

Kommentar zu

VDI 3722-2

Wirkung von Verkehrsräuschen - Teil 2

2. Entwurf, Februar 2009

Inhaltsverzeichnis

0	Einleitung	3
1	Anwendungsbereich	5
2	Normative Verweisungen	7
3	Begriffe	7
3.1	Beeinträchtigung	7
3.2	Belästigung	7
3.3	Prozent „Belästigte“ (%A), Prozent „Annoyed“	7
3.4	Prozent „wesentlich Belästigte“ (%W)	7
3.5	Prozent „stark Belästigte“ (%HA), Prozent „Highly Annoyed“	8
3.6	Aufwecken	8
3.7	erwartete Anzahl Aufweckreaktionen (nAWR)	8
3.8	Bewertung	8
3.9	Beurteilung	9
3.10	Beurteilungskenngrößen	9
3.10.1	Beurteilungspegel	9
3.10.2	Beurteilungspegel für Nacht-Tag-Abend	10
3.10.3	Beurteilungspegel für Nacht-Tag	11
3.10.4	Beurteilungspegel für die Nacht	13
3.10.5	Beurteilungspegel für den Tag	13
3.11	renormierter Ersatzpegel	14
3.11.1	Anzahl Aufweckreaktionen für die Nacht	14
3.11.2	Kurven zur Beschreibung der Expositions-Wirkungs-Beziehung	15
3.11.3	Allgemeine Expositions-Wirkungs-Beziehungen (für Straße und Schiene)	17
3.11.4	Definition eines wirkungsbezogenen Ersatzpegels	18
3.12	effektbezogener Substitutionspegel	18
3.13	maximaler Schalldruckpegel	19
3.14	Geräuschbelastung	19
3.15	Beeinträchtigungsfunktion	19
3.16	Beeinträchtigungskenngröße	20
3.17	Baublock	21
3.18	Baublockseite	21
3.19	Bruttogeschossfläche	21
3.20	Gebäude	21
3.21	Wohnfläche	21
4	Ermittlung von Kenngrößen beim Einwirken mehrerer Quellenarten	22
4.1	Grundlegendes	22
4.2	Störung und Belästigung	23
4.2.1	Allgemeines	23
4.2.2	Rechenvorschrift	23
4.2.3	Berücksichtigung der Streuung	25

4.3	Erwartete Anzahl Aufweckreaktionen	25
4.3.1	Allgemeines	25
4.3.2	Rechenvorschrift: Aufweckwahrscheinlichkeits-Kurve	26
4.3.3	Rechenvorschrift: Aufweckreaktion Cortisol	29
4.3.4	Rechenvorschrift: gekippte Fenster	31
4.4	Untersuchungsgebiet	32
4.5	Emissionsgebiet	32
4.6	Immissionspunkte	32
4.7	Geräuschbelastung	32
4.8	Betroffene Bevölkerung	33
4.9	Beeinträchtigungskenngröße	33
4.10	Ergebnisdarstellung	34
5	Untersuchung der Wirkung von Minderungsmaßnahmen / Planungsalternativen	35
5.1	Vorgehensweise	35
5.2	Berücksichtigung passiver Schallschutzmaßnahmen	35
6	Symbole, Einheiten und Abkürzungen	36
7	Anhang	37
7.1	A (informativ)	37
7.1.1	A.1 Berechnungsverfahren	37
7.1.2	A.2 Rechenbeispiele	40
7.2	Anhang B (informativ)	41
7.2.1	B.1 Erwartete Anzahl Aufweckreaktionen für Maximalpegel durch Verkehrsgeräusche	41
7.2.2	B.2 Beispiel für das Einwirken von zwei Quellenarten (Flugverkehrsgeräusche, Straßenverkehrsgeräusche)	43
7.3	Anhang C (informativ)	45
7.3.1	C.1 Allgemeines	45
7.3.2	C.2 Beispiel 1 (wesentlich Belästigte (%W))	46
8	Ausblick	48
8.1	Allgemeine Betrachtungen zum Vergleich Schiene/Straße	48
8.2	Vergleich Straße / Schiene	48
8.3	Unzureichende Voraussetzungen	48
8.4	VDI 3722-2	49
8.4.1	Tag	49
8.4.2	Nacht	49

0 Einleitung

Die Beeinträchtigung durch Umweltgeräusche und deren Bewertung ist seit Jahrzehnten Gegenstand der Behandlung in der Lärmwirkungsforschung, und zwar in nationalen und internationalen Studien. Entsprechende Literaturstudien verweisen nicht nur auf die Notwendigkeit, grundlegend zu unterscheiden, ob es sich bei den Forschungsarbeiten um eine Primäranalyse von Daten, eine Sekundäranalyse vorhandener Daten oder eine Zusammenstellung von Ergebnissen verschiedener Autorengruppen, sondern auch ob es sich um Feld- oder Laborstudien handelt.

Untersuchungen und Studien, die die Beeinträchtigung durch mehrere Quellen untersuchen und darauf fokussieren, wie die untersuchten Geräuschquellenarten bewertet wurden und welche Geräuschquelle die vorherrschende innerhalb der Gesamtgeräuschsituation ist, sind entsprechend schwieriger. Der Stand der Forschung ist hier eindeutig: es gibt hierzu keine generelle Antwort [17].

In dieser Richtlinie werden Verfahren zur Ermittlung von Kenngrößen zur Bewertung beim Einwirken unterschiedlicher Geräuschquellenarten hinsichtlich Belästigung, Störung und der erwarteten Anzahl Aufweckreaktionen vorgeschlagen.

Als Verfahren für die Bewertung hinsichtlich Belästigung und Störung wurde das Substitutionsverfahren gewählt. Dieses erfordert die Festsetzung einer Vergleichsgröße. Für die Wirkung kombinierter Verkehrsgläuschquellenarten, nachfolgend als Quellenarten bezeichnet; wird hierzu grundsätzlich der Straßenverkehr herangezogen, der in der Regel die häufigste Belastungsquelle ist.

unnötiger Zusatz, durch „in der Regel“ irreführend
Daher vorgeschlagene Textänderung: weglassen.

Auch das Substitutionsverfahren ist im Wesentlichen nur Hilfsmittel. Notwendige neue Forschungen zur Ableitung von Expositions- Wirkungskurven beim Einwirken mehrerer Quellenarten liegen zur Zeit nicht vor, werden aber dringend gefordert, so dass sich erst in Zukunft zeigen wird, welche Modelle zur Vorhersage einer Gesamtbeeinträchtigung durch mehrere Quellenarten am besten geeignet sind.

Aufgrund fehlender aktueller Expositions-Wirkungs- Beziehungen wird in dieser Richtlinie auf eine Vorgabe verzichtet. Dies ist darin begründet, dass sich in zugänglichen Forschungsergebnissen zeigt, dass die Art der verwendeten Skalen, die Befragungstechniken und Erhebungssituationen entscheidend sind für die Vergleichbarkeit der Daten, um Erkenntnisse abzuleiten, auf welche Weise die durch die Antworten erhaltenen Informationen dargestellt werden (Expositions- Wirkungs-Kurven, tabellarische Übersichten), ob aufgrund der Daten Modelle zur Vorhersage von Reaktionen auf die Geräuschbelastung entwickelt werden oder ob eine Validierung vorhandener Modelle mit Hilfe der Daten erfolgt. Bei einigen bekannten Expositions-Wirkungs-Kurven muss aus diesen Gründen die Aussagekraft angezweifelt werden.

„Die Aussagekraft“ von durch Befragung irgendwelcher Menschen gewonnenen Aussagen sollte stets angezweifelt werden, da - im Gegensatz zu physikalisch-technischen Erkenntnissen - prinzipiell keine Reproduzierbarkeit der Aussagen möglich ist.
Daher vorgeschlagene Textänderung: weglassen.

Nacht: Anzahl Aufweckreaktionen

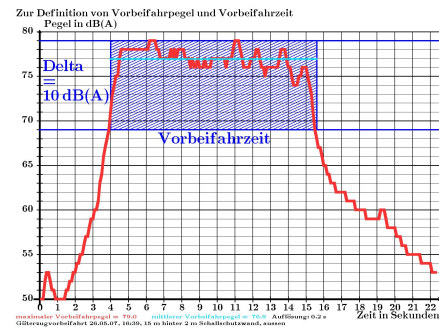
Zur Beschreibung der Beeinträchtigungen des Schlafes wird neben Störungen die erwartete Anzahl Aufweckreaktionen herangezogen. Am meisten erforscht ist der Zusammenhang zwischen nächtlichen Maximalpegeln und der erwarteten Anzahl Aufweckreaktionen.

Was sind „nächtliche Maximalpegel“?

Nach 3.13 zunächst der Vorbeifahrpegel - aber wie wird dieser bei (langen) Güterzügen definiert?

Die Höhe jedes Vorbeifahrpegels variiert während der Dauer der Vorbeifahrt. Daher wurde die nebenstehende 10 dB(A)-Vorbeifahrpegel-Definition eingeführt.

Diese Definition ist auch anwendbar, um durch einen Vorbeifahrpegel verursachte Aufweckreaktionen zu beschreiben. Die Aufweckreaktion wird auch durch die Vorbeifahrzeit beeinflusst. Siehe auch den Kommentar zu 4.3.2.



Bezüglich der erwarteten Anzahl Aufweckreaktionen gibt es nur unzureichende Kenntnis über die Abhängigkeit von den verschiedenen Quellenarten, so dass in dieser Richtlinie nur eine Expositions-Wirkungs-Beziehung angegeben wird, die für alle Verkehrsrgeräusquellen gilt.

Folglich ist zur Beschreibung der Exposition notwendig, während der Nacht die einzelnen Vorbeifahrpegel (Vorbeifahrzeit und Pegelhöhe) zu erfassen, um die erwartete Anzahl Aufweckreaktionen zu bestimmen: Es ist zu einfach, wenn die Aufweckwahrscheinlichkeit unabhängig von der Vorbeifahrzeit durch die Formel

$$A_{WW} = 0.75 \cdot L_{p,A,F,max} - 31.5 \text{ dB}$$

angesetzt wird (wie unter 4.3.2 angegeben), um zu erreichen, dass bei 42 dB gilt $A_{WW} = 0$, und diese Formel für $40 \text{ dB} \leq L_{p,A,F,max} \leq 80 \text{ dB}$ gelten soll: Bei 40 dB wäre dann $A_{WW} = -1.5 \text{ dB}$ und bei 80 dB ist die Aufweckwahrscheinlichkeit $A_{WW} = 28.5 \%$? Also werden von 100 Schlafenden nur 28.5 Menschen durch einen (Vorbeifahr-)Pegel von 80 dB geweckt?

Wenn die Anzahl und die Höhe nächtlicher Maximalpegel nicht bekannt ist, kann auch nicht die Anzahl der erwarteten Aufweckreaktionen bestimmt werden!

Es ist zusätzlich notwendig, die Exposition am Ohr des Schlafers zu bestimmen! (An welchem Ort der Betroffene schläft, ist oft nicht einfach zu ermitteln! Ist die jeweiligen Sommer-/Winter-Fensterstellung und/oder die Stellung der Jalousien zu berücksichtigen? Eine Umrechnung ist nur bei bekannten Dämmwerten des Schlafzimmers möglich, trotzdem wird unter 4.3.2 angegeben, dass (bei gekipptem Fenster) die Dämmung zwischen „Freifeldpegel“ 6 m vor dem Schlafzimmerfenster und dem Ohr des Schlafers mit 15 dB angenommen wird.

Bezugsort Tag und Bezugsort Nacht

Bei den Expositions-Wirkungs-Beziehungen am Tag zur Belästigung und Störung wird in der Regel die Exposition durch Pegel außerhalb der Gebäude, während der Nacht bei der erwarteten Anzahl Aufweckreaktionen durch Pegel am Ohr des Schlafers (Innenpegel) angegeben.

1 Anwendungsbereich

Zweck dieser Richtlinie ist es, auf der Basis von Expositions-Wirkungs-Beziehungen zu einzelnen Quellenarten beim Einwirken mehrerer dieser Quellenarten,

- ein Verfahren zur Schätzung der Gesamtbelästigung und Gesamtstörung auf Basis wirkungsäquivalenter Pegel für die einzelnen Quellenarten,

Schon die Vorbeifahrt eines LKW mit 70 dB(A) und einer Vorbeifahrzeit von 4 Sekunden kann wirkungsäquivalent sein mit der Vorbeifahrt eines PKW mit 80 dB(A), der in 3 Sekunden vorbeifährt - und nun fährt ein Güterzug mit 90 dB(A) während 18 Sekunden vorbei. Bei 1 Sekunde Vorbeifahrzeit ist er wirkungsäquivalent mit der Vorbeifahrt eines LKW.

A: Bereits in der VDI 3722-1 wird ein wesentlicher Unterschied in 5.3 genannt: Bei Schienenverkehrsgeräuschen treten „höhere Spitzenpegel im Vergleich zum Mittelungspegel“ auf als bei Straßenverkehrsgeräuschen. - Ein zu Schienenverkehrsgeräuschen „wirkungsäquivalenter Pegel“ des Straßenverkehrsgeräusches müsste daher die Spitzenpegel berücksichtigen!

B: Bisherige Befragungen zeigen, dass bereits bei Straßenverkehrsgeräuschen am Tag Probleme auftreten:

In der Interdisziplinären Feldstudie II finden sich folgende „Gestörtheit tags (RT)“:

- im Ort 5 (Straßkirchen) mit Tagesmittel 70.1 dB(A) und Gestörtheit 3.24
- im Ort 1 (München) mit Tagesmittel 71.6 dB(A) und Gestörtheit 2.66, und
- im Ort 4 (Barsinghausen) mit Tagesmittel 71.6 dB(A) und Gestörtheit 2.34

d.h.: obwohl der Tagesmittelungspegel in München und in Barsinghausen höher ist als in Straßkirchen,

ist die Gestörtheit in München und in Barsinghausen niedriger als in Straßkirchen!

Bei diesen Daten stellt sich die Frage:

„Welches ist der für die Gestörtheit 3.00 wirkungsäquivalente Pegel von Straßenverkehrsgeräuschen?“

Eine Belästigung oder auch eine Störung wird in der deutschen Sprache im allgemeinen durch „Lärm“ hervorgerufen oder durch ein „unerwünschtes Geräusch“. Dazu schreibt WIKIPEDIA: „Bei unerwünschten Geräuschen (Lärm) nimmt die Störwirkung mit der Lautstärke zu, aber auch mit steigender Tonalität (ein tonales Geräusch ist störender), mit steigender Instationarität (ein zeitlich schwankendes Geräusch stört mehr) und mit dem Informationsgehalt (z. B. bei Sprache oder Musik) zu.

Da dieser Punkt zu viele subjektiv gesetzte Voraussetzungen enthält, muss er vollständig überarbeitet werden!

- ein Verfahren zur Schätzung der erwarteten Anzahl Aufweckreaktionen anzugeben und
- Hilfsmittel für die schalltechnische Bewertung von Planungsalternativen bereitzustellen.

ANMERKUNG Es werden Verfahren beschrieben. Auf die Festlegung bestimmter Expositions-Wirkungs- Beziehungen, außer für die Schätzung der erwarteten Anzahl Aufweckreaktionen, wird verzichtet, da die Angaben noch nicht vollständig sind, einige z. T. auf älteren Erhebungen beruhen, es Hinweise gibt, dass Expositions-Wirkungs-Beziehungen im Laufe der Zeit Änderungen erfahren.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 1320:1997-06, Akustik - Begriffe

VDI 3722 Blatt 1, Wirkungen von Verkehrsgeräuschen

DIN ISO 9613-2:1999-10, Akustik Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 1320 und die folgenden Begriffe.

3.1 Beeinträchtigung

Auswirkungen von Geräuschbelastungen, die das körperliche, seelische oder soziale Wohlbefinden mindern oder zu Krankheiten führen; Beeinträchtigungen werden durch medizinische, psychologische oder soziologische Befunde beschrieben

3.2 Belästigung

in Bevölkerungsuntersuchungen systematisch erhobene skalierte Selbstaussage von Personen über ihre erlebte Belästigung durch einen Umweltfaktor (hier: Verkehrsgeräusche)

ANMERKUNG 1 Betroffene fassen im Belästigungsurteil ihre persönlichen Bewertungen der Wahrnehmungen von Geräuschen und die Bewertung der bewussten Folgen dieser Geräusche zusammen (vgl. [5]).

ANMERKUNG 2 Die Selbstaussage bezieht sich in der Regel auf ein größeres Zeitintervall (z. B. 12 Monate) und sollte entsprechend dem Vorschlag in [4] in standardisierter Form erhoben werden.

Eine „Selbstaussage“ im Sinne dieses VDI-Entwurfes soll sich „in der Regel“ auf ein größeres Zeitintervall (z. B. 12 Monate) und nicht auf eine einzelne Vorbeifahrt beziehen.

Bemerkung: Ist noch nie in Frage gestellt worden, ob bei dem Belästigungsurteil für nächtlichen Verkehrslärm

- das „größere Zeitintervall“ von 12 Monaten zu groß ist, und
- die „Wahrnehmung von Geräuschen“ während jeder einzelnen Nacht nur im wachen Zustand stattfinden kann und
- auch unbewusste Erlebnisse einfließen?

(siehe auch Kommentar zur ANMERKUNG2 von 3.2)

3.3 Prozent „Belästigte“ (%A), Prozent „Annoyed“

Prozentsatz von Personen, die bei einer gegebenen Geräuschbelastung auf einer kontinuierlichen Belästigungsskala die oberen 50 % der Skalenlänge wählen [13].

3.4 Prozent „wesentlich Belästigte“ (%W)

Prozentsatz von Personen, die bei einer gegebenen Geräuschbelastung auf einer kontinuierlichen Belästigungsskala die oberen 40% der Skalenlänge wählen.

3.5 Prozent „stark Belästigte“ (%HA), Prozent „Highly Annoyed“

Prozentsatz von Personen, die bei einer gegebenen Schallbelastung auf einer kontinuierlichen Belästigungsskala sehr hohe Werte wählen.

Was heißt hier „sehr hohe Werte“?

Nach der in [18] eingeführten Konvention wird eine Person als „stark belästigt“ bezeichnet, wenn sie auf einer Belästigungsskala eine Position innerhalb der oberen 28 % der Skalenlänge wählt.

ANMERKUNG Die „28 %“ sind eine Konvention. Schultz [18] hat dieses 28-%-Kriterium damals für nützlich befunden, und seitdem folgen auch neuere Autoren diesem Ansatz.

Wenn schon eine „kontinuierliche Belästigungsskala“ eingeführt wird, sollten auch kontinuierliche Belästigungswerte zugelassen werden: Wozu darf auf der Belästigungsskala 2.95 angegeben werden, wenn hinterher entschieden wird, dass dies noch keine „Belästigung“ ist?

Ist bekannt, dass dann nach der Interdisziplinären Feldstudie II nur in Straßkirchen tagsüber durch Straßenverkehrsgeräusche „Belästigte“ befragt wurden?

Ist bekannt, dass unter Verwendung der 28%-Konvention in der IF-Studie niemand befragt wurde, der „highly annoyed“ war? Denn auf der deutschen Belästigungsskala von 1 bis 5 wäre 3.88.

Daher vorgeschlagene Textänderung:

Vermeidung der Worte „belästigt, wesentlich belästigt, stark belästigt“.

Berücksichtigung der einzelnen Vorbeifahrpegel.

3.6 Aufwecken

bezeichnet das Erwachen ausgelöst durch einen Sinnesreiz (z. B. einen akustischen Reiz) Der Begriff Erwachen bezeichnet den Übergang von einem polysomnographisch definierten Schlafstadium zum Wachsein.

Erweiterung der Beschreibung des Aufweckens:

Der auslösende Sinnesreiz (z. B. akustische Reiz) hat viele anzugebende Parameter, unter anderen

- a) Reizdauer
- b) Pegelverlauf während der Reizdauer
- c) Frequenz-Zusammensetzung.

Ist jeweils bekannt, ob ein „bergang von einem polysomnographisch definierten Schlafstadium zum Wachsein“ mit dem subjektiv empfundenen (belästigenden) Aufwecken übereinstimmt?

Daher vorgeschlagene Textänderung:

„polysomnographisch definierten“ ersatzlos streichen.

Zunächst sollte „Erwachen“ definiert werden und dann erst das „Aufwachen“.

3.7 erwartete Anzahl Aufweckreaktionen (nAWR)

n_{AWR}

erwartete Anzahl des geräuschbedingten Erwachens pro Nacht.

siehe Kommentar zu 3.6

3.8 Bewertung

Einschätzung bzw. Abwägung einer vorhandenen oder zu erwartenden Geräuschbelastung der Wohnbevölkerung in einem Untersuchungsgebiet mit Hilfe von Kennwerten.

3.9 Beurteilung

Vergleich von Kenngrößen, die den Zusammenhang zwischen der Geräuschbelastung und einer Wirkung durch eine Beeinträchtigungsfunktion, z. B. Wahrscheinlichkeit für eine starke Belästigung in Abhängigkeit von einem Pegel beschreiben.

Wie eine solche „Beeinträchtigungsfunktion“ auszusehen hat, wird nicht angegeben:

- ist es eine Gerade oder eine Arcustangensfunktion?
- wie soll sie bezüglich eventueller Messpunkte liegen?
- Prinzip der kleinsten Abstandsquadrate?

3.10 Beurteilungskenngrößen

3.10.1 Beurteilungspegel

L_r

Größe zur Kennzeichnung der Stärke der Schallimmission während der Beurteilungszeit T_r unter Berücksichtigung von Zuschlägen oder Abschlägen für bestimmte Geräusche, Zeiten oder Situationen.

ANMERKUNG 1 Der Beurteilungspegel L_r wird wie folgt aus dem für welche i ? äquivalenten Dauerschallpegel (Mittelungspegel) L_{pAFeq,T_i} und den Zuschlägen K_i während der Teilzeitintervalle T_i für die Beurteilungszeit T_r gebildet:

$$L_r = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{T_r} \cdot \sum_{i=1}^n T_i \cdot 10^{0,1 \cdot (L_{pAFeq,T_i} + K_i)} \right] \text{ dB} \quad (1)$$

Es ist eine willkürliche, aber entscheidende Festlegung, nicht die einzelnen Vorbeifahrpegel (und davon die höchsten) zu betrachten, sondern über die einzelnen Vorbeifahrpegel während mindestens einer Stunde das (energetische) Mittel zu bilden. Das sollte deutlich herausgestellt werden. (Insbesondere ergeben sich dadurch Probleme bei der Bestimmung der Anzahl Aufweckreaktionen: ein Stunden-„Mittelungspegel“ weckt nicht auf, wenn er geringer ist als einer der erzeugenden „Spitzenpegel“.) Für Straßenverkehrsgeräusche, die nach VDI 3722-1 keine Spitzenpegel gegenüber dem Mittelungspegel aufweisen, ist diese Mittelung möglicherweise angemessen. Bei Schienenverkehrsgeräuschen liegt der Vorbeifahrpegel („Spitzenpegel“ oder „Maximalpegel“?) insbesondere bei Güterzügen zum Teil um mehr als 20 dB(A) über dem Mittelungspegel. Daher erfasst der Mittelwert diese störenden Schienenverkehrsgeräusche nicht. Auch bei Flugverkehrsgeräuschen unterscheiden sich Spitzenpegel und Mittelungspegel.

In diesem Entwurf soll aber nicht ein „wirkungsäquivalenter Pegel“ definiert werden, sondern ein „wirkungsäquivalenter Mittelungspegel“!?

Die Einheiten (hier „dB“) sind nicht einheitlich gekennzeichnet.

Entweder wird ein Malzeichen durch ein Kreuz (oder besser durch ein Malzeichen) beschrieben (wie zu Beginn der Formel) oder man lässt es weg (wie zwischen „10“ und „lg“ oder wie im Exponenten). Wenn es weggelassen wird, entsteht die Frage, ob „lg“ mit dem Ausdruck in der Klammer multipliziert werden soll.

Der Buchstabe n ist nicht erklärt.

Wie ist dann dB mit den Ausdrücken verbunden?

Nicht nur ein Komma in L_{pAFeq,T_i} ist notwendig: Jede einzelne Abkürzung sollte von der folgenden Abkürzung durch ein Komma getrennt werden; ein Index an einem Index (hier: T_i) sollte vermieden werden; besser also $T(i)$. Aber in Formel (4) und in Formel (5) findet sich die Bezeichnung „ $L_{pAFeq,j}$ “ (oder „ $L_{pAFeq,j}$ “?), d.h. es wird das „ T “ weggelassen (ohne Kommentar). Dass „lg“ den Logarithmus zur Basis 10 beschreibt, der auf Taschenrechnern mit „log“ bezeichnet wird, sollte eine Bemerkung wert sein.

Daher vorgeschlagene Textänderung:

L_p als Schalldruckpegel, A für A-Bewertung (neben B- und C-Bewertung), F als Zeitbewertung „fast“ (neben S für „slow“), eq für „äquivalent“, T_i für n Teilzeitintervalle $DT_1, \dots, T_n$.

(bei Straßenverkehrslärm: $T_r \approx \sum_{i=1}^n T_i$,

bei Schienen- und Flugverkehrsräuschen: $T_r > \sum_{i=1}^n T_i$)

Nomenklatur: Einheiten sollten einheitlich gekennzeichnet werden: $L_{p,A,F,eq,T(i)}$ oder $L_{p,A,F,eq,i}$.

ANMERKUNG 2 Die Beurteilungszeit T_r kann 1 bis maximal 24 Stunden betragen.

Die „kürzeste“ Zeit (von einer Stunde) ist willkürlich es könnte auch die Vorbeifahrdauer sein, um Spitzenpegel zu erfassen.

ANMERKUNG 3 Wenn keine Zu- oder Abschläge (z. B. Impulszuschlag, Tonzuschlag) zu berücksichtigen sind, ist der äquivalente Dauerschallpegel (siehe DIN 1320, 4.7) der Beurteilungspegel (siehe DIN 1320, 4.8).

ANMERKUNG 4 Quellspezifische Zu- und Abschläge sind im Rahmen dieser Richtlinie nicht zu berücksichtigen.

Es ist nicht klar, was „quellspezifische Zu- und Abschläge“ sein sollen. Zumal hier auch Unterschiede zwischen verschiedenen PKWs oder/oder verschiedenen Bereifungen gemeint sein könnten.

ANMERKUNG 5 Der akustische 24-Tag beginnt um 22.00 Uhr des vorherigen Kalendertages und endet um 22.00 Uhr.

3.10.2 Beurteilungspegel für Nacht-Tag-Abend

$L_{r,NTA}$

A-bewerteter äquivalenter Langzeitmittelungspegel mit Zuschlägen während der 3 Teilzeitintervalle für die Beurteilungszeit $T_r = 24$ Stunden entsprechend:

$$L_{r,NTA} = 10 \cdot \lg \left\{ \frac{1}{24} \cdot [t_1 \cdot 10^{0,1 \cdot (L_{A1} + K_{R1})} + t_2 \cdot 10^{0,1 \cdot (L_{A2})} + t_3 \cdot 10^{0,1 \cdot (L_{A3} + K_{R3})}] \right\} \text{ dB} \quad (2)$$

In der Gleichung (2) wird angegeben, wie für einen 24-Stunden-Tag die einzelnen Vorbeifahrpegel zusammenzufassen sind. Als „Langzeitmittelungspegel“ wird jedoch der Mittelwert aller 365 Tages-Pegel $L_{r,NTA}$ eines „Bezugsjahres“ definiert. Dieser Pegel lässt daher keinen Rückschluss zu auf bestimmte einzelne Vorbeifahrpegel an einem bestimmten Tag.

Daher vorgeschlagene Textänderung:

A-bewerteter äquivalenter Langzeitmittelungspegel mit Zuschlägen während des Abends und der Nacht für die Beurteilungszeit $T_r = 24$ Stunden

Daher ist

- Index 1 die Kennzeichnung für das bestimmte Zeitintervall t zwischen 22.00 Uhr bis 06.00 Uhr mit 8 Stunden und für den A-bewerteten äquivalenten Langzeitmittelungspegel L_{A1}

Die Zeit t_1 wird nicht erklärt: gemeint ist jedoch $t_1 = 8$. Durch das Wort „Langzeitmittelungspegel“ wird hier eventuell ein falscher Eindruck erweckt.

- Index 2 die Kennzeichnung für das bestimmte Zeitintervall t zwischen 06.00 Uhr bis 18.00 Uhr mit 12 Stunden und für den A-bewerteten äquivalenten Langzeitmittelungspegel L_{A2} .

$t_2 = 12$.

- Index 3 die Kennzeichnung für das bestimmte Zeitintervall t zwischen 18.00 Uhr bis 22.00 Uhr mit 4 Stunden und für den A-bewerteten äquivalenten Langzeitmittelungspegel L_{A3}

$t_3 = 4$.

- K_R Ruhezeitenzuschlag: $K_{R,1} = 10 \text{ dB}$ und $K_{R,3} = 5 \text{ dB}$.

$K_{R,1}$ und $K_{R,3}$ sind willkürliche Größen (auch wenn sie in der Umgebungslärmrichtlinie in gleicher Höhe gewählt werden). Dies schließt nicht aus, dass sie nicht allgemeingültig sind, z.B. weil sie als fahrzeug-, zeit- und pegel-unabhängige Größen eingeführt wurden.

Daher vorgeschlagene Textänderung:

Die Werte für $K_{R,i}$ (für $i = 1, 2 \text{ und } 3$) wurden der Umgebungslärmrichtlinie entnommen und werden geändert, wenn sie dort geändert werden.

$L_{A,1}$ und $L_{A,2}$ und $L_{A,3}$ wären die besseren Bezeichnungen. Es fehlt der Hinweis, dass die Teilzeitintervalle t_i (die hier durch ein kleines „t“ beschrieben werden) in Stunden einzusetzen sind. Auch wenn deutlich wird, dass der „Index 1 die Kennzeichnung für das bestimmte Zeitintervall zwischen 22:00 und 06:00 Uhr“ des folgenden Tages „mit 8 Stunden und für den A-bewerteten äquivalenten Langzeitmittelungspegel $L_{A,i}$ “ verwendet werden soll, bleibt unerwähnt, wie das oder die Teilzeitintervalle t_1 bei einem „Langzeitmittelungspegel“ zu bestimmen sind.

Daher vorgeschlagene Textänderung:

Der „Langzeitmittelwert L_A “ ergibt sich also aus den drei Langzeitmittelwerten $L_{A,1}$, $L_{A,2}$ und $L_{A,3}$. - (Druckfehler beseitigen!)

ANMERKUNG 1: Der Langzeitmittelungspegel ergibt sich aus dem äquivalenten Dauerschallpegel als energetischer Mittelwert über mehrere Tage (vorzugsweise 1 Jahr).

besser:

Der Langzeitmittelungspegel ergibt sich aus dem äquivalenten Dauerschallpegel als energetischer Mittelwert über 1 Jahr.

Er entspricht dem $L_{AT}(LT)$ in Gleichung (6) der DIN ISO 9613-2.

ANMERKUNG 2 Der Beurteilungspegel für den Nacht- Tag-Abend entspricht dem L_{den} (Day-Evening-Night-Level bzw. $DENL$ der Umgebungslärmrichtlinie [16].

besser: Der Beurteilungspegel für den Nacht- Tag-Abend ist gleich dem L_{den} (Day-Evening-Night-Level bzw. $DENL$ der Umgebungslärmrichtlinie [16].

3.10.3 Beurteilungspegel für Nacht-Tag

$L_{r,NT}$ A-bewerteter äquivalenter Langzeitmittelungspegel mit Zuschlägen während der 2 Teilzeitintervalle für die Beurteilungszeit $T_r = 24$ Stunden entsprechend:

$$L_{r,NT} = 10 \cdot \lg \left\{ \frac{1}{24} \cdot \left[t_1 \cdot 10^{0,1 \cdot (L_{A,1} + K_{R,1})} + t_2 \cdot 10^{0,1 \cdot (L_{A,2})} \right] \right\} \text{ dB} \quad (3)$$

vorgeschlagene Textänderung:

A-bewerteter äquivalenter Langzeitmittelungspegel mit Zuschlägen während der Nacht für die Beurteilungszeit $T_r = 24$ Stunden.

Im Gegensatz zu dem „Beurteilungspegel Nacht-Tag-Abend“ wird bei dem „Beurteilungspegel Nacht-Tag“ die Abendzeit nicht gesondert berücksichtigt, d.h. dieser Beurteilungspegel enthält keinen Zuschlag für die Abendzeit.

Dabei ist

- Index 1 die Kennzeichnung für das bestimmte Zeitintervall t zwischen 22.00 Uhr und 06.00 Uhr mit 8 Stunden und für den A-bewerteten äquivalenten Langzeitmittelungspegel L_A ;

- Index 2 die Kennzeichnung für das bestimmte Zeitintervall t zwischen 06.00 Uhr und 22.00 Uhr mit 16 Stunden und für den A-bewerteten äquivalenten Langzeitmittelungspegel L_A und
- $K_{R,1}$ Ruhezeitenzuschlag, $K_{R,1} = 10 \text{ dB}$.

$L_{A,1}$ und $K_{R,1}$ sind nicht richtig eingesetzt. LT als Kennzeichnung für die Bezugnahme auf den Langzeitmittelungspegel ist keine Variable von $L_{pA\text{Feq},j}$, daher schreibt man mathematisch nicht $LAT(LT)$.

ANMERKUNG Der Langzeitmittelungspegel ergibt sich aus dem äquivalenten Dauerschallpegel als energetischer Mittelwert über mehrere Tage (vorzugsweise 1 Jahr).

besser:

Der Langzeitmittelungspegel ergibt sich aus dem äquivalenten Dauerschallpegel als energetischer Mittelwert über 1 Jahr.

Er entspricht dem $L_{AT}(LT)$ in Gleichung (6) der DIN ISO 9613-2.

3.10.4 Beurteilungspegel für die Nacht

$L_{r,N}$

A-bewerteter äquivalenter Langzeitmittlungspegel während eines Teilzeitintervalls in der Nacht für die Beurteilungszeit von $T_r = 8$ Stunden entsprechend:

$$L_{r,N} = 10 \cdot \lg \left\{ \frac{1}{8} \cdot \left[t_1 \cdot \sum_{j=1}^8 10^{0.1 \cdot (L_{p,A,F,eq,j}(LT))} \right] \right\} dB \quad (4)$$

Dabei ist

- Index 1 die Kennzeichnung für das bestimmte Zeitintervall t zwischen 22.00 Uhr und 06.00 Uhr mit 8 Stunden und für den A-bewerteten äquivalenten Langzeitmittlungspegel L_A und
- LT die Kennzeichnung für die Bezugnahme auf den Langzeitmittlungspegel

Welche Bedeutung soll hier t_1 zugewiesen werden?

ANMERKUNG Der Beurteilungspegel für die Nacht entspricht dem L_{night} (Night-Level bzw. NL) der Umgebungslärmrichtlinie [16] und stellt die Form eines Beurteilungspegels für die ganze Nacht mit einem Teilzeitintervall dar.

Nach der Einleitung werden in dieser Richtlinie „Verfahren zur Ermittlung von Kenngrößen zur Bewertung beim Einwirken unterschiedlicher Geräuschquellenarten hinsichtlich Belästigung, Störung und der erwarteten Anzahl Aufweckreaktionen vorgeschlagen“.

Um die erwartete Anzahl Aufweckreaktionen zu bestimmen, ist $L_{r,N}$ jedoch nicht geeignet, denn sie wird aus der Anzahl, Dauer und Pegelhöhe der einzelnen Vorbeifahrpegel bestimmt.

Für Flugverkehr gibt es das „Maximalpegelhäufigkeitskriterium“, d.h. werden die einzelnen „Vorbeiflugpegel“ gezählt und gemessen; ein solches Verfahren liesse sich auch beim Schienen- und Straßenverkehr einführen. Damit würde sich die Möglichkeit ergeben, für den hier betrachteten nächtlichen Verkehrslärm die Anzahl Aufweckreaktionen zu bestimmen.

3.10.5 Beurteilungspegel für den Tag

$L_{r,T}$

A-bewerteter äquivalenter Langzeitmittlungspegel während eines Teilzeitintervalls am Tag für die Beurteilungszeit von $T_r = 16$ Stunden entsprechend:

$$L_{r,T} = 10 \cdot \lg \left\{ \frac{1}{16} \cdot \left[t_1 \cdot \sum_{j=1}^{16} 10^{0.1 \cdot (L_{p,A,F,eq,j}(LT))} \right] \right\} dB \quad (5)$$

Dabei ist

- Index 1 die Kennzeichnung für das bestimmte Zeitintervall t zwischen 06.00 Uhr bis 22.00 Uhr mit 16 Stunden und für den Abewerteten äquivalenten Langzeitmittlungspegel L_A ggf. mit Zuschlägen in diesem Zeitintervall,
- LT die Kennzeichnung für die Bezugnahme auf den Langzeitmittlungspegel.

3.11 renormierter Ersatzpegel

L_x^*

A-bewerteter wirkungsbezogener Ersatzpegel des auf StraÙenverkehrsgläusche renormierten Pegels anderer Verkehrsgläusche (oder Gläuscharten)

Hier tritt erstmalig der Begriff „wirkungsbezogener Ersatzpegel“ auf; er wird aber nicht definiert, obwohl er den „renormierten“ Ersatzpegel definieren soll.

Bemerkung zur Zeitabhängigkeit eines möglichen Ersatzpegels:

Es gibt starke Unterschiede zwischen den Quellen:

StraÙenverkehr: nachts fahren pro Stunde 20% der Fahrzeuge, die tagsüber pro Stunde fahren. Die Verteilung über die einzelnen Nachtstunden ist vermutlich abhängig vom Verkehrsweg (Autobahn / Bundesstraße / innerstädtischer Verkehr) und vom Fahrzeug (PKW/LKW).

Güter-Schienenverkehr: nachts fahren pro Stunde 100% der Fahrzeuge, die tagsüber pro Stunde fahren. Die Verteilung über die einzelnen Nachtstunden ist abhängig vom Verkehrsweg (reiner Personenzugverkehr / Güterverkehr / Gemischter Verkehr) und vom Fahrzeug (Güterzug / Personenzug).

Flugverkehr: in Frankfurt fliegen nachts 150 planmäßige Flugzeuge, aber nur 17 in der Zeit zwischen 23 und 5 Uhr (gemäß Planfeststellungsbeschluss). (HAZ, 3.Juni 2009, S.2).

Grundsätzlich sollte dargestellt werden, dass bestimmte Zeitabschnitte wie

- die „lärmsensible“ Abendzeit zwischen 18 und 22 Uhr am „Tag“ durch einen Zuschlag von 5 dB

sowie

- die Zeit zwischen 22 und 23 Uhr sowie zwischen 05 und 06 Uhr während der „Nacht“ unter den einzelnen Stundenpegeln nicht gesondert berücksichtigt werden,

sondern in einem Gesamtmittelwert über die 8 Nachtstunden und zusammen mit den anderen Tageszeiten - zu dem Beurteilungspegel $L_{r,NTA}$ bzw. $L_{r,NT}$ zusammengestellt werden.

Der Gesamtmittelwert ist auch eine Mittelung über „laute“ und „leise“ Fahrzeuge und erlaubt keine Unterscheidung zwischen der eventuell unterschiedlichen Wirkung von „vielen leisen“ und „wenigen lauten“ Fahrzeugen.

ANMERKUNG 1 Der Index x steht für die unter 3.10 genannte Pegelarten.

d.h. $x = r$: definiert in (1), oder $x = r, NTA$: definiert in (2), u.s.w.

ANMERKUNG 2 Beim StraÙenverkehr ist damit der renormierte Ersatzpegel mit dem jeweils gewählten Pegel gemäß 3.8 identisch.

besser:

3.11 renormierter Ersatzpegel

Mit Hilfe des „wirkungsbezogener Ersatzpegels“ soll die „Wirkung“ eines Jahres-Mittelungspegels der Geräuschquellenarten „Schienenverkehr“ verglichen werden mit der Wirkung eines Jahres-Mittelungspegels der Geräuschquellenart „StraÙenverkehr“. - Entsprechend soll ein weiterer „wirkungsbezogener Ersatzpegel“ die „Wirkung“ eines Jahres-Mittelungspegels der Geräuschquellenarten „Flugverkehr“ mit der Wirkung eines Jahres-Mittelungspegels der Geräuschquellenart „StraÙenverkehr“ vergleichen.

Die unterschiedliche Pausenstrukturen dieser drei Geräuschquellenarten sowie die unterschiedliche Wirkung von Personen- und Güterverkehr soll dabei unberücksichtigt bleiben.

3.11.1 Anzahl Aufweckreaktionen für die Nacht

Für die Nacht wird nach diesem 2.Entwurf der VDI 3722-2 die Lärmbelastung durch die Anzahl Aufweckreaktionen charakterisiert. Diese Anzahl ist jedoch unabhängig von der Geräuschquellenart (nach Meinung des Autors dieses Kommentars). Daher ist bei Schienen- und Flugver-

kehrslärm jeweils der wirkungsbezogene Ersatzpegel gleich dem Originalpegel - sowohl für den Jahres-Nacht-Mittelungspegel $L_{night,sch}$ als auch für den Jahres-Nacht-Mittelungspegel $L_{night,f}$.

3.11.2 Kurven zur Beschreibung der Expositions-Wirkungs-Beziehung

Wie eine „Expositions-Wirkungs-Kurve“ zu konstruieren ist, wird nicht definiert.

Auch ist nicht angegeben, von welcher Kurvenart (Gerade, Parabel, Kegelschnitt, Arcustangenskurve, ..) sowie nach welchen Approximationskriterien eine solche Kurve zu bestimmen ist.

Sollte ein „Ersatzpegel“ mit Hilfe interpolierter Expositions-Wirkungs-Kurven beschrieben werden, so ist zu klären, ob ein solcher (konstant oder in einer bestimmten Form expositionsabhängig) zu einer vorgegebenen Wirkung die Exposition (also das zugehörige Verkehrsgeräusch) beschreiben soll.

daher vorgeschlagene Textänderung:

Eine „Expositions-Wirkungs-Kurve“ sollte folgende Eigenschaften besitzen:

- (L1) Die Wirkung $A_{g,h,m,f}(p)$ steigt streng monoton mit der Exposition p , d.h. für $p(1) < p(2)$ gilt $A_{g,h,m,f}(p(1)) < A_{g,h,m,f}(p(2))$
- (L2) für jede Exposition p gilt $A_{g,h,m,f}(p(1)) \leq$ Lästigkeitsstufe 5 (oder $A_{g,h,m,f}(p(1)) \leq 100\%$)
- (L3) es gibt einen Exposition-Bereich (etwa zwischen 50 und 70 dB(A), in dem eine kleine Änderung der Exposition zu einer großen Änderung der Wirkung führt.

An zwar nicht aktuellen, aber dafür gut dokumentierten Daten aus der „Interdisziplinären Feldstudie II“ für die Wirkung nächtlichen Straßen- und Schienenverkehrslärms werden hier beispielhaft verschiedene Möglichkeiten der Konstruktion von Kurven K_{Str} und K_{Sch} durchgeführt.

Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm			
Ort	Anz.	Jahres Mittelungspegel $L_{Am,Nacht}$	Gestörtheits- Reaktion 5-stufig	Ort	Anz.	Jahres Mittelungspegel $L_{Am,Nacht}$	Gestörtheits- Reaktion 5-stufig
1	348	71.6	3.00	8	28	68.6	1.96
2	0	52.3	1.89	9	3	67.0	1.86
3	14	47.3	2.02	10	4	56.8	2.30
4	45	64.4	2.26	11	21	68.3	2.05
5	388	67.5	3.25	12	11	67.6	2.62
6	74	61.1	2.17	13	8	60.5	1.67
7	4	52.0	1.89	14	10	53.2	1.74
15	80	58.6	2.26	15	20	66.6	2.45
16	25	48.3	2.21	16	18	54.2	2.03
17	58	60.1	2.36	17	39	67.5	1.96
18	17	47.9	1.58	18	28	61.6	1.67
19	NN	44.5	1.12	19	NN	45.9	1.19
20	NN	36.2	1.40	20	NN	46.6	1.29

Tabelle 3.11.1: Ergebnisse der IF-Studie II (A 4.3, A 7.3.1-1 und A 7.3.1-4):

An jeweils 13 Messorten wurde die Wirkung von nächtlichem Güterzugverkehrslärm und die von LKW-Straßenverkehrslärm gemessen

Die jeweiligen Mittelwerte von 13 verschiedenen Orten sind als Punkte eingetragen. Zusätzlich wurde nach 3 verschiedenen Verfahren versucht, Kurven zu finden, die eine „allgemeine Beziehung“ zwischen der Lästigkeit und dem jeweiligen Verkehrslärm beschreiben.

Diese Bilder 3.11.1 bis 3.11.3 zeigen, dass die Beschreibung der erhobenen Wirkungs-Daten von entscheidender Bedeutung für die Bestimmung eines „Ersatzpegels“ sein kann:

Straßen- und Schienen- Regressionsgeraden

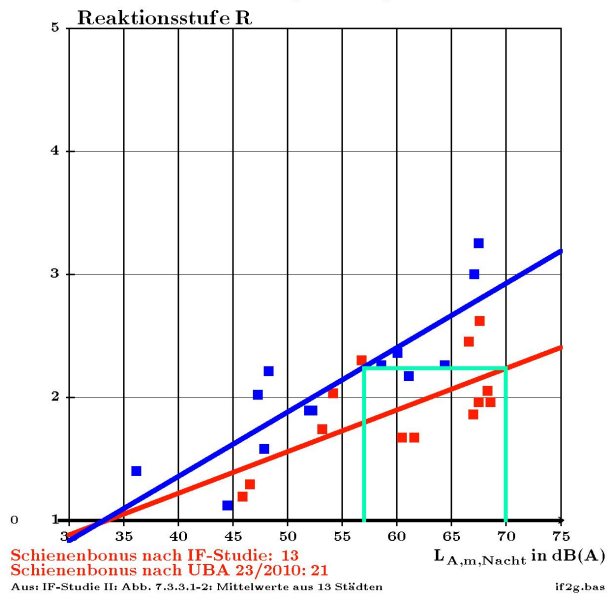


Bild 3.11.1: Regressionsgeraden

Straßen- und Schienen- Miedema-Parabeln

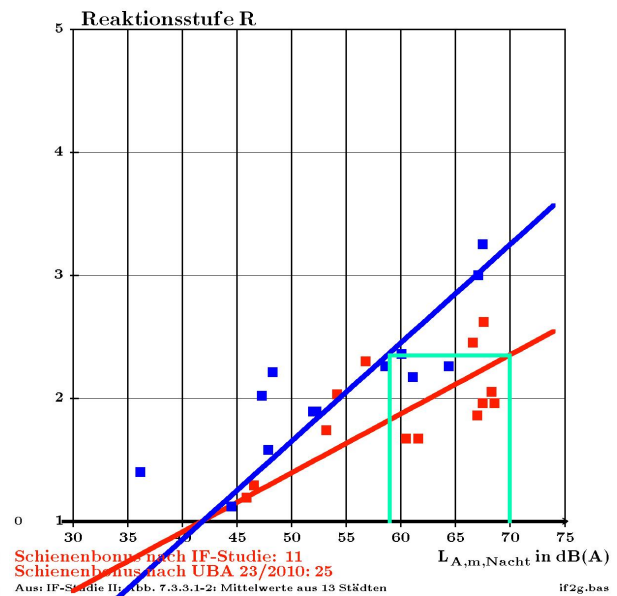


Bild 3.11.2: Miedema-Parabeln (GER-192)

Straßen- und Schienen- Arcustangenskurven

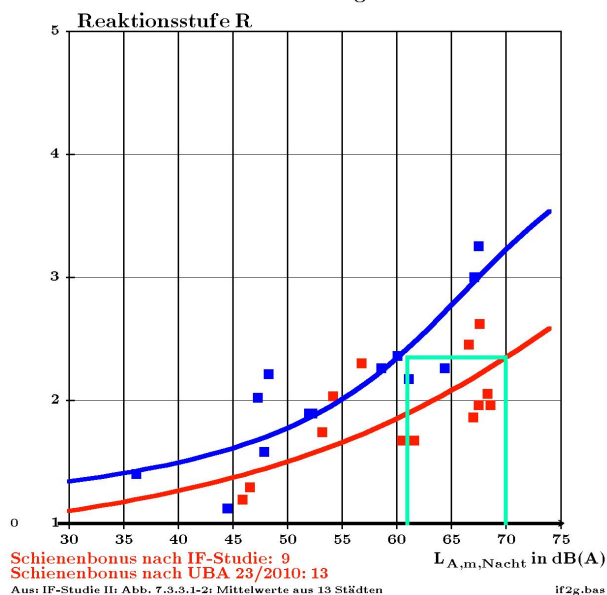


Bild 3.11.3: Arcustangens-Kurven

Die drei in den Bildern 3.11.1 bis 3.11.3 gezeigten Möglichkeiten der Beschreibung der Daten zeigen die Problematik: Es gibt mehrere verschiedene Kurvenarten, mit denen sich diese Daten beschreiben lassen.

Aber es bleibt zu prüfen, ob die Eigenschaften (L1), (L2) und (L3) erfüllt sind:

Die Bedingung (L1) wird von allen drei Kurven erfüllt.

Die Bedingung (L2) wird nur von der Arcustangenskurve erfüllt.

Die Bedingung (L3) wird nur von der Arcustangenskurve erfüllt.

Ein Zusammenhang zwischen einem Jahresmittlungspegel von stark variierendem Verkehrslärm und einer einzahligen Antwort auf eine Frage nach der Gestörtheit ist nicht erkennbar.

Damit bietet sich folgende Definition an:

Zu n Messwerten (Expositions-Wirkungs-Beziehungen) von Pegeln p_i und jeweils zugehöriger Lästigkeitsstufe A_i wird eine „ideale Lästigkeitskurve“ definiert als eine Kurve der Form

$$A_{g,h,m,f}(p) := g + h \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \arctan((p - m) \cdot f)$$

Hierin bezeichnet $A_{g,h,m,f}(p)$

- den Anteil der durch einen Pegel p „highly annoyed“ (%HA) Personen, oder
- die Lästigkeit eines Pegels p , beschrieben durch eine (z.B. 5-stufige) Lästigkeitsskala.

Lästigkeits-Statistik

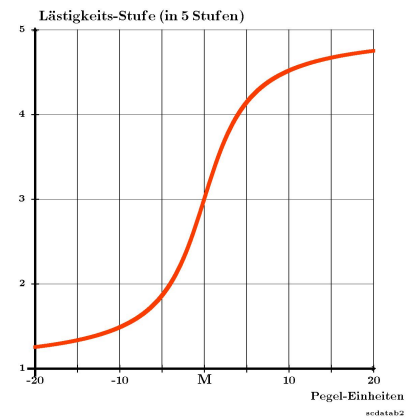


Bild 3.11.4:
Arcustangenskurve $A_{3,2,M,0.25}(p)$

Dabei kann der Pegel sowohl ein Vorbeifahrpegel oder ein kontinuierliches Geräusch sein oder aber ein Stunden-, Tages-, Nacht- oder Jahres-Mittelungspegel sein.

m heißt der „Lästigkeitswendepunkt“ und g die „mittlere Lästigkeit“ (bei $p = m$ ist $A_{g,h,m,f}(p) = g$),

f heißt die „Lästigkeitssteigung“ und h die „Lästigkeitsweite“.

Diese Kurve erfüllt die Bedingungen (L1) bis (L3) sowie

- (L4) für alle Pegel p gilt $1 \leq A_{g,h,m,f}(p) \leq 5$ bei $g = 3$ und $h = 2$
sowie $0 \leq A_{g,h,m,f}(p) \leq 100$ bei $g = 50$ und $h = 50$

Die Parameter g , h , m und f sind so zu bestimmen, dass die Summe der Abstandsquadrate zwischen den Messwerten (p_i, A_i) ($1 \leq i \leq n$) und der Kurve $A = A_{g,h,m,f}(p)$ minimal wird („Prinzip der kleinsten Abstandsquadrate“).

3.11.3 Allgemeine Expositions-Wirkungs-Beziehungen (für Straße und Schiene)

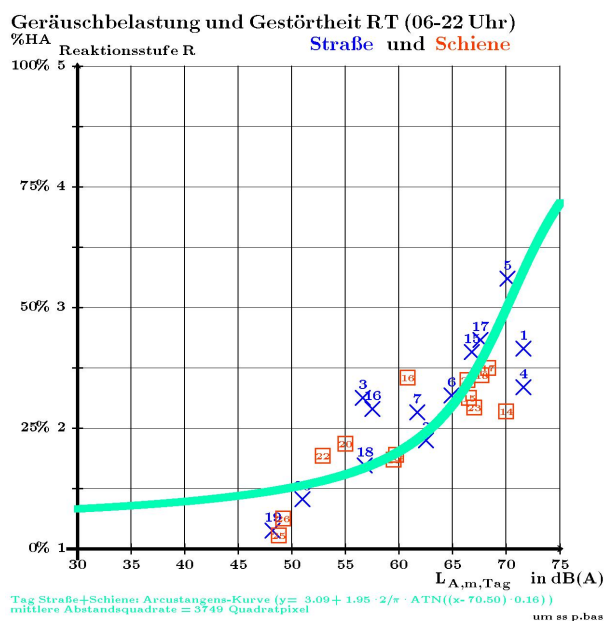


Bild 3.11.5: Gemeinsame Kurve Tag (IF)
 $y = 3.09 + 1.95 \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \arctan((x - 70.50) \cdot 0.16)$
mit dem mittleren Abstandsquadrat 3749

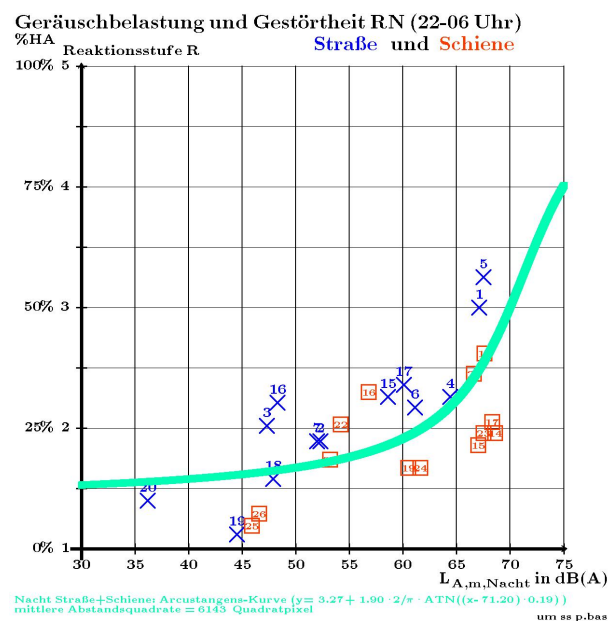


Bild 3.11.6: Gemeinsame Kurve Nacht (IF)
 $y = 3.27 + 1.90 \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \arctan((x - 71.20) \cdot 0.19)$
mit dem mittleren Abstandsquadrat 6143

3.11.4 Definition eines wirkungsbezogenen Ersatzpegels

Wenn also für den oben angeführten Datensatz zu einem Schienenverkehrspegel $p_{Sch} = 70 \text{ dB}(A)$ „der“ wirkungsbezogene Ersatzpegel bestimmt werden soll, so ist wie folgt vorzugehen:

1. Zu $p_{Sch} = 70 \text{ dB}(A)$ wird
 - (a) nach dem Regressionsgeraden-Modell die Wirkung $w_{reg,Sch}(70) = 2.23$ bestimmt.
 - (b) nach dem Miedema-Parabel-Modell die Wirkung $w_{parabel,Sch}(70) = 2.34$ bestimmt.
 - (c) nach dem Arcustangens-Modell die Wirkung $w_{ATN,Sch}(70) = 2.46$ bestimmt.
2. dazu finden sich $w_{reg,Str}(57) = 2.23$, $w_{parabel,Str}(59) = 2.34$ und $w_{ATN,Str}(62) = 2.46$.
3. Damit lauten die jeweiligen wirkungsbezogenen Ersatzpegel
 - (a) nach dem Regressionsgeraden-Modell $E_{reg,Sch}(70) = 57 \text{ dB}(A)$.
 - (b) nach dem Miedema-Parabel-Modell $E_{parabel,Sch}(70) = 59 \text{ dB}(A)$.
 - (c) nach dem Arcustangens-Modell $E_{ATN,Sch}(70) = 62 \text{ dB}(A)$.

Hier wird daher zu dem Schienenverkehrspegel $p_{Sch} = 70 \text{ dB}(A)$ der wirkungsbezogene Ersatzpegel $E_{ATN,Sch}(70) = 62 \text{ dB}(A)$ definiert.

3.12 effektbezogener Substitutionspegel

$L_{A,ES}$

Ergebnis der energetischen Addition der A-bewerteten renormierten Ersatzpegel der Quellenarten: Straßenverkehr ($j = 1$), Schienenverkehr ($j = 2$) und Flugverkehr ($j = 3$)

$$L_{A,ES} = 10 \cdot \lg \left[\sum_j 10^{0.1 \cdot L_{x,j}^*} \right] \text{ dB} \quad (6)$$

Dabei ist

- $\sum_j$ Summe über die betrachteten Quellenarten ($j = 1, j = 2$ oder/und $j = 3$)
 $L_{x,j}^*$ der A-bewertete wirkungsbezogene Ersatzpegel der Quellenart j
 (für Straßenverkehr ($j = 1$) ist $L_{x,1}^* = L_x$)

Die Einheiten (hier „dB“) sind nicht einheitlich gekennzeichnet (siehe 3.10.1). Die Einheit „dB“ ist eventuell bereits in $L_{x,j}^*$ enthalten. Es soll vermutlich gelten: $j = 1$ für Straßenverkehr, $j = 2$ für Schienenverkehr und $j = 3$ für Flugverkehr. Falls die lästigkeitsbezogenen, pegelhöhen-, tageszeit- und darstellungsabhängigen Ersatzpegel definiert sind, wäre es erforderlich zu prüfen ist, ob die energetische Addition dieser Ersatzpegel der empfundenen Lästigkeit von gleichzeitig auftretenden Verkehrsgeräuschen entspricht.

daher vorgeschlagene Textänderung: Definition von $L_{A,ES}$ bezüglich der Einheit „dB“ bearbeiten (in Übereinstimmung mit 3.10.1)

3.13 maximaler Schalldruckpegel

L_{pAFmax}

höchster Wert des AF-bewerteten Schalldruckpegels $L_{p,A,F}(t)$, der während der Vorbeifahrt oder des Überfluges einer Quellenart j am Messort beobachtet wird.

Welche Bedeutung hat das t ?

Wenn 2 Güterzüge während einer 8-stündigen Nacht mit $L_{p,A,F}(t_1) = 80 \text{ dB}(A)$ und $L_{p,A,F}(t_2) = 82 \text{ dB}(A)$ vorbeifahren, so ist im Falle $t_1 = t_2$ vermutlich die energetische Summe $L_{pAFmax} = L_{p,A,F}(t_1) \oplus L_{p,A,F}(t_2) = 80 \oplus 82 = 84 \text{ dB}(A)$ der maximale Schalldruckpegel, und bei $t_1 \neq t_2$ ist $L_{pAFmax} = L_{p,A,F}(t_2) = 82 \text{ dB}(A)$?

Das heißt für die ganze Nacht gibt es einen einzigen L_{pAFmax} ? Auch dann, wenn ganz viele Züge mit $82 \text{ dB}(A)$ fahren? Was ist dann aber mit der Anzahl Aufweckreaktionen?

ANMERKUNG 1 Bei Schienenwegen gilt hier auch ein ganzer Zug als Fahrzeug.

Und wenn ein einzelner Wagen $L_{pAF} = 100 \text{ dB}(A)$ liefert? Ist dann der einzelne Wagen ein ganzer Zug und dieser ein Fahrzeug?

ANMERKUNG 2 Es gilt: $L_{p,A,S,max} = L_{p,A,F,max}$.

Was aber soll gemessen werden? $L_{p,A,S,max}$ oder $L_{p,A,F,max}$?

Für Überflüge ziviler Luftfahrzeuge kann von einer Differenz von etwa 2 dB ausgegangen werden.

3.14 Geräuschbelastung

In der Ebene der Fassade der Gebäude betroffener Personen des Untersuchungsgebietes getrennt nach Geräuschquellen und entsprechend Beurteilungszeit bzw. Beurteilungsverfahren (z. B. L_{den} , L_{night} , $L_{eq}(16h)$ usw.) berechnete oder gemessene Freifeld-Mittelungspegel

Wo genau soll die Geräuschbelastung für den Tag (bzw. wo für die Nacht) gemessen oder gerechnet werden? Für den Fall der Rechnung vielleicht außen, aber eigentlich interessiert es nur für die Nacht innen. Und die Fensterstellung?

Der L_{night} wird nicht benötigt, denn es soll die Anzahl Aufweckreaktionen bestimmt werden!

ANMERKUNG Vereinfachend werden die Mittelungspegel mit $L_{i,j}$ bezeichnet, wobei der Index i den Immissionspunkt und der Index j die kennzeichnungsspezifische Art der Geräuschquelle bedeutet.

3.15 Beeinträchtigungsfunktion

B

Angabe der Wahrscheinlichkeit für die Beeinträchtigung von Personen durch den renormierten Ersatzpegel L_x^*

Die Bedeutung des renormierten (oder wirkungsbezogenen) Ersatzpegels liegt darin, dass er die gleiche Wirkung hat wie ein Straßenverkehrs-Jahres-Mittelungspegel, d.h. ein Schienen-Jahres-Mittelungspegel $p_{Sch} = 70 \text{ dB}(A)$ wirkt auf jede beliebige Person ebenso wie ein Straßen-Jahres-Mittelungspegel von $62 \text{ dB}(A)$ (siehe Bild 3.11.3. Die Lästigkeitstufe ist 2.46, das bedeutet $(2.46 - 1) \cdot 25 = 36.5\%HA$ auf der Skala von 0 bis 100. Diese Zahl läßt wie folgt interpretieren: „Die Wahrscheinlichkeit für die Beeinträchtigung von Personen durch den renormierten diesen Ersatzpegel beträgt 36.5%“.

ANMERKUNG 1 Für alle Geräusche, die zu verschiedenen Beurteilungszeiten von verschiedenen Quellenarten her auf einen Immissionspunkt einwirken, wird der entsprechende (je nach Aufgabenstellung) Zusammenhang für den Straßenverkehr herangezogen.

ANMERKUNG 2 Die Anwendung des renormierten Ersatzpegels auf Maximalpegel ist erst vorzunehmen, wenn quellenartspezifische Expositions-Wirkungs- Beziehungen vorliegen und diese sich unterscheiden.

ein „wirkungsbezogener Maximalpegel“ kann nicht aus den bisherigen Verfahren für die Renormierung hergeleitet werden, denn diese gilt nur für Jahresmittelungspegel! Dafür wären jedoch die

bisherigen Schlafstudien nützlich, die stets frequenzunabhängig „Lärm“ auf Schlafende einwirken liessen. Damit könnte für Straßen-, Schienen- und Flugverkehrsgläusche in gleicher Weise die Anzahl Aufweckpegel und damit die Wahrscheinlichkeit für Aufweckreaktionen bestimmt werden.

3.16 Beeinträchtigungskenngröße

N_B

Aussage zur Anzahl der durch Verkehrsgläusche Beeinträchtigten (in einem Untersuchungsgebiet)

$$N_B = \sum_{m=1}^M n_m \cdot B \quad (7)$$

Dabei ist

- m laufende Nummer der Immissionspunkte (in 4 m Höhe in 6 m Abstand vor der Fassade) da die Immissionspunkte nicht im Ohr des Schlafers liegen, sondern im Freifeld außen, ist ein Fehler in der Größenordnung von 20 dB(A) nicht vermeidbar.
Sinnvoll wäre eine Abschätzung der Pegeldifferenz zwischen (Freifeld vor dem Fenster) und (Ohr des Schlafers) unter Berücksichtigung von Fensterstellung, Dämmung, Gläusche im Haus (Heizung, Lüfter) ...
nicht aber eine Reduktion der Anzahl der Betroffenen - wie hier beabsichtigt - wo ist das „UNTERSUCHUNGSGEBIET“ definiert? ist das ein „Baublock“?
- M Anzahl der betrachteten Immissionspunkte
- n_m Anzahl der dem Immissionspunkt m zuzurechnenden Betroffenen
- B eine Beeinträchtigungsfunktion
nach 3.15 ist die Beeinträchtigung bereits durch die Expositions-Wirkungs-Beziehung für Straßenverkehrslärm z.B. in Bild 3.11.3 gegeben: 36.5 %HA bei einem Jahres-Mittelungspegel $p_{Sch} = 70 \text{ dB(A)}$ oder bei einem Jahres-Mittelungspegel $p_{Str} = 62 \text{ dB(A)}$

ANMERKUNG Bei der ermittelten Zahl handelt es sich um eine Beeinträchtigungs- bzw. Vergleichsgröße, die keine Rückschlüsse auf die tatsächliche Anzahl beeinträchtigter Personen erlaubt.

Wir betrachten die Bewohner eines Untersuchungsgebietes während eines „typischen Tages“ (ohne zu wissen, wie dieser Tag auszuwählen ist):

Es gebe $M = 2$ Immissionspunkte

$B_1(p)$ sei der Prozentsatz von Betroffenen, die durch einen mittleren renormierten Stunden-Pegel p beeinträchtigt werden; hier sei $B_1(50 \text{ dB}) = 50\%$ und $B_1(60 \text{ dB}) = 70\%$ und $B_1(70 \text{ dB}) = 90\%$.

Für den Immissionsort $m = 1$:

- Für 23 Betroffene wirkt von 06 bis 09 Uhr Straßenverkehr mit einem mittleren Stunden-Pegel 60 dB.
Für 3 Stunden ist daher $3 \cdot 23 \cdot B_1(60 \text{ dB}) = 69 \cdot 70\% \approx 48$ die Beeinträchtigungskenngröße (pro Stunde sind von 23 Betroffene 16 beeinträchtigt).
- Für 44 Betroffene wirkt von 07 bis 18 Uhr Schienenverkehr mit mittleren renormierten Stunden-Ersatzpegel 50 dB.
Für 11 Stunden ist daher $11 \cdot 44 \cdot B_1(50 \text{ dB}) = 484 \cdot 50\% = 242$ die Beeinträchtigungskenngröße (pro Stunde sind von 44 Betroffene 22 beeinträchtigt).
- Für 25 Betroffene wirkt von 16 bis 22 Uhr Flugverkehr mit renormiertem Stunden-Ersatzpegel 70 dB.

Für 6 Stunden ist daher $6 \cdot 25 \cdot B_1(70 \text{ dB}) = 150 \cdot 90\% = 135$ die Beeinträchtigungskenngröße (pro Stunde sind von 25 Betroffene 23 beeinträchtigt).

Für den Immissionsort 1 beträgt damit die

(Tages-)Beeinträchtigungskenngröße am Ort 1 = $48 + 242 + 135 = 425$

Für den Immissionsort $m = 2$:

- Für 12 Betroffene wirkt von 06 bis 09 Uhr Straßenverkehr mit einem mittleren Stunden-Pegel 50 dB .

Für 3 Stunden ist daher $3 \cdot 12 \cdot B_1(50 \text{ dB}) = 36 \cdot 50\% = 18$

- Für 14 Betroffene wirkt von 07 bis 18 Uhr Schienenverkehr mit mittleren renormierten Stunden-Ersatzpegel 60 dB .

Für 11 Stunden ist daher $11 \cdot 14 \cdot B_1(60 \text{ dB}) = 154 \cdot 70\% \approx 108$

- Für 15 Betroffene wirkt von 16 bis 22 Uhr Flugverkehr mit renormiertem Stunden-Ersatzpegel 90 dB .

Für 6 Stunden ist daher $6 \cdot 15 \cdot B_1(90 \text{ dB}) = 90 \cdot 90\% = 81$

Für den Immissionsort 2 beträgt damit die

(Tages-)Beeinträchtigungskenngröße am Ort 2 = $18 + 108 + 81 = 207$

Für das Untersuchungsgebiet mit den beiden Immissionsorten 1 und 2 beträgt daher die Beeinträchtigungskenngröße im Untersuchungsgebiet = $425 + 207 = 632$

3.17 Baublock

Teil eines überwiegend bebauten Baugebietes, der in der Regel allseits von topographischen Linien, insbesondere von Straßen oder Wegen, umschlossen ist, mindestens drei Baublockseiten hat und aus einem oder mehreren Gebäuden besteht.

3.18 Baublockseite

Teil eines Baublocks, der die kleinste räumliche Bezugseinheit eines sich hierarchisch aufbauenden statistischen Gliederungssystems eines Stadtgebietes darstellt, bestehend aus einem oder mehreren Gebäuden

3.19 Bruttogeschossfläche

Fläche, die sich ergibt, wenn die Grundfläche eines Gebäudes (G) mit seiner Geschosszahl (GZ) (Anzahl der Wohngeschosse) multipliziert wird

3.20 Gebäude

Baukörper, in dem sich eine oder mehrere Wohnungen befinden; Gebäude können Teil eines Baublocks oder einer Baublockseite sein

3.21 Wohnfläche

W

Bruttogeschossfläche des Gebäudes, von der nicht dem Wohnen dienende Flächen (etwa Wände oder Treppenhäuser) abgezogen werden

4 Ermittlung von Kenngrößen beim Einwirken mehrerer Quellenarten

4.1 Grundlegendes

Die Auswirkungen unterschiedlicher gemeinsam auftretender Quellenarten sind bisher erst wenig erforscht. Dies liegt zum einen an der großen Vielfalt möglicher Quellenarten-Kombinationen, wenn jeweils alle realistisch auftretenden Pegelstufen systematisch kombiniert werden sollen, zum anderen an der Befürchtung vieler Forscher, dass die Auswirkungen derselben Quellenarten-Kombination tagsüber andere Wirkungen haben als nachts, und dass Interaktionen zwischen den Tages- und den Nacht-Wirkungen auftreten, die zudem für unterschiedliche Quellenarten-Kombinationen unterschiedlich ausfallen. Wegen der relativ kargen empirischen Basis sind die in dieser Richtlinie vorgeschlagenen Vorgehensweisen auch als vorläufig zu betrachten.

Die Richtlinie benutzt Daten aus zwei unterschiedlichen Wirkungsbereichen: Störung und Belästigung (4.2) und die erwartete Anzahl Aufweckreaktionen (4.3).

Wie bereits in der Einleitung angekündigt, wird tagsüber die Beeinträchtigung STÖRUNG und BELÄSTIGUNG genannt, während nachts die AUFWECKREAKTIONEN zu Beeinträchtigungen führen.

Es ist notwendig, zwei getrennte Wirkungsbereiche für den Tag und die Nacht zu wählen, weil Tages- und Nachtwirkungen erfahrungsgemäß oft so unterschiedlich ausfallen, dass die eine Wirkung nicht aus der anderen abgeleitet werden kann. Die beiden Wirkungsbereiche „Störung und Belästigung“ einerseits und „die erwartete Anzahl Aufweckreaktionen“ andererseits wurden deshalb gewählt, weil sie jeweils als typische Vertreter ausführlich untersuchter Tages bzw. Nacht-Beeinträchtigungen gelten können. Im Fall der „Störung und Belästigung“ wurden in den Beispielen im Anhang Daten aus Feldstudien herangezogen, weil sie die Komplexität der kognitiven Prozesse bei der Abgabe von Lärm- Urteilen durch Betroffene wesentlich valider widerspiegeln als Laborstudien. Im Fall der erwarteten Anzahl Aufweckreaktionen sind dagegen fast ausschließlich Daten aus Laborstudien verfügbar.

Als Vergleichsgröße für die Wirkung kombinierter Quellenarten wird hier grundsätzlich der Straßenverkehr herangezogen, weil er in der Regel ohnehin als häufigste Belastungsquelle auftritt und es zudem die meisten Wirkungsdaten zum Straßenverkehrsgeräusch gibt.

besser: weil es mehr Straßen als Schienen gibt - und damit auch mehr Anlieger an Straßen als an Schienen.

4.2 Störung und Belästigung

4.2.1 Allgemeines

Da die Gesamtbelästigung durch Geräusche aus mehreren Quellenarten bisher kaum im Feld untersucht wurde und Laboruntersuchungen widersprüchliche Ergebnisse produzierten, aber dennoch Handlungsbedarf besteht, orientiert sich die Richtlinie an einem theoretischen Modell, das die Gesamtbelästigung als Resultat der energetisch addierten wirkungsäquivalenten Schallpegel der Einzelquellen annimmt.

es könnte auch jeder Schallpegel z.B. durch seine in 8 Frequenzbändern angegeben werden. Dann wäre eine energetische Addition in jedem Frequenzband möglich und es wäre notwendig, Störungen Lästigkeiten und Aufweckreaktionen in Abhängigkeit von den Pegeln in den 8 Frequenzbändern zu erfassen. - Damit könnte darauf verzichtet werden, die 3 Quellen Straßen-, Schienen- und Flugverkehrsgeräusche jeweils gesondert zu betrachten.

Einfacher wäre es, grundsätzlich auf eine unterschiedliche Bewertung der 3 Quellen zu verzichten und die A-bewerten Pegel aus mehreren Quellenarten energetisch zu addieren. Der Unterschied zu dem in dieser Norm vorgeschlagenen Verfahren könnte geringer sein als die Streuung für Güterwagen-Vorbeifahrten mit $13\text{ dB}(A)$. Wenn aus zwei verschiedenen Quellen gleichzeitig Geräusche produziert werden, ist eine Trennung ohnehin nicht möglich. Wenn die Geräusche von zwei verschiedenen Quellen aber zeitlich hintereinander auftreten und die gleiche Person erreichen, ist es physikalisch nicht sinnvoll, andere Maßstäbe anzulegen.

Also bevorzugt der Autor dieses Kommentars sein theoretisches Modell, das keine Sonderbehandlung für bestimmte Quellen zuläßt, sofern diese nicht physikalisch gerechtfertigt sind. Die Streuung der Befragungsergebnisse (insbesondere zu den nächtlichen Aufweckreaktionen) wird als Beweis dafür angesehen, dass eine Sonderbehandlung aller Schienenfahrzeuge - sowohl der meist nachts fahrenden Güterzüge als auch der meist tagsüber fahrenden S-Bahnen - mehr dem Zufall als einem physikalischen Gesetz zuzuschreiben ist.

Die Expositions-Wirkungs-Beziehungen zwischen energieäquivalenten Dauerschallpegeln $L_{p,A,F,eq}$ einzelner Quellenarten einerseits und systematisch erhobenen globalen Störungs- oder Belästigungsangaben der Betroffenen andererseits sind je nach Schallquelle unterschiedlich (vgl. [12]).

Die Streuungen sind meist so gross, dass eine Auswertung nur in medizinisch/psychologischen Bereichen durchgeführt wird. - Mathematisch kann eine solche Auswertung nicht akzeptiert werden, weil der Mittelwert (ohne Angabe der Streuung) die Expositions-Wirkungs-Beziehung nicht charakterisiert.

Bei vergleichbaren energieäquivalenten Dauerschallpegeln beeinträchtigen Geräusche von Flugzeugen stärker als die von Kraftfahrzeugen, und diese wiederum stärker als Geräusche von Schienenfahrzeugen. Weiterhin gibt es Hinweise darauf, dass die Expositions-Wirkungs-Beziehung zumindest für Flugverkehrsgeräusche nicht konstant ist, sondern sich im Verlauf von Jahrzehnten verändert [6]. Deshalb müssen alle Kurven regelmäßig überprüft werden, d. h., spätestens alle 10 Jahre.

Da der „energieäquivalente Dauerschallpegel“ $L_{p,A,F,eq}$ ohnehin durch diese VDI-Richtlinie genauer untersucht wird, kann Zitat [12] gestrichen werden. Zitat [6] ist hier irreführend, weil gerade durch diese Richtlinie die Möglichkeit geschaffen werden soll, „Expositions-Wirkungs-Beziehungen“ angemessen zu bestimmen.

Daher ist auch die Quelle [12] (von 1998) neu zu prüfen.

4.2.2 Rechenvorschrift

Gemäß dem theoretischen Modell, das die Gesamtbelästigung als Resultat der energetisch addierten wirkungsäquivalenten Schallpegel der Einzelquellenarten annimmt, werden auf das Straßenverkehrsgeräusch wirkungsäquivalent umgerechnete Pegel addiert. Die Wirkungs-äquivalenz wird dadurch ausgedrückt, dass der Prozentsatz der beeinträchtigten Personen (z.B. %HA), bei gegebenem äquivalenten Dauerschallpegel für jede Einzelquelle aus Expositions-Wirkungskurven geschätzt und auf Ersatzpegel für Straßenverkehrsgeräusche umgerechnet wird.

EW1 Um nicht jede willkürlich gewählte Expositions-Wirkungs-Kurve zuzulassen, wurde in 3.10 die Arcustangenskurve festgeschrieben.

EW2 Für die Nacht charakterisiert der äquivalente Dauerschallpegel weder die Störung noch die Belästigung; gesucht ist die Anzahl Aufweckreaktionen.

Anschließend werden die Ersatzpegel der Quellenarten energetisch zu einem effektbezogenen Substitutionspegel $L_{A,ES}$ addiert.

Warum sollen die Ersatzpegel, die physikalisch nicht erklärbar sind, zu einem „effektbezogenen Substitutionspegel“ energetisch addiert werden?

Warum wird nicht berücksichtigt, ob einige Pegel gleichzeitig und andere hintereinander auftreten?

Es könnten auch die physikalisch gemessenen Einzelpegel sinnvoll zu einem „Tages-Jahres-Mittelungspegel“ zusammengefasst werden - auch ein solcher theoretischer Mittelungspegel charakterisiert höchstens zufällig die Störung und Belästigung am „typischen“ Tag.

Das Verfahren wird in Anhang A erläutert.

Warum nicht hier?

Bei Vorliegen von neueren Erkenntnissen sind diese entsprechend dem im Anhang A dargestellten Verfahren zu verwenden. Die Beeinträchtigung durch eine Summenbelastung in der Nacht wird wirkungsbezogen anhand der nächtlichen (Schlaf-) Störung vorgenommen. Für nächtliche Störungen liegen Expositions-Wirkungs- Beziehungen auf der Basis energieäquivalenter Dauerschallpegel vor (z. B. [14]).

„auf der Basis energieäquivalenter Dauerschallpegel“ läßt sich (nach Auffassung des Verfassers dieses Kommentars) keine nächtliche Störung beschreiben:

Nächtliche (Schlaf-)Störungen werden durch die Anzahl der Aufweckreaktionen pro Nacht beschrieben; der Jahres-Nacht-Mittelungspegel ist ungeeignet, um nächtliche Schlafstörungen zu beschreiben. - siehe das folgende Kapitel 4.3 - und erfordern Informationen über die Anzahl, Pegelhöhe und -Vorbeifahrzeit der einzelnen Vorbeifahrten am Ohr des Schlafers - also in Abhängigkeit von z.B. Dämmung und Fensterstellung. Auch gesundheitliche Beeinträchtigungen erfordern die Kenntnis der Belastung durch Verkehrsgläusche innerhalb der Wohnung.

Innerhalb der Wohnung ist es jedoch kaum möglich, die drei Quellenarten zu unterscheiden.

Zur Beurteilung der nächtlichen Summenbelastung wird für den Dauerschallpegel die Bildung von Ersatzpegeln mit anschließender energetischer Addition vorgeschlagen (Ersatzpegel-Modell). Referenzquelle ist der Straßenverkehr.

Wenn ein „Ersatzpegel“ mit Hilfe interpolierter Expositions-Wirkungs-Kurven beschrieben werden soll, so ist zu klären, wie zu einer vorgegebenen Wirkung die Exposition (also das zugehörige Verkehrsgeräusch) zu bestimmen ist.

Daher vorgeschlagene Textänderung:

Eine „Expositions-Wirkungs-Kurve“ sollte die in 3.11.2 beschriebenen Eigenschaften einer Arcustangenskurve besitzen, wobei die Parameter g , h , p und m so zu bestimmen sind, dass die Summe der Abstandsqumrate zwischen den Messwerten und der Arcustangenskurve minimal ist.

Diese Kurve erfüllt die Bedingungen (L1) und (L2):

(L1) Die Wirkung steigt streng monoton mit der Exposition, d.h.

für $p(i) < p(j)$ gilt $L(a_1, a_2, a_3, a_4)(p(i)) < L(a_1, a_2, a_3, a_4)(p(j))$

(Eine Regressionsgerade ist damit im allgemeinen keine Expositions-Wirkungs-Kurve).

(L2) es gibt obere und unter Grenzen: für alle Expositionen p gilt

$a_1 - a_2 \leq L(a_1, a_2, a_3, a_4)(p) \leq a_1 + a_2$, falls $a_1 \geq a_2 > 0$ ist.

4.2.3 Berücksichtigung der Streuung

Es ist sinnvoll, Pegelintervalle festzulegen (mit jeweils gleich vielen Messwerten), und dann in jedem dieser Pegelintervalle die 2.5% höchsten und die 2.5% niedrigsten Messwerte wegzulassen. Zu den verbleibenden 95% Messwerten ist die „mittelmäßige Lästigkeit“ a_1 durch eine „gestreute Lästigkeit“ a_1^* zu ersetzen, so dass diese Messwerte unterhalb der Kurve $y = L(a_1^*, a_2, a_3, a_4)$ liegen.

4.3 Erwartete Anzahl Aufweckreaktionen

4.3.1 Allgemeines

Die nächtliche Erholung ist eng mit dem ungestörten Schlaf verbunden. Schlaf ist für den Menschen ein lebensnotwendiger Zustand. Schlafstörungen beeinträchtigen das subjektive Befinden und mit einer individuellen Latenz auch die Leistung. In chronischer Form sind Schlafstörungen als Gesundheitsrisiko einzustufen.

Schlaf ist kein monotoner Zustand, sondern besitzt eine komplexe Dynamik, die gestört wird, wenn durch nächtliche Geräusche Arousal¹⁾ ausgelöst werden [11].

Nach WIKIPEDIA ist „Arousal“ ein Begriff der Psychologie und der Physiologie, welcher den allgemeinen Grad der Aktivierung des zentralen Nervensystems beim Menschen und Wirbeltieren bezeichnet. Charakteristische Merkmale sind Aufmerksamkeit, Wachheit, Reaktionsbereitschaft usw.

Aber auch auf der Diskussionsseite von Wikipedia wird sehr unterschiedlich und ungenau mit dem Begriff umgegangen.

Zu dem hier vorliegenden Text entstehen bei der Fußnote 1 folgende Fragen:

- „zeitlich eng begrenzte Zustandsänderung“: wie lang ist „eng begrenzt“?
- Wie werden die beiden „Zustände“ (Schlafzustand = niedriger Erregungszustand und Wachzustand = höherer Erregungszustand) beschrieben?

Da eine Definition von „Schlaf“ für die „Kenngrößen beim Einwirken mehrerer Quellenarten (VDI 3722-2)“ nicht erforderlich ist (der Begriff „arousal“ kommt im weiteren Text nicht vor), erübrigt sich dieser Absatz.

¹⁾ Die Schlafmedizin bezeichnet Arousal als eine zeitlich eng begrenzte Zustandsänderung, die den Organismus von einem niedrigen Erregungsniveau auf ein höheres anhebt.

„arousal“ können bis zum Erwachen führen, doch eine Störung der Funktionsabläufe ist auch unterhalb der Weckschwelle möglich. Arousal schließen nervale und hormonale Aktivitäten ein und können sich auch in kardiovaskulären Änderungen und motorischer Aktivität äußern [14].

Am meisten erforscht sind bislang nächtliche Maximalpegel und die erwartete Anzahl Aufweckreaktionen.

Der Absatz „Schlaf ist kein monotoner Zustand, sondern ... äußern [14]“ sollte ebenso gestrichen werden wie der letzte Absatz „Am meisten erforscht ... Aufweckreaktionen“, weil durch diese Absätze das Anliegen dieser Norm nicht klarer wird.

Die Verknüpfung von Maximalpegel und Aufweckreaktion darf nicht dahingehend interpretiert werden, dass nur dem lärmbedingten Erwachen Gesundheitsrelevanz zugeordnet werden kann. Vielmehr ist für Aufweckreaktionen die Datenlage in der Lärmwirkungsforschung vergleichsweise groß.

auch dieser Absatz sollte gestrichen werden!

Die erwartete Gesamtanzahl Aufweckreaktionen kann durch eine Vielzahl von Maximalpegelhäufigkeiten erreicht werden. Sind die Maximalpegel relativ hoch, genügen bereits wenige nächtliche Ereignisse, um eine hohe erwartete Anzahl Aufweckreaktionen zu erreichen. Sind die Maximalpegel relativ gering, so kann eine hohe erwartete Anzahl Aufweckreaktionen dennoch durch eine große Anzahl von Ereignissen erreicht werden. Die erwartete Gesamtanzahl Aufweckreaktionen zeigt den Wert an, mit welchem die Kombinationsbelastung zu geräuschbedingtem Erwachen im Labor führen würde. Die spontane Aufweckreaktion wird von der unter Lärm beobachteten abgezogen.

auch dieser Absatz sollte gestrichen werden, weil keine neuen Informationen hinzukommen: Es wurde schon sehr oft vorher darauf hingewiesen, dass die Wirkung nächtlichen Verkehrslärms die Anzahl Aufweckreaktionen ist!

ANMERKUNG 2 Bei Werten oberhalb von 1 (im Labor) ist mit regelmäßigem individuellem Erwachen (im Feld) zu rechnen.

Was sind „Werte oberhalb von 1“?

Wenn jemand im Labor aufwacht, dann würde er unter den gleichen Bedingungen zu hause regelmäßig aufwachen?

Ist es nicht denkbar, dass auch außerhalb des Labors spontane Aufweckreaktionen vorkommen?

4.3.2 Rechenvorschrift: Aufweckwahrscheinlichkeits-Kurve

Zunächst wird jedem Maximalpegel, der durch Straßen, Schienen- oder Flugverkehr verursacht wird, eine einzelne Aufweckwahrscheinlichkeit zugeordnet. Hierzu werden quellenartenspezifische Expositions-Wirkungs-Beziehungen empirischer Datensätze benötigt. In einem zweiten Schritt werden die einzelnen Aufweckwahrscheinlichkeiten aufsummiert. Die Gesamtsumme aller Aufweckwahrscheinlichkeiten ergibt die erwartete Anzahl Aufweckreaktionen.

Für die erwartete Anzahl Aufweckreaktionen gilt:

$$n_{AWR} = \sum_i A_{WW,Str}(i) \cdot N_{Str}(i) + \sum_i A_{WW,Sch}(i) \cdot N_{Sch}(i) + \sum_i A_{WW,Flug}(i) \cdot N_{Flug}(i) \quad (8)$$

Dabei ist

n_{AWR}	die erwartete Gesamtzahl Aufweckreaktionen durch Verkehrsgeräusche der Quellenart Straße (Str), Schiene (Sch) oder Flug
i	Vorbeifahrpegel ($40 \text{ dB}(A) \leq i \leq 100 \text{ dB}(A)$)
$A_{WW,Str}(i)$	die Aufweckwahrscheinlichkeit für einen Vorbeifahrpegel i aus Straßenverkehr
$A_{WW,Sch}(i)$	die Aufweckwahrscheinlichkeit für einen Vorbeifahrpegel i aus Schienenverkehr
$A_{WW,Flug}(i)$	die Aufweckwahrscheinlichkeit für einen Vorbeifahrpegel i aus Flugverkehr
$N_j(i)$	Anzahl Vorbeifahrpegel der Höhe i am „Ohr des Schlafers“ von der Quelle j

Vorliegen müssen für alle beteiligten Quellenarten die Maximalpegelverteilungen einer typischen Nacht auf volle Dezibel gerundet.

Welche Nacht eines Jahres ist „die typische Nacht“?

Warum soll hier auf „volle Dezibel“ gerundet werden?

Ist auch die zeitliche Verteilung gemeint? Es ist nicht gleichgültig, ob in der typischen Nacht sämtliche „Maximalpegel“ zwischen 22 und 23 Uhr auftreten - oder ob diese zwischen 23 und 04 Uhr auftreten!

Bei Schienenverkehrsgeräuschen ist die Vorhersage über das Auftreten von Maximalpegeln insbesondere im Jahresmittel nicht vorhersagbar, da diese abhängig sind

- von der Qualität der Schienen (die in unregelmäßigen Zeiträumen von meist mehr als einem Jahr gepflegt werden) und
- von Flachstellen an den Rädern
- von klappernden Aufbauten

Im Kommentar zu 4.2.2 wurde bereits darauf hingewiesen, dass für einen schlafenden Anlieger nicht unterscheidbar ist, ob der aufweckende Vorbeifahrpegel von einem PKW, von einem LKW, von einem Personenzug, von einem Güterzug oder von einem Flugzeug verursacht wurde. Also ist

$$A_{WW} := A_{WW,Str} = A_{WW,Sch} = A_{WW,Flug}. \quad (9)$$

und damit

$$n_{AWR} = \sum_k A_{WW}(k) \cdot N(k) \quad (10)$$

Dabei ist

n_{AWR}	die erwartete Gesamtzahl Aufweckreaktionen durch Verkehrsgeräusche der Quellenart Straße (Str), Schiene (Sch) oder Flug auf einem definierten Grundstück
k	Vorbeifahrpegel innerhalb Intervalles („Pegelstufe“)
$A_{WW}(k)$	die Aufweckwahrscheinlichkeit für einen Vorbeifahrpegel der Pegelstufe k
$N(k)$	Anzahl Vorbeifahrpegel der Pegelstufe i am „Ohr des Schlafers“

Die Beschreibung des Zusammenhanges von $L_{p,A,F,max}$ und n_{AWR} erfolgt für einen Pegelbereich von $L_{p,A,F,max} = 40 \text{ dB}$ bis 80 dB , hier linear, mit

$$\begin{aligned} A_{WW}(i) &= 0.75 \cdot L_{p,A,F,max} - 31.5 \text{ dB}(A) \\ A_{WW} &= 0.75 \cdot (L_{p,A,F,max} - 42) \end{aligned} \quad (11)$$

d.h. 0 bei 42 dB.

In diesem Entwurf der VDI 3722-2 wird mangels mathematischer Phantasie angenommen, dass eine lineare Funktion die Abhängigkeit der Aufweckwahrscheinlichkeit $A_{WW}(L_{p,A,F,max})$ für am Ohr des Schläfers gemessene Vorbeifahrpegel $L_{p,A,F,max}$ beschreibt!

Leider wird in dieser Norm bisher jedoch die lineare Beschreibung (Gleichung (11)) gewählt.

Mit dieser Formel wird angenommen:

1. Es wären $A_{WW}(42) = 0$, $A_{WW}(82) = 30$, $A_{WW}(175) = 100$ und $A_{WW}(200) = 118$, d.h. von 100 Menschen
 - würde niemand bei 42 dB,
 - würden 30 Menschen bei 82 dB,
 - würden alle 100 Menschen bei 175 dB und
 - würden sogar 118 von 100 Menschen bei 200 dB aufwachen.
2. bei 4 Vorbeifahrpegeln mit $L_{p,A,F,max} = 50$ dB würden $4 \cdot 6 = 24$ von 100 Menschen aufwachen; ebenso viele Menschen würden bei einem einzigen Vorbeifahrpegel mit $L_{p,A,F,max} = 74$ dB aufwachen.
3. bei 4 gleichzeitig auftretenden Vorbeifahrpegeln mit $L_{p,A,F,max} = 50$ dB beträgt der Gesamtpegel 56 dB, und dabei würden nur 10 von 100 Menschen aufgeweckt werden.

Nach [21] lassen sich diese zum Teil nicht begründbaren Effekte bei der Beschreibung der Aufweckwahrscheinlichkeit durch Wahl einer mathematisch geeigneten, nicht linearen Funktion vermeiden: Dort wird neben dem Aufweck-Pegel p zusätzlich die Vorbeifahrzeit t und ein individueller „Schlafpegel S “ berücksichtigt, um die Aufweckwahrscheinlichkeit zu beschreiben:

$$A_{WW}(S, p, t) = \begin{cases} \frac{1}{10} \cdot 2^{\frac{1}{3} \cdot \left(p - S - 18 - \frac{27}{t^{1.1}}\right)} & \text{für } p \leq pz \\ \frac{1}{10} \cdot 2^{\frac{1}{3} \cdot \left(2 \cdot pz - p - S - 18 - \frac{27}{t^{1.1}}\right)} & \text{für } p > pz \\ \text{wobei } pz \text{ definiert wird durch } pz := 3 \cdot \frac{\log(500)}{\log(2)} + S + 18 + \frac{27}{t^{1.1}} \end{cases} \quad (12)$$

Das nebenstehende Bild zeigt mit der blauen Geraden

$$A_{WW}(L_{p,A,F,max}) = 0.75 \cdot L_{p,A,F,max} - 31.5$$

(dies ist Gleichung (11))

die im hier kommentierten 2. Entwurf gewählte Abhängigkeit.

Daher ist die Formel (11) zur Beschreibung der Aufweckwahrscheinlichkeit nicht geeignet - auch nicht zur Vereinfachung.

Die rot/grüne Kurve zeigt die Kurve zu (12).

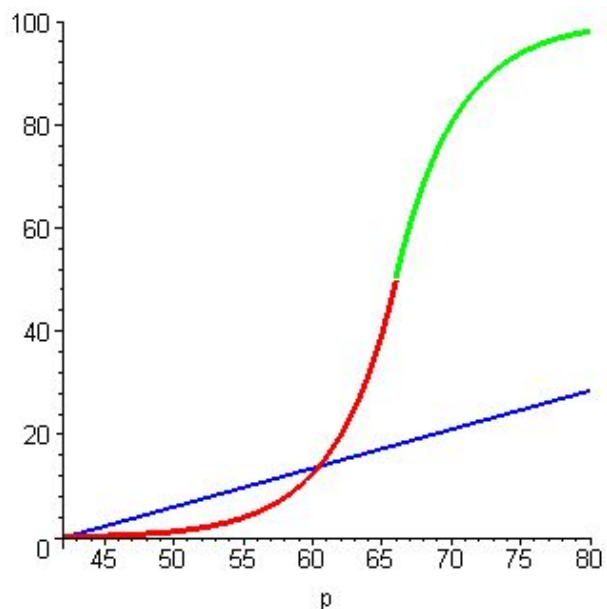


Bild 4.3.2.1: Aufweckwahrscheinlichkeit mit $z = 18$ und $S = 20$ nach (12) und Gerade nach (11)

Die Kurven, die sich nach der Formel (12) für die 10%- und 20%-Aufweckwahrscheinlichkeit ergeben, werden in der nebenstehenden Kurve dargestellt.

Ihre Formeln lauten:

$$p = S + 18 + \frac{27}{t^{1.1}} \quad \text{für 10\%} \quad (13)$$

$$p = S + 21 + \frac{27}{t^{1.1}} \quad \text{für 20\%} \quad (14)$$

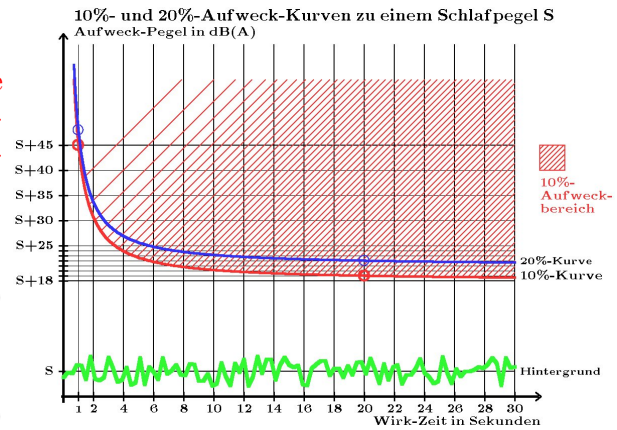


Bild 4.3.2.2: 10%- und 20% Aufweckwahrscheinlichkeit mit $z = 18$ und $S = 20$

4.3.3 Rechenvorschrift: Aufweckreaktion Cortisol

Es gibt weitere Verfahren, bei denen neben dem Vorbeifahrpegel zusätzlich die Pausenstruktur berücksichtigt wird (siehe auch [22]):

Die Grundkurve der Cortisol-Konzentration lautet:

$$c_{min}(t) = \begin{cases} 80 - 60 \cdot \cos\left[\left(\frac{t+4}{12}\right)^2 \cdot \pi\right] & 0 \leq t \leq 8 \\ 80 - 60 \cdot \cos\left[\left(\frac{t-20}{12}\right)^2 \cdot \pi\right] & 8 \leq t \leq 24 \end{cases}$$

In dieser Gleichung ist $c_{min}(t)$ die Cortisol-Konzentration in ng/ml , die während der 24 Stunden eines Tages festgestellt wird (t in Stunden; Nacht für $22 \leq t \leq 06$) (siehe [22]).

Nach [21] werden von allen Anwohnern, die den gleichen „Schlafpegel“ S haben, und auf die während einer Nacht und während des Schlafes ein Pegel p für z Sekunden wirkt, 10% aufgeweckt, wenn gilt

$$p > S + 18 + \frac{27}{z^{1.1}}$$

Bemerkungen:

Ist $p = S + 45$ und $z = 1$, so ist $p = S + 45 \geq S + 18 + \frac{27}{z^{1.1}} = S + 18$

Ist $p = S + 19$ und $z = 21$, so ist $p = S + 19 > S + 18 + \frac{27}{z^{1.1}} = S + 18 + 0.95$

Ist $p = S + 45$ und $z = \infty$, so ist $p = S + 18 \geq S + 18 + \frac{27}{z^{1.1}} = S + 18$

(siehe dazu Bild 4.3.2.2).

Hier wäre es sinnvoll, „den“ Schlafpegel S_{typ} eines „typischen Menschen“ zu definieren.

Verallgemeinernd kann dieser Ansatz auch auf andere prozentuale Anteile erweitert werden:

Aufweckbedingung

Von allen Anwohnern (mit dem gleichen „Schlafpegel“ S_{typ}), auf die während einer Nacht und während des Schlafes ein Pegel p für z Sekunden am Ohr des Schläfers wirkt, werden $a\%$ aufgeweckt, wenn gilt

$$p > S_{typ} + 18 + (a - 10\%) \cdot \log[2] + \frac{27}{z^{1.1}}$$

Wenn während des Schlafes ein Freiraum-Pegel $p_a(j)$ auftritt, so wird dieser nach diesem 2. Entwurf der VDI-Norm 3722-2 um $\Delta_{VDI} = 20 \text{ dB}$ durch Fenster und Wände gedämmt (und nach der 24.BImSchV der Bahn um $\Delta_{24} = 28 \text{ dB}$), d.h. am Ohr des Schlafers tritt ein Pegel

$$p_i(j) = p_a(j) - \Delta$$

auf. Dann wird definiert:

$$c_i(j) := 14 \cdot 10^{\text{sleep}} \quad \text{mit} \quad \text{sleep} = 0.032 \cdot \left[p_i(j) - \left(S_{\text{typ}} + \frac{27}{z^{1.1}} \right) \right]$$

$$\text{falls } p_i(j) \geq S_{\text{typ}} + \frac{27}{z^{1.1}}$$

Nach [22] wird bei 4 Vorbeifahrten zu den Zeiten t_1, t_2, t_3 und t_4 während der Nachtzeit von 22 bis 06 Uhr die Gesamt-Cortisol-Konzentration $c_{\text{ges}}(t)$ zu einem beliebigen Zeitpunkt t mit $22 \leq t \leq 06$ berechnet nach folgender Vorschrift:

$$c_{\text{ges}}(t) = \begin{cases} c_{\min} t & \text{für } t < t_1 \\ c_{\min} t + c_i(1) \cdot e^{-\lambda \cdot (t-t_1)} & \text{für } t_1 \leq t < t_2 \\ c_{\min} t + c_i(1) \cdot e^{-\lambda \cdot (t-t_1)} + c_i(2) \cdot e^{-\lambda \cdot (t-t_2)} & \text{für } t_2 \leq t < t_3 \\ c_{\min} t + c_i(1) \cdot e^{-\lambda \cdot (t-t_1)} + c_i(2) \cdot e^{-\lambda \cdot (t-t_2)} + c_i(3) \cdot e^{-\lambda \cdot (t-t_3)} & \text{für } t_3 \leq t < t_4 \\ c_{\min} t + \sum_{j=1}^{j=4} c_i(j) \cdot e^{-\lambda \cdot (t-t_j)} & \text{für } t > t_4 \end{cases}$$

Zu 3.7: erwartete Anzahl Aufweckreaktionen

Es werden 4 Vorbeifahrten von jeweils 20 s Dauer betrachtet und eine Dämmung durch Fenster und Wände von 20 dB angenommen. In 6 m vor dem Fenster wurden dann folgende Pegel berechnet (oder gemessen):

Um 01:00 Uhr mit 87 dB

Um 02:00 Uhr mit 90 dB

Um 03:00 Uhr mit 91 dB

Um 04:00 Uhr mit 94 dB

Damit ergeben sich folgende Aufweckreaktionen:

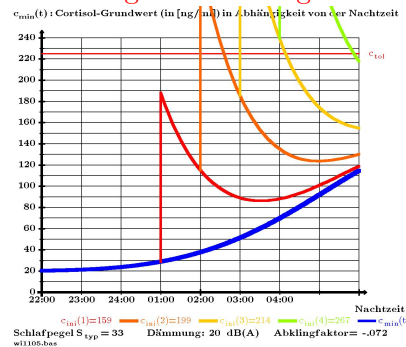


Bild 4.3.2.3: n_{AWR} mit $S_{\text{typ}} = 33$

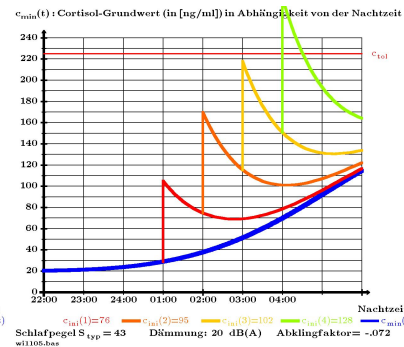


Bild 4.3.2.4: n_{AWR} mit $S_{\text{typ}} = 43$

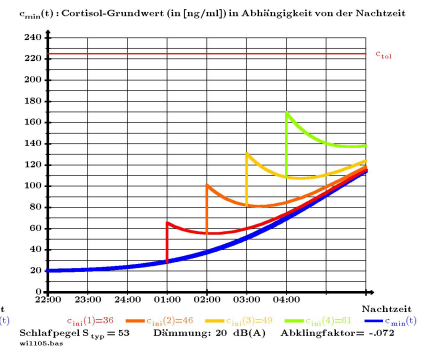


Bild 4.3.2.5: n_{AWR} mit $S_{\text{typ}} = 53$

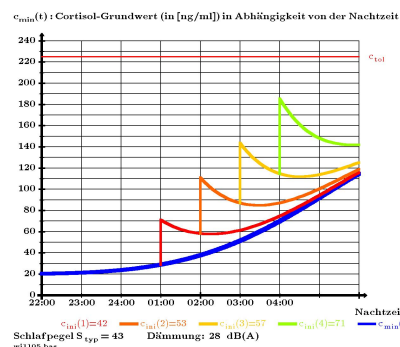


Bild 4.3.2.6: n_{AWR} mit $S_{\text{typ}} = 43$
Dämmung = 28 dB

Diese Bilder zeigen den Anstieg der „normalen“ Cortisol-Konzentration infolge der Vorbeifahrpegel. Sie sind für verschiedene individuelle Schlafpegel S_{typ} (zwischen 33 und 53) bei 4 Vorbeifahrten aufgezeichnet.

Wenn die hier mit $c_{\text{tol}} = 225 \text{ ng/ml}$ angenommene Toleranz-Cortisol-Konzentration überschritten wird, dann wacht der Schlafers auf.

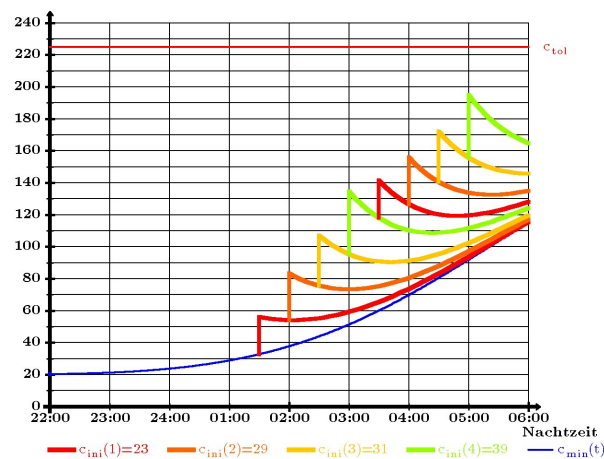
$c_{\min}(t)$: Cortisol-Grundwert (in [ng/ml]) in Abhängigkeit von der Nachtzeit

Bild 4.3.2.7: Cortisol-Konzentration führt nicht zu Aufweckreaktionen

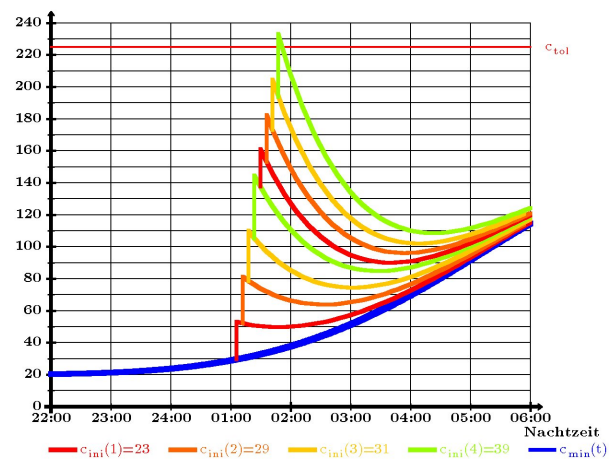
 $c_{\min}(t)$: Cortisol-Grundwert (in [ng/ml]) in Abhängigkeit von der Nachtzeit

Bild 4.3.2.8: Cortisol-Konzentration führt zu Aufweckreaktionen

4.3.4 Rechenvorschrift: gekippte Fenster

Zur Umrechnung auf Außenpegel kann für Außenwände mit gekippten Fenstern bei typischen Wohn- und Schlafräumen von einem Schalldämm-Maß von ca. 15 dB ausgegangen werden.

Eine Umrechnung ist nicht möglich! Woher kommt die Idee, für jede Fenstergröße und für jeden Kippwinkel ein Schalldämm-Maß von „ca. 15 dB“ anzunehmen?

Wenn angenommen wird, dass Anlieger zwar in „reinen Wohngebieten“ oder in „Mischgebieten“ wohnen (nicht aber in „Gewerbegebieten“), dann ist für sie durch die 16. BImSchV festgelegt, wie laut es im „Freifeld“ (also 6 m vor dem Fenster) im Nacht-Mittel sein „darf“.

Für diese Norm kann eigentlich zunächst frei bestimmt werden, welcher Anteil der Bewohner wie häufig pro Nacht im Jahres-Mittel durch Verkehrslärm aufgeweckt werden darf!

In der Einleitung wurde angegeben: „eine Umrechnung in entsprechende Innen- bzw. Außenpegel erfolgte in dieser Richtlinie nicht“.

Hier wird nun angegeben: „Zur Umrechnung auf Außenpegel kann für Außenwände mit gekippten Fenstern bei typischen Wohn- und Schlafräumen von einem Schalldämm-Maß von ca. 15 dB ausgegangen werden“.

Das paßt nicht zusammen!

ANMERKUNG 1 Bei Maximalpegeln ist gewöhnlich eine Verringerung um 2 dB anzusetzen [1].

Warum? Was heißt hier „gewöhnlich“?

Was soll um 2 dB verringert werden?

Sowohl Straßen- als auch Schienen- und Flugvorbeifahrpegel, obwohl Herr Augustin (et al.) in [1] sich nur auf Fluglärm bezieht?

ANMERKUNG 2 Bei der Angabe eines Wertes von 18 dB für eine Pegeldifferenz einer typischen Außenwand mit einem typischen gekippten Fenster, handelt es sich um die Angabe der Pegeldifferenz zwischen dem „maßgeblichen“ Außendauerschallpegel L_a und dem Innendauerschallpegel L_i (vgl. z. B. VDI 2719). In der Regel werden rechnerisch Freifeld- Außendauerschallpegel ermittelt. Die Pegeldifferenz zwischen dem Freifeld-Außendauerschallpegel L_0 und dem Innendauerschallpegel L_i liegt bei Verkehrsgläuschen um etwa 3 dB niedriger (vgl. [9]).

Wieso liegt die Pegeldifferenz zwischen dem Freifeld-Außendauerschallpegel L_0 und dem Innendauerschallpegel L_i bei Verkehrsgläuschen um etwa 3 dB niedriger?

Niedriger als welcher Wert?

Mit gekipptem Fenster bei Fluglärm und geschlossenem Fenster bei Schienenlärm?

Die Anwendung renormierter Ersatzpegel auf Maximalpegel ist erst vorzunehmen, wenn entsprechende Expositions-Wirkungs-Kurven vorliegen.

Leider sind „entsprechende“ Expositions-Wirkungs-Kurven nicht eindeutig zuzuordnen. Innen/außen, die Fensterstellung, die Datenauswahl (welches Untersuchungsgebiet, Untersuchungsjahr), die Art der Kurve, Personen- oder Güterverkehr (bei Straße und Schiene): Jede gefundene Abhängigkeit ist neu, aber liegt nicht „entsprechend“ vor!

4.4 Untersuchungsgebiet

Die Definition des Untersuchungsgebietes erfolgt entsprechend dem Ziel der Untersuchung (z. B. Bewertung der Situation einer Verkehrsgläuschquelle oder aller einwirkenden in einem vorgegebenen Gebiet, Planung oder Änderung von Verkehrswegen, Planung von Minderungsmaßnahmen, Variantenvergleich). Als Grenzen sollten Straßen, Bahnlinien etc. gewählt werden.

Bei der Planung oder Änderung von Verkehrswegen, Planung von Minderungsmaßnahmen, Variantenvergleich müssen Orte berücksichtigt werden, an denen die Maßnahme den effektbezogenen Substitutionspegel $L_{A,ES}$ mehr als unwesentlich verändert.

4.5 Emissionsgebiet

Das Emissionsgebiet kann entsprechend der Aufgabenstellung größer als das Untersuchungsgebiet sein. In ihm können Verkehrsgläuschquellen liegen, deren Emissionen noch auf das zu untersuchende Gebiet einwirken. Als Grenzen sollten ebenfalls Verkehrswege gewählt werden.

4.6 Immissionspunkte

Im Untersuchungsgebiet werden Immissionspunkte so festgelegt, dass die Belastung der Bevölkerung durch die zu untersuchenden Quellenarten repräsentativ erfasst wird.

Bei der Ermittlung der Beeinträchtigungskenngröße für die Bevölkerung liegen die Immissionspunkte in 4 m Höhe über Gelände unmittelbar auf den Fassaden der Wohnbebauung. Je Gebäudefassade soll mindestens ein Immissionspunkt gewählt werden, bei Gebäudefassaden mit mehr als 5 m Länge werden mehrere Immissionspunkte ermittelt. Dazu wird die Gebäudefassade in gleich lange Teilfassaden mit nicht mehr als 5 m und nicht weniger als 2,5 m Länge aufgeteilt. Die Immissionspunkte liegen immer auf der Mitte der Fassade oder Teilfassade.

4.7 Geräuschbelastung

Die Geräuschbelastung an den Immissionspunkten wird in der Regel rechnerisch ermittelt. Die Verfahren für die Ermittlung werden als gegeben und bekannt vorausgesetzt.

Wirken mehrere Geräuschquellen einer Geräuschquellenart (Straßenverkehr, Schienenverkehr, Luftverkehr) auf einen Immissionspunkt ein, so ist die Gesamtgeräuschbelastung durch diese Geräuschquellen durch energetische Pegeladdition zu ermitteln.

In Ausnahmefällen kann die Geräuschbelastung auch messtechnisch ermittelt werden. Hierbei sind DIN 45642 bzw. DIN 45643 zu beachten.

In der Regel werden rechnerisch Freifeldpegel ermittelt. Werden in einer Erhebung auch Messergebnisse berücksichtigt, ist zu beachten, dass bei Messorten vor oder auf der Fassade gegenüber dem Freifeld 3 dB oder 6 dB höhere Pegel gemessen werden, die entsprechend korrigiert werden müssen.

ANMERKUNG Verschiedene der Literatur zu entnehmende Expositions-Wirkungs-Beziehungen sind auf andere als die in Deutschland eingeführten Ermittlungsverfahren bzw. Pegelkriterien bezogen. Die Anwendung solcher Expositions-Wirkungs-Kurven auf Geräuschbelastungsdaten,

die mit den in Deutschland eingeführten Ermittlungsverfahren erhoben wurden, führt möglicherweise zu Abweichungen, die ggf. nur im Einzelfall quantifizierbar sind.

4.8 Betroffene Bevölkerung

Da die Lage, die Größe und der Grundriss der Wohnungen in den Gebäuden im Allgemeinen nicht bekannt sind, werden als Näherung alle Einwohner eines Gebäudes gleichmäßig auf die für das Gebäude festgelegten Immissionspunkte verteilt.

ANMERKUNG 1 Durch die Vorgaben zur Festlegung der Immissionspunkte ist weitestgehend sichergestellt, dass für jede Wohnung mindestens ein Belastungspegel (Immissionspegel) ermittelt wird.

ANMERKUNG 2 In verschiedenen der Literatur zu entnehmenden Expositions-Wirkungs-Beziehungen wird eine abweichende Zuordnung der Einwohner zu gebäudebezogenen Immissionspunkten vorgenommen. Auch die gebäudebezogenen Immissionspunkte werden nach Lage und Höhe z. T. anders gesetzt, als dies in 4.6 dieser Richtlinie vorgegeben wird. Die Anwendung von Expositions-Wirkungs-Beziehungen, deren Spezifikationen von den Vorgaben dieser Richtlinie (Setzung der Immissionspunkte nach 4.6; Verteilung der Bevölkerung nach 4.8) abweichen, führt möglicherweise zu Abweichungen, die gegebenenfalls nur im Einzelfall quantifizierbar sind.

Die Ermittlung der Belastetenzahlen baut auf der Verwendung amtlich verfügbarer Daten auf. Dies können sowohl Daten der Einwohnermeldeämter als auch statistische Angaben zur je Einwohner verfügbaren Wohnfläche sein.

Bevölkerungsdaten liegen über das Bundesgebiet verteilt in unterschiedlicher Qualität und Auflösung (von Gesamteinwohnerzahlen einer Kommune bis hin zu gebäudegenauen Daten) in amtlichen Statistiken (Kommunen, Kreisverwaltungen, Landratsämtern usw.) vor.

Verfahren zur Zuordnung der Einwohnerzahlen zu Gebäuden anhand verschiedener Datengrundlagen sind im Anhang D aufgeführt.

4.9 Beeinträchtigungskenngröße

(siehe aber auch 3.16 (Beeinträchtigungskenngröße))

Für jeden Immissionspunkt ($m = 1 \dots M$) liegen für die zu untersuchenden Geräuscharten Straßenverkehr ($j = 1$), Schienenverkehr ($j = 2$), Luftverkehr ($j = 3$) renormierte Ersatzpegel $L_{x,j}^*$ und die Betroffenenzahl n_m vor.

aber warum für $j = 1$?

Auch die Betroffenenzahl hängt von der Geräuschart j ab, also $n_m(j)$? -

oder ist N_j die (reduzierte oder vergrößerte) Anzahl der durch die Quelle $j = 1, j = 2$ und/oder $j = 3$ belästigten Betroffenen?

Wer legt diese Zahl B_j fest?

Die Werte können entsprechend der Beurteilungszeit verschieden sein.

Die Beeinträchtigungskenngröße N_j für eine Geräuschquellenart ergibt sich zu

$$N_j = \sum_{m=1}^M n_m \cdot B_j \quad (15)$$

Dabei ist

- n_m Betroffenenzahl am Immissionspunkt m ;
- B_j Wert der Beeinträchtigungsfunktion für die Geräuschquellenart j .

Wenn sich auch hier - wie in 3.16 - die Beeinträchtigungsfunktion auf die renormierten Pegel bezieht, dann ist B_j unabhängig von der Geräuschquellenart.

Wirken mehrere Geräuschquellen einer Geräuschquellenart (Straßenverkehr, Schienenverkehr,

Luftverkehr) auf einen Immissionspunkt ein, so ist die Gesamtgeräuschbelastung durch diese Geräuschquellen durch energetische Pegeladdition zu ermitteln.

wir nehmen wieder unser Beispiel aus 3.16:

$B_1(p)$ sei der Prozentsatz von Betroffenen, die durch einen mittleren renormierten Stunden-Pegel p beeinträchtigt werden; auch hier sei $B_1(p) = (50 + (p - 50) \cdot 2)\%$.

Für den Immissionsort $m = 1$:

- Für 23 Betroffene wirkt von 06 bis 09 Uhr Straßenverkehr mit einem mittleren Stunden-Pegel 60 dB.
- Für 44 Betroffene wirkt von 07 bis 18 Uhr Schienenverkehr mit mittleren renormierten Stunden-Ersatzpegel 50 dB.
- Für 25 Betroffene wirkt von 16 bis 22 Uhr Flugverkehr mit renormiertem Stunden-Ersatzpegel 70 dB.
- Von 06 bis 07 Uhr ist daher $1 \cdot 23 \cdot B_1(60 \text{ dB}) = 23 \cdot 70\% \approx 16$ die Beeinträchtigungskenngröße
- Von 07 bis 09 Uhr überlagern sich Straßen- und Schienenverkehrslärm: $50 \oplus 60 = 60.5 \text{ dB}$
Für 2 Stunden ist daher $2 \cdot (23 + 44) \cdot B_1(60.5 \text{ dB}) = 134 \cdot 71\% \approx 91$ die Beeinträchtigungskenngröße
- Von 09 bis 16 Uhr gibt es nur Schienenverkehrslärm: 50 dB
Für 7 Stunden ist daher $7 \cdot 44 \cdot B_1(50 \text{ dB}) = 308 \cdot 50\% \approx 154$ die Beeinträchtigungskenngröße
- Von 16 bis 18 Uhr überlagern sich Schienen- und Flugverkehrslärm: $50 \oplus 70 = 70 \text{ dB}$
Für 2 Stunden ist daher $2 \cdot (44 + 25) \cdot B_1(70 \text{ dB}) = 134 \cdot 90\% \approx 121$ die Beeinträchtigungskenngröße
- Von 18 bis 22 Uhr gibt es nur Flugverkehrslärm: 70 dB
Für 4 Stunden ist daher $4 \cdot 25 \cdot B_1(70 \text{ dB}) = 100 \cdot 90\% = 90$ die Beeinträchtigungskenngröße

Für den Immissionsort 1 beträgt damit die

(Tages-)Beeinträchtigungskenngröße am Ort 1: $16 + 91 + 154 + 121 + 90 = 472$

Bemerkung: ohne energetische Addition ergab sich am Ort 1: $48 + 242 + 135 = 425$.

4.10 Ergebnisdarstellung

Bei der Ergebnisdarstellung sind folgende Angaben zu machen:

- Gesamtzahl der Personen im Untersuchungsgebiet;
- Gesamtzahl der durch den effektbezogenen Substitutionspegel beeinträchtigten Personen (Beeinträchtigungskenngröße für das Untersuchungsgebiet);
- prozentuales Verhältnis zwischen beeinträchtigten (z. B. %HA) und betroffenen Personen;
- Verteilung der betroffenen und der belästigten Personen (z. B. %HA) über der Geräuschbelastung.

Ferner sind folgende Zwischenergebnisse mit auszuweisen:

- Für alle untersuchten Quellenarten ist die Verteilung der betroffenen Personen über der Geräuschbelastung in geeigneten Schallpegelklassen, z. B. 5-dB-Stufen darzustellen.
- Sind in der Aufgabenstellung Geräuschbelastungszielwerte vorgegeben, so ist die Zahl der betroffenen Personen mit höherer Geräuschbelastung anzugeben.
- Für alle untersuchten Quellenarten ist die Verteilung der belästigten (z. B. %HA) Personen über der Geräuschbelastung darzustellen.

Je nach Aufgabenstellung kann die Verteilung der betroffenen Personen in zu große Pegelklassen (z. B. 5 dB-Klassen) die Auswirkung von Minderungsmaßnahmen nicht ausreichend darstellen.

5 Untersuchung der Wirkung von Minderungsmaßnahmen / Planungsalternativen

5.1 Vorgehensweise

Bei der Untersuchung der Auswirkungen von Lärminderungsmaßnahmen oder beim Vergleich verschiedener Planungsvarianten werden die Beeinträchtigungskenngrößen im Auswirkungsbereich der Maßnahmen oder Planungen ermittelt. Eine Maßnahme oder Planung ist im Allgemeinen aus akustischer Sicht umso günstiger einzustufen, je niedriger der Wert der resultierenden Beeinträchtigungskenngröße ist.

entweder ist die Aussage dieses Absatzes trivial (weil natürlich irgendwelche Daten vorhanden sein sollten), oder sie wären zu präzisieren (was in dieser allgemeinen Form jedoch schwer sein dürfte.)

Der Auswirkungsbereich ist das Gebiet, in dem die für die Aufgabenstellung relevanten Werte der Beurteilungsfunktion größer Null und die Geräuschsituation gegenüber der Ausgangssituation verändert sind.

Der Auswirkungsbereich kann wesentlich größer als das ursprüngliche Untersuchungsgebiet sein. Es ist zu beachten, dass das Emissionsgebiet für den Auswirkungsbereich in der Regel nicht mit dem Emissionsgebiet des Untersuchungsgebietes identisch ist.

Beim Vergleich mehrerer Planungsvarianten sind stets derselbe Auswirkungsbereich und dasselbe Emissionsgebiet zu Grunde zu legen.

Der Ansatz der bisher bekannten Beeinträchtigungsfunktionen führt bei den meisten Planungsproblemen zu einer günstigeren Bewertung von Verkehrsbündelung. Grund dafür ist, dass der Pegel an einem durch Bündelung entlasteten Verkehrsweg wesentlich stärker sinkt als der Pegel am zusätzlich belasteten Verkehrsweg steigt. Die negative Folge von Bündelung kann sein, dass die Erhöhung des Pegels Anwohner betrifft, die ohnehin schon hoch belastet sind. Es wird daher empfohlen, die Auswirkungen der Maßnahmen oder Planungen im Bereich hoher Belastungen getrennt auszuweisen und besonders zu berücksichtigen. Dies kann z. B. durch Vergleich der Zahl der Betroffenen, die oberhalb eines bestimmten Pegelwertes belastet sind, geschehen. Diese Pegelwerte richten sich nach der Aufgabenstellung.

Planungsmaßnahmen im Erschließungsstraßennetz, wie z. B. Verkehrsberuhigung sollten im Allgemeinen nicht nach dieser Richtlinie bewertet werden, weil nach den bisherigen Erkenntnissen nicht akustische Faktoren (vgl. VDI 3722 Blatt 1) im besonderen Maße Einfluss auf die Beeinträchtigungskenngröße haben.

5.2 Berücksichtigung passiver Schallschutzmaßnahmen

Passive Schallschutzmaßnahmen am Gebäude (z. B. Schallschutzfenster) werden nicht in die Berechnung der Bewertungskenngröße einbezogen. Die Zahl der entsprechend geschützten Personen im Untersuchungsgebiet ist getrennt auszuweisen.

6 Symbole, Einheiten und Abkürzungen

Benennung	Abkürzung Symbol	Einheit	siehe
Anzahl betrachteter Quellenarten	J		
Anzahl betrachteter Immissionspunkte	M		
erwartete Anzahl Aufweckreaktionen	n_{AWR}, n_{AWR}		3.7
Aufweckwahrscheinlichkeit	AWW, A_{WW}	%	4.3.2
Beurteilungspegel	L_r	dB	3.10.1
Beurteilungspegel für den Tag	$L_{r,T}$	dB	3.10.5
Beurteilungspegel für die Nacht	$L_{r,N}$	dB	3.10.4
Beurteilungspegel für Nacht-Tag	$L_{r,NT}$	dB	3.10.3
Beurteilungspegel für Nacht-Tag-Abend	$L_{r,NTA}$	dB	3.10.2
Beurteilungsfunktion	B		3.15
Beeinträchtigungskenngröße	NB		3.16
effektbezogener Substitutionspegel (A-bewertet)	$L_{A,ES}$	dB	3.12
Einwohnerzahl	EZ		Anhang D
Flugverkehr	$Flug$; „a“		
Geschosszahl	GZ		3.19
Grundfläche eines Gebäudes	G	m^2	3.19
Immissionspunkt	IP		Anhang C
maximaler Schalldruckpegel (AF-bewertet)	$L_{p,A,F,max}$	dB	3.13
Mittelungspegel			
äquivalenter Dauerschallpegel, A-bewertet	$L_{p,A,F,eq}$	dB	3.10.1
Prozent „Belästigte“	% A	%	3.3
Prozent „wesentlich Belästigte“	% W	%	3.4
Prozent „stark Belästigte“	% HA	%	3.5
renormierter Ersatzpegel	L_x^*	dB	3.11
Schienenverkehr	Schiene; „r“		
Straßenverkehr	Straße; „s“		
Volumen von zu Wohnzwecken genutzten Gebäuden	V	m^3	Anhang D
Wohnfläche	W	m^2	3.21
Wohnfläche je Einwohner	WE	m^2	Anhang D
Zeile	Z		Anhang C

7 Anhang

7.1 A (informativ)

Berechnung der Substitutionspegel für die Gesamtbeeinträchtigung durch mehreren Quellenarten

7.1.1 A.1 Berechnungsverfahren

Im folgenden Beispiel wird der effektbezogene Substitutionspegel für eine starke Belästigung (HA) aus den renormierten Ersatzpegeln für verschiedene Quellenarten (Flug-, Straßen- oder Schienenverkehr) berechnet. Als Datenbasis wird im Folgenden die Veröffentlichung von Miedema & Vos [6] herangezogen. Die neuere Veröffentlichung [13] wird hier nicht benutzt, weil sie erstens noch ältere Flugverkehrsgläusch-Untersuchungen berücksichtigt als [6], und zweitens nur sehr grobe Annahmen über die zum Zeitpunkt der Datenerhebung herrschenden Abendpegel macht.

Die Untersuchungen von Miedema & Vos ([12]) verwenden aus deutschen Feldstudien nur die IF-Studie II ([8], bei Miedema mit $GER - 192$ bezeichnet).

Die in der IF-Studie ausgewerteten Befragungen zur Lästigkeit von Schienenverkehrslärm wurden an 11 Orten (in untenstehender Tabelle: Ort 8 bis 18) ausgewertet. An diesen Orten fuhren im Mittel 17 Güterzüge während der Nacht.

Es werden bis heute in Normen und Gesetzen die o.g. Untersuchungen zur Lästigkeit von Schienenverkehrslärm verwendet, obwohl sich die Verhältnisse im Schienenverkehr in den letzten 30 Jahren wesentlich geändert haben.

Bereits im Jahr 2004 fuhren an der Güterumgehungsbahn Hannover 103 Güterzüge während der Nacht.

	IF-Studie II: 1978-1982												2004
Ort	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	summe	Hannover
22-23	5	0	1	1	1	3	1	5	4	5	3	29	15
23-24	3	0	0	2	2	1	2	1	1	2	1	15	10
00-01	4	0	1	4	1	0	0	1	4	7	5	27	16
01-02	4	0	1	3	2	0	0	2	2	6	4	24	16
02-03	5	1	1	1	1	0	3	2	2	7	2	25	16
03-04	4	0	0	4	3	0	2	2	1	5	2	23	14
04-05	3	2	0	4	1	0	0	4	1	4	6	25	8
05-06	0	0	0	2	0	4	2	3	3	3	5	22	8
Güterzüge	28	3	4	21	11	8	10	20	18	39	28	190	103
Schiene alle	54	25	18	51	20	11	13	37	65	74	57	452	103

Tabelle A.1.1: Güterzugvorbeifahrten während der einzelnen Nachtstunden
verglichen mit der Gesamtzahl der nachts fahrenden Züge
42% sind Güterzüge, 58% sind Personenzüge

Vergleich zu Güterzügen auf der Güterumgehungsbahn in Hannover

Diese Lästigkeitsbewertung aus der IF-Studie kann daher nicht mehr auf heutige Verhältnisse angewandt werden.

Im folgenden Beispiel werden die in [6] veröffentlichten Expositions-Wirkungs-Beziehungen herangezogen, weil diese unter den in der Literatur verfügbaren Expositions-Wirkungs-Beziehungen die umfangreichste Datenbasis aufweisen. Allerdings beruhen sie teilweise auf Daten geringer Aktualität und sind hinsichtlich der Ermittlung des beurteilungsrelevanten Geräuschpegels (Immissionspunkte, Ermittlungsverfahren) teilweise inkonsistent bzw. intransparent. Die verwendeten Expositions-Wirkungs-Kurven sind darüber hinaus auf die höchstbelastete Fassade bezogen, es wird also nicht von einer gleichmäßigen Verteilung der Bevölkerung auf die gebäudebezogenen Immissionspunkte ausgegangen.

Hinsichtlich der Effekte von Belastungsdifferenzen zwischen den Gebäudeseiten („laute“ und „leise“ Fassaden) besteht noch Forschungsbedarf.

Bei der Verwendung der Expositions-Wirkungs- Beziehungen nach [6] können die in 4.7 und 4.8 dargestellten Abweichungen bei der absoluten Anzahl belästigter Personen erzeugt werden. Darauf ist bei der Ergebnisdarstellung hinzuweisen.

Das Verfahren ist auch auf andere Expositions- Wirkungs-Kurven anwendbar. Sobald neuere Expositions-Wirkungs-Kurven vorliegen, sollten diese geprüft und verwendet werden.

Wird geglaubt, dass es sinnvolle „Expositions-Wirkungs- Beziehungen“ gibt?

Es fehlt der Ansatz, eine „geeignete“ Kurvenart zur Beschreibung möglicher Expositions-Wirkungs-Kurven zu finden; stattdessen werden Geraden oder Parabeln verwendet.

Aus den vorangegangenen Kommentaren ist ersichtlich, dass es sehr aufwendig wäre, z.B. die nächtliche Belastung durch Befragung und/oder medizinische Befunde so zusammenzufassen, dass dadurch allgemeingültige Zusammenhänge formuliert werden könnten.

Es folgt zunächst nur eine Betrachtung für die Tages-Lärmbelastung; wie wird die Anzahl Aufweckreaktionen ermittelt?

Der effektbezogene Substitutionspegel L_{ES}

dieser Pegel fehlt noch in Kapitel 6

wird durch energetische Addition der auf Straßenverkehrsgläusche umgerechneten Teilpegel ermittelt.

es bleibt also unberücksichtigt, ob die einzelnen Pegel von Verkehrsgläuschen gleichzeitig oder hintereinander auftreten!

Nach [6] kann der Prozentsatz durch eine Quelle stark belästigter Personen (%HA) im Bereich von 42 dB = $L_{r,NT}$ = 75 dB durch folgende Gleichungen bestimmt werden:

besser:

Nach [6] gilt:

Falls die Für Beurteilungspegel Nacht-Tag $L_{r,NT}$ mit

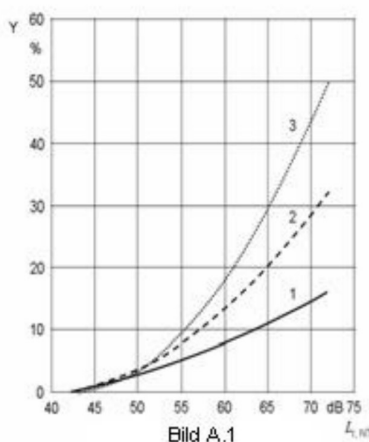
$$42 \text{ dB} \leq L_{r,NT} \leq 75 \text{ dB}$$

kann für jede der drei Quellen ($j = 1$ für Straße, $j = 2$ für Schiene und $j = 3$ für Flug) der Prozentsatz der stark belästigten Personen (%HA(j)) bestimmt werden:

$$\%HA(1) = 0,24 \cdot (L_{r,NT}(1) - 42) + 0,0277 \cdot (L_{r,NT}(1) - 42)^2 \quad \text{Straße (A.2)}$$

$$\%HA(2) = 0,28 \cdot (L_{r,NT}(2) - 42) + 0,0085 \cdot (L_{r,NT}(2) - 42)^2 \quad \text{Schiene (A.3)}$$

$$\%HA(3) = -0,02 \cdot (L_{r,NT}(3) - 42) + 0,0561 \cdot (L_{r,NT}(3) - 42)^2 \quad \text{Flug (A.1)}$$



Legende:

1 Schienenverkehrsgläusche

2 Straßenverkehrsgläusche

3 Flugverkehrsgläusche

Y Anteil stark Belästigter, Gestörter

Unter der Voraussetzung, dass der Mittelungspegel der nächtlichen Geräusche mehr als 10 dB unterhalb des Tages-Mittelungspegels liegt, kann der $L_{r,NT}$ mit dem Tages-Mittelungspegel gleichgesetzt werden (siehe 3.10.5).

Bild A.1 Wirkungs-Kurven für einzelne Quellenarten [6]

Die „verwendeten Expositions-Wirkungs-Kurven“ sind zumindest in der IF-Studie nicht auf irgendeine Fassade bezogen, sondern verwenden die an einer Messstelle gemessenen Pegel - ohne eine Ausbreitungsrechnung.

Aber woher kommen diese Kurven?

Aber es ist nicht einzusehen, warum dann die Miedema-Kurven gewählt werden.

Hier sind für die beiden nebenstehenden einfachen Datensätze jeweils Kurven bestimmt worden:

Straße		Schiene	
47	4	53	1
52	3	58	1
57	10	63	18
63	13	68	8
69	28	75	22
75	49		

Im folgenden sind 3 verschiedene Expositions-Wirkungs-Kurven angegeben - welche sollte ausgewählt werden?

Straßen - Verkehrslärm nach GER-192
(Ergebnis einer Befragung zur Lästigkeit dieses Lärms)

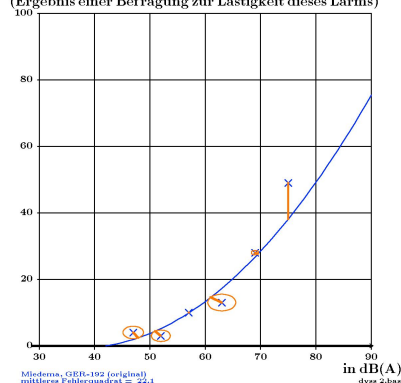


Bild A1.1

Straße: %HA

Miedema-Originalkurve für 14 Orte
(Gleichung (A.2))

Straßen - Verkehrslärm nach GER-192
(Ergebnis einer Befragung zur Lästigkeit dieses Lärms)

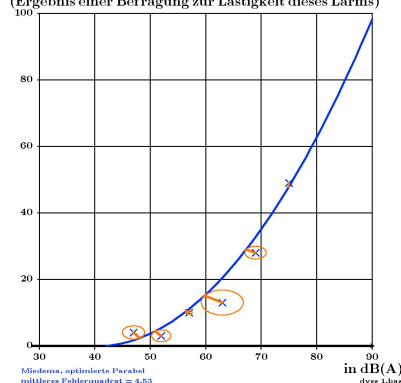


Bild A1.2

Straße: %HA

optimierte Miedema-Kurve für 14 Orte
(Gleichung (A.21))

Straßen - Verkehrslärm nach GER-192
(Ergebnis einer Befragung zur Lästigkeit dieses Lärms)

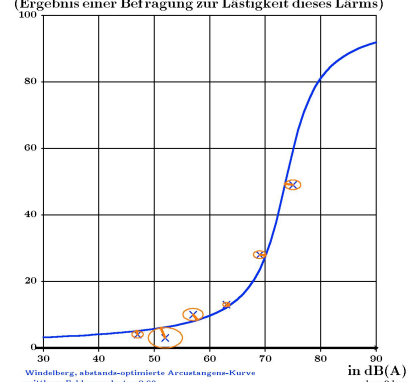


Bild A1.3

Straße: %HA

ATN-Kurve für 14 Orte
(Gleichung (A.22))

Schienen-Verkehrslärm nach GER-192
(Ergebnis einer Befragung zur Lästigkeit dieses Lärms)

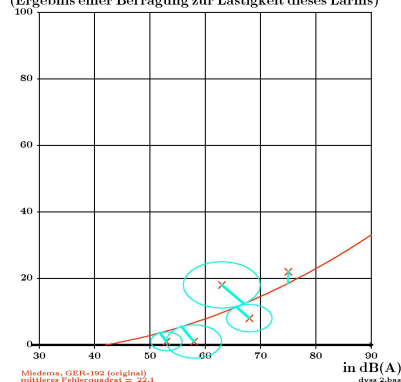


Bild A1.4

Schiene: %HA

Miedema-Originalkurve für 14 Orte
(Gleichung (A.3))

Schienen-Verkehrslärm nach GER-192
(Ergebnis einer Befragung zur Lästigkeit dieses Lärms)

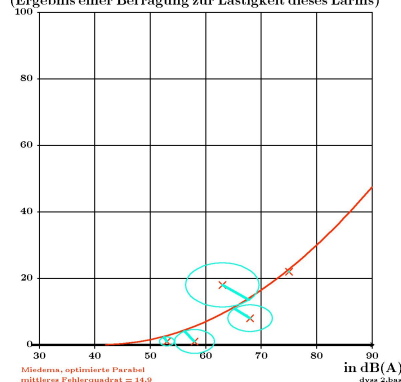


Bild A1.5

Schiene: %HA

optimierte Miedema-Kurve für 14 Orte
(Gleichung (A.31))

Schienen-Verkehrslärm nach GER-192
(Ergebnis einer Befragung zur Lästigkeit dieses Lärms)

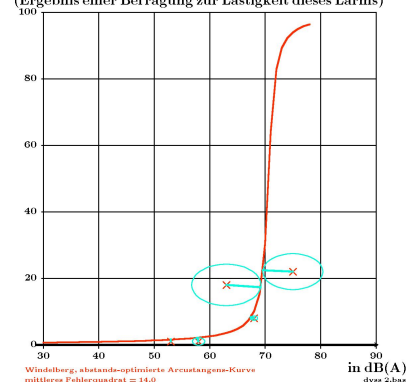


Bild A1.6

Schiene: %HA

ATN-Kurve für 14 Orte
(Gleichung (A.32))

miedema-original:	
$\%HA(11) = 0,24 \cdot (L_{r,NT}(1) - 42) + 0,0277 \cdot (L_{r,NT}(1) - 42)^2$	Straße (A.2)
miedema-optimiert:	
$\%HA(11) = 0,14 \cdot (L_{r,NT}(1) - 42) + 0,0397 \cdot (L_{r,NT}(1) - 42)^2$	Straße (A.21)
Arcustangens:	
$\%HA(12) = 50 + 50 \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \arctan [(L_{r,NT}(1) - 73.7) \cdot 0.234]$	Straße (A.22)
miedema-original:	
$\%HA(2) = 0,28 \cdot (L_{r,NT}(2) - 42) + 0,0085 \cdot (L_{r,NT}(2) - 42)^2$	Schiene (A.3)
miedema-optimiert:	
$\%HA(21) = 0,204 \cdot (L_{r,NT}(1) - 42) + 0,02014 \cdot (L_{r,NT}(1) - 42)^2$	Schiene (A.31)
Arcustangens:	
$\%HA(22) = 50 + 50 \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \arctan [(L_{r,NT}(1) - 70.6) \cdot 1.183]$	Schiene (A.32)

($j = 1$, $j = 11$ und $j = 12$ für Straße - und $j = 2$, $j = 21$ und $j = 22$ für Schiene)

Für die Bestimmung des auf Straßenverkehrsrgeräusche korrigierten $L_{r,NT}$ gilt:

$$L_{r,NT,korr} = 42 \text{ dB} - \frac{0.24}{0.0554} \text{ dB} + \frac{\sqrt{0.0576 + 0.1108 \cdot \%HA}}{0.0554} \text{ dB} \quad (\text{A.4})$$

ANMERKUNG Das Prinzip ist auch auf andere Expositions-Wirkungs-Beziehungen anwendbar (z. B. auf %A); dann sind jedoch andere Parameter zur Berechnung der Substitutionspegel zu wählen.

7.1.2 A.2 Rechenbeispiele

A.2.1 Straßen- und Flugverkehrsrgeräusche

Straßenverkehrsrgeräusche: $L_{r,NT,s} = 60 \text{ dB}$

Flugverkehrsrgeräusche: $L_{r,NT,a} = 60 \text{ dB}$

Prozent „stark Belästigte“ für Flugverkehrsrgeräusche nach Gleichung (A.1): 17.8 %HA;

17.8 %HA entsprechen $L_{r,NT,a,korr} = 63.4 \text{ dB}$ bei einem Straßenverkehrsrgeräusch (Gleichung (A.2)).

Nach energetischer Addition von 60 dB und 63.4 dB beträgt der auf Straßenverkehrsrgeräusche bezogene effektbezogene Substitutionspegel $L_{A,ES} = 65.0 \text{ dB}$.

Falls die Belästigungen durch Flug- und Straßenverkehrslärm so unterschiedlich sind, dass sie durch die Miedema-Kurven nach Bild A.1 beschrieben werden müssen, dann ist statt $L_{r,NT,a} = 60 \text{ dB}$ der renormierte Flug-Pegel $L_{r,NT,a,korr} = 63.4 \text{ dB}$ zu verwenden. Dann ist die Gesamtbelastung $L_{r,NT,s} \oplus L_{r,NT,a,korr} = 60 \oplus 63.4 = 65.0 \text{ dB}$

A.2.2 Straßen- und Schienenverkehrsrgeräusche

Straßenverkehrsrgeräusche: $L_{r,NT,s} = 55 \text{ dB}$

Flugverkehrsrgeräusche: $L_{r,NT,r} = 65 \text{ dB}$

Prozent „stark Belästigte“ für Schienenverkehrsrgeräusche nach Gleichung (A.3): 10.9 %HA;

10.9 %HA entsprechen $L_{r,NT,r,korr} = 58.0 \text{ dB}$ bei einem Straßenverkehrsrgeräusch (Gleichung (A.2)).

Nach energetischer Addition von 55.0 dB und 58.0 dB beträgt der auf Straßenverkehrsrgeräusche bezogene effektbezogene Substitutionspegel $L_{A,ES} = 59.8 \text{ dB}$.

Falls die Belästigungen durch Schienen- und Straßenverkehrslärm so unterschiedlich sind, dass sie durch die Miedema-Kurven nach Bild A.1 beschrieben werden müssen, dann ist statt $L_{r,NT,r} = 65 \text{ dB}$ der renormierte Schienen-Pegel $L_{r,NT,r,korr} = 58.0 \text{ dB}$ zu verwenden. Dann ist die Gesamtbelastung $L_{r,NT,s} \oplus L_{r,NT,r,korr} = 55.0 \oplus 58.0 = 59.8 \text{ dB}$

7.2 Anhang B (informativ)

Ermittlung der erwarteten Anzahl Aufweckreaktionen auf der Basis A-bewerteter Maximalpegel mehrerer Quellenarten

7.2.1 B.1 Erwartete Anzahl Aufweckreaktionen für Maximalpegel durch Verkehrsgläusche

In VDI 3722 Blatt 2 werden grundsätzlich mittlere Aufweckwahrscheinlichkeiten aus Laborstudien betrachtet, denn die Anzahl von Daten ist für Aufweckreaktionen aus Laborstudien verhältnismäßig groß (vgl. Bild B.1).

Es gilt jedoch zu beachten, dass Feldstudien eine höhere ökologische Validität in Bezug auf die Vorhersage von verkehrslärmbedingten Weckreaktionen haben, und mittlere Aufweckwahrscheinlichkeiten bei Verwendung von Labordaten entsprechend überschätzt werden.

Was bedeutet „mittlere Aufweckwahrscheinlichkeit“?

Deshalb wird mit dem Hinweis, dass die Betroffenen in ihrer häuslichen Umgebung und nicht im Labor schlafen, häufig eingewandt, dass mittlere Aufweckwahrscheinlichkeiten aus Feldstudien heranzuziehen seien, da diese der „Wirklichkeit“ näher kommen.

Bei dieser Forderung wird jedoch übersehen, dass in der „Wirklichkeit“ Menschen unterschiedlich auf Verkehrslärm reagieren, d. h. dass sowohl sensible Menschen als auch robuste Menschen existieren, die bei gleichem Maximalpegel mit einer höheren bzw. mit einer niedrigeren Wahrscheinlichkeit geweckt werden als ein Schläfer mit „mittlerer“ Sensibilität.

Wie hoch ist die Anzahl der „sensiblen“ und wie hoch die der „robusten“ Schläfer?

Was ist ein „Schläfer mit mittlerer Sensibilität“?

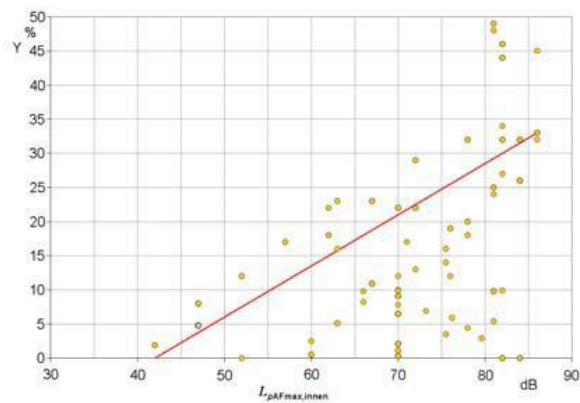
In welchem Verhältnis werden die Probanden zusammengestellt bzw. -gelegt?

Gilt diese Aussage für Städte ebenso wie für Dörfer?

Bei einer Orientierung an mittleren Aufweckwahrscheinlichkeiten wird die Störbarkeit der sensiblen Schläfer entsprechend unterschätzt, während die Störbarkeit der robusten Schläfer überschätzt wird. Es existieren mindestens zwei Möglichkeiten, um den Anteil sensibler Schläfer, die effektiv geschützt werden sollen, zu erhöhen: (1) Man wählt ein höheres Schutzniveau bzw. einen niedrigeren Grenzwert, also z.B. eine zulässige n_{AWR} statt zwei zulässige n_{AWR} . (2) Die Expositions-Wirkungsbeziehung wird explizit für sensible Situationen und/oder Personen ausgelegt, also im Vergleich zu der für einen Schläfer mit mittlerer Sensibilität und für eine typische Situation geltenden Beziehung entsprechend angehoben [3].

Die Verwendung mittlerer Aufweckwahrscheinlichkeiten aus Laborstudien anstelle von mittleren Aufweckwahrscheinlichkeiten aus Feldstudien kann als Sonderfall von (2) angesehen werden. Dieser Sonderfall sollte allerdings nur solange Anwendung finden, bis geeignete Expositions-Wirkungsbeziehungen aus Feldstudien vorliegen, die bei Bedarf durch die Berücksichtigung entsprechender Variablen im Regressionsmodell gemäß (2) für sensible Situationen und / oder Personen ausgelegt werden können [3]

ANMERKUNG In dieser Richtlinie werden grundsätzlich das Aufwecken bzw. die erwartete Anzahl Aufweckreaktionen sowie die mittleren Aufweckwahrscheinlichkeiten (in Abgrenzung zu individuellen Aufweckwahrscheinlichkeiten) behandelt.



Legende

Y = A_{WW} : Aufweckwahrscheinlichkeit*)
im Labor in Prozent (%)

— Gerade $A_{WW} = 0,75 \cdot (L_{p,A,F,max} - 42)$
nach 4.3.2 *)

o Aufweckhäufigkeit*) in Laborstudien^{o)}
nach [9], [2], [7] und [10]

*) Aufweckhäufigkeiten wurden vereinfachend
mit Aufweckwahrscheinlichkeiten gleichgesetzt
d.h. $n_{AWR} = A_{WW}$

^{o)} Dargestellt sind Laborstudien, bei denen
das Erwachen in Anlehnung an [15]
ermittelt wurde.

Bild B.1 Empfehlung einer Expositions-Wirkungskurve zur Bestimmung der Aufweckwahrscheinlichkeit von Verkehrsgläuschen in Bezug auf AF-bewertete Maximalpegel auf der Basis von publizierten Laborstudien

Die Formel $A_{WW} = 0,75 \cdot (L_{p,A,F,max,i} - 42)$ erfordert die Kenntnis der einzelnen Vorbeifahrpegel $L_{p,A,F,max}$. Es gibt keine Möglichkeit, diese Pegel aus $L_{r,night}$ (oder L_{DN}) herzuleiten!

Tabelle B.1 Maximalpegel $L_{p,A,S,max}$ am Ohr der Schläfer und Aufweckwahrscheinlichkeit (A_{WW}) für Flugverkehrsgläusche nach Bild B.1

$$\text{und } n_{AWR} = 0,75 \cdot (L_{p,A,F,max,Flug,i} - 42 \text{ dB})$$

Warum (nur) für Fluggeräusche? Die Formel wird im Folgenden für alle (Verkehrs-)Geräusche angewandt (es gilt (9)!

Für diese Gerade ist eine Tabelle überflüssig!

Bemerkungen:

Nach (9) und (10) ist diese Formel für Straßen-, Schienen- und Fluglärm gültig.

In der englischen Übersetzung wird $-31,5 \text{ dB}$ vergessen!

Nach Tabelle B.1 ist einem Überflug mit einem A-bewerteten Maximalpegel von 72 dB am Ohr des Schläfers die gleiche erwartete Anzahl Aufweckreaktionen zuzuordnen, wie drei Überflügen mit jeweils einem A-bewerteten Maximalpegel von 52 dB.

Systematische Untersuchungen über die erwartete Anzahl Aufweckreaktionen von Geräuscheignissen des Straßenverkehrs stehen noch aus. Doch lassen vorliegende Untersuchungen mit Lkw- Geräuschen (z. B. [20]) eine Übernahme der mit Flugverkehrsgläuschen ermittelten erwarteten Anzahl Aufweckreaktionen als Übergangslösung sachgerecht erscheinen.

Auch Güterzug-Gläusche?

Systematische Untersuchungen über die erwartete Anzahl Aufweckreaktionen von nächtlichen Geräuscheignissen des Schienenverkehrs stehen noch aus. Schienenverkehr ist bei gleichem Mittelungspegel mit einer geringeren Belästigung verbunden als Flug- oder Straßenverkehr (vgl. 4.2).

Dieser Text ist unsachlich! Nirgends findet sich eine Unterscheidung zwischen „Güterzugverkehr“ und „Schienenverkehr“!

Eigentlich ist es nur sinnvoll, Güterzüge zu betrachten, denn nachts fahren überwiegend Güterzüge!

In Regelwerken wird der geringeren Belästigung bei Schienengeräuschen mit dem Schienenbonus Rechnung getragen.

„Regelwerke“ müssen nicht auf die Unterschiede zwischen Tag und Nacht und auch nicht auf die Unterschiede zwischen Personen- und Güterzüge eingehen. Regelwerke sollten allerdings auch nicht versuchen, Lästigkeitsuntersuchungen mit linearen Gleichungen zu lösen - es sei denn, es wird angegeben, dass sich jede beliebige Kurve „stückweise“ in (gerade) Strecken zerlegen lässt.

Eine Anwendung des Schienenbonus auf die erwartete Anzahl Aufweckreaktionen ist zurzeit aus den vorliegenden Forschungsarbeiten nicht ableitbar. Bis zum Vorliegen verlässlicher systematischer Untersuchungsergebnisse ist auch für nächtliche Maximalpegel des Schienenverkehrs die erwartete Anzahl Aufweckreaktionen durch Flugverkehrsgläusche heranzuziehen.

7.2.2 B.2 Beispiel für das Einwirken von zwei Quellenarten (Flugverkehrsgläusche, Straßenverkehrsgläusche)

Für Flugverkehrsgläusche sei für eine typische Nacht die folgende Maximalpegelverteilung gegeben:

Vorbeifahrpegel, A-bewertet	70	71	72	73	74	78	81
Anzahl	4	4	2	3	2	1	1

Bild B.2 AS-bewertete Maximalpegelverteilung für Flugverkehrsgläusche

Für Straßenverkehr sei für eine typische Nacht die folgende Maximalpegelverteilung gegeben:

Vorbeifahrpegel, A-bewertet	70	71	72	73	74	75
Anzahl	12	9	8	4	3	1

Bild B.3 AS-bewertete Maximalpegelverteilung für Straßenverkehrsgläusche

Aus den gemessenen oder prognostizierten Außenpegeln sind mit Hilfe von typischen Schallpegeldifferenzen die Maximalpegel am Ohr des Schlafers zu bestimmen. (ca. 15 dB für ein gekipptes Fenster; ca. 20 dB für ein geschlossenes Einfachfenster) Aus den Maximalpegeln am Ohr des Schlafers errechnen sich für ein geschlossenes Einfachfenster die jeweiligen Aufweckwahrscheinlichkeiten zu:

Tabelle B.2 Erwartete Anzahl Aufweckreaktionen durch Flugverkehr (Aufweckwahrscheinlichkeit je Pegelstufe k nach Tabelle B.1)

Pegelstufe k $L_{p,A,F,max}$ am Ohr des Schlafers dB	Anzahl N_k	$A_{WW}(k)$ je Pegelstufe k $A_{WW,k} = 0.75 \cdot (k - 42)$ %	$n_{AWR}(k)$ $n_{AWR}(k) = A_{WW}(k) \cdot N_k$
$k=70-20=50$	4	6.00	0.24
$k=71-20=51$	4	6.75	0.27
$k=72-20=52$	2	7.50	0.15
$k=73-20=53$	3	8.25	0.247
$k=74-20=54$	2	9.00	0.18
$k=78-20=58$	1	12.00	0.12
$k=81-20=61$	1	14.25	0.142
Erwartete Anzahl Aufweckreaktionen Flugverkehr $n_{AWR,Flug}$			1,35

Der Index i war in diesem 2. Entwurf reserviert für den Immissionsort.

In diesem Beispiele wird die zeitliche Verteilung der Pegel nicht berücksichtigt.

Tabelle B.3 Erwartete Anzahl Aufweckreaktionen durch Straßenverkehr
(Aufweckwahrscheinlichkeit je Ereignis nach Tabelle B.1)

Pegelstufe k $L_{p,A,F,max}$ am Ohr des Schlafers dB	Anzahl N_k	$A_{WW}(k)$ je Pegelstufe k $A_{WW,k} = 0.75 \cdot (k - 42)$ %	$n_{AWR}(k)$ $n_{AWR}(k) = A_{WW}(k) \cdot N_k$
k=70-20=50	12	6.00	0.7
k=71-20=51	9	6.75	0.6
k=72-20=52	8	7.50	0.6
k=73-20=53	4	8.25	0.3
k=74-20=54	3	9.00	0.3
k=75-20=55	1	9.75	0.1
Erwartete Anzahl Aufweckreaktionen Straßenverkehr $n_{AWR,Stra\beta e}$			2.60

Die erwartete Anzahl von Aufweckreaktionen beider Quellenarten ergibt sich im Beispiel zu $1,4 + 2,6 = 4$. Bei dieser Geräuschsituation ist im Labor von viermaligem geräuschbedingtem Erwachen je Nacht auszugehen.

besser:

Es wird angenommen, dass die in Bild B.2* angegebenen Vorbeifahrpegel am Ohr der Schläfer auftraten. Dann kann die jeweilige Aufweckwahrscheinlichkeit nach der Formel (11) berechnet werden:

	Flugverkehrslärm							Straßenverkehrslärm						
Vorbeifahrpegel, A-bewertet	50	51	52	53	54	58	61	50	51	52	53	54	58	
$A_{WW} = \frac{3}{4} \cdot (p - 42)$	$\frac{6}{100}$	$\frac{6.75}{100}$	$\frac{7.5}{100}$	$\frac{8.25}{100}$	$\frac{9}{100}$	$\frac{12}{100}$	$\frac{14.25}{100}$	$\frac{6}{100}$	$\frac{6.75}{100}$	$\frac{7.5}{100}$	$\frac{8.25}{100}$	$\frac{9}{100}$	$\frac{9.75}{100}$	
Anzahl n	4	4	2	3	2	1	1	4	4	2	3	2	1	
$A_{WW} \cdot n$	0.24	0.27	0.15	0.25	0.18	0.12	0.14	0.70	0.60	0.60	0.30	0.30	0.10	
Summen	$\sum_{i=1}^7 A_{WW,a}(i) \cdot n(i) = 1.35$							$\sum_{i=1}^6 A_{WW,s}(i) \cdot n(i) = 2.60$						

Bild B.2*: Aufweckwahrscheinlichkeit durch Flug- und Straßenverkehrslärm

Die Summe aller Aufweckwahrscheinlichkeiten ist $1.35 + 2.60 \approx 4$. Bei 100 Betroffenen würden also 4 Aufweckreaktionen zu erwarten sein.

7.3 Anhang C (informativ)

Beispiele für die Ermittlung von Kenngrößen bei einer Mehrfachbelastung

Im Anhang B wurde bereits eine Kenngröße bei einer Mehrfachbelastung bestimmt: sie bezog sich auf die Nacht und beschrieb ein Verfahren zur Bestimmung der Anzahl Aufweckreaktionen. Zwei Untersuchungsgebiete lassen sich damit bezüglich der nächtlichen Belastung vergleichen.

Andererseits gibt es den Hinweis aus dem Anhang A.1, dass unter der Voraussetzung, dass der Mittelungspegel der nächtlichen Geräusche mehr als 10 dB unterhalb des Tages-Mittelungspegels liegt, der $L_{r,NT}$ mit dem Tages-Mittelungspegel gleichgesetzt werden kann. Es wird aber die Anzahl Aufweckpegel betrachtet - und nicht der Mittelungspegel der nächtlichen Geräusche! - Welche Bedeutung hat daher eine genaue Bestimmung des Tages-Mittelungspegels? In diesem Anhang sollte daher auch auf die Berechnung der Anzahl Aufweckpegel in einem Untersuchungsgebiet wie in den Bildern C.1 und C.2 eingegangen werden.

7.3.1 C.1 Allgemeines

In diesem Anhang wird die Bewertung einer Mehrfachbelastung in einem Untersuchungsgebiet anhand zweier unterschiedlicher Expositions- Wirkungs-Beziehungen erläutert. Das erste Beispiel basiert auf den Expositions-Wirkungskurven aus dem Blatt 1 dieser VDI 3722, in denen der Zusammenhang zwischen dem Anteil der wesentlich belästigten Personen (%W) und einem Mittelungspegel aufgezeigt ist. Im zweiten Beispiel wird auf die sogenannten Miedema-Kurven für den Zusammenhang zwischen dem Anteil stark belästigter Personen (% HA) und dem in Deutschland wenig gebräuchlichen Nacht-Tag- Pegel (Day-Night-Level Ldn), einem 24-Stunden-Mittelungspegel, bei dem die Pegel in der Nacht (9 Stunden) durch einen Zuschlag von 10 dB entsprechend berücksichtigt werden, zurückgegriffen.

Nacht von 9 Stunden?

Die beiden Zusammenhänge werden für die Erläuterung der Vorgehensweise in den Beispielen verwendet, obwohl hinsichtlich der Aussagefähigkeit Bedenken bestehen (siehe dazu 4.7 und 4.8). Bei Anwendung der Beziehungen ist auf mögliche Abweichungen bei den Schätzungen der Absolutzahlen, die nicht quantifiziert werden können, hinzuweisen.

Das Untersuchungsgebiet wird durch die in Bild C.1 dargestellten Verkehrswege begrenzt. Im Bild C.2 sind am Beispiel des Gebäudes a die Anzahl und Verteilung der Immissionspunkte dargestellt.

7.3.2 C.2 Beispiel 1 (wesentlich Belästigte (%W))

In dem Beispiel werden folgende Beziehungen genutzt:

Straßenverkehr: (Um den Darstellungsaufwand im Beispiel zu minimieren, werden die folgenden Gleichungen (C.1), (C.2) und (C.3), abweichend von VDI 3722 Blatt 1, für alle Straßentypen verwendet) $L_{r,T,x}$

$L_{r,T,s}(16 h) < 47.5 \text{ dB}$	$\%W = 0$	(C.1)
-------------------------------------	-----------	-------

$47,5 \text{ dB} < L_{r,T,s}(16 h) \leq 82.5 \text{ dB}$	$\%W = 2.86 \cdot L_{r,T,s}(16 h) - 136 \text{ dB}$	(C.2)
--	---	-------

Ist die Parabel von Miedema vergessen?

Woher kommt diese Geradengleichung?

Die Zahl „136“ kommt hier erstmalig vor!

$L_{r,T,s}(16 h) > 82.5 \text{ dB}$	$\%W = 100$	(C.3)
-------------------------------------	-------------	-------

Schienenverkehr:

$L_{r,T,r}(16 h) < 47.5 \text{ dB}$	$\%W = 0$	(C.4)
-------------------------------------	-----------	-------

$47,5 \text{ dB} < L_{r,T,r}(16 h) \leq 82.5 \text{ dB}$	$\%W = 2.50 \cdot L_{r,T,r}(16 h) - 119 \text{ dB}$	(C.5)
--	---	-------

Woher kommt diese Geradengleichung?

$L_{r,T,r}(16 h) > 82.5 \text{ dB}$	$\%W = 100$	(C.6)
-------------------------------------	-------------	-------

Entsprechend ergibt sich der renormierte Ersatzpegel

$L_{eq}^*(16 h)$ für den Schienenverkehr:

$L_{r,T,r}(16 h) < 47.5 \text{ dB}$	$L_{r,T,r}^*(16 h) := L_{r,T,r}(16 h)$	(C.7)
-------------------------------------	--	-------

$47,5 \text{ dB} < L_{r,T,r}(16 h) \leq 82.5 \text{ dB}$	$L_{r,T,r}^*(16 h) := \frac{2.50 \cdot L_{r,T,r}(16 h) + 17 \text{ dB}}{2.86}$ $= 0.87 \cdot L_{r,T,r}(16 h) + 5.94 \text{ dB}$	(C.8)
--	--	-------

Woher kommt diese Geradengleichung?

$L_{r,T,r}(16 h) > 82.5 \text{ dB}$	$L_{r,T,r}^*(16 h) := 82.5 \text{ dB}$	(C.9)
-------------------------------------	--	-------

Für das Gebäude „a“ sind die Ergebnisse detailliert für die 4 Gebäudeseiten in den Tabellen C.1, C.2, C.3 und C.4 aufgeführt. Auf ausführliche Angaben der Daten zu den Häusern „b“ bis „i“ wurde aus Platzgründen verzichtet. Die Rechenergebnisse für alle Gebäude sind in der Tabelle C.5 zusammengefasst dargestellt.

Tabelle C.1 Gebäude a, Gebäudeseite 1

(Basis: wesentlich Belästigte (%W) entsprechend VDI 3722-1)

Z						
1	Anzahl der Bewohner	80				
2	Gebäudeseite-Nummer	1				
3	Länge der Gebäudeseite (GS) in m	25				
4	Anzahl der Immissionspunkte (IP), siehe 4.6	5				
5	Nummer des IP	1	2	3	4	5
6	betroffene Bewohner der Gebäudeseite 1	29				
7	betroffene Bewohner je IP	6	6	6	6	5

Mittelungspegel in dB

8	$L_{r,T,s}(16\text{ h})$	Str	$L_{r,T,s}$	65	65	65	65	65
9	$L_{r,T,r}(16\text{ h})$	Sch	$L_{r,T,r}$	70	69	68	67	66
10	$L_{r,T,s+r}(16\text{ h})$	Str+Sch	$L_{r,T,s} \oplus L_{r,T,r}$	71.2	70.5	69.8	69.1	68.5

Renormierter Ersatzpegel in dB

11	(=Z8)	Str	$L_{r,T,s}$	65	65	65	65	65
12	(C.7), (C.8), (C.9)	Sch	$L_{r,T,r}^*$	67.1	66.3	65.4	64.5	63.6
13	Effektbezog. Substitutionspegel $L_{r,T,s+r}(16\text{ h})$	Str+Sch	$L_{r,T,s} \oplus L_{r,T,r}^*$ $L_{A,ES}$	69.2	68.7	68.2	67.8	67.4

Prozentsatz wesentlich Belästigter (%W)

14a	(C.1), (C.2), (C.3) (Z8)	Str	B	50	50	50	50	50
14b	(C.4), (C.5), (C.6) (Z9) $\%W = 2.50 \cdot L_{r,T,r}(16\text{ h}) - 119$	Sch	B	56	54	51	49	46
14c	(C.1), (C.2), (C.3) (Z13) $\%W = 2.86 \cdot L_{r,T,s}(16\text{ h}) - 136$	Str+Sch	B	62	60	59	58	57

Beeinträchtigungskenngröße je IP aus:

15a	Z 7 + Z 14a also 50% von Zeile 7	Str	N_i	3	3	3	3	3
								2.5
15b	Z 7 + Z 14b	Sch	N_i	3	3	3	3	3
				3.36	3.24	3.06	2.94	2.30
15c	Z 7 + Z 14c	Str + Sch	$N_{B,i}$	4	3	3	3	3
				3.72	3.60	3.54	3.48	3.42

Beeinträchtigungskenngröße der GS 1, Summe IP 1 bis 5

16a		Str	N_j	14				
				14.50				
16b		Sch	N_j	15				
				14.90				
16c		Str + Sch	$N_{B,j}$	17				
				17.76				

ANMERKUNG In den Zeilen (Z) 6, 7 und 14a bis 16c wurden die Ergebnisse

als ganze Zahlen dargestellt,

intern wurde bei den einzelnen Rechenschritten mit Nachkommastellen gerechnet,

so dass Abweichungen bei der Summation je Gebäudeseite möglich sind.

Wozu sind die Zeilen 11, 12 und 13? - D.h: wozu ist es notwendig, die renormierten Ersatzpegel (und den effektbezogenen Substitutionspegel) zu bestimmen?

In Zeile 16c wird das arithmetische Mittel über die Lästigkeiten an den 5 Immissionspunkten gebildet; das wäre auch auf einfacheren Verfahren möglich.

Aber dennoch: woher kommen die Formeln C.1 bis C.9?

8 Ausblick

8.1 Allgemeine Betrachtungen zum Vergleich Schiene/Straße

Da das Ruhebedürfnis während der Nacht größer ist als das Ruhebedürfnis tags und da die 16.BImSchV diesen Unterschied mit $10\text{ dB}(A)$ würdigt, ist es wichtiger, die Belastung durch nächtlichen Verkehrslärm zu untersuchen.

- Nachts wird das verursachende Verkehrsmittel nicht gesehen.
- Ein Unterschied in der Frequenzverteilung zwischen Schienen- und Straßenverkehrsmittel kaum erkennbar - ausser bei niedrigen Frequenzen (und Erschütterungen), die bei Schienenverkehr stärker sind als bei Straßenverkehr.

8.2 Vergleich Straße / Schiene

- Es ist einfacher, schneller und billiger, eine „Ortsumgehung“ für den Straßenverkehr zu planen und zu bauen als eine neue Schienentrasse zu planen und zu bauen.
- Die Berücksichtigung eines „Schienenbonus“ würde bei einer HotSpot-Suche dazu führen, dass trotz der Gleichheit der nächtlichen Störung durch beliebige Quellen (siehe (9)) Schienenverkehrslärm um 5 dB „weniger“ berücksichtigt wird als Straßenverkehrslärm.
- Wie in *Tabelle A.1.1* gezeigt wurde, beruhen die Grundlagen für einen (physikalisch nicht messbaren) Schienenbonus auf den (deutschen) Daten
aus 11 Orten mit maximal 39 Güterzugvorbeifahrten pro Woche im Jahre 1978
gegenüber
z.B. dem Ort Hannover mit 103 Güterzugvorbeifahrten pro Woche im Jahre 2004

Auffällig ist ferner die unterschiedliche Belastung durch „lauet“ und „leise“ Fahrzeuge, für die in dem vorangehenden 2. Entwurf keine Differenzierung vorgenommen wird:

	Straßenverkehr	Schienenverkehr
„leise“	Personenwagen	Personenzüge bis 120 km/h
„laut“	Lastkraftwagen	IC / ICE mit mehr als 120 km/h und Güterzüge

Tabelle 8.1 nächtliche Belastung

8.3 Unzureichende Voraussetzungen

Es wird keine Studie aus der Lärmwirkungsforschung angegeben, in der bestätigt wird, dass z.B.

wenig „laute“ Geräusche gleich lästig sind wie viele „leise“ Geräusche, wenn sie jeweils den gleichen Lärm-Mittelungspegel besitzen.

Diese Annahme liegt den zuvor angestellten Betrachtungen jedoch zugrunde.

Daher wird hier vorgeschlagen,

Vorschlag Tag+Nacht

- entweder die Aufteilung Straße / Schienen / Flug ganz aufzugeben (bevorzugt)
- bei einer Aufteilung nach „laut“ und „leise“ die leisen Fahrzeuge wegzulassen.

8.4 VDI 3722-2

8.4.1 Tag

Neben Verkehrsgeräuschen tritt am Tag auch Industrielärm und Kinderlärm auf. Daher sollte der Gesamtlärm (unabhängig vom Frequenzbereich, aber zeitabhängig) gemessen werden und der Jahres-Tages-Mittelungspegel sowie das 95%-Perzentil bestimmt werden.

Da bisher schon die Lästigkeitsuntersuchungen eine monoton steigende lineare Abhängigkeit zu einem Mittelungspegel durch die Lärmwirkungsforschung immer wieder bestätigt wurde, ist es nicht notwendig, die Lästigkeit zu betrachten: der Mittelungspegel findet die gleichen HotSpots.

8.4.2 Nacht

Vorschlag Nacht

Nachts sollte die Anzahl Aufweckreaktionen für jedes Untersuchungsgebiet nach dem unter 4.3.3 beschriebenen Verfahren bestimmt werden, nicht aber nach der Geradengleichung (11). Die Anzahl Aufweckreaktionen könnte eine Reihenfolge zur Bestimmung der dringendsten Lärmsanierungsgebiete definieren. (Dazu ist es erforderlich, die einzelnen Vorbeifahrpegel für die „typische“ Nacht und auch für die 95%-Nacht zu kennen, da aus einem Mittelungspegel diese Anzahlen nicht hergeleitet werden können.)

Literatur

- [1] AUGUSTIN ET AL.: Zur Berechnung des „maßgeblichen Außenlärmpegels“ und des „maßgeblichen Innenlärmpegels“ sowie der Schallpegeldifferenz „außen/innen“ bei Fluglärm in Anlehnung an DIN 4109, VDI 2719, DIN EN ISO 140-5 und DIN EN ISO 717-1, Zeitschrift für Lärmbekämpfung 3 (2006), S. 80-87.
- [2] BASNER, M., BUSS, H., ELMENHORST, D., GERLICH, A., LUKS, N., MAASS, H., MAWET, L., MÜLLER, E. W., MÜLLER U., PLATH, G., QUEHL, J., SAMEL, A., SCHULZE, M., VEJVODA, M. AND WENZEL, J.: Effects of nocturnal aircraft noise (Volume 1), Executive summary. FB2004-07/E, ISSN 1434-8454, 2004.
- [3] BASNER, M.; ISERMANN, U.; SAMEL, A.: Die Umsetzung der DLR-Studie in einer lärm-medizinischen Beurteilung für ein ein Nachtschutzkonzept. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 52 (2005), Nr. 4, S. 109- 123.
- [4] FIELDS, J.M., DEJONG, R.G., GJESTLAND, T., FLINDELL, I.H., JOB, R.F.S., KURRA, S., LERCHER, P., VALLET, M., YANO, T., GUSKI, R., FELSCHER-SUHR, U., SCHUEMER, R.: Standardized noise reaction questions for community noise surveys: research and a recommendation, Journal of Sound & Vibration, 242, 2001, S. 641-679.
- [5] GUSKI, R., SCHUEMER, R., FELSCHER-SUHR, U.: The concept of noise annoyance: how international experts see it. In: Journal of Sound and Vibration 223 (1999), S. 513-527.
- [6] GUSKI, R.: Neuer Fluglärm gleich alter Fluglärm? Kritische Anmerkungen zu einer Expertenmeinung und ein Vorschlag zur Prognose-Berechnung der erheblichen Belästigung bei wesentlich geänderter Fluglärm-Belastung. Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 50 (2003), S. 14-25.
- [7] HOFMAN, W.: Sleep disturbance and sleep quality. Universität Amsterdam, Dissertation, 1994, 175 Seiten.

- [8] INTERDISZIPLINÄRE FELDSTUDIE II:
Bericht über ein Forschungsvorhaben zum Verkehrslärmschutzgesetz (Forschungsnummer 70081/80). Band II, Anlagen. Planungsbüro Obermeyer. München 1983
- [9] KÖTZ, W.-D.: **Zur Frage der effektiven Schalldämmung von geöffneten Fenstern. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 51 (2004), Nr.1, S. 21-26.**
- [10] MASCHKE, C.; DRUBA, M.; PLEINES F.: **Kriterien für schädliche Umwelteinwirkungen: Beeinträchtigung des Schlafes durch Lärm - Eine Literaturübersicht. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Forschungsbericht 97-10501213/07, 1997, 148 Seiten.**
- [11] MASCHKE, C.; HECHT, K.; WOLF, U.: **Nächtliches Erwachen durch Fluglärm - Beginnen Aufwachreaktionen bei Maximalpegeln von 60 Dezibel(A) ? Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 44 (10), 2001, S. 1001-1010.**
- [12] MIEDEMA, H.M.E., VOS, H.:
Exposure-response relationships for transportation noise. J. Acoust. Soc. Am. 104 (1998), 3432-3445.
- [13] MIEDEMA, H.M.E., OUDSHOORN, C.G.M.: **Annoyance from Transportation Noise: Relationships with Exposure Metrics DNL and DENL and Their Confidence Intervals. Environmental Health Perspectives, 109, 2001, S. 409-416.**
- [14] MIEDEMA, H.M.E.; PASSCHIER-VERMEER, W., VOS, H.: **Elements for a position paper on night-time transportation noise and sleep disturbance, TNO Inro report 2002-59, Delft: TNO, Januar 2003.**
- [15] RECHTSCHAFFEN, A.; KALES, A.: **A manual for standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects. Public Health Service, US Government Printing Office, Washington D.C., 1968.**
- [16] RICHTLINIE 2002/49/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 25. JUNI 2002 ÜBER DIE BEWERTUNG UND BEKÄMPFUNG VON UMGEBUNGSLÄRM.
- [17] SCHULTE-FORTKAMP, B, WEBER, R., RONNEBAUM, T, DÖNNES, T.: **Literaturstudie zur Gesamtgeräuschbewertung, Carl von Ossietzky-Universität Oldenburg, 1996.**
- [18] SCHULTZ, T.J.: **Synthesis of social surveys on noise annoyance. Journal of the Acoustical Society of America, 64, 1978, S. 377-405.**
- [19] STATISTISCHES BUNDESAMT: **Bautätigkeit und Wohnungen, Microzensus Zusatzerhebungen 2006, Statistisches Bundesamt, Fachserie 5 / Heft 1, Wiesbaden, 2008.**
- [20] THIESSEN G. J.; LAPOINTE, A. C.: **Effects of continuous traffic noise on percentage of deep sleep, waking E VDI 3722 Blatt 2:2009-02 Alle Rechte vorbehalten Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2009 54 and sleep latency. J Acoust Soc Am, 73, 1983, S. 225-229.**
- [21] WINDELBERG, DIRK: **Aufweck-Pegel und Lärmpausen bei Schienen- und Fluglärm. Immissionsschutz 9 (2004), 114-124)**
- [22] WINDELBERG, D.; VOGELSANG, B.: *Mathematische Aspekte der gesundheitlichen Beeinträchtigung durch transiente Geräuschereignisse auf der Grundlage von zeitlich veränderlichen Cortisol-Konzentrationen. Tagungsbericht DAGA '06, 16.03.2006 Braunschweig.*