.de/de/deutsch/ergebnisse/geda-2012.html>. **Und:** Dreger S, Schüle S, Hilz L, Bolte G (2019): Social Inequalities in Environmental Noise Exposure: A Review of Evidence in the WHO European Region, in: International Journal of Environmental Research and Public Health, Bd. 16, Nr. 6, S. 1011, doi:10.3390/ijerph16061011.

¹⁶⁷ DifU – Deutsches Institut für Urbanistik (2020): Umweltgerechtigkeit – Strategiepapier und Good-Practice, <https://difu.de/projekte/umweltgerechtigkeit-strategiepapier-und-good-practice>.

¹⁶⁸ UBA (Hrsg. 2019): Umsetzung einer integrierten Strategie zu Umweltgerechtigkeit – Pilotprojekt in deutschen Kommunen: in: Umweltbundesamt. Böhmke C, Franke T, Preuß T, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umsetzung-einer-integrierten-strategie-zu>.

¹⁶⁹ Toolbox Umweltgerechtigkeit, <https://toolbox-umweltgerechtigkeit.de>.

¹⁷⁰ UBA Internetseite Toolbox Umweltgerechtigkeit, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/online-toolbox-bietet-tipps-thema>.

Umweltfragen, den Ansatz Umweltgerechtigkeit sowohl in die Lärmaktionsplanung aufzunehmen als auch als ein Querschnittsziel in kommunale Leitbilder einzuführen.¹⁷¹

Das Wichtigste kurz und knapp

- Die Qualität der Außenbereiche ist neben der Qualität der Wohnräume ein bedeutsames Element, damit die Menschen ihre Wohnsituation als lebenswert erfahren und Orte zur Erholung finden.
- Über die vorgegebenen Immissionsricht- oder -grenzwerte werden Außenbereiche und Innenräume geschützt.
- Lärm beeinträchtigt die gesundheitlich positiven Wirkungen von Grün- und Blaueflächen.
- Ruhephasen werden benötigt, damit biochemische Prozesse, die für die körperliche und seelische Regeneration erforderlich sind, in ausreichendem Maß ablaufen können. Ruhige Gebiete haben daher aus gesundheitlicher Sicht eine große Bedeutung.
- Durch geschickte Planung und Gestaltung des öffentlichen Raums lassen sich auch in lärmbelasteten Stadtteilen Lärm reduzieren, ruhige Aufenthaltsbereiche schaffen und die Aufenthaltsqualität für die Wohnbevölkerung im Außenbereich steigern.
- Aufgabe der Stadtentwicklung muss sein, im Sinne der Umweltgerechtigkeit sowohl die gesundheitsfördernden als auch die unvermeidbaren gesundheitsbeeinträchtigenden Faktoren räumlich und sozial ausgewogen im gesamten Stadtgebiet zu verteilen.

¹⁷¹ SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2018): Wohnungsneubau langfristig denken - Für mehr Umweltschutz und Lebensqualität in den Städten. Stellungnahme, Hornberger C, Niekisch M, Calliess C, Kemfert C, Lucht W, Messari-Becker L, Rotter S, https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2016_2020/2018_11_Stellungnahme_Wohnungsneubau.html.

8. Lärminderungsmaßnahmen

Nach der Richtlinie 2002/49/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm (Umgebungslärmrichtlinie) und der entsprechenden nationalen Umsetzung im Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) sind schädliche Auswirkungen und Belästigungen durch Umgebungslärm zu verhindern, zu mindern und es ist ihnen vorzubeugen. Dazu gehört neben der Lärmkartierung die Erarbeitung eines Lärmaktionsplans mit Vorschlägen für Lärminderungsmaßnahmen unter Mitwirkung der Öffentlichkeit (s. Kap. 9).

Im Folgenden wird ein grober Überblick über mögliche Lärminderungsmaßnahmen und deren Einteilung gegeben.

8.1 Strategische Ansätze von Lärminderungsmaßnahmen

Lärminderungs- bzw. Lärmschutzmaßnahmen lassen sich in drei Bereiche entsprechend der Lärmausbreitungskette gliedern:

Lärmquelle (Emission) → Lärmübertragung → Lärmempfänger (Immission)

Sie umfassen bspw. planerische, organisatorische, technische, politische und ordnungsrechtliche Maßnahmen.

1. Lärmschutz an der Lärmquelle = Aktiver Schallschutz

Vermeidung oder Verminderung des Lärms unmittelbar an der Lärmquelle

Beispiele:

- leisere Fahr- und Flugzeuge sowie sonstige Geräte und Maschinen – durch leisere Motoren oder Einhausung und Verwendung schalldämmender Elemente, leisere Reifen/ Räder, Flüsterbremsen im Schienenverkehr
Siehe hierzu die Regelungen zur Begrenzung der Geräuschemission auf europäischer und internationaler Ebene (Kap. 9.1, Tab. 6)
- Lärmarme Planung von Veranstaltungen
- Lärmschutzvorsorge in der Planung (zumindest Lärmvermeidung/ -minderung in der Nähe schutzbedürftiger Bebauung z. B. durch geeignete Trassenführung)
vgl. Trennungsgebot des § 50 BImSchG und Berücksichtigung umweltbezogener Auswirkungen auf den Menschen und seine Gesundheit § 1 Abs. 6 Nr. 7c BauGB
- Veränderung der Mobilität; Infrastrukturmaßnahmen (z. B. Förderung Rad- und Fußgängerverkehr)
- Umsetzung von Tempolimits

2. Lärmschutz auf dem Ausbreitungsweg zwischen Lärmquelle und Schutzgut Schallschutz durch Abschirmung (teilweise auch sekundärer aktiver Schallschutz genannt, teilweise dem aktiven Schallschutz zugeordnet).

Beispiele:

- Lärmschutzwälle, Steilwälle, Lärmschutzwände
- Einschnitts- und Troglagen, Hochlagen für Gleise und Straßen
- Teil- und Vollabdeckungen (Galerie, Tunnel)
- lärmindernde Fahrbahnoberflächen (Flüsterasphalt)

3. Lärmschutz am Ort seiner Einwirkung = Passiver Schallschutz Vermeidung oder Verminderung des Lärms an den zu schützenden Anlagen

Beispiele :

- lärmrobuste städtebauliche Strukturen
- Berücksichtigung/Optimierung des Lärmschutzes bei der Grundstücksgestaltung
- Anordnung der Aufenthaltsräume
- immissionshemmende Ausführung/ Verstärkung der Außenwände, Vorhangfassaden, vorgelagerte Nebenanlagen, technisch geeignete Fenster u. a.

Aktive Lärmschutzmaßnahmen sind stets passiven Lärmschutzmaßnahmen vorzuziehen. An der Lärmquelle, am Anfang der Lärmausbreitungskette, kann mit deutlich weniger Aufwand der Lärm an vielen Immissionsorten gemindert werden. Hingegen bedarf es vieler Einzelmaßnahmen, bspw. in der Nähe lauter Straßen oder von Gewerbebetrieben, Aufenthaltsbereiche außen wie innen vor Lärm zu schützen. Meist können damit nur Teilerfolge erzielt werden.

Innenräume können bei Neuplanungen recht gut durch eine geeignete Architektur vor Lärm geschützt werden, in bestehenden Gebäuden können Verbesserungen mittels Schallschutzfenstern erzielt werden. Allerdings treffen solche Fenster nicht immer auf Akzeptanz, vor allem wenn Konflikte mit der freien Lüftung auftreten. Dies ist der Fall, wenn bspw. während einer Hitzeperiode das vollständige Öffnen von Fenstern zur Abkühlung der Räumlichkeiten während der Nacht aufgrund der Lärmbelastung im

Außenbereich nicht oder nur eingeschränkt möglich ist.¹⁷² Der passive Schallschutz erschwert oder verhindert das nächtliche Kühlüften in den warmen Sommermonaten. Da in den letzten zehn Jahren in Folge des Klimawandels die Außentemperaturen stetig gestiegen sind und nachts vermehrt Raumtemperaturen von 26°C überschritten werden, treten zusätzlich Hitze bedingte gesundheitliche Beeinträchtigungen auf.¹⁷³

Der Außenbereich kann dagegen nur in Teilbereichen mittels Abschirmungsmaßnahmen geschützt werden, was sich in bereits bebauten Gebieten aus Platzgründen meist schwierig gestaltet. Lärmschutzwände versperren Sicht- und Frischluftachsen und Wege. Auch hier ergeben sich mitunter Akzeptanzprobleme.

Wenn eine Begrenzung des Lärms an der Quelle oder durch Abschirmung (z. B. Lärmschutzwände) nicht gelingt, können verschiedene „sekundär aktive“ oder passive Lärminderungsmaßnahmen oder eine Kombination angewendet werden, die oftmals aber nur Teilerfolge versprechen.

Sekundäre aktive (s. unter Punkt 2) und passive Lärmschutzmaßnahmen sollten nur dann in Frage kommen, wenn aktive Lärmschutzmaßnahmen nicht durchführbar sind oder die Kosten nicht im Verhältnis zum angestrebten Schutzzweck stehen. Eine entsprechende Entscheidung sollte immer transparent und nachvollziehbar dargestellt werden.

Insbesondere bei Neubauten sollten Lärmschutzvorrichtungen frühzeitig in der Planung in ausreichendem Maße berücksichtigt werden. Das gilt sowohl für Lärmquellen als auch für zu schützende Gebäude oder Anlagen.

8.2 Beispiel: Lärminderung im Verkehrsbereich

Folgende drei Handlungsmaximen werden häufig (nicht nur für den Verkehrssektor) aufgeführt:

1. Vermeiden
2. Verlagern
3. Vermindern bzw. Verbessern

¹⁷² Schreckenber D (2011): Akzeptanz und Nutzung passiver Schallschutzmaßnahmen (Schallschutzfenster, Belüftungsvorrichtungen). DAGA, Düsseldorf, http://pub.dega-akustik.de/DAGA_2011/data/articles/000439.pdf.

¹⁷³ Traidl-Hoffmann C, Trippel K (2021): Überhitzt: Die Folgen des Klimawandels für unsere Gesundheit. Was wir tun können, 1. Aufl., Berlin, Deutschland: Duden.

Diese Zielsetzungen und die hier vorgestellten Maßnahmen werden vergleichbar ebenso bei der angestrebten Mobilitäts- oder Verkehrswende mit dem Schwerpunkt Klimaschutz verfolgt.¹⁷⁴

Vermeiden

Lärm, der erst gar nicht entsteht, kann nicht belästigen oder zu anderen gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. Lärm lässt sich nicht immer in allen Lebensbereichen vermeiden, immer aber führt die Vermeidung von Lärm auch zu einer Minderung des Lärmaufkommens insgesamt, des Gesamtlärms und seiner Auswirkungen.

Verkehrslärm kann vermieden werden, wenn allgemein die Fahrleistungen im Güter- und Personentransport und insbesondere im Individualverkehr reduziert werden. Dies kann durch bessere Planung (Stadtentwicklung) und Logistik sowie durch Angebot und Förderung alternativer leiserer sowie öffentlicher Verkehrsmittel erreicht werden.

Verlagern

Hierbei geht es darum, die Fahrleistungen auf leise(re) Verkehrsmittel mit möglichst hoher Energieeffizienz zu verlagern, insbesondere auf nicht motorisierte Verkehrsmittel wie Fahrräder und die eigenen Füße.¹⁷⁵

In der Verkehrsstatistik wird die Verkehrsmittelwahl beobachtet und dargestellt, auf welche Verkehrsmittel die Fahrleistungen im Personen- und Güterverkehr entfallen – prozentual beschrieben zum Beispiel mittels des „Modal Split“. Im Personenverkehr wird meist zwischen Kraftfahrzeugen (Kfz), Verkehrsmittel des öffentlichen Verkehrs (ÖPNV), Fahrrad und „zu Fuß“ unterschieden, für den Güterverkehr, ob er auf der Straße, der Schiene, per Luft oder auf dem Wasser stattfindet. Am „Modal Split“ können Städte erkennen, wo im Mobilitätsangebot nachgesteuert werden muss, um eine umweltfreundliche Verlagerung vom Kfz zu effizienteren und lärmärmeren Verkehrsmitteln zu erreichen.

Neben entsprechenden Angeboten wie zum Beispiel der Schaffung einer guten Infrastruktur für den Fuß- und Radverkehr sowie einem im Kosten-Nutzen-Verhältnis gegenüber dem Individualverkehr überzeugenden ÖPNV gehören auch Anreize und

¹⁷⁴ UBA (Hrsg. 2020): Verkehrswende für ALLE, Frey K, Burger A, Dziekan K, Bunge C, Lünenbürger B, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/verkehrswende-fuer-alle>.

¹⁷⁵ Der Begriff „Verlagern“ wird unterschiedlich gefüllt, einerseits mit Bezug auf den Modal Split, andererseits auf das örtliche Verlagern von Verkehr von bewohnten Gebieten in weniger bewohnte Gebiete, z. B. mittels Ortsumgehungsstraßen. Siehe dazu <https://www.bmu.de/themen/luft-laerm-mobilitaet/laerm/themenbereiche-laerm/verkehrs-laerm>. In diesem Bericht wird der Begriff auf die Verlagerung des Verkehrs von wenig effizienten und lauterem auf effizientere und leisere Verkehrsmittel verstanden, s. hierzu auch Fn 174 und das entsprechende Begriffsverständnis in Publikationen zur Verkehrswende.

Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung bei der Bevölkerung, um das Mobilitätsverhalten zu verändern.

Vermindern/ Verbessern

Eine Lärminderung wird am effektivsten durch vermiedenen und auf umweltfreundliche, leisere Verkehrsmittel verlagerten Verkehr erreicht. Dazu kommen weitere vor allem technische Maßnahmen, wie zum Beispiel:

- technische Verbesserungen an den jeweiligen Fahr- und Flugzeugen
- Verbesserung der Infrastruktur („Flüsterasphalt“, Einbau von schallschützenden Elementen im Gleisbereich)
- Einsatz und Verbesserung sekundärer aktiver Lärmschutzmaßnahmen.

Lärmindernde Maßnahmen sind in der Regel dann besonders wirksam und kosteneffizient, wenn sie bereits an der Quelle ansetzen.

Mit rechtlichen Mitteln lassen sich Grenz- und Richtwerte für die Geräuschemissionen und -immissionen herabsetzen, die Einführung von verkehrsberuhigten Zonen erleichtern, Geschwindigkeitsbeschränkungen, z. B. Tempo 30 km/h in Städten oder Fahrverbote zu bestimmten schutzwürdigen Zeiten (Nacht) verfügen.

Auch das persönliche Verhalten wie die Wahl des Verkehrsmittels, die Vermeidung unnötiger Fahrten, die Kaufentscheidung für einen leiseren PKW und auch die Fahrweise können den Verkehrslärm deutlich verringern.¹⁷⁶

Weiterführende Informationen für Lärminderungsmaßnahmen sind unter folgenden Quellen zu finden.¹⁷⁷

8.3 Wirkung von Lärminderungsmaßnahmen

Die WHO hat in ihren Leitlinien 2018 (s. Kap. 4) nicht nur Empfehlungen für Grenzwerte zum Schutz der Gesundheit vor Lärm abgegeben, sondern sich auch auf Grundlage von Studien mit der Wirksamkeit von Lärminderungsmaßnahmen auf die

¹⁷⁶ ALD (2021): Sell and Buy Quiet, <https://www.ald-laerm.de/themen/sell-and-buy-quiet>.

¹⁷⁷ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (ohne Datum): Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen 2017 – 2018 – 2019, [Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen 2017 - 2018 - 2019 \(bmvi.de\)](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/PresseUndMedien/Pressemitteilungen/2020/07/20200708_Laermstatistik.html).

UBA-Internetseite Straßenverkehrslärm (2020), <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verkehrslaerm/strassenverkehrslaerm#welche-faktoren-haben-einen-einfluss-auf-den-strassenverkehrslarm>.

Gesundheit befasst.¹⁷⁸ Es lagen hierzu allerdings nur wenige Untersuchungen vor, die den Auswahlkriterien des Verfahrens entsprachen. Eine Metaanalyse konnte demnach nicht erstellt werden. Insgesamt wurden 43 Studien ausgewertet (33 zu Maßnahmen im Straßenverkehr, 7 im Flug- und 3 im Schienenverkehr). Viele der Maßnahmen trugen zu einer Verminderung der gesundheitlichen Beeinträchtigungen bei. Insbesondere beim Straßenverkehr zeigte sich, dass die Maßnahmen vor allem auf das Belästigungsempfinden stärkere Wirkungen zeigte, als dies (rechnerisch) nach der Expositions-Wirkungskurve erwartbar gewesen wäre.

Im Jahr 2021 modellierten Seidler et al.¹⁷⁹ mit Hilfe von drei Lärminderungsszenarien Auswirkungen lärmindernder Maßnahmen auf die Häufigkeit von Lärmbelästigung, Schlafstörungen und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Alle drei Szenarien zeigten, dass Lärmierungsmaßnahmen signifikant zur Reduzierung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Lärmbelästigung und Schlafstörungen führen können. Auch andere Studien zeigen, dass in praktisch allen Untersuchungen nach Lärmierungsmaßnahmen eine signifikante Abschwächung bzw. Abnahme der gesundheitsbeeinträchtigenden Lärmwirkungen beobachtet werden konnten. Das Ausmaß der Änderungen entsprach dabei mindestens der erwarteten Größenordnung. Die nicht akustischen Faktoren, wie z. B. auch das Wissen darum, dass etwas gegen den Lärm unternommen wird, mag hierbei zusätzlich belästigungsmindernd wirken, s. Kap. 6.2. Die öffentliche Gesundheit profitiert nachweisbar von Lärmierungsmaßnahmen.

In einer schweizer Veröffentlichung aus dem SiRENE-Projekt¹⁸⁰ wird 2019 im Fazit u. a. zusammengefasst:

„Eine allfällige untere Schwelle, bei der Lärm nicht gesundheitsschädlich ist oder nicht zur Belästigung führt, kann in SiRENE, wie auch in vielen anderen neueren Studien, nicht mehr nachgewiesen werden. Damit scheint ein lineares Expositions-Wirkungs-Modell ohne Schwellenwert für Lärm gegeben zu sein, wie dies beispielsweise auch für Luftschadstoffe und ionisierende Strahlen postuliert wird. Das impliziert einerseits, dass die aktuell geltenden Lärmgrenzwerte keinen umfassenden Gesundheitsschutz bieten und dass realistischerweise auch keine solchen umfassend schützenden Grenzwerte festgelegt werden können. Andererseits bedeutet dies, dass jede Massnahme, die zu einer Reduktion der Lärmbelastung beiträgt, und sei sie noch so gering oder scheinbar unbedeutend, potenziell auch den Gesundheitszustand der Bevölkerung verbessern kann. Dem sollte bei der Regulierung von Lärm verstärkt Rechnung getragen werden.“

¹⁷⁸ Brown A, van Kamp I (2017): WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review of Transport Noise Interventions and Their Impacts on Health, in: International Journal of Environmental Research and Public Health, Bd. 14, Nr. 8, doi:10.3390/ijerph14080873, S. 873.

¹⁷⁹ Seidler A, Hegewald J, Schubert M, Popp C, Moebus S (2020): Auswirkungen lärmindernder Maßnahmen auf die Häufigkeit von Lärmbelästigung, Schlafstörungen und Herz-Kreislauf-Erkrankungen – eine Modellrechnung, in: Das Gesundheitswesen, Bd. 83, Nr. 05, doi:10.1055/a-1082-0809, S. 398–408.

¹⁸⁰ Rösli et al. (2019).

Das Wichtigste kurz und knapp

- Der organisatorischen/ planerischen Vermeidung von Lärm kommt die größte Bedeutung im Lärmschutz zu, das gilt auch für den privaten Bereich.
- Lärminderungs- bzw. Lärmschutzmaßnahmen wirken an der Lärmquelle, auf dem Ausbreitungsweg und am Immissionsort.
- Aktive Lärmschutzmaßnahmen direkt an der Lärmquelle sind am wirkungsvollsten. Sie sind passiven Lärmschutzmaßnahmen am Immissionsort immer vorzuziehen.
- Eine Entscheidung für passive Lärmschutzmaßnahmen muss gut begründet sowie transparent und nachvollziehbar dargestellt werden.
- Jede Minderungsmaßnahme im Lärmschutz wirkt sich positiv auf die Gesundheit aus.
- Das eigene Verhalten kann einen wesentlichen Beitrag zur Lärminderung leisten. Hierzu ist mehr zielgruppenorientierte Öffentlichkeitsarbeit erforderlich.

9. Regelungen zum Lärmschutz – Überblick

In Deutschland gibt es kein Gesetz, das eine übergeordnete Regelung zum Schutz vor Lärm vorsieht, die quellenübergreifend oder auf den Gesamtlärm bezogen ist. Allgemeine Vorgaben zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen finden sich im BImSchG. Sie werden erst im untergesetzlichen Regelwerk – quellenspezifisch – konkretisiert. Fluglärm wird außerhalb des BImSchG, insbesondere im Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluLärmG) und in weiteren luftrechtlichen Vorschriften adressiert. Die rechtlichen Regelungen/ Richtlinien/ Normen beziehen sich somit auf unterschiedliche Geltungsbereiche und unterschiedliche Lärmquellen. Zudem unterscheiden sich die Anforderungen zum Lärmschutz darin, ob sie dynamisch während des gesamten Betriebs gelten (z. B. beim Lärm von Anlagen oder nach FluLärmG), oder, ob sie nur bei der Neuerstellung oder wesentlichen baulichen Änderung vorgesehen sind (vor allem bei Straße und Schiene). Eine Übersicht, die diese durchaus komplexe Regelungslandschaft mit Verlinkung auf die jeweiligen Regelwerke strukturiert, findet sich beim Umweltbundesamt.¹⁸¹

Der vorliegende Bericht beschränkt sich auf den Umgebungslärm und hier vor allem auf den Verkehrslärm (Straße, Schiene, Luft) sowie den Lärm aus Gewerbe und Industrie. In Kapitel 9.1 werden wesentliche gesetzliche und technische Regeln zu diesen Lärmquellen tabellarisch aufgeführt, danach folgen detailliertere Ausführungen zu ausgewählten Regelungen und deren aktuellen Entwicklungen. Kapitel 9.2 betrachtet das Regelwerk unter dem Aspekt des Schutzes vor tieffrequentem Lärm und Infraschall.

¹⁸¹ UBA Internetseite Rechtliche Grundlagen (2013), <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verbraucherservice-laerm/rechtliche-grundlagen>. Neben Flug-, Straßen- und Schienenverkehrslärm sind hier auch Regelungen für die Bereiche Industrie- und Gewerbelärm, Nachbarschaftslärm, Baulärm, Sport- und Freizeitlärm aufgeführt. (Die Aktualität ist nicht immer gegeben.)

9.1 Regeln zum Schutz vor Verkehrs- und Gewerbe-/ Industrielärm

Tab. 6: Überblick über Regeln zum Schutz der Bevölkerung vor Lärm

Die Rechtsebene ist in der grau hinterlegten Zwischenzeile hervorgehoben. Mit einem Sternchen (*) versehen sind Regelungen, zu denen vertiefende Informationen im Text nach der Tabelle ergänzt werden.

Regelung	Bezug Lärmquellen	Inhalt
Internationales und Europarecht zur Regelung der Geräuschemissionen		
UN, Abkommen (ICAO Int. Zivilluftfahrt-Organisation)	Flugzeuge	Regelungen zu den Geräuschemissionen verschiedener Fahrzeuge, Maschinen und anderer Produkte, die Geräusche im Außen- und Innenbereich emittieren
EU-VO über den Geräuschpegel von Kraftfahrzeugen	Kraftfahrzeuge, Motorräder	
Technische Spezifikationen für Interoperabilität (TSI)	Schienenfahrzeuge	
EU-„Outdoor-Richtlinie“ (2000/14/EG und 2005/88/EG)	Produkte, Maschinen, die im Freien betrieben werden	
EU Ökodesign-Richtlinie	Haushaltgeräte	
EU VO KfZ-Reifen	Kraftfahrzeugreifen (Abrollgeräusche)	
Europäisches Recht zur Regelung von Umgebungslärm/ Geräuschemissionen		
*EG-Umgebungslärm-Richtlinie 2002/49/EG RL 2002/49/EG (europa.eu) mit Anhang III: Berechnung von gesundheitlichen Auswirkungen	Straßenverkehr, Schienenverkehr, Flugverkehr und Industrie/ Gewerbe	Lärmkartierung, Lärmaktionsplanung (Ziel: Lärminderung); nationale Umsetzung in BImSchG und 34. BImSchV; Quellenübergreifender Ansatz, Umsetzung schwierig

Regelung	Bezug Lärmquellen	Inhalt
Deutsches Recht		
*Grundgesetz (GG)	Gesamtlärm	Recht auf körperliche Unversehrtheit
*Bundes-Immissionsschutz-Gesetz (BImSchG), letzte Änderung 2019; (div. Durchführungsverordnungen – BImSchV, s. Folgende)	Gesamtlärm im Sinne einer schädlichen Umwelteinwirkung (Quellenspezifischer Lärm in den DurchführungsVO – BImSchV, s. Folgende)	Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge; Betrachtung aller Einwirkungen (außer Fluglärm) bzgl. Gesundheit <u>und</u> erheblicher Belästigung; VI. Teil: Lärminderungsplanung
*16. BImSchV, letzte Änderung 2020	Straßen und Schienenwege	Lärmschutz beim Neubau/ wesentliche Änderung von Verkehrswegen; Immissionsgrenzwerte für versch. Gebiete; Festlegung Pegelberechnung (RLS-19, Schall03); Anspruchsregelung für Lärmschutzmaßnahmen (bei erheblichen baulichen Eingriffen Bezug zur Gefahrenschwelle: 70 dB(A) tags und 60 dB(A) nachts)
Richtlinien für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes (VLärmSchR 97)	Lärmschutz bei Planung, Bau und Sanierung von Straßen des Bundes	Vorgaben für bauliche Maßnahmen an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes; Orientierung an im Bundeshaushalt festgelegten Immissionsgrenzen; seit 8/20 Auslösewerte für Gebiete mit ausgeprägter schutzwürdiger

Regelung	Bezug Lärmquellen	Inhalt
		Wohnbebauung um 3 dB(A) abgesenkt. Freiwillige Schallschutzmaßnahmen. Werte deutlich über den Immissionsgrenzwerten der 16. BImSchV
Richtlinien für straßenverkehrsrechtliche Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor Lärm (Lärmschutz-Richtlinien-StV)	Bestehende Straßen	Entscheidungshilfe über straßenverkehrsrechtliche Maßnahmen, z. B. Tempo 30, Verkehrsinseln u. a., Werte noch über denen der VLärmSchR (Ansatz bisher: Gefahrenschwelle)
Gesetz zum Verbot des Betriebs lauter Güterwagen (Schienenlärmschutzgesetz, SchLärmSchG)	Güterwagen auf öffentlichen Eisenbahnstrecken in Deutschland	Grds. Betriebsverbot von Güterwagen, die die Anforderungen der TSI Noise (s. internationales und Europarecht) nicht einhalten (mit Gleichstellungen und Ausnahmen)
*18. BImSchV Sportanlagenlärmschutzverordnung	Sportanlagen	Regelung zum Lärm, der bei Bau und Betrieb von Sportanlagen ausgeht; Berücksichtigung Ruhezeiten für Anwohnende; Zulassung von Ausnahmen
*24. BImSchV Schallschutzmaßnahmenverordnung	Straßen und Schienen	Festlegung von Art und Umfang der notwendigen passiven Schallschutzmaßnahmen für schutzbedürftige Räume in baulichen Anlagen; Verweis auf DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“; Gilt originär beim Neubau oder der wesentlichen Änderung von Straßen und für bestehende Gebäude, wenn dort die Grenzwerte der

Regelung	Bezug Lärmquellen	Inhalt
		<p>16. BImSchV überschritten werden, über die VLärmSchR 97 auch für die Lärmsanierung anzuwenden;</p> <p>Für Neubauten von Gebäuden gelten die jeweiligen Landesbauordnungen.</p>
<p>32. BImSchV Geräte- und Maschinenlärm- schutz- verordnung</p>	<p>Geräte und Maschinen</p>	<p>Marktverkehrsregelungen für Geräte und Maschinen und Betriebsregelungen;</p> <p>Betriebsbeschränkungen;</p> <p>Umsetzung EG-Richtlinie 2000/14/EG</p>
<p>*34. BImSchV Nationale Umsetzung der EG- Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG</p>	<p>Straßenverkehr, Schienenverkehr, Flugverkehr und Industrie/ Gewerbe</p>	<p>Lärmkartierung; konkretisiert Anforderungen an Lärmkarten nach § 47c BImSchG;</p> <p>Getrennt für jede Lärmart zu erstellen</p>
<p>*Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm)</p> <p>Grundlage: § 48 BImSchG</p>	<p>Gewerbliche oder industrielle Anlagen (auch Windenergieanlagen)</p>	<p>Zentrales Regelwerk zur Beurteilung von Anlagenlärm auch in Genehmigungsverfahren (Vorgaben für immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige sowie für nicht genehmigungsbedürftige Anlagen);</p> <p>Schutz und Vorsorge für die Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche;</p> <p>Unterschiedliche Immissionsrichtwerte in Abhängigkeit von der Tageszeit und der Gebietsart nach BaunutzungsVO;</p>

Regelung	Bezug Lärmquellen	Inhalt
		Außenschallpegel liegen unter denen der 16. BImSchV für Verkehrslärm; Richtwerte, keine Grenzwerte; Auch Beurteilungsrahmen für tieffrequente Geräusche; Immissionsort nach TA Lärm liegt 0,5 m außerhalb vor der Mitte des geöffneten Fensters des vom Geräusch am stärksten betroffenen schutzbedürftigen Raumes.
Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm AVV Baulärm	Baumaschinen auf Baustellen	Immissionsrichtwerte wie TA Lärm, Maßnahmen erst bei Überschreitung um > 5 dB(A)
*Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm FluLärmG	Flugplätze	Festlegung von Tag- und Nachtschutzzonen; Nur Baubeschränkung und Anspruch auf passiven Lärmschutz bzw. Entschädigungszahlungen bzw. Schallschutzanforderungen; Keine Grenz-, sondern Auslösewerte (lösen bestimmte Rechtsfolgen/ Ansprüche/ Anforderungen aus)
Landesrecht		
*Landes-Immissionsschutz-Gesetze	Unterschiedliche Lärmquellen	Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch verhaltensbezogenen Lärm; Rechtsgrundlage für Regelungen auf kommunaler Ebene;

Regelung	Bezug Lärmquellen	Inhalt
		Festlegung der zuständigen Behörden für die Vollzugsaufgaben nach BImSchG
*Ländererlasse Freizeitanlagen-Lärm	Freizeitanlagen (z. B. Konzerte, Außengastronomie u. a.)	U. a. Hinweis auf allgemeine Grundpflicht aus § 22 Abs. 1 BImSchG: Schädliche Umwelteinwirkungen sind zu vermeiden oder zu vermindern, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist; Unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen sind auf ein Mindestmaß zu beschränken.
Normen, Richtlinien, Hinweise		
*DIN 18005-1:2002-07 Schallschutz im Städtebau - Teil 1: Grundlagen und Hinweise für die Planung	Verkehr, Industrie/ Gewerbe, Freizeitanlagen	Wichtiges lärmtechnisches Regelwerk für die Beurteilung des Lärms in der Bauleitplanung; Gilt nicht für die Anwendung in Genehmigungs- und Planfeststellungsverfahren und alle hierfür relevanten Lärmquellen; Neben einem vereinfachten Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Schallimmissionen enthält sie in einem Beiblatt Rientierungswerte, die nach der Schutzwürdigkeit des Bauschalltechnische Ogebiets abgestuft sind und deren Einhaltung durch die Bauleitplanung angestrebt werden soll. RW der DIN können unter- als auch überschritten werden; Abwägung versch. Belange

Regelung	Bezug Lärmquellen	Inhalt
*DIN 4109 Schallschutz im Hochbau	Verkehr und Industrie/ Gewerbe Gilt nicht für Fluglärm und tieffrequente Geräusche	Baulicher Schutz u. a. gegen Außenlärm (passiver Lärmschutz beim Neubau von Gebäuden); Bei Schalldämmung der Außenfassade werden <u>alle</u> auf ein Gebäude einwirkenden Lärmarten berücksichtigt. Für B-Pläne relevant, im Baurecht verankert; Anforderungen an den Bauwilligen
DIN 45691 Geräuschkontingentierung	Gewerbliche und industrielle Anlagen	Planungsrechtliche Verteilung von Emissionsrechten im Rahmen der Bauleitplanung; Ziel: Geräuscheinwirkungen durch die zulässigen Nutzungen in einem Plangebiet sollen nicht zu einer Verfehlung des angestrebten Schallschutzzieles führen
*VDI 3722-2	Gesamtlärm (Straßen-, Schienenwege und Flugplätze)	Kenntnisstand zur kombinierten Einwirkung unterschiedlicher Quellenarten von Verkehrslärm und der damit verbundenen Dosis-Wirkungsbeziehung beim Menschen; Veraltete Grundlage: Miedema-Wirkungskurven; berücksichtigt nur Belästigungen und Schlafstörungen
DIN 45684-1 Akustik - Ermittlung von Fluggeräuschimmissionen an Landeplätzen	Flugplätze	Teil 1: Berechnungsverfahren

Regelung	Bezug Lärmquellen	Inhalt
LAI-Freizeitlärmrichtlinie	Konzerte, Freilichtbühnen, Freizeitparks u. a.	Hilfestellung zur Beurteilung von Freizeitlärm; konkretisiert die allgemeinen Anforderungen des BImSchG; kein Rechtsnormcharakter soweit nicht landesrechtlich eingeführt Grundlage versch. Freizeitlärm-Erlasse der Länder

9.1.1 Europarecht zur Regelung von Umgebungslärm/ Geräuschimmissionen

EG-Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG

Ziel dieser wichtigen Richtlinie ist eine in ganz Europa einheitliche Verhinderung, Vorbeugung und Minderung von Umgebungslärm über einen prozeduralen Managementansatz. Umgebungslärm wird hier definiert als unerwünschte oder gesundheitsschädliche Geräusche, verursacht durch z. B. Straßenverkehr, Luftverkehr, Schienenverkehr oder Industrie. Im Rahmen dieser Vorgaben sind alle fünf Jahre Lärmkarten zu erstellen und darauf basierend Lärmaktionspläne auszuarbeiten, mit dem Ziel:

„ ... schädliche Auswirkungen, einschließlich Belästigung, durch Umgebungslärm zu verhindern, ihnen vorzubeugen oder sie zu mindern.“

Nach der Umgebungslärmrichtlinie müssen Kartierungen für Hauptlärmquellen (Hauptverkehrsstraßen, Haupteisenbahnstrecken, Großflughäfen) und Ballungsräume (Gebiete > 100 000 Einwohnern und einer Dichte > 1000 Einwohner pro km²) durchgeführt werden. Sie enthält einen quellenübergreifenden Ansatz, beschränkt auf die Hauptlärmquellen, aber keine Gesamtlärbetrachtung oder -bewertung. Konzipiert als Managementansatz und ohne Grenzwerte zu enthalten (dies ist Folge des Subsidiaritätsprinzips), resultieren aus der Lärmkartierung und -aktionsplanung vergleichsweise wenig Maßnahmen.

Im Jahr 2005 wurde das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) um einen sechsten Teil „Lärmaktionsplanung“ ergänzt und somit die EU-Umgebungslärmrichtlinie in das deutsche Recht überführt. Wie die Richtlinie selbst enthält auch die Umsetzung in nationales Recht keine Grenzwerte, bei deren Überschreitung Maßnahmen erforderlich werden und auch keine weiteren neuen, über das etablierte Fachrecht hinausgehenden Rechtsgrundlagen für die Durchsetzung von Maßnahmen.

Zum 30.12.2018 wurde das gemeinsame Rechenverfahren (CNOSSOS-EU: Common Noise Assessment Methods in Europe) in einer nationalen Fassung als Berechnungsmethode für den Umgebungslärm von bodennahen Quellen (Straßen, Schienenwege, Industrie und Gewerbe) (BUB) sowie als Berechnungsmethode für den Umgebungslärm von Flugplätzen (BUF) verbindlich eingeführt. Eine erneute Überarbeitung erfolgte 2021.

Im Jahr 2020 wurde der Anhang III der Umgebungslärmrichtlinie nach Publikation der WHO-Guidelines zum Umgebungslärm 2018 erstmalig ausgearbeitet. Hier geht es um die Aktualisierung der Expositions-Wirkungskurven aus dem Jahr 2001 (auf der

Grundlage von Miedema/ Oudshoorn¹⁸²) und einer Formel zur Berechnung der Zahl der vom Lärm im Hinblick auf eine bestimmte gesundheitliche Auswirkung betroffenen Personen.

Es wurden nun die mit den WHO-Reviews (vgl. Kap. 4) vorgelegten aktuellen, meta-analytisch abgeschätzten Expositions-Wirkungskurven zur Belästigung durch Umgebungslärm sowie zur Wirkung von Umgebungslärm auf den Schlaf bezogen auf den L_{den} bzw. auf den L_{night} für Flug-, Straßen- und Schienenverkehrslärm zu Grunde gelegt. Für ischämische Herzerkrankungen liegen robuste Expositions-Wirkungsbezüge bezogen auf Straßenverkehrslärm vor. Im Jahr 2021 wurde dies mit der Aktualisierung der 34. BImSchV entsprechend umgesetzt.

Anstehende weitere Überarbeitungen des Anhangs III haben das Ziel, Dosis-Wirkungskurven bezüglich der Belästigungswirkung und des gestörten Schlafs, bezogen auf Industrie- und Gewerbelärm, einzuführen.

9.2.2 Deutsches Recht

Grundgesetz - GG

Grundlegend wird in Artikel 2 Abs. 2 des Grundgesetzes (GG) normiert „Jeder hat das Recht auf [...] körperliche Unversehrtheit“, außerdem in Artikel 14 Abs. 1 GG „Das Eigentum und das Erbrecht werden gewährleistet“. Somit ist zunächst davon auszugehen, dass eine verfassungsrechtliche Schutzpflicht bzw. eine verfassungsrechtliche Unzumutbarkeitsschwelle existiert, sobald Geräuschimmissionen zu einer Gesundheitsgefahr oder zu einem Eingriff in die Substanz des Eigentums führen. Dies greift im Hinblick auf die Schutzpflicht des Staates aber insbesondere dann, wenn durch staatliches Handeln (z. B. Planfeststellung Straße/ Schiene) eine Gesundheitsgefährdung erzeugt würde. Schleichende Entwicklungen bspw. Aufgrund der allgemeinen Verkehrszunahme sind damit nicht in gleicher Weise erfasst. So gewährt der Staat eine Lärmsanierung an Verkehrswegen des Bundes derzeit lediglich als freiwillige Maßnahme nach Haushaltsrecht und nach Maßgabe verfügbarer Mittel Zivilrechtlich gilt das BGB.

Des Weiteren wird im Grundgesetz dann in Artikel 74 Abs. 1 Nr. 24. zum Lärmschutz auf die „konkurrierende Gesetzgebung“ verwiesen, die in diesem Fall vom Bund im Bundes-Immissionsschutzgesetz umgesetzt ist.

Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz ist der Kern des gesetzlichen Regelwerks auf nationaler Ebene im Immissionsschutzrecht, das „Gesetz zum Schutz vor schädlichen

¹⁸² Miedema HM, Oudshoorn CG (2001): Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals, in: Environmental Health Perspectives, Bd. 109, Nr. 4, doi:10.1289/ehp.01109409, S. 409–416.

Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigung, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge“.

Grundlegend ist das Ziel des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, „Menschen, Tiere, [...] vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen“ (§ 1 Abs. 1 BImSchG). Die Vorschriften des BImSchG erstrecken sich hierbei u. a. sowohl auf die Errichtung und den Betrieb von Anlagen, als auch auf das Herstellen von Anlagen, die Beschaffenheit bzw. den Betrieb von Kraftfahrzeugen, Schienen-, Luft- und Wasserfahrzeugen und auch den Bau von Straßen- bzw. Schienenbahnen (§ 2 Abs. 1 BImSchG).

Die Lärmbekämpfung an der Quelle (aktiver Schallschutz) ist mit oberster Priorität zu verfolgen. Dies gewährleistet ein Mindestmaß an Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum und entspricht dem im BImSchG durchgängig angelegten Regelungsansatz des Verursacherprinzips. Im Falle heranrückender Wohnbebauung können sich allerdings Konflikte ergeben, die nicht ausschließlich auf diese Weise gelöst werden können.

Explizit ausgeschlossen wird die Anwendung des BImSchG jedoch u. a. für Flugplätze (§ 2 Abs. 2 BImSchG).

Teile des BImSchG, die die Begrenzung von Lärm betreffen, sind:

- Zweiter Teil des BImSchG: Errichtung und Betrieb von Anlagen
- Vierter Teil des BImSchG: Beschaffenheit und Betrieb von Fahrzeugen sowie Bau und Änderung von Straßen und Schienenwegen
- Sechster Teil des BImSchG: Lärminderungsplanung.

Die Regelungen dienen „dem Schutz und der Vorsorge gegen Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen“ (§ 1 Abs. 2 BImSchG) – letzteres ist für die Beurteilung der Auswirkungen von Lärm von großer Bedeutung.

Im BImSchG wird hinsichtlich der Anforderungen zur Vorsorge und zum Schutz vor Lärm zwischen immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen (§ 4 i. V. m. § 5 BImSchG) und nicht immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen (§ 22 BImSchG) unterschieden, eine entsprechende Unterscheidung wird in der TA Lärm fortgeführt.

In § 50 BImSchG „Planungen“ ist bei raumbedeutsamen Planungen die Bedeutung einer bereits im Vorfeld zu berücksichtigenden Vermeidung unnötiger Belastungen, z. B. bei der Zuordnung der Standorte von Gewerbe-, Industrie- und Wohngebieten oder anderen schutzbedürftigen Gebieten, im Rahmen der Bauleitplanung festgeschrieben (Trennungsgrundsatz).

Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - 16. BImSchV

Verkehrslärmschutzverordnung, 2. Änderung 2020

Die 16. BImSchV gilt für den Bau oder die wesentliche Änderung von öffentlichen Straßen sowie Schienenwegen der Eisenbahnen und Straßenbahnen. Es werden Definitionen angegeben für eine im Sinne dieser Vorschrift maßgebliche wesentliche Änderung. Zudem werden Immissionsgrenzwerte festgelegt und Berechnungsgrundlagen für die Ermittlung der Beurteilungspegel beschrieben, abhängig von Gebietsart (nach Baunutzungsverordnung, BauNVO) sowie Tages- bzw. Nachtzeit. Die Immissionsgrenzwerte beziehen sich hier auf das Jahresmittel (ein grundlegender Unterschied zur Beurteilung von Anlagen, die jeden Tag und jede Nacht die Immissionsrichtwerte der TA Lärm einhalten müssen und für die daher auch Ausnahmeregelungen für seltene Ereignisse formuliert sind). Die Geräuschbelastung von benachbarten Verkehrswegen bleibt bei der Berechnung des Beurteilungspegels unberücksichtigt. Bei Überschreitung werden aktive oder passive Schallschutzmaßnahmen erforderlich – allerdings nicht für bereits bestehende Straßen und Schienenwege, die Lärmwerte oberhalb der Immissionsgrenzwerte aufweisen, sondern eben nur für den Neubau oder wesentliche Änderungen an bestehenden Verkehrswegen. Wesentliche Änderungen sind z. B. eine Schallpegelzunahme durch eine beabsichtigte bauliche Maßnahme um mehr als 3 dB(A), was einer Verdoppelung der Schallquellen entspricht!

Die Beurteilungswerte in § 1 Abs. 2 zur Qualifikation eines erheblichen baulichen Eingriffs als „wesentliche Änderung“ werden von Gerichten als Wert für die gesundheitliche Gefahrenschwelle bei der Einwirkung von Lärm herangezogen. Aus Sicht der Lärmwirkungsforschung sind diese Werte deutlich zu hoch.¹⁸³ Der jüngste Versuch, diese Werte in Höhe von 70 dB(A) tagsüber und 60 dB(A) nachts um 5 dB zu senken, scheiterte 2020 bei der 2. Veränderung der 16. BImSchV im Bundesrat. Die Beschlüsse des U- und G-Ausschusses zur Absenkung der Werte fanden keine Mehrheit. Die 93. UMK hat sich in ihrem Beschluss (TOP 32) ebenfalls für die Senkung der Eingriffspegel ausgesprochen.¹⁸⁴

Achtzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - 18. BImSchV

Sportanlagenlärmschutzverordnung

Diese Rechtsverordnung zum BImSchG betrifft die Errichtung, die Beschaffenheit und den Betrieb von Sportanlagen, soweit sie nicht immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftig sind. Es werden explizit für den Fall der Sportanlagen

¹⁸³ Memorandum „Lärm und seine Auswirkungen auf die Gesundheit“, Ergebnis der Marwein-Runde am 21.02.2019, https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/PM_Anhang/190222_Laerm_LPK_PM_Anhang_Memorandum_of_Understanding.pdf.

¹⁸⁴ UMK (2019).

geltende Immissionsrichtwerte nach Gebietsnutzung und Tages- bzw. Nachtzeit angegeben. Anders als in der 16. BImSchV und auch abweichend von der TA Lärm wird hier die Tageszeit in Tageszeiten innerhalb und außerhalb von Ruhezeiten gesondert betrachtet. Für die Beurteilung im Nachtzeitraum gilt der Mittelungspegel von 22.00 - 6.00 Uhr, während die TA Lärm z. B. auf die lauteste Nachtstunde abstellt. Es werden Zuschläge für Ton- und Informationshaltigkeit und für Impulshaltigkeit bzw. auffällige Pegeländerungen vergeben.

Die 18. BImSchV sieht auch Ausnahmeregelungen für eine gewisse Anzahl seltener Ereignisse vor. Mit Wirkung vom 01.01.2022 erfolgt hierzu die Änderung, dass die Beanspruchung von Ausnahmen im Rahmen 18 zugelassener „seltener Ereignisse“ pro Jahr nicht mehr daran geknüpft ist, dass diese Ereignisse von „besonderer“ Natur sein müssen oder „vom üblichen Normalbetrieb der Anlage abweichen“. In der Vollzugspraxis wurde die Vorschrift bereits so angewandt (z. B. zur Zulassung von Fußballbundesligaspielen, deren Dauer sich über den Beginn der Nachtzeit um 22.00 Uhr hinaus erstreckt).

Das UBA bereitet eine Studie zum Sportanlagenlärm und den Auswirkungen auf die Anwohnerschaft vor, um eine Dosis-Wirkungskurve auch für diese Lärmquelle zu ermitteln.

Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - 24. BImSchV Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung

Diese Verordnung betrifft den Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche für den Fall, dass beim Bau oder der wesentlichen Änderung öffentlicher Straßen sowie von Schienenwegen die Immissionsgrenzwerte der 16. BImSchV überschritten werden und aktive Schallschutzmaßnahmen unverhältnismäßig hohe Kosten verursachen würden. Für diesen Fall werden passive Schallschutzmaßnahmen definiert, deren Kosten dem Eigentümer (soweit er die Maßnahmen selbst durchführt) erstattet werden.

An bestehenden Straßen und Schienenwegen gibt es keinen Rechtsanspruch auf Lärmschutzmaßnahmen. Es besteht keine Pflicht zur Sanierung, auch dann nicht, wenn sich die Lärmsituation durch starke Verkehrszunahme erheblich verschlechtert hat. Dies gilt nicht als „wesentliche Änderung“ im Sinne der 16. BImSchV, die stets baulicher Natur sein muss.

Vierunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - 34. BImSchV Verordnung über die Lärmkartierung

Mit dieser Rechtsverordnung wird die Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments zur Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm in deutsches Recht umgesetzt. Es werden zudem die Lärmindizes L_{Day} , $L_{Evening}$, L_{Night} und der daraus

abgeleitete Lärmindex L_{den} formuliert. Auch die Berechnung Betroffener bestimmter Lärmwirkungen, z. B. ischämischer Herzkrankheiten, nach Anhang III der Umgebungslärmrichtlinie wurde in die 34. BImSchV aufgenommen.

Auf Grundlage der alle 5 Jahre erforderlichen Lärmkartierungen sind nach der Richtlinie innerhalb von 2 Jahren Lärmaktionspläne aufzustellen, in denen konkrete Maßnahmen zur Lärminderung beschrieben werden, die umgesetzt werden sollen. Die Lärmaktionsplanung liegt in der Verantwortung der Kommunen oder der nach Landesrecht zuständigen Behörden.

**Die Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionschutzgesetz,
die „Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm“**

Die TA Lärm konkretisiert die Anforderungen des BImSchG an den anlagenbezogenen Lärmschutz. Sie ist insbesondere einschlägig für Gewerbe- und Industrieanlagen, aber auch für den Betrieb von Anlagen im nicht gewerblichen Bereich. Sie ist grundsätzlich nicht anzuwenden bei Verkehrs- oder Sportlärm und ebenso nicht bei nicht genehmigungsbedürftigen landwirtschaftlichen Anlagen, Freizeitanlagen, Freiluftgaststätten, bei Schießplätzen, Tagebauen, Seehafenumschlagsanlagen, Anlagen für soziale Zwecke und Baustellen.

Anforderungen an den Lärmschutz und an die Lärminderung von Anlagen setzen entsprechend dem Verursacherprinzip primär an der Lärmquelle an, also an den Anlagen selbst, und begründen lärmschutzbezogene Pflichten der Anlagenbetreiber.

Die Immissionsrichtwerte der TA Lärm (unterschiedlich hoch, je nach Gebiet entsprechend BauNVO, s. o.) berücksichtigen Ruhezeiten abends und an Sonn- und Feiertagen; nachts wird die lauteste Nachtstunde betrachtet. Auffällige Pegelspitzen, impuls- und tonhaltige Geräusche sowie tieffrequente Geräusche werden gesondert betrachtet.

Die Immissionsrichtwerte schützen entsprechend den Vorgaben des BImSchG sowohl die Wohnräume vor einwirkenden Geräuschimmissionen von Anlagen als auch den Außenbereich nahe an den Wohnungen und das sonstige Wohnumfeld. Die Immissionsrichtwerte sind darauf ausgelegt, dass ein ausreichend niedriger Innenpegel, der tagsüber Kommunikation und nachts erholsamen Schlaf ermöglicht, auch bei teilgeöffneten Fenstern gewährleistet ist. Außerdem sichert dieses Konzept auch einen erweiterten, auch akustischen Kontakt zur Umwelt in der Umgebung vor dem Haus. Der maßgebliche Immissionsort nach Nr. 2.3 der TA Lärm befindet sich daher 0,5 Meter außen vor dem geöffnetem Fenster der schutzbedürftigen Wohn- oder Schlafräume, die am stärksten lärmbelastet sind. Maßnahmen des passiven Schallschutzes, die sich nicht am maßgeblichen Immissionsort auswirken würden, sind folglich nicht als alternative Maßnahme zur Konfliktlösung zulässig.

Für die Einhaltung der in der TA Lärm baugebietsspezifisch geregelten Immissionsrichtwerte sind daher die Immissionsorte außerhalb der betroffenen Gebäude maßgeblich. Diese können durch passive Schallschutzmaßnahmen wie Schallschutzfenster (ggf. in Kombination mit der Festlegung eines dadurch einzuhaltenden Innenschallpegels) nicht geschützt werden.

Das Bundesverwaltungsgericht¹⁸⁵ begründet dies ausdrücklich mit dem Schutzziel der TA Lärm:

„Die Möglichkeit, einer Überschreitung der nach Nr. 6.1 und 6.7 der TA Lärm maßgeblichen Immissionsrichtwerte mit passivem Lärmschutz zu begegnen, müsste auch das Schutzziel der TA Lärm verfehlen. Aus der Maßgeblichkeit von Außen-Immissionsrichtwerten ergibt sich, dass dieses Regelwerk – anders als etwa für Verkehrsanlagen die 16. und die 24. BImSchV – den Lärmkonflikt zwischen Gewerbe und schutzwürdiger (insbesondere Wohn-) Nutzung bereits an deren Außenwand und damit unabhängig von der Möglichkeit und Notwendigkeit passiver Schutzmaßnahmen gelöst wissen will. Damit sichert die TA Lärm für Wohnnutzungen einen Mindestkomfort, der darin besteht, Fenster trotz der vorhandenen Lärmquellen öffnen zu können und eine natürliche Belüftung sowie einen erweiterten Sichtkontakt nach außen zu ermöglichen, ohne dass die Kommunikationsbedingungen im Innern oder das Ruhebedürfnis und der Schlaf nachhaltig gestört werden können. (...) Der von der TA Lärm gewährleistete Schutzstandard steht auch nicht zur Disposition der Lärmbetroffenen und kann nicht durch deren Einverständnis mit passiven Schallschutzmaßnahmen suspendiert werden. (...)“.

Zur TA Lärm gibt es Auslegungshinweise der Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI).¹⁸⁶

Experimentierklausel

Ende 2019 bis Mitte 2020 hat sich eine AG, besetzt mit Vertreter:innen aus dem Bau- und Umweltbereich, im Auftrag der BMK mit der Innenentwicklung von Städten befasst. Im Ergebnis wird eine Experimentierklausel vorgeschlagen, die die Flexibilisierung der Werte in der TA Lärm sowie eine individuelle Anpassung im Einzelfall (Berück-

¹⁸⁵ BVerwG, 27.11.2012 4 C 8.11 in Verbindung mit OVG 2 A 1058/09.

¹⁸⁶ LAI-Hinweise zur Auslegung der TA Lärm (Fragen und Antworten zur TA Lärm) in der Fassung des Beschlusses zu TOP 9.4 der 133. LAI-Sitzung am 22. und 23. März 2017, https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/aktualisierte_hinweise_ta_laerm_2_1503575642.pdf.

sichtigung passiver Schallschutzmaßnahmen bei höheren nächtlichen Immissionsrichtwerten) ermöglichen soll. Damit soll versucht werden, Lärmkonflikte, die durch heranrückende Wohnbebauung entstehen, zu lösen.¹⁸⁷

Die LAUG UAG Lärmschutz hat zu diesem speziellen Problem ein Positionspapier erarbeitet, das im Juni 2021 im Umlaufverfahren in der LAUG abgestimmt wurde.¹⁸⁸

Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm - FluLärmG

Aus dem Geltungsbereich des BImSchG werden Flughäfen explizit ausgeschlossen (das ursprüngliche Fluglärmgesetz von 1971 existierte bereits vor dem BImSchG). Der „bauliche Schallschutz zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen durch Fluglärm“ wird stattdessen im **Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluLärmG)** geregelt. Im Jahr 2007 trat das novellierte Fluglärmschutzgesetz für einen verbesserten Schutz der Anwohnerschaft von Flugplätzen in Kraft. Zusätzlich zu einer Absenkung der Grenzwerte wurde neben den beiden Tag-Schutzzonen 1 und 2 auch eine Nacht-Schutzzone ausgewiesen. Das FluLärmG zielt vor allem auf die Regulation der Bebauung und den Anspruch auf Erstattung von Aufwendungen für den vorzusehenden passiven Lärmschutz in den Schutzzonen (ein Anspruch auf Erstattung gilt nur für bestehende Gebäude in der Tag-Schutzzone 1 und in der Nacht-Schutzzone).

Im Januar 2019 legte das BMU den ersten Bericht der Bundesregierung zur Evaluierung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm vor. Er basiert auf dem Fluglärmbericht des UBA aus 2017. In den Empfehlungen der Bundesregierung wurden nicht alle Empfehlungen des UBA übernommen. Dies betrifft z. B. die Empfehlung des UBA, die Schutzzonengrenzwerte zu verschärfen.

Eine Umsetzung der Empfehlungen der Bundesregierung durch eine entsprechende Änderung des Fluglärmgesetzes ist bisher nicht erfolgt.

9.2.3 Landesrecht

Landes-Immissionsschutzgesetze

Die Bundesländer sind weitgehend für den Vollzug des BImSchG zuständig.

Die Landes-Immissionsschutzgesetze dienen zum Schutz vor Luftverunreinigung, Geräuschen und ähnlichen Umwelteinwirkungen. Sie behandeln u. a. das Verhalten

¹⁸⁷ Ein Entwurf zu einer entsprechenden Änderung der TA Lärm wird auf Bundesebene erarbeitet. Dieser noch unter der alten Bundesregierung in 2021 initiierte Vorgang wird vermutlich von der neuen Bundesregierung wieder aufgegriffen werden.

¹⁸⁸ LAUG Position zur Experimentierklausel in der TA Lärm nach den Beschlüssen der UMK und BMK, s. Anlage 2.

von Personen für den Fall einer Verursachung schädlicher Umwelteinwirkungen und spezifizieren die Durchführung des BImSchG bzw. der zugehörigen Rechtsverordnungen, insbesondere werden die für die einzelnen Vollzugsaufgaben jeweils zuständigen Behörden festgelegt.

Im Detail werden Festlegungen zum Schutz der Nachtruhe und zum Nachbarschaftslärm spezifiziert – die Regelungen können in den Bundesländern unterschiedlich ausfallen. Der Hauptfokus liegt u. a. auf der Rücksichtnahme, um schädliche Umwelteinwirkungen zu vermeiden.

Einzelne Landesimmissionsschutzgesetze enthalten auch Angaben zur Hinnahme von üblichem Kinderlärm. Kinderlärm, „als ein Ausdruck kindlicher Entfaltung“, ist im Vergleich zu sonstigen Lärmquellen privilegiert. Dies ist ebenso im BImSchG (§ 22, Änd. 2011) zu finden: Geräuscheinwirkungen, die von Kindertageseinrichtungen, Kinderspielplätzen und ähnlichen Einrichtungen wie beispielsweise Ballspielplätzen durch Kinder hervorgerufen werden, sind im Regelfall keine schädliche Umwelteinwirkung.

Freizeitlärm-Richtlinie

Für Geräusche, verursacht durch Freizeitanlagen, wurde 2015 die Freizeitlärm-Richtlinie der LAI veröffentlicht. Diese konkretisiert die allgemeinen Anforderungen des BImSchG. Sie greift auf die Ermittlungsverfahren der 18. BImSchV und der TA Lärm zurück. Anwendung findet die Freizeitlärmrichtlinie insbesondere bei Freiluftveranstaltungen innerhalb von Zelten (Konzerte, Zirkus, ...) oder im Freien (Freilichtbühnen, Autokino, Rummelplätze, ...) oder Freizeiteinrichtungen, wie etwa Freizeitparks, Badeplätze, Abenteuerspielplätze u. a.. Abweichend zur TA Lärm werden hier die Ruhezeiten bzw. Sonn- und Feiertage nicht anhand eines Zuschlags (von 6 dB) bei der Ermittlung des Beurteilungspegels berücksichtigt, sondern anhand unterschiedlicher Immissionsrichtwerte für Ruhezeiten bzw. Sonn- und Feiertage.

Die Freizeitlärmrichtlinie ist keine gesetzliche Regelung, sondern eine unter den Bundesländern abgestimmte Empfehlung. Einige Bundesländer haben auf dieser Grundlage Freizeitlärm-Erlasse verabschiedet.

9.2.4 Normen, Richtlinien, Hinweise

Schallschutz in der städtebaulichen Planung: DIN 18005-1

Die städtebauliche Planung wird in Deutschland entsprechend BauGB durch die Bauleitplanung geregelt. Entsprechend § 1 Abs. 3 Nr. 1 BauGB sind bei der Aufstellung der Bauleitpläne die allgemeinen Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse zu berücksichtigen und sie sind damit abwägungsrelevant bei der Aufstellung von Flächennutzungs- und Bebauungsplänen.

In den einzelnen Bundesländern wurden dazu die nicht unmittelbar rechtsverbindlichen Regelungen (DIN-Normen) als Bewertungsgrundlage eingeführt. Für den Schallschutz im Städtebau ist die **DIN 18005-1 mit dem zugehörigen Beiblatt 1** maßgeblich. Im Beiblatt 1 werden schalltechnische Orientierungswerte als Zielvorstellungen für die städtebauliche Planung angegeben.

Über § 50 BImSchG, das Rücksichtnahmegebot des § 15 BauNVO für beplante Gebiete und das Erfordernis des Einfügens im unbeplanten Innenbereich sind die Lärmschutzregelungen des Immissionsschutzrechts mittelbar auch bei der städtebaulichen Planung von Bedeutung.

Schallschutz im Hochbau: DIN 4109

Der Schallschutz im Hochbau wird in verschiedenen Normen und Richtlinien behandelt. Hierbei ist die im Januar 2018 neu aufgelegte DIN 4109-1 maßgeblich, worin die Mindestanforderungen an die Schalldämmung von Außenbauteilen je nach vorherrschendem Außenlärmpegel festgelegt werden.

Der Anwendungsbereich der DIN 4109 betrifft neben dem Schutz gegen Geräusche aus fremden Räumen und Geräusche von Anlagen aus demselben Gebäude den Schutz gegen Außenlärm, wobei dieser spezifiziert ist als Verkehrslärm und Gewerbe- und Industrielärm. Die Anforderungen der Norm gelten hingegen nicht für Räumlichkeiten, in welchen durch ihre Nutzung ein ständiger Geräuschpegel von $L_{AF}^{189} \geq 40$ dB(A) vorherrscht. Zudem sind der Schutz vor Fluglärm, soweit dieser bereits durch das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm geregelt ist, sowie der Schutz gegen tieffrequenten Schall, welcher nach der DIN 45680 (1997) beurteilt wird, ausgeschlossen.

VDI 3722-2: Wirkung von Verkehrsgeräuschen

Mit dieser Richtlinie werden Verfahren zur Ermittlung von Kenngrößen beim Einwirken unterschiedlicher Geräuschquellenarten des Verkehrs hinsichtlich Belästigung, Störung und selbst berichteter Gesamtschlafstörung vorgeschlagen sowie Hilfsmittel für die schalltechnische Bewertung von Planungsalternativen bereitgestellt. Die in der Richtlinie niedergelegten Aussagen gelten vor allem für die kombinierte Einwirkung von Verkehrsgeräuschen (Straße und Schiene) auf Wohnbereiche.

An einer Aktualisierung dieser VDI bezüglich einer Gesamtlärbetrachtung wird gearbeitet.¹⁹⁰

¹⁸⁹ Der Schalldruckpegel L_{Af} ist der mit der Frequenzbewertung A und der Zeitbewertung F ("fast") gebildete Wert des Schalldruckpegels.

¹⁹⁰ UBA (Hrsg. 2019): Modell zur Gesamtlärbewertung. Liepert M, Lang J, Möhler U, Schreckenberger D, Benz S, Gillé M, Kurz C, Seidler A, Hegewald J, Schröder M, Stapelfeldt H, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/modell-zur-gesamtlarmbewertung>.

9.2 Regelungen für tieffrequente Geräusche

Der Schutz vor tieffrequenten Geräuschen ist derzeit nur unbefriedigend geregelt.

In der TA Lärm (Nr. 7.3) heißt es: „Für Geräusche, die vorherrschende Energieanteile im Frequenzbereich unter 90 Hz besitzen (tieffrequente Geräusche), ist die Frage, ob von ihnen schädliche Umwelteinwirkungen ausgehen, im Einzelfall nach den örtlichen Verhältnissen zu beurteilen.“ Sie verweist hierzu im Anhang 1.5 auf die DIN 45680 „Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft“ von 1997 und auf die darin enthaltenen Anhaltswerte, die zu unterschreiten sind. Die in der DIN 45680 beschriebene Beurteilungsmethode wird jedoch bereits seit Jahren als unzureichend angesehen. So berücksichtigt sie z. B. keine Frequenzen unterhalb von 8 Hz, obwohl eine Erfassung bis 1 Hz inzwischen messtechnisch leichter möglich ist. Nach TA Lärm ist im Einzelfall jedoch ggf. auch bei niedrigeren Frequenzen als 8 Hz zu messen („...im Einzelfall nach den örtlichen Gegebenheiten zu beurteilen“, s. o.).

Eine alleinige Außenmessung ist zur Überprüfung der Belastung mit tieffrequenten Geräuschen im Innenraum nicht ausreichend, da die Schallpegeldifferenz Außen/Innen in diesem Frequenzbereich nicht gut bekannt ist und auch Resonanzen im Raum auftreten können. Entsprechend hat nach DIN 45680 eine messtechnische Ermittlung der Immissionen innerhalb von Aufenthaltsräumen zu erfolgen.

Eine Neufassung der DIN 45680 befindet sich in der Überarbeitung, mit Vorlage dieses Berichts war dies noch nicht abgeschlossen. Eine Entwurfsversion liegt vor (DIN 45680:2020-06-Entwurf).

10. Kernforderungen der LAUG für den umweltbezogenen Gesundheitsschutz

Grundsätzlich sollten aus Sicht des Gesundheitsschutzes neueste Erkenntnisse aus der Lärmwirkungsforschung im gesetzlichen Regelwerk zum Lärmschutz stärker und zeitnäher berücksichtigt werden. Die derzeitigen Gesetze und Verordnungen gewähren einen nur unzureichenden Schutz vor lärmbedingten Krankheiten. Die folgenden Kernaussagen fassen die wichtigsten Vorschläge und Forderungen aus gesundheitlicher Sicht zusammen:

- ➔ Festsetzung von Lärmgrenzen sind stärker am vorsorgenden Gesundheitsschutz auszurichten.
- ➔ Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung müssen stärker und schneller Eingang in die Lärmschutzregelungen finden. Die Zielwerte der WHO (Night Noise Guidelines 2009 und die Leitlinien-Werte 2018) sollten als Orientierung zur Formulierung von Anforderungen an den Lärmschutz dienen.
- ➔ Die bislang als Gefahrenschwelle herangezogenen Lärmpegel von 70 dB(A) tags und 60 dB(A) nachts müssen kurzfristig mindestens um 5 dB und mittelfristig, sobald wie möglich, um 10 dB gesenkt werden (z. B. in der 16. BImSchV). Die bislang als Gefahrenschwelle herangezogenen Werte übersteigen deutlich das relative Risiko, straßenverkehrslärmbedingt an einer ischämischen Herzkrankheit zu erkranken. Hierbei handelt es sich bezüglich des L_{den} um den Zusammenhang mit der höchsten Evidenz.
- ➔ Die Berücksichtigung von wirkungsbasierten Maximalpegelkriterien, insbesondere nachts, ist bei der Lärmbewertung unabdingbar, nicht nur in der Umgebung von Flughäfen, sondern auch beim Schienenverkehr, damit die tatsächliche Qualität der Einwirkung von Lärm auf den Menschen berücksichtigt wird. Vorliegende Untersuchungen und Entwürfe sollen weiter entwickelt und in die Regulation aufgenommen werden.
- ➔ Die wirkungsbasierte Erfassung und Berücksichtigung des Gesamtlärms, der auf Menschen einwirkt, muss methodisch weiter entwickelt und in die gesetzlichen Regelungen aufgenommen werden.
- ➔ Der Verlärmung von Außenbereichen in bewohnten Gebieten muss Einhalt geboten werden und der Wert der Ruhe und Erholung einen deutlich höheren Stellenwert erhalten. Hierfür ist es wichtig, dass als Hauptkriterium der Lärmbewertung der Außenlärmpegel gilt. Bestrebungen, den Lärmschutz mehr und mehr auf den Innenbereich zu beschränken, müssen abgelehnt werden.
- ➔ Tieffrequenter Schall muss methodisch geeignet erfasst und ausreichend reguliert werden. (Vorgaben für Geräte und Anlagen sowie geeignete Beurteilungsverfahren sind einzuführen.)

- ➔ Die Schaffung von Ruheinseln, von ruhigen Gebieten im öffentlichen Raum, die eine zeitweilige Erholung vom Lärm ermöglichen, muss in der Stadtentwicklung ausreichend Berücksichtigung finden.
- ➔ Mit der Verdichtung der Siedlungsräume und aufgrund der unterschiedlichen Nutzungsansprüche an die nur begrenzt zur Verfügung stehenden Flächen ergeben sich Zielkonflikte, deren Lösung nicht zu Lasten der Gesundheit der Betroffenen führen dürfen.
- ➔ Lärm ist vorrangig mittels Planung und Organisation bereits vor seiner Entstehung zu vermeiden (z. B. Verkehrswende-Konzepte, bessere Vernetzung der Lärmaktionsplanung mit anderen raumordnerischen Planungen) und nicht erst nachträglich durch Lärminderungsmaßnahmen zu bekämpfen.
- ➔ Aktiven Schallschutzmaßnahmen ist unbedingter Vorrang einzuräumen. Nur in Ausnahmefällen sollten für die Einhaltung vorgeschriebener Lärmpegelwerte passive Schutzmaßnahmen ergänzend zu Hilfe genommen werden dürfen. Der Einsatz passiver Schallschutzmaßnahmen als letztes Mittel muss immer gut begründet, nachvollziehbar und transparent sein.
- ➔ Die Verantwortung für den Lärmschutz darf nicht auf Betroffene verlagert werden (bspw. mittels passiver Schalldämmmaßnahmen). Grundsätzlich gelten das Verursacherprinzip und die Vorsorge durch vorausschauende Planung (z. B. bei heranrückender Bebauung/ Nachverdichtung).
- ➔ Beim Umgang mit nicht vermeidbaren Lärmbelastungen, in der Planung und bei der Schaffung von Ruheinseln/ ruhigen Gebieten sind auch soziale Aspekte (Umweltgerechtigkeit) zu beachten.

11. Literaturverzeichnis

(Der letzte Zugriff auf die Literaturstellen im Internet (www-Angaben) erfolgte überwiegend bis zum 02.12.2021.)

- ALD (Arbeitsring Lärm der Deutschen Gesellschaft für Akustik e. V.) (2021): Broschüren und andere Veröffentlichungen, <https://www.ald-laerm.de/publikationen/broschueren-und-andere-veroeffentlichungen>.
- ALD (2021): Straßenverkehrslärm. Eine Hilfestellung für Betroffene, 2. Auflage, https://www.ald-laerm.de/fileadmin/ald-laerm.de/Publikationen/Druckschriften/ALD-Broschuere_Strassenverkehrslaerm_2021.pdf.
- ALD (2021): Sell and Buy Quiet, <https://www.ald-laerm.de/themen/sell-and-buy-quiet>.
- Arand M (2019): Autos, Flugzeuge, Züge: Wie Lärm Diabetes fördert, in: Medical Tribune, <https://www.medical-tribune.de/medizin-und-forschung/artikel/autos-flugzeuge-zuege-wie-laerm-diabetes-foerdert/>.
- Babisch W, Guski R, Ising H, Maschke C, Myck T, Niemann H, Speng M (2014): VII -1 Lärm, in: Wichmann H-E, Fromme H (Hrsg.): Handbuch der Umweltmedizin, Loseblattwerk, ecomed medizin.
- Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, Stansfeld S (2014): Auditory and non-auditory effects of noise on health, in: The Lancet, Bd. 383, Nr. 9925, doi:10.1016/s0140-6736(13)61613-x, S. 1325–1332.
- Basner M, Isermann U, Samel A (2005): Die Umsetzung der DLR-Studie in einer lärmmedizinischen Beurteilung für ein Nachtschutzkonzept, in: Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Bd. 52, Nr. 4, S. 109–123.
- Basner M, McGuire S (2018): WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and effects on sleep, in: Int J Environ Res Public Health 15(3):519.
- Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz, Hamburg (2018): Gesundheitliche Auswirkungen von Umweltlärm. Aktuelle Entwicklungen in der Lärmwirkungsforschung, <https://www.hamburg.de/contentblob/11263366/ab77dc6821ff738cbdc5e39a83fbf91/data/umweltlaerm-gesundheit-download.pdf>.
- Bericht der Arbeitsgruppe „Discothekenlärm“ (2004): Optionen zum Schutz des Publikums von Veranstaltungen (einschließlich Diskotheken) vor gehörgefährdenden Schalleinwirkungen. Im Auftrag der LAUG, der LAI und des LASI, https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/lai_schutz_publikum_schalleinwirkungen_1503576070.pdf.
- Bernhardt C (2017): Zur widersprüchlichen Geschichte der »autogerechten Stadt«. Längst beerdigt und doch quicklebendig. Zeithistorische Forschungen/Studies in Contemporary History 14, S. 526-540, https://doks.zeitgeschichte-digital.de/doks/frontdoor/deliver/index/docId/1076/file/ZF_3_2017_526_540_Bernhardt.pdf.

- Beutel ME, Jünger C, Klein E, Wild PS, Lackner KJ, Blettner M, Binder H, Micha M, Wiltink J, Brähler E, Münzel T (2016): Noise Annoyance is Associated With Depression and Anxiety in the General Population - the Contribution of Aircraft Noise, in: *Journal of Psychosomatic Research*, Bd. 85, doi:10.1016/j.jpsychores.2016.03.138, S. 56–57.
- Brink M, Schäffer B, Vienneau D, Foraster M, Pieren R, Eze IC, Cajochen C, Probst-Hensch N, Rösli M, Wunderli J-M (2019): A survey on exposure-response relationships for road, rail, and aircraft noise annoyance: Differences between continuous and intermittent noise, in: *Environment International*, Bd. 125, S. 277–290, <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/21/4186>.
- Brown A, van Kamp I (2017): WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review of Transport Noise Interventions and Their Impacts on Health, in: *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Bd. 14, Nr. 8, doi:10.3390/ijerph14080873, S. 873.
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Arbeitsschutzausschüsse (2021): Technische Regeln für Arbeitsstätten A3.7 „Lärm“, https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/pdf/ASR-A3-7.pdf?__blob=publicationFile&v=3.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (o. D.): Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen 2017 – 2018 – 2019, [Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen 2017 - 2018 - 2019 \(bmvi.de\)](https://www.bmvi.de/SharedDocs/Statistik/DE/Laermschutz/Laermschutz-an-Bundesfernstraessen-2017-2018-2019.pdf?__blob=publicationFile&v=3).
- Chittka L, Brockmann A (2005): Perception Space—The Final Frontier, in: *PLoS Biology*, Bd. 3, Nr. 4, doi:10.1371/journal.pbio.0030137, S. e137.
- Claßen T (2013): Lärm macht krank – Gesundheitliche Wirkungen von Lärmbelastungen in Städten, *Informationen zur Raumentwicklung*, 3, 223-234, https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/izr/2013/3/Inhalt/DL_Classen.pdf?__blob=publicationFile&v=3.
- Claßen T, Bunz M (2018): Einfluss von Naturräumen auf die Gesundheit – Evidenzlage und Konsequenzen für Wissenschaft und Praxis, in: *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, Bd. 61, Nr. 6, doi:10.1007/s00103-018-2744-9, S. 720–728.
- Clark C, Paunovic K (2017): WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cognition, <https://dx.doi.org/10.3390/ijerph15020285>.
- Dang-Vu TT, Schabus M, Desseilles M, Sterpenich V, Bonjean M, Maquet P (2010): Functional Neuroimaging Insights into the Physiology of Human Sleep, in: *Sleep*, Bd. 33, Nr. 12, doi:10.1093/sleep/33.12.1589, S. 1589–1603.
- Difu – Deutsches Institut für Urbansitik (2020): Umweltgerechtigkeit – Strategiepapier und Good-Practice, <https://difu.de/projekte/umweltgerechtigkeit-strategiepapier-und-good-practice>.
- Dreger S, Schüle S, Hilz L, Bolte G (2019): Social Inequalities in Environmental Noise Exposure: A Review of Evidence in the WHO European Region, in: *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Bd. 16, Nr. 6, doi:10.3390/ijerph16061011, S. 1011.

- Dzhambov AM, Markevych I, Hartig T, Tilov B, Arabadzhiev Z, Stoyanov D, Gatseva P, Dimitrova DD (2018): Multiple pathways link urban green- and bluespace to mental health in young adults, in: Environmental Research, Bd. 166, doi:10.1016/j.envres.2018.06.004, S. 223–233.
- EBA (Eisenbahn-Bundesamt)- Fachmitteilungen - Lärm-Monitoring Jahresbericht (2020), in: Eisenbahn-Bundesamt, https://www.eba.bund.de/SharedDocs/Fachmitteilungen/DE/2021/19_2021_Laerm-Monitoring_Jahresbericht_2020_veroeffentlicht.html.
- EBA Internetseite zum Lärm-Monitoring, Schallmessungen im Schienenverkehr (o. D), <https://www.laerm-monitoring.de/>.
- EEA – European Environment Agency (2014): Good practice guide on quiet areas, <https://www.eea.europa.eu/publications/good-practice-guide-on-quiet-areas>.
- EEA (2016): Quiet areas in Europe — The environment unaffected by noise pollution, <https://www.eea.europa.eu/publications/quiet-areas-in-europe>.
- EEA (2019): Germany noise fact sheet, <https://www.eea.europa.eu/themes/human/noise/noise-fact-sheets/noise-country-fact-sheets-2019/germany>.
- EEA (2019): Environmental noise in Europe — 2020, <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe>.
- Elmenhorst E-M, Griefahn B, Rolny V, Basner M (2019): Comparing the Effects of Road, Railway, and Aircraft Noise on Sleep: Exposure–Response Relationships from Pooled Data of Three Laboratory Studies, in: International Journal of Environmental Research and Public Health, Bd. 16, Nr. 6, doi:10.3390/ijerph16061073, S. 1073.
- EU Kommission (2021): Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen auf dem Weg zu einem gesunden Planeten für alle. EU-Aktionsplan: „Schadstofffreiheit von Luft, Wasser und Boden“ COM/2021/400 final, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0400&qid=1630668654576>.
- EU Richtlinie 2002/49/EG. Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm (Umgebungslärmrichtlinie 2002): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0049&from=DE>.
- Eze IC, Foraster M, Schaffner E, Vienneau D, Héritier H, Rudzik F, Thiesse L, Pieren R, Imboden M, von Eckardstein A, Schindler C, Brink M, Cajochen C, Wunderli J-M, Rösli M, Probst-Hensch N (2017): Long-term exposure to transportation noise and air pollution in relation to incident diabetes in the SAPALDIA study, in: International Journal of Epidemiology, Bd. 46, Nr. 4, S. 1115–1125, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5837207/>.
- Eze IC, Foraster M, Schaffner E, Vienneau D, Pieren R, Imboden M, Wunderli J-M, Cajochen C, Brink M, Rösli M, Probst-Hensch N (2020): Incidence of depression in relation to transportation noise exposure and noise annoyance in the SAPALDIA study, in: Environment International, Bd. 144, doi:10.1016/j.envint.2020.106014, S. 106014.

- Fields JM, de Jong RG, Gjestland T, Flindell IH, Job RFS, Kurra S, Lercher P, Vallet M, Yano T, Guski R, Felscher-Suhr U, Schumer R (2001): Standardized General-Purpose Noise Reaction Questions for Community Noise Surveys: Research and a Recommendation, in: *Journal of Sound and Vibration*, Bd. 242, Nr. 4, doi:10.1006/jsvi.2000.3384, S. 641–679.
- Foraster M, Eze IC, Vienneau D, Brink M, Cajochen C, Caviezel S, Héritier H, Schaffner E, Schindler C, Wanner M, Wunderli J-M, Röösli M, Probst-Hensch N (2016): Long-term transportation noise annoyance is associated with subsequent lower levels of physical activity, in: *Environmental International*, Bd. 91, doi:10.1016/j.envint.2016.03.011, S. 341–349, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27030897/>.
- Foraster M, Eze IC, Schaffner E, Vienneau D, Héritier H, Endes S, Rudzik F, Thiesse L, Pieren R, Schindler C, Schmidt-Trucksäss A, Brink M, Cajochen C, Wunderli J-M, Röösli M, Probst-Hensch N (2017): Exposure to Road, Railway, and Aircraft Noise and Arterial Stiffness in the SAPALDIA Study: Annual Average Noise Levels and Temporal Noise Characteristics, in: *Environmental Health Perspectives*, Bd. 125, Nr. 9, 2017, doi:10.1289/ehp1136, S. 097004.
- Gascon M, Zijlema W, Vert C, White MP, Nieuwenhuijsen MJ (2017): Outdoor blue spaces, human health and well-being: A systematic review of quantitative studies, in: *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, Bd. 220, Nr. 8, doi:10.1016/j.ijheh.2017.08.004, S. 1207–1221.
- Gemeinsame AG BMK/UMK zu Zielkonflikten zwischen Innenentwicklung und Immissionsschutz (Lärm und Gerüche), Abschlussbericht 24.09.2020, 3.1, S. 7. Der Abschnitt 3.5.1 behandelt den Schutz des Außenbereichs, S. 7, https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/bericht-zu-top-26_1607084603.pdf.
- Gidlöf-Gunnarsson A, Öhrström E (2010): Attractive „Quiet“ Courtyards: A Potential Modifier of Urban Residents' Responses to Road Traffic Noise?, in: *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Bd. 7, Nr. 9, doi:10.3390/ijerph7093359, S. 3359–3375.
- Guski R, Schreckenber D, Schuemer R (2017): WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance, in: *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Bd. 14, Nr. 12, doi:10.3390/ijerph14121539, S. 1539.
- Hahad O, Beutel ME, Gori T, Schulz A, Blettner M, Pfeiffer N, Rostock T, Lackner K, Sørensen M, Prochaska JH, Wild PS, Münzel T (2018): Annoyance to different noise sources is associated with atrial fibrillation in the Gutenberg Health Study, in: *International Journal of Cardiology*, Bd. 264, doi:10.1016/j.ijcard.2018.03.126, S. 79–84.
- Hahad O, Beutel ME, Gilan DA, Michal M, Daiber A, Münzel T (2020): Auswirkungen von Umweltrisikofaktoren wie Lärm und Luftverschmutzung auf die psychische Gesundheit: Was wissen wir?, in: *DMW - Deutsche Medizinische Wochenschrift*, Bd. 145, Nr. 23, S. 1701–1707, <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/a-1201-2155>.

- Hahad O, Kröller-Schön S, Daiber A, Münzel T (2019): The Cardiovascular Effects of Noise, in: Deutsches Aerzteblatt Online, Bd. 116, doi:10.3238/arztebl.2019.0245, S. 245–250.
- Hahad O, Beutel M, Michal M, Schulz A, Pfeiffer N, Gianicolo E, Lackner K, Wild P, Daiber A, Münzel T (2021): Lärmbelastigung in der deutschen Allgemeinbevölkerung Prävalenz und Determinanten in der Gutenberg-Gesundheitsstudie, in: Herz, https://www.researchgate.net/publication/353900487_Larmbelastigung_in_der_deutschen_Allgemeinbevölkerung_Pravalenz_und_Determinanten_in_der_Gutenberg-Gesundheitsstudie.
- Hänninen O, Knol AB, Jantunen M, Lim T-A, Conrad A, Rappolder M, Carrer P, Fanetti A-C, Kim R, Buekers J, Torfs R, Iavarone I, Claßen T, Hornberg C, Mekel OCL (2014): Environmental Burden of Disease in Europe: Assessing Nine Risk Factors in Six Countries, in: Environmental Health Perspectives, Bd. 122, Nr. 5, doi:10.1289/ehp.1206154, S. 439–446.
- Hartig T, Mitchell R, de Vries S, Frumkin H (2014): Nature and health, in: Annu Rev Public Health, 35:207-28, <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-publhealth-032013-182443>.
- Hegewald J, Schubert M, Freiberg A, Starke KR, Augustin F, Riedel-Heller SG, Zeeb H, Seidler A (2020): Traffic Noise and Mental Health: A Systematic Review and Meta-Analysis, in: International Journal of Environmental Research and Public Health, Bd. 17, Nr. 17, doi:10.3390/ijerph17176175, S. 6175.
- Heinz Nixdorf Recall Studie (2018): Home, in: Heinz Nixdorf Recall MehrGenerationenStudie, <https://www.uni-due.de/recall-studie/>.
- Hellbrück J, Guski R (2018): Lauter Schall: Wie Lärm in unser Leben eingreift, Darmstadt, Deutschland: wbg Academic in Wissenschaftliche Buchgesellschaft (WBG).
- Héritier H, Vienneau D, Foraster M, Eze IC, Schaffner E, de Hoogh K, Thiesse L, Rudzik F, Habermacher M, Köpfli M, Pieren R, Brink M, Cajochen C, Wunderli J-M, Probst-Hensch N, Röösli M (2018): A systematic analysis of mutual effects of transportation noise and air pollution exposure on myocardial infarction mortality: a nationwide cohort study in Switzerland, in: European Heart Journal, Bd. 40, Nr. 7, S. 598–603.
- Institut für Public Health und Pflegeforschung der Universität Bremen (IPP Bremen) (2014). Heft 12/2014, http://www.ipp.uni-bremen.de/uploads/Downloads/IPP_Info/IPP_info_no12_rz_online.pdf.
- Jarup L, Babisch W, Houthuijs D, Pershagen G, Katsouyanni K, Cadum E, Dudley M-L, Savigny P, Seiffert I, Swart W, Breugelmans O, Bluhm G, Selander J, Haralabidis A, Dimakopoulou K, Sourtzi P, Velonakis M, Vigna-Taglianti F (2008): Hypertension and Exposure to Noise Near Airports: the HYENA Study, in: Environmental Health Perspectives, Bd. 116, Nr. 3, S. 329–333, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18335099/>.
- Klatte M, Bergström K, Spilski J (2014): Wirkungen chronischer Fluglärmbelastung auf kognitive Leistungen und Lebensqualität bei Grundschulkindern, in: Gemeinnützige Umwelthaus gGmbH (Hrsg.): NORAH (Noise related annoyance cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld, Band 1. Kelsterbach.

- Kohrman CD, Wan G, Cassinotti L, Corfas G (2019): Hidden Hearing Loss: A Disorder with Multiple Etiologies and Mechanisms, in: Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine, Bd. 10, Nr. 1, doi:10.1101/cshperspect.a035493, S. a035493.
- Krahé D (2014): Geräuschqualität von Anlagen der erneuerbaren Energien im Spannungsfeld mit dem modernen Wohnungsbau, in: Lärmbekämpfung, Bd. 9 Nr. 2, 93-96.
- LAI-Hinweise zur Auslegung der TA Lärm (Fragen und Antworten zur TA Lärm) in der Fassung des Beschlusses zu TOP 9.4 der 133. LAI-Sitzung am 22. Und 23. März 2017, Aktualisierte_Hinweise_TA_Laerm.doc, <https://www.lai-immissionsschutz.de/>.
- Laußmann D, Haftenberger M, Lampert T, Scheidt-Nave C (2013): Soziale Ungleichheit von Lärmbelästigung und Straßenverkehrsbelastung, in: Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, Bd. 56, Nr. 5–6, doi:10.1007/s00103-013-1668-7, S. 822–831.
- Liberman MC (2017): Noise-induced and age-related hearing loss: new perspectives and potential therapies, in: F1000Research, Bd. 6, doi:10.12688/f1000research.11310.1, S. 927.
- LUBW - Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg., 2020): Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen (2016, 3. Auflage 2020), <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/84558>.
- Memorandum „Lärm und seine Auswirkungen auf die Gesundheit“, Ergebnis der Marwein-Runde am 21.02.2019, https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/PM_Anhang/190222_Laerm_LPK_PM_Anhang_Memorandum_of_Understanding.pdf.
- Miedema HM, Oudshoorn CG (2001): Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals, in: Environmental Health Perspectives, Bd. 109, Nr. 4, doi:10.1289/ehp.01109409, S. 409–416.
- Miedema HM, Vos H (2007): Associations between self-reported sleep disturbance and environmental noise based on reanalyses of pooled data from 24 studies, in: Behav Sleep Med, 5(1):1–20.
- Moorehouse A, Waddington D, Adams M (2005): Proposed criteria for the assessment of low frequency noise disturbance: Project Report, Manchester, GB: Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- Moorehouse A, Waddington D, Adams M (2009): A procedure for the assessment of low frequency noise complaints, in: The Journal of the Acoustical Society of America, Bd. 126, Nr. 3, doi:10.1121/1.3180695, S. 1131–1141.
- Müller U, Aeschbach D, Elmenhorst E-M, Mendolia F, Quehl J, Hoff A, Rieger I, Schmitt S, Littel W (2015): Fluglärm und nächtlicher Schlaf, in: Guski R, Schreckenberger D (Koord.): NORAH (Noise related annoyance cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld, Band 4. Kelsterbach, http://www.laermstudie.de/fileadmin/files/Laermstudie/Schlafstudie_Wiss_Ergebnisbericht.pdf.

- Münzel T, Kröller-Schön S, Oelze M, Gori T, Schmidt FP, Steven S, Hahad O, Rööslı M, Wunderli J-M, Daiber A, Sørensen M (2020): Adverse Cardiovascular Effects of Traffic Noise with a Focus on Nighttime Noise and the New WHO Noise Guidelines, in: Annual Review of Public Health, Bd. 41, Nr. 1, doi:10.1146/annurev-publhealth-081519-062400, S. 309–328.
- NORAH (Noise-Related Annoyance, Cognition, and Health) - Studie (2010er Jahre) mit fünf Teilstudien zur Lebensqualität, zu Krankheitsrisiken, zum Blutdruck, zum Schlaf (siehe in diesem Verz.: Müller et al., 2015), zur kognitiven Entwicklung bei Kindern, (siehe ferner in diesem Verz.: Seidler et al., 2015), <http://www.laermstudie.de/>.
- Öhrström E, Skånberg A, Svensson H, Gidlöf-Gunnarsson A (2006): Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness, in: Journal of Sound and Vibration, Bd. 295, Nr. 1–2, doi:10.1016/j.jsv.2005.11.034, S. 40–59.
- Osborne MT, Radfar A, Hassan MZO, Abohashem S, Oberfeld B, Patrich T, Tung B, Wang Y, Ishai A, Scott JA, Shin LM, Fayad ZA, Koenen KC, Rajagopalan S, Pitman RK, Tawakol A (2019): A neurobiological mechanism linking transportation noise to cardiovascular disease in humans, in: European Heart Journal, Bd. 41, Nr. 6, doi:10.1093/eurheartj/ehz820, S. 772–782.
- Penzel T, Krämer U, Höger R, Zimmermann S, Wichmann H-E (2020): VIII – 7.1 Gesundheitsrisiken durch Fluglärm, in: Wichmann H-E, Fromme H (Hrsg.): Handbuch der Umweltmedizin, Loseblattwerk, ecomed medicin.
- RKI – Robert Koch-Institut (2014): GEDA - Gesundheit in Deutschland: Ergebnisbericht GEDA 2012, <https://www.geda-studie.de/de/deutsch/ergebnisse/geda-2012.html>.
- Rööslı M, Wunderli J-M, Brink M, Cajochen C, Probst-Hensch N (2019): Die SiRENE-Studie, in: Swiss Medical Forum – Schweizerisches Medizin-Forum, https://edoc.unibas.ch/71523/1/20190725151216_5d39aab0583d0.pdf.
- Saß AC, Niemann H, Straff W, Bunz M (2020): Health and the City, in: Bundesgesundheitsbl.63(8):925–927.
- Saucy A, Schäffer B, Tangermann L, Vienneau D, Wunderli J-M, Rööslı M (2020): Does night-time aircraft noise trigger mortality? A case-crossover study on 24 886 cardiovascular deaths, in: European Heart Journal, Bd. 42, Nr. 8, doi:10.1093/eurheartj/ehaa957, S. 835–843.
- Schlattjan JH, Eberwein G, Nehring R, Scheler I, Witten J (2014): Gesundheitliche Auswirkungen von Bahnlärm - Aktueller Stand in der wissenschaftlichen Literatur. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz; Hessisches Ministerium für Soziales und Integration; Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/umwelt/Laerm/bahnlaerm_bericht_endversion_150522.pdf.
- Schreckenbergr D (2011): Akzeptanz und Nutzung passiver Schallschutzmaßnahmen (Schallschutzfenster, Belüftungsvorrichtungen). DAGA, Düsseldorf, http://pub.dega-akustik.de/DAGA_2011/data/articles/000439.pdf.

- Schulte-Fortkamp B, Fiebig A, Schreckenberger D, Bonacker M, Baumer E (2019): Fragen und Antworten zu den neuen WHO-Leitlinien für Umgebungslärm, in: Akustik Journal, Bd. 02, S. 22–32, https://www.dega-akustik.de/fileadmin/dega-akustik.de/publikationen/akustik-journal/19-02/akustik_journal_2019_02_online.pdf.
- Seidler A, Wagner M, Schubert M, Dröge P, Hegewald J (2016): Sekundärdatenbasierte Fallkontrollstudie mit vertiefender Befragung, in: Gemeinnützige Umwelthaus GmbH (Hrsg.): NORAH (Noise related annoyance cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld, Band 6. Kelsterbach, http://www.laermstudie.de/fileadmin/files/Laermstudie/NORAH-Fallkontrollstudie_Endbericht_16mai12_Auflage_2.pdf.
- Seidler A, Hegewald J, Seidler AL, Schubert M, Zeeb H (2019): Is the Whole More Than the Sum of Its Parts? Health Effects of Different Types of Traffic Noise Combined, in: International Journal of Environmental Research and Public Health, Bd. 16, Nr. 9, doi:10.3390/ijerph16091665, S. 1665.
- Seidler A, Hegewald J, Schubert M, Popp C, Moebus S (2020): Auswirkungen lärmindernder Maßnahmen auf die Häufigkeit von Lärmbelästigung, Schlafstörungen und Herz-Kreislauf-Erkrankungen – eine Modellrechnung, in: Das Gesundheitswesen, Bd. 83, Nr. 05, doi:10.1055/a-1082-0809, S. 398–408.
- Seligman M (1975): Helplessness: On Depression, Development and Death, San Francisco, USA: W.H.Freeman & Co Ltd.
- Shepherd D, Welch D, Dirks K, McBride D (2013): Do Quiet Areas Afford Greater Health-Related Quality of Life than Noisy Areas?, in: International Journal of Environmental Research and Public Health, Bd. 10, Nr. 4, doi:10.3390/ijerph10041284, S. 1284–1303.
- SIRENE-Lärmstudie (2014 – 2020): <http://www.sirene-studie.ch/>.
- Sørensen M, Andersen ZJ, Nordsborg R, Becker T, Tjønneland A, Overvad K, Raaschou-Nielsen O (2013): Long-Term Exposure to Road Traffic Noise and Incident Diabetes: A Cohort Study, in: ISEE Conference Abstracts, Bd. Nr. 1, S. 5777, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3569689/>.
- Sørensen M, Poulsen AH, Hvidtfeldt UA, Münzel T, Thacher JD, Ketzel M, Brandt J, Christensen JH, Levin G, Raaschou-Nielsen O (2021): Transportation noise and risk of stroke: a nationwide prospective cohort study covering Denmark, in: International Journal of Epidemiology, Bd. 50, Nr. 4, doi:10.1093/ije/dyab024, S. 1147–1156.
- SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2018): Wohnungsneubau langfristig denken - Für mehr Umweltschutz und Lebensqualität in den Städten. Stellungnahme, Hornberger C, Niekisch M, Calliess C, Kemfert C, Lucht W, Messari-Becker L, Rotter S, https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2016_2020/2018_11_Stellungnahme_Wohnungsneubau.html.

- SRU (2020): Umweltgutachten 2020: Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa. Kapitel 5: Weniger Verkehrslärm für mehr Gesundheit und Lebensqualität. Hornberg C, Niekisch M, Calliess C, Kemfert C, Lucht W, Messari-Becker L, Rotter S,
https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2016_2020/2020_Umweltgutachten_Kap_05_Weniger_Verkehrslaerm.pdf?__blob=publicationFile&v=4.
- Stansfeld S, Clark C (2015): Health effects of noise exposure in children, in: Curr. Environ. Health Rep. 2015, 2, 171–178.
- Stansfeld SA, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrio I, Fischer P, Öhrström E, Haines MM, Head J, Hygge S, van Kamp I, Berry BF (2005): Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study, in: The Lancet, Bd. 365, Nr. 9475, doi:10.1016/s0140-6736(05)66660-3, S. 1942–1949.
- TA Lärm, Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm 2017),
https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_26081998_IG19980826.htm.
- Tobollik M, Hintzsche M, Wothge J, Myck T, Plass D (2019): Burden of Disease Due to Traffic Noise in Germany, in: International Journal of Environmental Research and Public Health, Bd. 16, Nr. 13, doi:10.3390/ijerph16132304, S. 2304.
- Traidl-Hoffmann C, Trippel K (2021): Überhitzt: Die Folgen des Klimawandels für unsere Gesundheit. Was wir tun können, 1. Aufl., Berlin, Deutschland: Duden.
- Tran MC (2018): Walkability als ein Baustein gesundheitsförderlicher Stadtentwicklung und –gestaltung, in: Baumgart S, Köckler H, Ritzinger A et al. (Hrsg.): Planung für gesundheitsfördernde Städte. Forschungsbericht der ARL 08, https://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/fb/fb_008/23_walkability_stadtentwicklung.pdf.
- Treichel J, Steindorf A (2019): Entwicklung eines Konzeptes zur Gesamtlärbewertung, in: UBA (Hrsg): UMID (Umwelt+Gesundheit Informationsdienst) Nr 2/2019,
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/publikationen/umid-02-19-konzept-gesamtlarmbewertung_0.pdf.
- UBA - Interdisziplinärer Arbeitskreis für Lärmwirkungsfragen beim Umweltbundesamt (1985): Die Beeinträchtigung der Kommunikation durch Lärm. Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 32, 95-99.
- UBA – Umweltbundesamt (Hrsg. 2010): Risikofaktor nächtlicher Fluglärm, in: Umweltbundesamt. Greiser E, Greiser C,
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/risikofaktor-naechtlicher-fluglaerm>.
- UBA – (2013): Position: Kurzfristig kaum Lärminderung durch Elektroautos, in: Umweltbundesamt,
<https://www.umweltbundesamt.de/dokument/kurzfristig-kaum-laermminderung-durch-elektroautos>.
- UBA (Hrsg. 2013): Quantifizierung der Auswirkungen verschiedener Umweltbelastungen auf die Gesundheit der Menschen in Deutschland unter Berücksichtigung der Bevölkerungsbezogenen Expositionsermittlung (Verteilungsbasierte Analyse Gesundheitlicher Auswirkungen von Umwelt-Stressoren, Vegas), in: Umweltbundesamt. Hornberg C, Claßen T, Steckling N, Samson R, McCall T, Tobollik

- M, Mekel OCL, Terschüren C, Schillmöller Z, Popp J, Paetzelt G, Schümann M, <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/quantifizierung-der-auswirkungen-verschiedener>.
- UBA (Hrsg. 2014): Lärmwirkungen von Straßenverkehrsgeräuschen - Auswirkungen eines lärmarmen Fahrbahnbelages. in: Umweltbundesamt. Wende H, Ortscheid J, Hintzsche M, <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3047.pdf>.
- UBA (Hrsg. 2014): Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall. Entwicklung von Untersuchungsdesigns für die Ermittlung der Auswirkungen von Infraschall auf den Menschen durch unterschiedliche Quellen. Krahe D, Schreckenber D, Ebner F, Eulitz C, Möhler U: Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall, Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall.
- UBA Internetseite Umweltbedingte Krankheitslasten (2016): <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/belastung-des-menschen-ermitteln/umweltbedingte-krankheitslasten>.
- UBA (Hrsg. 2019): Umsetzung einer integrierten Strategie zu Umweltgerechtigkeit – Pilotprojekt in deutschen Kommunen, Umsetzung einer integrierten Strategie zu Umweltgerechtigkeit – Pilotprojekt in deutschen Kommunen, in: Umweltbundesamt. Böhme C, Franke T, Preuß T, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umsetzung-einer-integrierten-strategie-zu>.
- UBA (Hrsg. 2019): Modell zur Gesamtlärbewertung, in: Umweltbundesamt. Liepert M, Lang J, Möhler U, Schreckenber D, Benz S, Gillé M, Kurz C, Seidler A, Hegewald J, Schröder M, Stapelfeldt H, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/modell-zur-gesamtlaermbewertung>.
- UBA (Hrsg. 2019): WHO-Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region. Lärmfachliche Bewertung der neuen Leitlinien der Weltgesundheitsorganisation für Umgebungslärm für die europäische Region, in: Umweltbundesamt. Wothge J, <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/who-leitlinien-fuer-umgebungslaerm-fuer-die>.
- UBA (Hrsg. 2019): Umgebungslärmrichtlinie: Vernetzung von Planungsebenen bei der Lärmaktionsplanung, in: Umweltbundesamt. Heinrichs E, Janßen A, Leben J, Rath S, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-09-17_texte_112-2019_umgebungslaermrichtlinie_0.pdf.
- UBA (Hrsg. 2019): Umsetzung einer integrierten Strategie zu Umweltgerechtigkeit – Pilotprojekt in deutschen Kommunen, in: Umweltbundesamt. Böhmke C, Franke T, Preuß T, <https://www.umweltbundesamt.de/forschungs-praxis-projekt-pilotprojekt-in-deutschen#umsetzung-einer-integrierten-strategie-zu-umweltgerechtigkeit-pilotprojekt-in-deutschen-kommunen>.
- UBA (Hrsg. 2019): Ruhige Gebiete. Eine Fachbroschüre für die Lärmaktionsplanung, in: Umweltbundesamt. Heinrichs E, Leben J, Cancik P, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/181005_uba_fb_ruhigegebiete_bf_150.pdf.
- UBA Internetseite Straßenverkehrslärm (2020), <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr->

[laerm/verkehrslaerm/strassenverkehrslaerm#welche-faktoren-haben-einen-einfluss-auf-den-strassenverkehrslarm.](#)

UBA (Hrsg. 2020): Gesundheitliche Belastungen durch Umweltverschmutzung und Lärm – Ergebnisse der Umweltbewusstseinsstudien, in: Umweltbundesamt, Fact Sheet.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2378/dokumente/ubs-2018-factsheet-gesundheitliche_belastungen_laerm_barrierefrei.pdf

UBA (Hrsg. 2020): Gute Praxisbeispiele kompakter lärmarmen Quartiere, in: Umweltbundesamt. Preuß T, Bunzel A, Hanke S, Michalski D, Pichl J, Steinrücke E, Janßen A, Riemer E, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gute-praxisbeispiele-kompakter-laermarmen-quartiere>.

UBA (Hrsg. 2020): Verkehrswende für ALLE, in: Umweltbundesamt. Frey K, Burger A, Dziekan K, Bunge C, Lünenbürger B,
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/verkehrswende-fuer-alle>.

UBA (Hrsg. 2020): Lärmwirkungen von Infraschallimmissionen, in: Umweltbundesamt. Krahé D, Di Loro AA, Müller U, Elmenhorst E-M, De Gioannis R, Schmitt S, Belke C, Benz S, Großarth S, Schreckenber D, Eulitz C, Wiercinski B, Möhler U,
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/laermwirkungen-von-infraschallimmissionen#:~:text=L%C3%A4rmwirkungen%20von%20Infraschallimmissionen.%20Die%20akustische%20Belastung%20der%20Menschen,technischen%20Anlagen%2C%20die%20tieffrequenten%20Schall%20einschlie%C3%9Flich%20Infraschall%20emittieren.>

UBA (Hrsg. 2020): Lärmbelastungssituation in Deutschland, in: Umweltbundesamt. Schreckenber D, Benz S, Kuhlmann J,
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_12_03_texte_225-2020_laermbelaestigungssituation_in_deutschland_0.pdf.

UBA (Hrsg. 2021): Umweltbedingte Krankheitslasten und Ansätze zu ihrer monetären Bewertung. Abschlussbericht, in: Umweltbundesamt. Best A, Chelminska M, Schock M, Srebotnjak T, Thie J-E, Greßmann A, Beltran Mondragon Y,
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltbedingte-krankheitslasten-ansaetze-zu-ihrer>.

UBA Internetseite Rechtliche Grundlagen (2013) (nicht alles auf aktuellem Stand),
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verbraucherservice-laerm/rechtliche-grundlagen> .

UBA Internetseite Toolbox Umweltgerechtigkeit (2019):
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/online-toolbox-bietet-tipps-thema>.

UBA Internetseite Lärmbelastung (2021):
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/laermwirkung/laermbelaestigung>.

Ulrich RS (1984): View Through a Window May Influence Recovery from Surgery, in: Science, Bd. 224, Nr. 4647, doi:10.1126/science.6143402, S. 420–421.

Umweltministerkonferenz. (2019): TOP 32 der 93. UMK, Soziale Aspekte der Umweltpolitik,
https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/endgueltiges-protokoll-93-umweltministerkonferenz_1575983525.pdf.

- Umweltministerkonferenz. (2016): TOP 7 der 87. UMK, https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/umk-protokoll_juni_2016_1522236592.pdf.
- van Kempen E, van Kamp I, Lebrecht E, Lammers J, Emmen H, Stansfeld S (2010): Neurobehavioral effects of transportation noise in primary schoolchildren: a cross-sectional study, in: *Environmental Health*, Bd. 9, Nr. 1, doi:10.1186/1476-069x-9-25, S. 25.
- van Kempen E, Casas M, Pershagen G, Foraster M (2018): WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary, in: *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Bd. 15, Nr. 2, <https://www.mdpi.com/1660-4601/15/2/379>.
- Weichenberger M, Bauer M, Kühler R, Hensel J, Garcia Forlim C, Ihlenfeld A, Ittermann B, Gallinat J, Koch C, Kühn S (2017): Altered cortical and subcortical connectivity due to infrasound administered near the hearing threshold – Evidence from fMRI, *PLoS ONE*, Bd.12:e0174420. doi: 10.1371/journal.pone.0174420.
- Weihofen VM, Hegewald J, Euler U, Schlattmann P, Zeeb H, Seidler A (2019): Aircraft noise and the risk of stroke—a systematic review and meta-analysis, in: *Deutsches Ärzteblatt*, Bd. 116, doi:10.3238/arztebl.2019.0237, S. 237–244.
- WHO – World Health Organization (1999): Guidelines for community noise. World Health Organization, <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217>.
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217>.
- WHO Europe (2009): Night noise guidelines for Europe, <https://apps.who.int/iris/handle/10665/326486>.
- WHO Europe (2016): Urban Green Spaces and Health. A review of evidence, WHO Europe, Copenhagen, https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/321971/Urban-green-spaces-and-health-review-evidence.pdf.
- WHO Europe (2018): Environmental Noise Guidelines for the European Region, <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/publications/2018/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>.
- Im Erarbeitungsprozess der Leitlinien entstanden Reviews zur Methodik und zu den gesundheitlichen Auswirkungen, siehe: https://www.mdpi.com/journal/ijerph/special_issues/WHO_reviews. Hier zitiert zu:
- Belästigung (Guski et al., 2017)
 - Gesundheitliche Auswirkungen von Lärminterventionen (Brown/ van Kamp, 2017)
 - Kardiovaskuläre und metabolische Effekte (van Kempen et al., 2018)
 - Schlaf (Basner/ McGuire, 2018)
 - Cognition (Clark/ Paunovic, 2018)
- Wild PS, Zeller T, Beutel M, Blettner M, Dugi KA, Lackner KJ, Pfeiffer N, Münzel T, Blankenberg S (2012): Die Gutenberg Gesundheitsstudie, in: *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, Bd. 55, Nr. 6–7, doi:10.1007/s00103-012-1502-7, S. 824–830.

- Wothge J (2016): Die körperlichen und psychischen Wirkungen von Lärm, in: UBA (Hrsg) UMID Heft 1/2016, S. 38-43,
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2218/publikationen/umid_1_2016_uba_laerm.pdf.
- Wothge J, Niemann H (2020): Gesundheitliche Auswirkungen von Umgebungslärm im urbanen Raum, in: Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, Bd. 63, Nr. 8, doi:10.1007/s00103-020-03178-9, S. 987–996.
- Zare Sakhvidi MJ, Zare Sakhvidi F, Mehrparvar AH, Foraster M, Dadvand P (2018): Association between noise exposure and diabetes: A systematic review and meta-analysis, in: Environ. Res. 166, 647–657.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.05.011>.

12. Anlagen

- Anlage 1 Beschluss zur Einsetzung der UAG Lärmschutz
(22. LAUG Sitzung 2019 in Kiel)
- Anlage 2 LAUG – Position zur Experimentierklausel in der TA Lärm vom 11.06.2021
- Anlage 3 Beschluss der LAUG zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Bahn-
lärm (2015)
- Anlage 4 Beschluss der LAUG zur Abschätzung der durch Umweltbelastungen
hervorgerufenen Gesundheitskosten (2016),
einschließlich ‚Fachliche Anmerkungen des Umweltbundesamtes‘

Anmerkung: Die Beschlüsse der LAUG sind auszugsweise aus dem Protokoll der jeweiligen Sitzung dargestellt.

Anlage 1: Beschluss zur Einsetzung der UAG Lärmschutz (22. LAUG Sitzung, Kiel 2019)

TOP B14: Lärmschutz – neue WHO-Leitlinien für Umgebungslärm

Die LAUG befasst sich seit Jahren immer wieder mit den gesundheitlichen Auswirkungen von Lärm auf die Bevölkerung, zuletzt im Zusammenhang mit dem Bahnlärm.

Seit 2018 liegen neue Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region der WHO vor (siehe auch UBA <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/who-leitlinien-fuer-umgebungs-laerm-fuer-die>). Darin enthalten sind Empfehlungen für fünf Lärmquellen (Straßenverkehr, Schienenverkehr, Luftverkehr, Windkraftanlagen, Freizeitaktivitäten) mit Leitlinienwerte für den ganztägigen Dauerschallpegel L_{den} und nachts L_{night} sowie Lärminderungsmaßnahmen. Über die Leitlinien hat sich eine intensive Diskussion entwickelt, in Umwelt-, Verkehrs- und Baugremien. Im Gesundheitsbereich dagegen sind sie bislang unseres Wissens nach noch nicht aufgegriffen worden. Hierin sehen wir ein Defizit.

Das UBA kommt in seiner fachlichen Bewertung ebenso wie verschiedene renommierte Lärmwirkungsforscher zu dem Schluss, dass dringender Handlungsbedarf zum Schutz der Bevölkerung besteht (<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/who-leitlinien-fuer-umgebungs-laerm-fuer-die>).

https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/PM_Anhang/190222_Laerm_LPK_PM_Anhang_Memorandum_of_Understanding.pdf) So liegt die bisherige „Schwelle zur lärmbedingten Gesundheitsgefährdung“ derzeit bei 70/60 dB(A). Mit den Empfehlungen der WHO bzw. den Ergebnissen der Lärmwirkungsforschung zu gesundheitlichen Auswirkungen von Umgebungslärm müsste dieser Wert um 15 dB(A) herabgesetzt werden.

Gleichzeitig gibt es von verschiedenen Seiten Bestrebungen, dem passiven Lärmschutz mehr Gewicht zu verleihen anstelle von aktiver Lärminderung und bisherige Standards aufzuweichen. So soll stärker auf Innenraumpegel abgestellt werden können anstelle als bisher auf Außenlärmpegel. Eine Änderung von entsprechenden Regelwerken wird diskutiert. Dies trifft insbesondere auf den Bereich des Straßenverkehrslärms zu, aber auch auf andere Lärmarten (ARGEBAU TOP 10 <https://www.bauministerkonferenz.de/Dokumente/42322357.pdf>; Stadtbauräte <https://www.bundesstiftung-baukultur.de/presse/erstmal-fordern-50-stadtbaurate-planungsdezernenten-gemeinsam-von-der-bundespolitik>; Verkehrsministerkonferenz 2019, Beschluss 4.2, Aktualisierung des Nationalen Verkehrslärmschutzpakets (NVP II) <https://www.verkehrsministerkonferenz.de/VMK/DE/termine/sitzungen/19-04-04-05-vmk/19-04-04-05-beschluss.pdf?blob=publicationFile&v=2>). Die Überlegung zur

„Flexibilisierung“ von Standards darf nicht dazu führen, dass das Gesundheitsschutzniveau gemindert wird, Standards ggf. aufgeweicht werden.

Aus Sicht des Gesundheitsschutzes ist zu betonen, dass die Verhinderung der Lärm-entstehung an der Quelle entscheidend ist für die Lebensqualität. Sie hat ungeachtet der Fortschritte im passiven Schallschutz Vorrang. Zwar kann passiver Schallschutz die Wohn- und Lebensqualität in Innenräumen helfen zu verbessern, aber nicht den aktiven Schallschutz an der Quelle außen ersetzen. Insbesondere angesichts der zunehmenden Verdichtung (Stichworte: Wohnungsbau, urbane Gebiete, betriebliche Immissionen, Verkehr) ist dies überaus relevant. Der Außenbereich muss für Menschen nutzbar, gesundheitsverträglich und positiv erfahrbar bleiben beziehungsweise werden.

Es wird beschlossen, eine Unterarbeitsgruppe zur Aufbereitung des aktuellen Diskussionsstandes zu beauftragen. Die von Hamburg (Frau Dr. Witten, Frau Ueberhorst) geleitete UAG besteht außerdem aus Frau Dr. Scheler (NW), Frau Dr. Zielke (NI) und Frau Petzold (SH) und einem noch nicht benannten Kollegen aus MV.

Beschluss:

Das Thema Lärmschutz ist von hoher Bedeutung für die öffentliche Gesundheit. Um die aktuellen Diskussionen aufzubereiten und ein Positionspapier der LAUG/ Empfehlungen vorzubereiten, setzt die LAUG eine Unterarbeitsgruppe ein. Es ist beabsichtigt, das in der LAUG abgestimmte Papier in relevante Fachgremien/AOLG/GMK einzubringen.

Anlage 2: LAUG – Position zur Experimentierklausel in der TA Lärm vom 11.06.2021**Position
der Länderarbeitsgruppe Umweltbezogener Gesundheitsschutz
(LAUG)
zur vorgesehenen Experimentierklausel in der TA Lärm
nach den Beschlüssen der Umwelt- und Bauministerkonferenzen****Hintergrundinformationen
zur vorgesehenen Experimentierklausel in der TA Lärm**

Derzeit wird diskutiert, in die TA Lärm eine Experimentierklausel aufzunehmen. Das übergeordnete Thema, das hinter diesem Anliegen steht, ist der Wohnungsbau. Insbesondere der Siedlungsdruck in den Städten, einschließlich deren Nachverdichtung, die der Zersiedelung im Umland entgegenwirken soll, führt vermehrt zu innerstädtischen Herausforderungen und Konflikten mit dem Immissionsschutz und dem Gesundheitsschutz. Da in urbanen Räumen unbelastete Flächen immer weniger für eine Bebauung zur Verfügung stehen, rücken zunehmend bereits durch Lärm vorbelastete Flächen in den Fokus der Planungen. Häufig befinden sie sich in Nachbarschaft zu bereits gewerblich genutzten Gebieten, viel befahrenen Straßen oder Schienen. Der Wohnungsbau rückt an diese Nutzungen heran („heranrückende Wohnbebauung“).

Im Koalitionsvertrag der Bundesregierung vom 12. März 2018 haben die Regierungsparteien vereinbart, die Kommunen bei der Aktivierung von Bauland und der Sicherung bezahlbaren Wohnens zu unterstützen (s. Ziffer 5114 des Koalitionsvertrags). Zurzeit befindet sich das entsprechende Baulandmobilisierungsgesetz auf Bundesebene in der Abstimmung¹; es hält ein bauplanungsrechtliches Instrumentarium bereit, mittels dem Städte und Gemeinden künftig die Schaffung von Wohnungsbauflächen effektiver wahrnehmen können.

Parallel zur Vorbereitung dieses Gesetzes Ende 2019 bildete sich auf Betreiben der Bauministerkonferenz (BMK) eine Arbeitsgruppe zu Zielkonflikten zwischen Innenentwicklung und Immissionsschutz (Lärm und Gerüche), die sich vornehmlich aus Vertreter*innen der BMK und der Umweltministerkonferenz (UMK) zusammensetzte. Ziel war es, „Vorschläge für eine Flexibilisierung der

¹ <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/gesetzgebungsverfahren/DE/baulandmobilisierungsgesetz.html> mit allen Stellungnahmen. Erste Lesung des Gesetzes zur Mobilisierung von Bauland (Baulandmobilisierungsgesetz – Drs. 19/24838) im Deutschen Bundestag am 28.01.2021, durch das das Baugesetzbuch (BauGB) novelliert wird. Das Gesetz wurde am 7.5.2021 in 3. Lesung im Bundestag verabschiedet.

Geruchsimmission-Richtlinie (GIRL) und der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) unter Berücksichtigung von Umweltstandards und der Erforderlichkeit einer nachhaltigen wohnungsbau- und städtebaulichen Entwicklung der Gemeinden zu erarbeiten.“²

Die Unterarbeitsgruppe Lärm (UAG Lärm) der BMK/UMK-AG hat die bestehende Gesetzeslage und Praxisbeispiele aus verschiedenen Bundesländern analysiert. Dabei zeigte sich, „dass beim weit überwiegenden Teil der Lärmprobleme in der Praxis eine Lösung auf der Grundlage der geltenden Regelungen zum anlagenbezogenen Lärmschutz erreicht wurde.“ – allerdings teilweise unter beträchtlichem planerischen und umsetzungstechnischen Aufwand. Hier wurde Optimierungsbedarf gesehen. „Zur Förderung der Wohnraumversorgung – möglichst im Wege der Innenentwicklung der bestehenden Siedlungsgefüge der Städte und Gemeinden – erkennt die UAG ‚Lärm‘ daher an, dass es einer Regelung bedarf, um den Einsatz besonderer passiver Schallschutzmaßnahmen bei Industrie- und Gewerbelärm in der kommunalen Bebauungsplanung rechtssicher zu ermöglichen.“ (s. Fn 2, S. 48)

In aller Regel sind hauptsächlich Nachtlärmkonflikte zu bewältigen. Entsprechend soll durch eine so genannte Experimentierklausel in der TA Lärm ermöglicht werden, dass die erforderliche Nachtruhe im Innenraum bei der heranrückenden Wohnbebauung durch passive Schallschutzmaßnahmen wie Schallschutzfenster und Fassadendämmung gewährleistet werden kann. Dies bedeutet eine Abkehr von der bislang geltenden Berücksichtigung der Außenschallpegel. Das Konzept von Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) und TA Lärm, auch den Außenbereich vor Lärm zu schützen, wird durchbrochen. Angesichts dieses starken Eingriffs in die Grundausrichtung des Immissionsschutzes soll die Klausel nur nach Ausschöpfung anderer Lärmschutzmaßnahmen (einzuhaltende „Prüfkaskade“ als „wesentliche Herausforderung“) und zunächst probeweise für 5 bis 10 Jahre – als „Experiment“ Anwendung finden.

In der UAG Lärm konnten sich Umwelt- und Bauseite nicht auf gemeinsame Eckpunkte für die Experimentierklausel einigen. Es wurden zwei unterschiedlich weitgehende Varianten formuliert, die sich vor allem in der Höhe des erlaubten Schallpegels in der Nacht, des erforderlichen Bauschalldämmmaßes und den Baugebietskategorien nach Baunutzungsverordnung (BauNVO), in denen die Klausel zur Anwendung kommen soll, unterscheiden.

² Abschlussbericht Gemeinsame AG BMK/UMK zu Zielkonflikten zwischen Innenentwicklung und Immissionsschutz (Lärm und Gerüche) 9/20 [bericht-zu-top-26_1607084603.pdf](https://www.umweltministerkonferenz.de/bericht-zu-top-26-1607084603.pdf) ([umweltministerkonferenz.de](https://www.umweltministerkonferenz.de)).

Im Beschluss der 95. UMK am 13.11.2020³ heißt es:

“Die Umweltministerkonferenz hält es für angemessen, den Anwendungsbereich einer möglichen Experimentierklausel auf Urbane und Misch-/Kerngebiete sowie auf erhöhte Nachtwerte von maximal 48 dB(A) zu beschränken. Sie sprechen sich dafür aus, diese Regelung nach Ablauf von fünf Jahren einer ergebnisoffenen Evaluierung zu unterziehen.“

Im Umlaufbeschluss der BMK am 22.02.2021⁴ heißt es:

„Die Bauministerkonferenz hält es für angemessen, als Anwendungsbereich einer möglichen Experimentierklausel allgemeine Wohngebiete, Kern-, Dorf-, Mischgebiete und urbane Gebiete sowie die im Entwurf des Baulandmobilisierungsgesetzes enthaltenen dörflichen Wohngebiete⁵ vorzusehen und dort erhöhte Nachtwerte von maximal 55 dB(A) zu ermöglichen. Sie spricht sich dafür aus, diese Regelung bis zum 31. Dezember 2029 einer ergebnisoffenen Evaluierung zu unterziehen.“

Derzeit erarbeitet das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) einen Entwurf für die Experimentierklausel, der in den kommenden Wochen in die Bundesressortabstimmung geht und dann dem Bundesrat vorgelegt werden soll. Die Klausel soll noch in dieser Legislaturperiode in die TA Lärm Eingang finden.

³ [endgueltiges-ergebnisprotokoll_95_umk_2_1608714572.pdf \(umweltministerkonferenz.de\)](#) TOP 26.

⁴ Information der Geschäftsstelle der BMK (Vertretung des Landes Nordrhein-Westfalen beim Bund) am 24.03.2021, weitergeleitet von der Vorsitzenden des LAI Ausschusses Physikalische Auswirkungen.

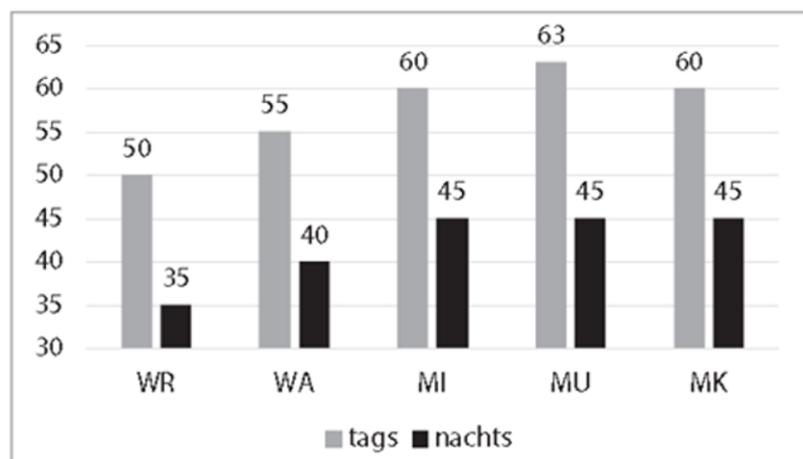
⁵ Gemäß dem Baulandmobilisierungsgesetz-Entwurf soll in der BauNVO eine neue Baugebietskategorie „Dörfliches Wohngebiet“ eingeführt werden. In dieser neuen Kategorie soll Wohnen und der Betrieb von land- und forstwirtschaftlichen Nebenerwerbsstellen sowie nicht wesentlich störenden Gewerbebetrieben möglich sein.

Fachliche Position der Länderarbeitsgruppe Umweltbezogener Gesundheitsschutz (LAUG) zur Implementierung einer Experimentierklausel in die TA Lärm

Im Vorschlag der Bauministerkonferenz (BMK) zur Experimentierklausel in der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) sollen die erlaubten nächtlichen Schalldruckpegel außen auf bis zu 55 dB(A) hochgesetzt werden dürfen, sofern keine anderen Möglichkeiten im Rahmen der heranrückenden Wohnbebauung bestehen, die bislang geltenden Immissionsrichtwerte (IRW) der TA Lärm einzuhalten. Im Wesentlichen setzt die Experimentierklausel auf die potenzielle Leistung der Bauschalldämmung (u. a. Schallschutzfenster, Fassadendämmung), mittels derer Minderungen des Schalldruckpegels (außen/innen) von bis zu 30 dB(A) – auch bei teilgeöffnetem Fenster – möglich seien. Diese Leistung ist allerdings für den tief-frequenten Schall sowie für impulsartige Schallereignisse, die beide für Gewerbelärm nicht unüblich sind, bislang nicht Stand der Technik und müsste im Einzelfall nachgewiesen werden. Das ist unabdingbar, um den Schutz des Schlafes zu gewährleisten.

Die von der BMK gewünschte Erhöhung der nächtlichen IRW auf 55 dB(A) für allgemeine Wohngebiete, Kern-, Dorf-, Mischgebiete, urbane Gebiete und die vorgesehenen neuen „dörflichen Gebiete“ würden die bislang geltenden Nachtrichtwerte um 10 dB(A) und in allgemeinen Wohngebieten sogar um 15 dB(A) erhöhen. 10 dB(A) mehr bedeuten eine Verzehnfachung der Lärmquellen und eine Verdoppelung der wahrgenommenen Lautheit. Mit einem Nachtrichtwert von 55 dB(A) wären in den genannten Wohngebieten nachts 5 dB(A) mehr zugelassen als derzeit in Gewerbegebieten. Eine Anhebung der nächtlichen IRW auf 48 dB(A), wie von der UMK als noch vertretbar angesehen, bedeutet bereits eine mögliche Verdoppelung der Lärmquellen gegenüber einem nächtlichen IRW von 45 dB(A).

WR: reines Wohngebiet
WA: allgemeines Wohngebiet
MI: Mischgebiet
MU: Urbanes Gebiet
MK: Kerngebiet



Überblick über die Immissionsrichtwerte in der TA Lärm in dB(A), abhängig von verschiedenen Baugebietskategorien nach Baunutzungsverordnung

In innerstädtischen Bereichen verursachen Nachverdichtungen oftmals Konflikte mit den gesundheitsbezogenen Anforderungen im Immissionsschutz. Bei der Planung von Gebäuden oder Quartieren, die über eine sehr lange Zeit Bestand haben werden, sind Aspekte zur Nachhaltigkeit, insbesondere im Hinblick auf die Gesundheit der dort lebenden Bevölkerung, hinreichend zu berücksichtigen.

In diesem Sinne besorgt es die LAUG, dass mit der vorgesehenen Experimentierklausel in der TA Lärm ein Grundprinzip des bisherigen Lärmschutzes durchbrochen werden soll. Bei heranrückender Wohnbebauung an Industrie- und Gewerbeanlagen soll in Fällen, in denen andere Maßnahmen nicht greifen oder unverhältnismäßig erscheinen, nicht mehr der Außenschallpegel als Bezug dienen, sondern der Innenschallpegel (hier in der Nachtzeit von 22.00 bis 6.00 Uhr). Damit sollen passive Schallschutzmaßnahmen rechtlich abgesichert werden.

Die Öffnung hin zu passivem Lärmschutz, um höhere Außenschallpegel zuzulassen, führt zu einer Verlärmung von Außenbereichen. Außenbereiche aber sind – vor allem in dicht bebauten Gebieten! – als ein möglichst gesundheitsförderndes Umfeld wichtig für die Gesundheit und Lebensqualität der Bewohner*innen. Dies hat die Einschränkung der Mobilität im Zusammenhang mit der Corona-Pandemie besonders deutlich vor Augen geführt.

Der Schutz der Nachtruhe ist für die Gesundheit von besonderer Bedeutung und sicher zu stellen (siehe „Fachlicher Hintergrund“). Die Zeit zwischen 22.00 und 6.00 Uhr ist dabei nicht ausschließlich als „Schlafzeit“ anzusehen, die man in geschlossenen Innenräumen verbringt. Abendliche und nächtliche Erholung wird auch außerhalb der Wohnräume gesucht, insbesondere im Sommer. Daher ist es wichtig, am Lärmschutz für die Außenbereiche festzuhalten. Diese sollten in der Nacht „lärmberuhigt“ sein, um den Bewohner*innen bei abendlichen/nächtlichen Aktivitäten im Wohnumfeld (bei Spaziergängen, nächtlichen leisen Gesprächen u. a.) Erholung und das Zur-Ruhe-Kommen zu ermöglichen.

Mit der Einführung des Urbanen Gebietes als „funktionsgemischtes Gebiet der kurzen Wege“ wurde 2016 bereits eine neue Baugebietskategorie geschaffen, die einen um 3 dB(A) höheren Schallpegel tagsüber erlaubt. Eine entsprechende Erhöhung der Nachtwerte wurde damals vom Bundesrat abgelehnt. In der Experimentierklausel sollen nun insbesondere die für die Nacht geltenden IRW bei der heranrückenden Wohnbebauung angehoben werden.

Der Lärmschutz der für den Gesundheitsschutz und die Lebensqualität wichtigen Außenbereiche, wie er im Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) und der TA Lärm verfolgt wird⁶, ist unbedingt weiterhin aufrecht zu halten.

Die LAUG spricht sich dafür aus, das Lärmschutzniveau auf die Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung zu gründen und wie bislang zum Schutz der Außenbereiche Immissionsgrenz- oder -richtwerte auf Außenschallpegel zu beziehen.

Die Bewohner*innen von Wohnbauten, für die die Experimentierklausel Anwendung findet, sollen mit besonderen Schalldämmungen und Schallschutzfenstern vor dem nächtlichen Lärm geschützt werden. Eine ausreichende Wirksamkeit hinsichtlich der jeweiligen besonderen Geräuschcharakteristik gewerblicher und industrieller Anlagen, beispielsweise gegenüber tonhaltigen und tieffrequenten Geräuschen, ist allerdings nicht gewährleistet. Messungen in Innenräumen, soweit vorgesehen, müssten rechtlich und physikalisch geklärt und abgestimmt werden.

Insbesondere Schlaf ist ein für die Gesundheit unabdingbares Schutzgut (siehe „Fachlicher Hintergrund“). Dauerhafte Störungen führen u. a. zu Herz-Kreislauf- und mentalen Erkrankungen. Im Schlafzustand ablaufende notwendige physische und psychische Regenerationsprozesse können bei dauerhafter Störung des Schlafs nicht mehr in ausreichendem Maß ablaufen. Daher ist es im Zusammenhang mit der in der Experimentierklausel geplanten Zulassung höherer nächtlicher Außenpegel außerordentlich wichtig, dieses Schutzgut ohne Einschränkung zu würdigen. Die Schalldämmleistung der baulichen Maßnahmen gegenüber der besonderen Charakteristik von Industrie- und Gewerbelärm muss sichergestellt werden. Die jeweilige Geräuschsituation ist dabei differenziert zu betrachten und zu bewerten.

Es ist mittels strenger Prozessregeln zu gewährleisten, dass die Nutzung passiver Schallschutzmaßnahmen tatsächlich die Ultima Ratio darstellt.

Aus Sicht der LAUG ist es unverständlich und mit Blick auf den Gesundheitsschutz unerwünscht, auch allgemeine Wohngebiete oder „dörfliche Wohngebiete“ in den Geltungsbereich einer Experimentierklausel mit einzubeziehen. Diejenigen Lärmkonflikte, die evtl. nur mittels der Experimentierklausel oder mit vertretbarem

⁶ Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge, siehe § 3 Begriffsbestimmungen:

(1) Schädliche Umwelteinwirkungen im Sinne dieses Gesetzes sind Immissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen.

Der maßgebliche Immissionsort gemäß TA Lärm befindet sich außen vor dem Fenster der schutzbedürftigen Wohn- oder Schlafräume, die am stärksten lärmbelastet sind. Die IRW schützen daher auch den Außenbereich nahe an den Wohnungen und das sonstige Wohnumfeld vor einwirkenden Geräuschimmissionen von Anlagen.

Aufwand gelöst werden können, treten in erster Linie in urbanen Gebieten oder Misch-/Kerngebieten auf.

Der Zeitraum bis zur Evaluierung der Erfahrungen, die mit einer Experimentierklausel gemacht werden, sollte nur so lang wie unbedingt erforderlich gehalten werden. Es ist dabei daran zu denken, dass im Falle eines negativen Ergebnisses der Evaluierung die bis dahin unter dieser Regelung errichteten Wohnbauten kaum wieder abgerissen werden und dann eine dauerhafte ungelöste Problematik für den Gesundheitsschutz darstellen.

Mit der Einführung des Urbanen Gebietes wurden bereits Instrumente geschaffen, die einen um 3 Dezibel höheren Lärmpegel tagsüber erlauben. Eine erneute Verschlechterung des Lärmschutzes ist aus Sicht des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes für die Bevölkerung sehr kritisch zu bewerten.

Daher ist maximal die Beschlussfassung der UMK vom 13.11.2020 für eine Experimentierklausel akzeptabel und jener der BMK vom 22.02.2021 vorzuziehen.

Die Beschlussfassung der BMK wird abgelehnt.

Fachlicher Hintergrund

Gesundheitliche Auswirkungen von Lärm auf den Schlaf

Schlaf ist eine biologische Notwendigkeit und unabdingbar für die physische und psychische Gesundheit. Der Schutz vor dauerhaften und hohen Lärmbelastungen, insbesondere nachts, ist daher von großer Bedeutung für die öffentliche Gesundheit.

Unerwünschte Geräusche, also Lärm, gelten als ein wichtiger Umweltstressor für den Menschen. Umgebungslärm kann Stressreaktionen über das vegetative Nervensystem (nicht willkürlich beeinflussbar) und Wirkungen auf den Hormonstoffwechsel auslösen. Das führt langfristig zu Veränderungen und Beeinträchtigungen im Herz-Kreislauf-System und im Stoffwechsel. Die Lärmwirkungen können entsprechend vielfältig ausfallen: Herz-Kreislauf-Erkrankungen, chronische Lärmbelastungen, Schlafstörungen, Stoffwechselerkrankungen (z. B. Diabetes, Fettleibigkeit), kognitive Beeinträchtigungen, Auswirkungen auf die Lebensqualität, das allgemeine Wohlbefinden und die mentale Gesundheit (z. B. Depressionen).

Der Schlaf vulnerabler Gruppen (z. B. von Schwangeren, älteren und gestressten Menschen sowie von Schichtarbeiter*innen) gilt insgesamt als sehr empfindlich, er lässt sich besonders leicht durch Lärm stören.⁷ Der Schlaf von Kindern lässt sich nicht unbedingt leichter stören, die Studien dazu sind nicht eindeutig. Er ist aber schützenswerter, da die Kinder noch in sehr komplexen Entwicklungen begriffen sind und die nächtliche Ruhe hierbei ganz entscheidend ist.

Die dauerhafte Störung des physiologischen Schlafprozesses ist als die schwerwiegendste Auswirkung von Lärm zu werten (siehe auch WHO Noise Night Guidelines – NNG 2009⁸).

Das menschliche Gehör dient insbesondere während des Schlafs, da andere Sinnesleistungen heruntergefahren sind, als Alarmsystem und kann nicht „abgestellt“ werden. Die Aktivierungsschwelle, oberhalb derer es zu vegetativen (unbewussten) Reaktionen kommt, liegt entsprechend deutlich niedriger als bei einem wachen Menschen. Wahrgenommene Geräusche werden verarbeitet und im Hinblick auf notwendige Reaktionen bewertet. Die Stimuli gelangen zu den kardiorespiratorischen Netzwerken des Hirnstamms und – abhängig vom aktuellen Zustand des Gehirns, bspw. vom Schlafstadium – weiter zur Hirnrinde (Kortex).⁹ Entsprechend sind physiologische Reaktionen in Form einer Herzfrequenzbeschleunigung bis hin zum Aufwachen zu beobachten. Das Erwachen aus dem Schlaf gilt als die stärkste Störung des Schlafs, es führt am deutlichsten zu einer Störung der Schlafstruktur.

⁷ Maschke/Niemann: Lärmbedingte Schlafstörungen, in: Handbuch der Umweltmedizin V II- 1 Lärm, 2014.

⁸ https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf.

⁹ NORAH Bd. 4, 2015, Fluglärm und nächtlicher Schlaf.

Aber auch die nicht bewussten, kurzzeitigen lärmbedingten Zustandsänderungen unterhalb einer Aufwachreaktion, die den Organismus von einem niedrigen in einen höheren Erregungszustand versetzen (so genannte Arousals), stellen eine Unterbrechung des Schlafablaufs dar. Wiederholte lärmbedingte Arousals stören zirkadiane Rhythmen, können Tiefschlafphasen verkürzen und flache Schlafstadien verlängern und so die Schlafzeit verkürzen und die Schlafqualität verringern.¹⁰ Ein Gewöhnungseffekt ist bei den vegetativen und kardialen Arousals nicht beobachtbar. Herz-Kreislauf-Erkrankungen gelten als eine der wahrscheinlichsten gesundheitlichen Folgen wiederkehrend ausgelöster vegetativer und kardialer Reaktionen als Folge dauerhafter Lärmbelastung.¹¹

Als Schwelle für nachweisbare Veränderungen der Schlafstruktur von Probanden (verminderte Tiefschlaf- und Traumschlafphasen) wurden Maximalschallpegel in Höhe von 33 dB(A) am Ohr der Schläfer*in festgestellt.¹²

Nach wie vor gelten die Empfehlungen, die die WHO in den Night Noise Guidelines von 2009 gegeben hat, nach denen der Dauerschallpegel von 40 dB(A) nachts außen nicht überschritten werden sollte. Unterhalb von 30 dB(A) treten in den allermeisten Fällen keine biologischen Wirkungen auf.

Die lärmbedingten physiologischen Reaktionen werden neben dem Dauerschallpegel und subjektiven Faktoren (Lärmempfindlichkeit, Einstellung zur Lärmquelle u. a.) auch ganz maßgeblich durch die Geräuschcharakteristik beeinflusst. Der gemittelte und um Korrekturfaktoren angepasste Dauerschallpegel dient als messbarer bzw. berechenbarer Parameter lediglich der groben Annäherung bei der Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Geräuschen und ihrer Wirkung auf die Gesundheit.

Daher wird empfohlen, bei nächtlichen Dauerschallpegeln zwischen 30 und 55 dB(A) außen zusätzlich eine detaillierte Betrachtung der Geräuschcharakteristik vorzunehmen.¹³

Ein plötzlich oder rasch zunehmender Geräuschpegel, der vom Organismus als Warnsignal gedeutet wird und entsprechende Reaktionen auslöst, wird als stärker störend empfunden als ein gleichmäßiger Geräuschverlauf. Die Steilheit des Pegelanstiegs und / oder die zeitliche Dauer des Lärmereignisses sowie die Häufigkeit

¹⁰ Maschke/Niemann 2014, s.o.

¹¹ NORAH Bd. 4, 2015, Fluglärm und nächtlicher Schlaf, S. 155f.

¹² Babisch et al. 2014, Handbuch der Umweltmedizin, VII-1 Lärm; diverse Publikationen u.a. von Basner, Griefahn, van der Berg, NNG 2009.

¹³ Maschke/Niemann 2014, s.o.

von Lärmereignissen beeinflussen während des Schlafes das Ausmaß kardiovaskulärer Effekte.¹⁴

Für intermittierende Geräusche (wie z. B. von Bahn- und Fluglärm oder Anlagenlärm verursacht) ist nachgewiesen, dass insbesondere die Maximalpegel, deren Häufigkeit und Dauer sowie die Dauer von Ruhepausen entscheidend für die Qualität des Schlafes sind.

Zeitliche Veränderungen im Schall sind besonders in der Lage, Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen, denn zeitliche Veränderungen deuten auf Bewegung in der Umgebung hin, möglicherweise auf eine Gefahr, auf die reagiert werden muss. Alarmtöne, wie beim Rückwärtsfahren von Nutzfahrzeugen, machen sich diese Wirkung zu Nutze. Darüber hinaus sind insbesondere impuls-, ton- und informationshaltige Geräusche (Unterhaltungen, Schreie, Pieptöne usw.) sehr wirksam, die Aufmerksamkeit auf sich zu lenken und andere Aktivitäten (Entspannung, Erholung, Kommunikation, konzentriertes Arbeiten) zu stören.

Darüber hinaus sind neben der Lautheit und Schwankungsstärke weitere psychoakustische Größen in die Betrachtung der Lärmsituation einzubeziehen, wie z. B. Schärfe und Rauigkeit, die bei weniger lauten Geräuschen neben der Schwankungsstärke eine wichtige Rolle spielen.

Tiefe Frequenzen und Gesundheit (Schlaf)

Grundsätzlich sind alle Menschen tieffrequentem Schall ausgesetzt, da tieffrequenter Schall allgegenwärtig und Bestandteil des modernen Lebens ist. Technische Anlagen verursachen auf Grund ihrer Abmessungen und ihrer Betriebsparameter meist Schalleinwirkungen mit Frequenzen im tieffrequenten Bereich (< 100 Hz). Diese können häufig trotz Einhaltung der Grenzwerte der TA Lärm zu Beschwerden führen.¹⁵ Im Zusammenwirken mit moderner Bauweise (z. B. große Fensterfronten, schallharte Böden) kann sich die Immissionssituation zusätzlich verschlechtern.

Bei entsprechenden Frequenzen und ausreichendem Schalldruck ist zudem auch eine Wahrnehmung tieffrequenten Schalls mit dem Körper möglich (Resonanz im Körper).

Die hauptsächliche Wirkung tieffrequenter Geräusche ist die Belästigungswirkung. Häufig wird ein tiefes Brummen als bedrohlich empfunden. Tieffrequenten Geräuschen kann häufig nicht ausgewichen werden, ein Gefühl des „Ausgeliefertseins“ oder der

¹⁴ Ergebnis des Fachgesprächs Bahnlärm der Länder Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Hessen mit Experten der Lärmwirkungsforschung am 20.04.2015 im Umweltministerium Nordrhein-Westfalen. Gesundheitliche Auswirkungen von Bahnlärm Kernaussagen zur Gesundheit und Eckpunkte zur Verbesserung der gesetzlichen Regelungen.

¹⁵ UBA 2013: [Gräuschbelastung durch tieffrequenten Schall, insbesondere durch Infraschall im Wohnumfeld \(umweltbundesamt.de\)](http://umweltbundesamt.de).

Ohnmacht stellt sich ein. Zudem können tieffrequente Geräusche auch zusammen mit Vibrationen auftreten.¹⁶ In Folge der Belästigungswirkung können Kopfschmerzen, Konzentrationsstörungen oder Schlafbeeinträchtigungen auftreten.

Infraschall bzw. tieffrequenter Schall löst oberhalb der Hörschwelle eine stärkere Störwirkung aus als Schallpegel des tonalen Hörbereiches. Je stärker die Geräusche auf tiefe Frequenzen begrenzt sind, desto unangenehmer werden sie in der Wirkung bewertet¹⁷, bis dahin, dass sie selbst bei verhältnismäßig geringen Pegeln mental belastend wirken können. Die Schalldruckpegeldifferenz zwischen Hörschwelle und Schmerzgrenze verringert sich mit der Abnahme der Frequenz.

Als besonders belästigend werden tieffrequente Geräusche empfunden, die ein störendes Geräuschprofil aufweisen (An- und Abschaltvorgänge, Nachtbetrieb, impulshaltige Geräusche).

Bei für tieffrequenten Schall sehr sensiblen Personen kann die Wahrnehmungsschwelle um ca. 10 dB unter der „allgemeinen“ (mittleren) Wahrnehmungsschwelle liegen.

¹⁶ UBA 2017: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/tieffrequente-geraeusche-im-wohnumfeld>

¹⁷ A procedure for the assessment of low frequency noise complaints, Andrew T. Moorhouse, David C. Waddington, Mags D. Adams, Acoustics Research Centre, University of Salford, Salford, M5 4WT, United Kingdom, 2009.

Anlage 3: Beschluss der LAUG zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Bahnlärm (13. LAUG-Sitzung, Magdeburg 2015)

TOP 12.3: Gesundheitliche Auswirkungen von Bahnlärm Der Beschluss beinhaltet zum einen die Stellungnahme der LAUG zur Thematik „Gesundheitliche Auswirkungen von Bahnlärm“ und zum anderen die Bitte an die AOLG, über die ACK der GMK einen entsprechenden Beschlussvorschlag zu unterbreiten.

UBA: Das UBA unterstreicht die Auffassung der LAUG zu dieser Thematik (s. Beschlusspunkte Nr. 1-6), verweist aber darauf, dass die Finanzierung nicht ausschließlich Bundessache ist.

Es besteht allgemein Konsens, dass der Beschluss über den LAUG-Vorsitz bei der 36. AOLG eingebracht wird.

Bericht der Länder NW, HE und RP:

Die Länder Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Hessen legen mit dem beigefügten Bericht eine Auswertung der wissenschaftlichen Literatur zu gesundheitlichen Auswirkungen von Bahnlärm vor. Anlass hierzu war das Anliegen der Umweltministerien dieser drei Länder zur Prüfung der Möglichkeiten der Risikobeurteilung als Grundlage für rechtliche Regelungen sowie Forderungen nach Gesundheitsstudien. In diesem Zusammenhang stehen insbesondere die Belastungssituationen der Anwohnerinnen und Anwohner vor allem durch den Güterverkehr im Mittelrheintal sowie der Rheinschiene bei Bonn im Blickfeld.

Der Bericht trägt in einer Auswertung die nationale und internationale wissenschaftliche Literatur über den aktuellen Stand des Wissens bis zum Jahresende 2013 zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Bahnlärm unter folgenden Fragestellungen zusammen:

- i) Welche Kenntnisse zu gesundheitlichen Auswirkungen von Bahnlärmbelastungen einschließlich Bahnverkehr-bedingter Erschütterungen liegen vor?
- ii) Sind diese Erkenntnisse ausreichend, um sowohl die gesundheitlichen Auswirkungen von Bahnlärmbelastungen auf Anwohnerinnen und Anwohner zu bewerten als auch um die Notwendigkeit von Lärminderungsmaßnahmen einschätzen zu können?
- iii) Unterscheiden sich die gesundheitlichen Auswirkungen als Folge von Bahnlärmbelastungen von denen anderer Lärmarten?

Die aus den vorgenannten Fragestellungen resultierenden Erkenntnisse wurden anschließend mit der Zielsetzung beurteilt, inwieweit hiermit eine gesundheitliche Risikobeurteilung möglich ist, die als Grundlage für eine gesetzliche Regelung dienen kann.

Im Ergebnis zeigt sich, dass zwar die Anzahl der wissenschaftlichen Studien ausschließlich zu Bahnlärmbelastungen im Vergleich zu anderen Lärmarten geringer ausfällt, jedoch lassen die Ergebnisse bereits wichtige Aussagen zu den gesundheitlichen Wirkungen zu. Zusammenfassend sind die bislang vorliegenden Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung ausreichend, um gesundheitliche Beeinträchtigungen und Gesundheitsgefahren durch Bahnlärmbelastungen bewerten, und um Analogieschlüsse zu den Bewertungen anderer Lärmquellen ziehen zu können.

Die wichtigsten Schlussfolgerungen aus dem Bericht sind im Einzelnen:

- Es liegen ausreichende Kenntnisse aus wissenschaftlich anerkannten Studien vor, um die gesundheitlichen Beeinträchtigungen und Gesundheitsgefahren durch Bahnlärm sachgerecht beurteilen zu können.
- Analogieschlüsse zu den gesundheitlichen Bewertungen anderer Lärmquellen sind möglich. Ab Mittelungspegeln von 40 bis 45 dB(A)innen zeigen sich Zusammenhänge für akute Effekte (Anstieg der Herzfrequenzamplitude, Zunahme von Arousals und Aufwachreaktionen, Veränderungen der Schlafarchitektur). Für Pegelbelastungen oberhalb 50 dB(A) L_{den} , außen zeigt sich ein schwach signifikant erhöhtes Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen und oberhalb 60 dB(A)außen eine Assoziation mit der Zunahme von Bluthochdruck.
- Die Interims- bzw. Zielwerte der WHO (2009) für Lärmbelastungen können für Bahnlärm als Orientierung zur Formulierung von Anforderungen an den Lärmschutz dienen.
- Maximalpegel einzelner Zugvorbeifahrten und die Häufigkeit der Schallereignisse stehen in Zusammenhang mit denen ab Maximalpegeln von 48 bis 66 dB(A)innen beobachteten Wirkungen. Der Maximalpegel ist insbesondere bei der Betrachtung des Schlafes zu berücksichtigen. Es gibt Hinweise auf einen engeren Bezug der Wirkungen zu Maximalpegeln (im Vergleich zu Durchschnittspegeln).
- Die Lärmcharakteristik - beschrieben durch die Steilheit des Pegelanstiegs oder die zeitliche Dauer der Ereignisse - kann physiologische Effekte verstärken.
- Bahnverkehr-bedingte Erschütterungen vermögen über ihre Effekte auf die Schlafstruktur die gesundheitsbeeinträchtigenden Lärmwirkungen zu verstärken. Dies sollte bei der Bewertung des Risikos für langfristige Bahnlärmwirkungen berücksichtigt werden.
- Forschungsbedarf besteht in erster Linie zum genauen Zusammenhang zwischen Höhe der Maximalpegel, Häufigkeit der Ereignisse und den damit verbundenen gesundheitlichen Wirkungen sowie zum Einfluss von Erschütterung.

Auf der Grundlage des vorliegenden Berichts wurde ein Fachgespräch mit Experten der Lärmwirkungsforschung, Vertretern aus dem Immissionsschutz sowie dem Umweltbundesamt durchgeführt. Ziel war, den aktuellen Wissensstand zu den gesundheitlichen Wirkungen von Bahnlärm zu erörtern und hieraus den möglichen rechtlichen Regelungsbedarf im Hinblick auf den Gesundheitsschutz der in der Nachbarschaft von Schienenverkehrswegen lebenden Menschen zu erarbeiten. Die Ergebnisse des Fachgesprächs sind als Kernaussagen zur Gesundheit sowie in Eckpunkten für gesetzliche Regelungen in dem beiliegenden Dokument zusammengefasst niedergelegt.

Sowohl der Bericht zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Bahnlärm als auch die Fachgesprächsergebnisse wurden durch die Umweltministerien der Länder Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Hessen über eigenständige Pressemeldungen bekanntgemacht sowie auf den jeweiligen Internetseiten der Ministerien veröffentlicht. Zudem wurden beide Dokumente u.a. dem Vorsitz der LAUG, der LAI, dem europäischen Zentrum für Umwelt und Gesundheit der WHO (Büro Bonn) sowie dem Eisenbahnbundesamt zur Kenntnis gegeben.

Der Bericht „Gesundheitliche Auswirkungen von Bahnlärm“ und die Kernaussagen des Fachgesprächs zu gesundheitliche Auswirkungen von Bahnlärm und Eckpunkte zur Verbesserung der gesetzlichen Regelungen sind als Anlagen dem TOP beigefügt.

Beschluss:

1. Die LAUG nimmt den Bericht zur Kenntnis und dankt den berichterstattenden Ländern.
2. Die LAUG stellt fest, dass nach den gegenwärtigen Erkenntnissen und Bewertungen von Bahnlärm in Analogie zu anderen Verkehrslärmquellen sowohl kurz- als auch langfristige negative gesundheitliche Beeinträchtigungen ausgehen. Im Vordergrund gesundheitsrelevanter Effekte stehen kardiovaskuläre Effekte und Schlafstörungen. Einzelne Hinweise lassen eine Beeinflussung der kognitiven und psychomotorischen Leistungsfähigkeit erkennen. Hervorzuheben ist der Einfluss sowohl der Maximalpegel als auch der Häufigkeit der Lärmereignisse besonders auf den Schlaf bzw. während der Nachtzeit. Erschütterungen wirken verstärkend auf die durch Bahnlärm bedingten Gesundheitsbeeinträchtigungen.
3. Die LAUG sieht es als erforderlich an, bahnverkehrbedingte Erschütterungen bei der Bewertung des gesundheitlichen Risikos für Anwohnerinnen und Anwohnern an Bahnstrecken zu berücksichtigen.
4. Die LAUG unterstützt, dass die Zielwerte der WHO (2009) auch für Bahnlärmbelastungen als Orientierung und zur Formulierung von Anforderungen an den Lärmschutz dienen sollten.
5. Die LAUG betrachtet mit Sorge, dass als Folge der prognostizierten erheblichen Zunahme insbesondere des Schienengüterverkehrs mit einem wesentlichen Anstieg der Lärmbelastung für Anwohnerinnen und Anwohner zu rechnen ist. Eine

ansteigende Lärmbelastung an Schienenwegen erhöht zunehmend die lärmbedingten gesundheitlichen Risiken und ist für die Gesundheit der Betroffenen als problematisch zu bewerten.

6. Die LAUG ist der Auffassung, dass eine Belastungsreduzierung durch Bahnlärm erforderlich ist und der Lärmschutz an Schienenstrecken deutlich verbessert werden muss. Besonders Maßnahmen zum Schutz vor Aufwachreaktionen zur Sicherstellung des Schlafes sind notwendig. Die LAUG sieht es deshalb aus gesundheitlicher Sicht als erforderlich an, dass kurzfristig die bereits vorhandenen Entwicklungen zur Minderung der Lärmemissionen des Schienenverkehrs intensiviert und vorangebracht und geeignete Maßnahmen umgesetzt werden müssen.
7. Die LAUG bittet die AOLG, der Gesundheitsministerkonferenz über die ACK folgenden Beschlussvorschlag zu unterbreiten:

Die Gesundheitsministerkonferenz betrachtet weiterhin und verweisend auf ihren Beschluss zur 85.GMK vom Juni 2012 in Saarbrücken die Belastung von Anwohnerinnen und Anwohnern an Schienenstrecken durch Bahnlärm mit Sorge. Die GMK ist der Auffassung, dass der Lärmschutz an Schienenstrecken deutlich zu verbessern ist. Insbesondere ein gesunder Nachtschlaf muss gewährleistet sein. Weitere rechtliche und konzeptionelle Voraussetzungen für die Vermeidung von Gesundheitsbeeinträchtigungen durch Lärm als Folge des Bahnverkehrs müssen geschaffen werden.

Nach neueren Ergebnissen wissenschaftlicher Untersuchungen beeinträchtigt Bahnlärm die Gesundheit der Menschen grundsätzlich in ähnlicher Weise wie andere Verkehrslärmquellen. Im Vordergrund der Lärmwirkungen stehen sowohl kurzzeitige als auch langfristige kardiovaskuläre Effekte. Hierbei ist insbesondere die Beeinträchtigung des Schlafes von Bedeutung. Eine diesbezüglich engere Korrelation zu Maximalschallpegeln im Vergleich zu Mittelungspegeln wird beobachtet. Auch gibt es Hinweise auf den Einfluss von langfristig einwirkendem Bahnlärm auf die kognitive und psychomotorische Leistungsfähigkeit.

Angesichts der hohen Anzahl von Anwohnerinnen und Anwohnern an bestehenden Schienenstrecken, der allgemein prospektierten Zunahme des nächtlichen schienengebundenen Güterverkehrs und der nur schleppenden Verbesserung des Schallschutzes an der Quelle, weist die Gesundheitsministerkonferenz auf ihren Beschluss vom Juni 2012 in Saarbrücken (85. GMK TOP 10.1) hin und bittet darüber hinaus die Bundesregierung,

- in rechtlichen Regelungen den Rechtsanspruch auf Lärmschutz für Anwohnerinnen und Anwohner an Bestandsstrecken festzulegen.
- Kriterien für die Festlegung von Maximalpegeln und deren Häufigkeiten für Zugvorbeifahrten insbesondere für die Nachtzeit zu entwickeln und auf dieser Basis eine begrenzende Regelung zu fassen.

- ein Konzept zur verkehrsträgerübergreifenden Beurteilung des Verkehrslärms zu entwickeln und verpflichtend vorzugeben.
- die Auslösewerte für die Lärmsanierung an die Immissionsgrenzwerte der 16. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz anzupassen. Hierbei sollten bei der Neufassung von Immissionsschutzgrenzwerten und der Neufestsetzung von Auslösewerten für die Lärmsanierung die neueren Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung sowie die Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (Night noise guidelines for Europe) berücksichtigt werden.
- dass Mittel des Bundes zur Reduzierung des Bahnverkehrslärms an der Quelle bereitgestellt werden.
- die Einrichtung eines unabhängigen Lärmmonitoringsystems von Bahnlärm, das nach einheitlichen Kriterien betrieben wird, zu etablieren.
- den Schutz der Anwohnerinnen und Anwohner an Schienenstrecken vor gleisnah auftretenden Erschütterungswirkungen zu verbessern.
- über ihre Bemühungen zur Erzielung eines ausreichenden Gesundheitsschutzes für Anwohnerinnen und Anwohnern von Bahnstrecken zu berichten, insbesondere zu folgenden Punkten:
 - a. Stand der Entwicklung von Kriterien zur Festlegung von Maximalpegeln und deren Häufigkeiten nachts.
 - b. Stand der Entwicklung von Kriterien zur Begründung eines Rechtsanspruches auf Lärmschutz an Bestandsstrecken.
 - c. Geplante Maßnahmen des Bundes zur Reduzierung des Schienenverkehrslärms an der Quelle (z. B. Bereitstellung von finanziellen Mitteln).
 - d. Zeitraum für die Umsetzung von Maßnahmen.

Die Gesundheitsministerkonferenz begrüßt die Beschlüsse vorangegangener Umweltministerkonferenzen im Zusammenhang mit Bahnlärm (81. UMK (TOP 15), 82. UMK (TOP 13), 83. UMK (TOP 23/24), 84. UMK (TOP 20-23) und unterstützt aus gesundheitlicher Sicht die Forderungen der Umweltministerkonferenzen zur Verbesserung des Lärmschutzes an Bahnverkehrswegen.

Die Gesundheitsministerkonferenz leitet den Beschluss der Verkehrsministerkonferenz mit der Bitte zu, sich auf dieser Grundlage für einen besseren Lärmschutz einzusetzen. Sie gibt den Beschluss der Umweltministerkonferenz und der Raumordnungsministerkonferenz zur Kenntnis.

Anlagen zu TOP 12.3:

Literaturstudie Bahnlärm:

https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/umwelt/Laerm/bahnlaerm_bericht_end_version_150522.pdf

Kernaussagen/ Eckpunkte:  Kernaussagen_Eckpunkte_gesundh_Auswirk

85. GMK, TOP 10.1


85_GMK_TOP
10_1_Bahnlaerm_Jun

UMK-Beschlüsse


81_84_UMK_Beschlu
esse_Bahnlaerm.pdf

Anlagen, siehe auch Internet:

Kernaussagen/ Eckpunkte:

[bahnlaerm_kernaussagen-eckpunkte_fachgesprach_150608.pdf \(nrw.de\)](http://bahnlaerm.kernaussagen-eckpunkte.fachgesprach_150608.pdf)

85. GMK, TOP 10.1

[Beschlüsse - Gesundheitsministerkonferenz \(GMK\) \(gmkonline.de\)](http://gmkonline.de)

UMK-Beschlüsse: [Startseite - Umweltministerkonferenz \(UMK\)](#)

81. UMK Erfurt 2013 TOP 15 „Verringerung des Schienenverkehrslärms“

82. UMK Konstanz 2014 TOP 13 „Verkehrsübergreifender Lärmschutz“

83. UMK Heidelberg 2014 TOP23/24 „Verbesserung des Verkehrslärmschutzes“

84. UMK Kloster Banz 2015 TOP 20-22 „Verbesserung des Verkehrslärmschutzes“

84. UMK Kloster Banz TOP 23 „Monitoring von Schienenlärm“

Anlage 4: Beschluss der LAUG zur Abschätzung der durch Umweltbelastungen hervorgerufenen Gesundheitskosten (19. LAUG-Sitzung, Stuttgart 2016) einschließl. ‚Fachliche Anmerkungen des Umweltbundesamtes‘

TOP 15: Abschätzung der durch Umweltbelastungen hervorgerufenen Gesundheitskosten

Schon seit längerer Zeit werden auf internationaler Ebene Abschätzungen von Gesundheitskosten, die durch Umweltbelastungen (insbesondere Luft- und Lärmbelastungen) ausgelöst werden, vorgenommen, um die globale gesellschaftliche Bedeutung von Umweltbelastungen zu verdeutlichen (z.B. OECD 2014, WHO 2015), um Kosten-Nutzen-Abschätzungen für Umweltschutzmaßnahmen durchzuführen (z.B. im Rahmen des „Clean Air for Europe (CAFE)“- Programms der EU-Kommission, AEA 2005) oder um die auftretenden sozialen Kosten verschiedener Verkehrssysteme (z.B. Straßenverkehr, Bahnverkehr, Flugverkehr, Schiffsverkehr) miteinander vergleichen zu können (z.B. im Rahmen des „Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT)“-Projektes der EU-Kommission, CE Delft 2008). In jüngerer Zeit finden Abschätzungen der durch Umweltbelastungen hervorgerufenen Gesundheitskosten zunehmend auch Eingang in Fachdiskussionen zum umweltbezogenen Gesundheitsschutz. Die zugrundeliegenden Methoden und ihre Aussagekraft für Fragestellungen des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes sollten daher geprüft werden.

Bei den gesundheitsökonomischen Untersuchungen sind drei Kostengruppen zu unterscheiden, nämlich direkte Kosten, indirekte Kosten und intangible Kosten. Direkte Kosten sind die mit der Krankheit verbundenen Kosten, die sich unmittelbar aus der medizinischen Behandlung ergeben, z.B. für Diagnostik und Therapie, Medikamente, Operationen, Rehabilitation, Pflegekosten, ambulante und stationäre Behandlungen etc. Indirekte Kosten berechnen sich über den Verlust an Ressourcen als Folge von Morbidität und vorzeitiger Mortalität im Erwerbsalter (insbesondere Arbeitsunfähigkeit, Invalidität, Erwerbsunfähigkeit). Hierin enthalten sind alle krankheits- und interventionsbedingten Produktivitätsausfälle, unabhängig davon, ob und von wem Lohnersatzleistungen gezahlt werden. Diese Kosten sind, differenziert nach Diagnose-, Alters- und Geschlechtsgruppen, grundsätzlich in Datenbeständen des Robert-Koch-Instituts und des Statistischen Bundesamtes verfügbar, können teils auch in aufbereiteter Form Berichten dieser Einrichtungen direkt entnommen werden (siehe z. B. RKI 2009, Statistisches Bundesamt 2010).

Direkte und indirekte Kosten werden in der englischsprachigen Literatur oftmals unter dem Begriff „Cost of Illness“ (COI) zusammengefasst. Die in dieser Kostenkategorie einbezogenen Kosten können zumindest näherungsweise über eine Analyse des tatsächlichen Marktgeschehens ökonomisch erfasst und beschrieben werden, wie dies beispielsweise von Greiser (2014) am Beispiel des Schienenverkehrslärms durchgeführt worden ist.

Unter intangiblen Kosten versteht man die aus einer Erkrankung resultierenden Beeinträchtigungen wie Schmerzen, psychische Belastungen, vermindertes Selbstwertgefühl, Verlust an Lebensfreude und Sozialprestige oder Einschränkungen in der Lebensqualität der Betroffenen sowie ihres Umfeldes. Diese Kosten bilden sich nicht im realen Marktgeschehen ab, es können in Umfragen aber Angaben darüber ermittelt werden, welchen Betrag die Befragten (hypothetisch) bereit wären zu zahlen, um die genannten krankheitsbedingten Begleiterscheinungen oder auch eine Erhöhung des statistischen Risikos, an einer bestimmten Erkrankung zu versterben, zu vermeiden. Über die so erfasste Zahlungsbereitschaft (willingness to pay, WTP) werden die intangiblen Kosten in monetäre Einheiten umgerechnet.

Die über Befragungen zur Zahlungsbereitschaft ermittelten Kostenangaben zur Monetarisierung statistischer Todesfälle oder der Beeinträchtigungen aus Krankheiten bzw. der Lebensqualität, sind aus verschiedenen Gründen für Zwecke des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes kritisch zu bewerten.

Im Unterschied zu den direkten und indirekten Kosten bilden die mit WTP-Ansätzen ermittelten Kostenangaben kein reales Marktgeschehen ab. Die Zahlenwerte sind lediglich Ausdruck einer (in monetären Einheiten angegebenen) „Wertschätzung“, die der Einzelne der Gesundheit beimisst. Es fallen bei diesen Kostenangaben volkswirtschaftlich real aber keinerlei Kosten an (weder bei den Befragten selbst noch bei kollektiven Kostenträgern, etwa der Krankenversicherung).

Zudem sind WTP-Angaben unmittelbar verknüpft mit den untersuchten Bevölkerungsgruppen und hängen insbesondere direkt von den Einkommensverhältnissen ab. Dies erschwert z.B. regionale Vergleiche. Wenn zur Herstellung regionaler Vergleichbarkeit von einheitlich angepassten WTP-Werten ausgegangen wird, wird der Bezug zur wirtschaftlichen Realität noch weiter verlassen.

In Hinblick auf die Monetarisierung speziell der Mortalitätsrisiken bleibt nach den Erkenntnissen der Risikowahrnehmungsforschung auch fraglich, ob die Befragten überhaupt ein mentales Konzept haben, was z.B. eine Risikominderung von 3:100.000 auf 2:100.000 „bedeutet“. Es bleibt spekulativ, ob die Befragten tatsächlich den von ihnen genannten Betrag aufwenden würden, wenn sie die Möglichkeit hätten, mit dieser Zahlung ihr Mortalitätsrisiko zu mindern. Auch hier gilt, dass die diesbezüglich ermittelten Kostenangaben in der wirtschaftlichen Realität nirgends de facto auftreten. Vor allem ist anzumerken, dass eine seriöse Kostenanalyse in den Blick nehmen müsste, dass vorzeitige Todesfälle über die Einsparung von Renten und Pensionen (vorzeitige Todesfälle vor dem Renteneintritt sind als verlorene Erwerbsjahre bei den indirekten Gesundheitskosten zu erfassen) tatsächlich eine volkswirtschaftliche Minderbelastung (und keine Mehrbelastung, wie dies bei den Kostenschätzungen zugrunde gelegt wird; die Kosten für einen zusätzlichen Todesfall werden üblicherweise mit Beträgen zwischen einer und drei Millionen Euro veranschlagt) darstellen.

Wie einer Untersuchung der OECD (2014) zu den für die Luftbelastung ermittelten Gesundheitskosten zu entnehmen ist, zeigt sich aber auf der anderen Seite, dass die der Mortalität zugerechneten intangiblen Kosten den mit Abstand größten und entscheidenden Anteil ausmachen. Sie tragen zu 91% an der Gesamtsumme der abgeschätzten Gesundheitskosten bei. Nach den Angaben der OECD kommt eine Untersuchung der US-EPA für die Vereinigten Staaten zu praktisch dem gleichen Ergebnis (93%). Die realen wirtschaftlichen Auswirkungen (d.h. die für die Morbidität und die Mortalität vor Renteneintritt ermittelten direkten und indirekten Kosten) tragen demnach weniger als 10% zu der Gesamtsumme der abgeschätzten Gesundheitskosten bei.

Für die Abschätzung der durch Lärmbelastung ausgelösten Gesundheitskosten zeigen sich analoge Ergebnisse. So ergab eine Studie bezogen auf die Schweiz, dass 94,6% der errechneten Gesundheitskosten für die Verkehrslärmbelastung sich über Verrechnung der (vermuteten) Zahlungsbereitschaft ergeben (ganz überwiegend über die WTP-Angaben zur Bewertung vorzeitiger Todesfälle), lediglich 4,2% entfallen auf die direkten Kosten (medizinische Behandlung) und 2,5% auf die indirekten Kosten (Ecoplan 2004, S. 114).

Die Schlussfolgerung ist berechtigt, dass die Einbeziehung von Kostenfaktoren für Mortalitätsrisiken zu einer erheblichen Überschätzung der realen volkswirtschaftlichen Aufwendungen (in der Größenordnung einer Zehnerpotenz) führt. Es ist durchaus zu befürchten, dass diese Angaben in öffentlichen Diskussionen nicht zu größerer Transparenz und Klarheit beitragen, sondern im Gegenteil zu größerer Verwirrung.

Sinn und Zweck der Berechnung der Kostenangaben für Mortalitätsrisiken (oder der Beeinträchtigungen aus Krankheiten bzw. der Lebensqualität) sind aber auch generell zu hinterfragen. Politische Entscheidungen erfordern eine seriöse und verantwortliche Betrachtung der mit ihnen verbundenen ökonomischen Auswirkungen. Für diese Abwägung leisten Kostenberechnungen, die sich zu einem großen Teil aus Positionen zusammensetzen, denen keinerlei reale Aufwendungen gegenüberstehen, keinen Beitrag. Solche Angaben sind auch kaum geeignet, die politische Legitimation von Entscheidungen zu stärken. Gesundheit und menschliches Leben sind letztlich um ihrer selbst willen zu schützen und nicht aus ökonomischen Gründen.

Vor diesem Hintergrund ist ausdrücklich zu begrüßen, dass in einer aktuellen, im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführten Untersuchung (Hornberg et al 2016, S. 55) primär nur direkte und indirekte Kosten berücksichtigt wurden. Studien, die nur intangible Kosten betrachten, blieben unberücksichtigt, weil sich diese einer tatsächlichen monetären Bewertung in Form tatsächlicher Kosten weitgehend entziehen. Des Weiteren blieben auch Studien unberücksichtigt, bei denen die Kosten über die WTP-Methode geschätzt werden.

Beschluss:

In jüngerer Zeit finden Abschätzungen der durch Umweltbelastungen hervorgerufenen Gesundheitskosten zunehmend Eingang in Fachdiskussionen zum umweltbezogenen

Gesundheitsschutz. Die LAUG hält Abschätzungen der direkten und indirekten Kosten, die als Folge umweltbedingter Krankheiten entstehen, durchaus für sinnvoll, um die volkswirtschaftliche Bedeutung von Umweltbelastungen zu verdeutlichen.

Die Einbeziehung von Kostenfaktoren für Mortalitätsrisiken und weitere intangible Kosten, die auf Befragungen zur Zahlungsbereitschaft für die Vermeidung solcher Risiken beruhen, ist nach Auffassung der LAUG hingegen abzulehnen. Die den Mortalitätsrisiken zugerechneten Kostenangaben sind von fraglicher Validität und es stehen ihnen keinerlei reale volkswirtschaftliche Aufwendungen gegenüber. Durch Einbeziehung dieser Kostenfaktoren werden die realen volkswirtschaftlichen Aufwendungen andererseits erheblich (in der Größenordnung einer Zehnerpotenz) überschätzt. Es ist nicht zu erwarten, dass diese Angaben in öffentlichen Diskussionen über Probleme des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes zu größerer Transparenz und Klarheit führen.

**Fachliche Anmerkungen des Umweltbundesamt (I 1.4/II1.6) zu TOP 12:
„Abschätzung der durch Umweltbelastungen hervorgerufenen
Gesundheitskosten“ der LAUG Sitzung am 27.09.2016 vom 21.9.2016 (das
Papier lag nicht zur LAUG-Sitzung vor)**

1. Ein Großteil der volkswirtschaftlichen Schäden durch Umweltbelastungen entsteht in Form von Nutzeneinbußen bei den Betroffenen. Dazu gehören insbesondere auch nicht vermiedene oder nicht vermeidbare Gesundheitsschäden. Wegen ihrer volkswirtschaftlichen Bedeutung sollten sie bei der Schätzung der durch Umweltbelastungen hervorgerufenen Gesundheitskosten berücksichtigt werden, auch wenn ihnen keine Zahlungsströme gegenüberstehen. Gerade bei den in der Begründung genannten Beispielen für die Verwendung von Abschätzungen der durch Umweltbelastungen hervorgerufenen Gesundheitsbelastungen ((i) Ermittlung der gesellschaftlichen Bedeutung von Umweltbelastungen, (ii) Kosten-Nutzen-Abschätzungen für Umweltmaßnahmen sowie (iii) Vergleich der sozialen Kosten verschiedener Verkehrssysteme) sind nicht allein die betriebswirtschaftlichen Zahlungsströme relevant, sondern die volkswirtschaftlichen Auswirkungen insgesamt.
2. Um solche Gesundheitsschäden erfassen zu können, sind Zahlungsbereitschaftsanalysen erforderlich. Die Berücksichtigung von Zahlungsbereitschaften entspricht wissenschaftlich dem State of the Art und wird sowohl in der zitierten OECD-Studie als auch in zahlreichen anderen Studien der WHO, der EEA oder der US-EPA angewendet. Die Methodik der Zahlungsbereitschaftsanalysen wurde in den letzten Jahren stetig verbessert, beispielsweise um sicherzustellen, dass die Studienteilnehmenden eine realistische Vorstellung sowohl von den zur Entscheidung stehenden Alternativen als auch von dem ihnen zur Verfügung stehenden finanziellen Budget haben. Auch ist der im Zusammenhang mit den direkten und indirekten Kosten als zu bevorzugende Datenquelle genannte Markt teilweise verzerrt, beispielsweise durch Subventionen, Preisregulierung und Monopolpreisbildung bei Medikamenten. Zudem basieren bspw. auch Kosten der Maßnahmenumsetzung in vielen Fällen lediglich auf Schätzungen der betroffenen Unternehmen. Das Umweltbundesamt hat den Stand der wissenschaftlichen Forschung zur adäquaten Wahl der ökonomischen Bewertungsmethode in der Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten dargestellt und geht dabei auch auf die Aussagefähigkeit der jeweiligen Methoden ein.
3. Die in der Begründung aufgeführte Studie des Umweltbundesamtes (Hornberg et al. 2016, S. 54) berücksichtigt nur die direkten und indirekten Kosten der Krankheitsbelastung, da dort nur tatsächlich anfallende Kosten, die allen Institutionen oder den Betroffenen entstehen, um Gesundheit zu erhalten, wiederherzustellen, Krankheiten und Verletzungen zu behandeln und der Entstehung von Krankheiten und Verletzungen vorzubeugen, nicht jedoch die volkswirtschaftlichen Gesamtkosten berücksichtigt werden sollten. Das Potenzial der Methoden zur Schätzung der volkswirtschaftlichen Kosten soll beispielsweise in dem derzeit anlaufenden

Vorhaben des UBA „Umweltbedingte Krankheitslasten und Ansätze zu ihrer monetären Bewertung“ untersucht werden. Im Rahmen von Fallstudien sollen dort die Krankheitslasten zu ausgewählten Umweltstressoren monetär bewertet werden. Dazu werden auch die nicht vermiedenen oder nicht vermeidbaren Gesundheitsschäden einbezogen.

4. Dem hohen Wert, der menschlichem Leben und der Gesundheit zukommt, ist selbstverständlich zuzustimmen. Damit dieser Wert allerdings auch adäquat in die politischen Abwägungsprozesse einfließt, ist es erforderlich, auch die Nutzeneinbußen durch Gesundheitsschäden umfassend durch Zahlungsbereitschaftsanalysen zu berücksichtigen. Geschieht dies nicht, besteht die Gefahr, dass die Nutzen umweltpolitischer Maßnahmen für die Gesundheit unzureichend im politischen Entscheidungsprozess berücksichtigt werden.
Auch bei der Berücksichtigung der Ergebnisse der Zahlungsbereitschaftsanalysen geht es nicht darum, den Wert eines Lebens oder eines Lebensjahres konkreter Personen monetär zu bemessen, stattdessen geht es u. a. um den Vergleich der Wirkungen unterschiedlicher Politikalternativen auf die Gesamtbevölkerung. Zudem reicht es hierbei nicht aus nur die direkten und indirekten Kosten anzugeben, weil diese nicht die Belastung der Betroffenen darstellt. Indem lediglich die direkten und indirekten Kosten aufgezeigt werden, wird die menschliche Gesundheit reduziert, da die Kosten durch beispielsweise Schmerzen oder soziale Beeinträchtigungen die beim Individuum auftreten, nicht berücksichtigt werden. Der Einbezug der intangiblen Kosten ermöglicht somit ein umfassenderes und realistischeres Bild der Gesundheitskosten auch aus der Perspektive Betroffener.
5. In der Unterlage zum o. g. TOP wird erwähnt, dass zur Herstellung regionaler Vergleichbarkeit von einheitlich angepassten Zahlungsbereitschaften ausgegangen und demzufolge der Bezug zur wirtschaftlichen Realität noch weiter verlassen wird. Allerdings werden bspw. in den OECD/WHO-Berichten die Zahlungsbereitschaften durch teilweise komplexe Berechnungen an die regionalen Begebenheiten angepasst. Dabei werden bspw. die Parameter wie BIP pro Kopf, Inflationsentwicklungen oder die Einkommenselastizität länderspezifisch betrachtet, um somit möglichst genau die wirtschaftliche Realität in den Regionen abbilden zu können.