Anhang 2 **2311**

DK 711.4-122 : 628.517.001.24 DEUTSCHE NORM Mai 1987

Schallschutz im Städtebau
Berechnungsverfahren

DIN 18 005 Teil 1

Noise abatement in town planning: calculation **methods**
Protection contre **le** bruit **dans l'urbanisme: méthodes** de calcul

Ersatz für Ausgabe **05.71**

Maße in m

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, gestattet.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich und Zweck	**2**
2 Begriffe, Formelzeichen	**2**
2.1 Schallemission	2
2.2 Schallimmission	2
2.3 **Schallpegel**	2
2.4 Frequenzbewertung A	2
2.5 Mittelungspegel	2
2.6 Beurteilungspegel	2
2.7 Schalleistungspegel	2
3 Allgemeines zum Berechnungsverfahren	**4**
3.1 Punktschallquelle	4
3.2 Linienschallquelle	6
3.3 Flächenschallquelle	6
4 Berechnung der Schallemission	**6**
4.1 **Straßenverkehr**	6
4.1.1 **Fließender** Verkehr	6
4.1.2 Parkplätze	8
4.2 Schienenverkehr	8
4.2.1 Schienenwege	8
4.2.2 Eisenbahnbrücken	9
4.2.3 **Großflächige** Schienenverkehrsanlagen	9
4.3 Wasserverkehr	10
4.3.1 **Berufsschiffahrt**	10
4.3.2 Hafenanlagen	10
4.3.3 Sportmotorboote	10
4.4 Flugverkehr	10
4.5 Industrie und Gewerbe	10
4.5.1 Vorhandene Nutzungen	10
4.5.2 Zukünftige Nutzungen	10
4.6 Sonstige Anlagen	10
5 Berechnung des Beurteilungspegels	**10**
5.1 Einzelne Schallquelle	10
5.2 Zu- oder Abschläge ΔL_K	11
5.3 Mehrere Schallquellen	11
5.4 Ungehinderte Schallausbreitung	12
5.5 Wirkung von Hindernissen auf die Schallausbreitung	12
5.5.1 Einzelhindernisse	12
5.5.2 Gehölz und Bebauung	15
5.6 Schallpegelerhöhung durch Reflexion	16
6 Rechenverfahren für Verkehrswege	**16**
6.1 **Langer**, gerader Verkehrsweg mit homogener Emission bei freier Schallausbreitung	16
6.1.1 **Lange**, gerade Straße	17
6.1.2 Schienenweg	17
6.2 **Lange**, parallele Abschirmung	17
6.2.1 Straße	18
6.2.2 Schienenweg	18
6.3 Mehrfachreflexion bei beiderseits geschlossener Bebauung	18
6.4 Unterteilung eines Verkehrsweges in annähernd gerade Teilstücke mit homogener Emission	19
6.5 Vom Immissionsort wegführendes Straßenteilstück	19
Anwendungsbeispiele	
Beispiel 1: Lange, gerade Straße mit **Kraftfahrzeug**- und Straßenbahnverkehr ohne Abschirmung	20
Beispiel 2: Immission von Teilstücken einer Straße	20
Beispiel 3: **Lange**, gerade Straße mit einer langen Lärmschutzwand	21
Beispiel 4: **Lange**, gerade Straße mit einer kurzen Lärmschutzwand	22
Beispiel 5: Teils im **Einschnitt**, teils auf einem Damm verlaufende Bundesautobahn mit und ohne Lärmschutzwand auf dem Damm	22
Beispiel 6: Verbesserung der Abschirmung eines bestehenden Baugebietes durch Verlängerung des vorhandenen Lärmschutzwalles	27
Beispiel 7: Schallemission eines Industriegebietes	34
Beispiel 8: Schallimmission von einem Industriegebiet	34

NormenausschuB Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Normenausschuß Akustik und Schwingungstechnik (FANAK) im DIN

Alleinverkauf der Nonnen durch Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 1000 Berlin 30
05.87

DIN 18 005 Teil 1 Mai 1987 Preisgr. 15
Vertr.-Nr. 0015

"DIN 18 005 Teil 1 ist mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. abgedruckt worden. Dieser Abdruck läßt das Urheberrecht an DIN 18 005 Teil l unberührt fortbestehen. Diese Norm ist beim Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 1000 Berlin 30, erschienen und erhältlich".

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm enthält vereinfachte Verfahren zur Schallimmissionsberechnung für die städtebauliche Planung. Sie sind nicht für die Anwendung bei Genehmigungsverfahren für einzelne Objekte (z. B. gewerbliche Anlagen) gedacht, dafür gelten die Vorschriften des Immissionsschutzrechtes, z. B. TALärm [1]).

Im Beiblatt 1 zu DIN 18 005 Teil 1 sind als Zielvorstellungen für den Schallschutz im Städtebau schalltechnische Orientierungswerte für die städtebauliche Planung enthalten.

2 Begriffe, Formelzeichen

2.1 Schallemission

Schallemission ist das Abstrahlen von Schall von einer Schallquelle oder von einer Ansammlung von Schallquellen (z. B. Straße, Gewerbebetrieb, Industriegebiet).

2.2 Schallimmission

Schallimmission ist das Einwirken von Schall auf ein Gebiet oder einen Punkt eines Gebietes (Immissionsort).

Anmerkung: Vor der Fassade eines betroffenen Hauses kann durch Reflexion eine Erhöhung des Schallpegels auftreten; diese Erhöhung wird hier nicht der Schallimmission zugerechnet.

2.3 Schallpegel

Unter Schallpegel L in Dezibel (dB) wird nach dieser Norm der Schalldruckpegel nach DIN 45 630 Teil 1 verstanden.

2.4 Frequenzbewertung A

Durch die Frequenzbewertung A nach DIN IEC 651 wird die Frequenzabhängigkeit der Empfindlichkeit des Gehörs näherungsweise berücksichtigt. Der Schallpegel mit dieser Frequenzbewertung wird A-bewerteter Schallpegel (oder kurz: A-Schallpegel) LA genannt.

In dieser Norm wird nur mit A-bewerteten Schallpegeln gerechnet und der Index A fortgelassen.

2.5 Mittelungspegel

Mittelungspegel nach DIN 45 641.

Anmerkung: Unter Mittelungspegel L_m in dB wird nach dieser Norm der Mittelungspegel $L_{AFm} = L_{ASm} = L_{eq}$ nach DIN 45 641 verstanden.

Der Mittelungspegel dient zur Kennzeichnung von Geräuschen mit zeitlich veränderlichen Schallpegeln ohne Berücksichtigung von auffälligen Einzeltönen oder Impulsen. Dabei wird die Verdoppelung oder Halbierung der Einwirkzeit eines Geräusches wie die Erhöhung oder Verringerung seines Mittelungspegels um 3 dB bewertet. Bei Straßen und Schienenwegen führt auch die Verdoppelung oder Halbierung der Verkehrsstärke unter sonst gleichen Bedingungen zu einer Veränderung des Mittelungspegels um 3 dB.

In den Mittelungspegel gehen Dauer und Stärke jedes Einzelgeräusches ein.

2.6 Beurteilungspegel

Beurteilungspegel nach DIN 45 645 Teil 1.

Anmerkung: Der Beurteilungspegel L_r in dB ist der mit den Orientierungswerten nach Beiblatt 1 zu DIN 18 005 Teil 1 zu vergleichende Pegel. Er wird nach DIN 45 645 Teil 1 als Maß für die durchschnittliche Langzeitbelastung von betroffenen Personen oder an ausgewählten Orten in der Beurteilungszeit benutzt. Er entsteht aus dem Mittelungspegel durch Zu- oder Abschläge für bestimmte Geräusche, Zeiten oder Situationen (z. B. ton- und/oder impulshaltige Geräusche, bestimmte Ruhezeiten, Immissionsorte in der Nähe von lichtzeichengeregelten Kreuzungen). Beurteilungszeit ist hier für den Tag die Zeit von 6.00 bis 22.00 Uhr, für die Nacht die Zeit von 22.00 bis 6.00 Uhr.

Beurteilungspegel werden in dieser Norm in der Regel berechnet.

2.7 Schalleistungspegel

Schalleistungspegel nach DIN 45 635 Teil 1.

Anmerkung: Der Schalleistungspegel L_W in dB kennzeichnet die Stärke der Schallemission einer Schallquelle oder von Teilen einer Schallquelle. Er ist ein logarithmisches Maß für die abgestrahlte Schalleistung.

In dieser Norm wird der A-bewertete Schalleistungspegel L_{WA} in dB verwendet - er wird auch A-Schalleistungspegel genannt. Der Index A wird hier fortgelassen.

Da die Schallimmission nach dieser Norm nur durch zeitliche Mittelwerte (Beurteilungspegel oder Mittelungspegel) gekennzeichnet wird, ist für die Berechnung der Schallimmission auch immer von zeitlichen Mittelwerten der Schalleistung auszugehen.

Tabelle 1. **Formelzeichen**

Spalte	1	2	3
Zeile	Zeichen	Einheit	Bedeutung
1	a	m	Abstand der Schallquelle von der Projektion der Beugungskante auf die Verbindungslinie Schallquelle - Immissionsort
2	a_n	m	horizontaler Abstand der Schallquelle von der Beugungskante in der senkrechten Ebene durch Schallquelle und Immissionsort
3	A	m	Abstand der Schallquelle von der Beugungskante in der senkrechten Ebene durch Schallquelle und Immissionsort
4	b	m	Abstand des Immissionsortes von der Projektion der Beugungskante auf die Verbindungslinie Schallquelle - Immissionsort
5	b_0	m	horizontaler Abstand des Immissionsortes von der Beugungskante in der senkrechten Ebene durch Schallquelle und Immissionsort

[1]) Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TALärm)

Tabelle 1. (Fortsetzung)

Spalte	1	2	3
Zeile	Zeichen	Einheit	Bedeutung
6	B	m	Abstand des Immissionsortes von der Beugungskante in der senkrechten Ebene durch Schallquelle und Immissionsort
7	C	m	Abstand des Immissionsortes von der Schallquelle (im allgemeinen gilt $C = s$)
8	D		Bebauungsdichte (Verhältnis der bebauten Fläche zur Gesamtfläche eines Baugebietes)
9	DTV	Kfz/24h	durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
10	g		Wichtungsfaktor bei Parkplätzen für verschiedene Fahrzeugarten
11	h	m	mittlere Gebäudehöhe
12	H	m	Höhenunterschied zwischen Immissionsort und Schallquelle
13	HE	m	Höhe des Immissionsortes über Fahrbahnebene
14	h_W	m	Höhe der Oberkante einer Abschirmeinrichtung über Fahrbahnebene
15	h_{eff}	m	effektive Schirmhöhe
16	κ	m^2	Hilfsgröße zur Berechnung von KW
17	K_W		Korrektur zur Berücksichtigung von Wettereinflüssen
18	L	dB	Schallpegel (A-Schallpegel)
19	l	m	Längenausdehnung einer Schallquelle; mittlere Zuglänge
20	l_0	m	Bezugslänge (1 m)
21	l_1, l_2	m	Länge der Straße ab Querschnitt senkrecht zur Straßenachse durch den Immissionsort
22	LA	dB	A-bewerteter Schallpegel (der Index A wird in dieser Norm fortgelassen)
23	L_m	dB	Mittelungspegel
24	L_r	dB	Beurteilungspegel
25	L_W	dB	Schalleistungspegel (A-Schalleistungspegel)
26	L_{WA}	dB	A-bewerteter Schalleistungspegel (der Index A wird in dieser Norm fortgelassen)
27	$L_{W'}$	dB	längenbezogener Schalleistungspegel
28	$L_{W''}$	dB	flächenbezogener Schalleistungspegel
29	$L_{m,E}$	dB	Emissionspegel
30	$L_m^{(25)}$	dB	normierter Mittelungspegel eines Verkehrsweges
31	$\Delta L_{D,i}$	dB	Korrektur für den Anteil scheibengebremster Schienenfahrzeuge
32	$\Delta L_{F,i}$	dB	Korrektur für Berücksichtigung der Zugart
33	ΔL_G	dB	Pegelminderung durch Gehölz/Bebauung
34	ΔL_K	dB	Zu- oder Abschlag für bestimmte Geräusche, Ruhezeiten, Situationen
35	$\Delta L_{l,i}$	dB	Korrektur für unterschiedliche Längen
36	ΔL_{Stg}	dB	Zuschlag für Steigungen
37	ΔL_{Str0}	dB	Korrektur für unterschiedliche Straßenoberflächen
38	ΔL_s	dB	Differenz zwischen Schalleistungspegel einer Punktschallquelle und Mittelungspegel im Abstand s bei ungehinderter Schallausbreitung
39	$\Delta L_{s,\perp}$	dB	Korrektur für unterschiedliche Abstände zwischen Immissionsort und Fahrstreifen oder Gleis
40	ΔL_{refl}	dB	Pegelerhöhung durch Mehrfachreflexion
41	ΔL_v	dB	Korrektur für unterschiedliche Geschwindigkeiten

Tabelle 1. (Fortsetzung)

Spalte	1	2	3
Zeile	Zeichen	Einheit	Bedeutung
42	ΔL_z	dB	Pegelminderung durch Einzelhindernisse (Wall, Lärmschutzwand, Häuserzeile)
43	$\Delta L_{z,\perp}$	dB	Pegelminderung durch lange, parallele Hindernisse an. einer geraden Linienschallquelle
44	M	Kfz/h	maßgebende stündliche Verkehrsstärke
45	n	1/h	mittlere Anzahl der Züge je Stunde
46	N	1/h	mittlere Anzahl der Bewegungen je Stunde
47	P	%	mittlerer Lkw-Anteil; bei Schienenverkehr Anteil der scheibengebremsten Fahrzeuge
48	S	m^2	Fläche einer Flächenschallquelle
49	S_0	m^2	Bezugsfläche (1 m^2)
50	s	m	Abstand zwischen Immissionsort und Mittelpunkt einer Schallquelle
51	s_0	m	horizontaler Abstand des Immissionsortes von der Mitte der Schallquelle
52	s_G	m	Teillänge von s, die im bebauten Gebiet liegt
53	$s_\perp$	m	Abstand eines Immissionsortes von einer geraden Linienschallquelle (Fahrstreifen, Gleis)
54	$s_{\perp,0}$	m	horizontaler Abstand eines Immissionsortes von einer geraden Linienschallquelle
55	v	km/h	Geschwindigkeit
56	v_0	km/h	Bezugsgeschwindigkeit
57	w	m	mittlerer Abstand zwischen Hausfronten
58	z	m	Schirmwert

3 Allgemeines zum Berechnungsverfahren

Die in dieser Norm angegebenen Berechnungsverfahren sind für den vorgesehenen Anwendungsbereich vereinfacht. Die Genauigkeit der Ergebnisse genügt den Anforderungen in der Bauleitplanung.

Genauere Verfahren können anderen Regelwerken entnommen werden, so z. B. den „Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen", der „Information Schall 03" und der „Information Akustik 04" oder den Richtlinien VDI 2714 (z. Z. Entwurf) und VDI 2720 Blatt 1 (z. Z. Entwurf).

Das mit den Orientierungswerten nach Beiblatt 1 zu DIN 18 005 Teil 1 zu vergleichende Endergebnis wird auf ganze dB aufgerundet.

Anmerkung: Die nach dieser Norm berechneten Pegel gelten für leichten Wind (bis etwa 3 m/s) von der Quelle zum Immissionsort und Temperaturinversion. Bei anderen Windrichtungen und/oder Temperaturschichtungen können - insbesondere in großen Entfernungen von der Quelle - auch deutlich niedrigere Werte vorkommen. Dagegen ist nur selten mit geringfügigen Überschreitungen der so berechneten Werte zu rechnen. Messungen vor einem betroffenen Haus können durch Reflexion an der Fassade höhere Werte ergeben.

Solange keine Bebauung oder Nutzung festgelegt ist, wird der Immissionsort für die Berechnung 4 m über Geländehöhe angenommen. Sind Häuser vorhanden oder geplant, ist die Berechnung auf die höchsten Geschosse auszudehnen, insbesondere wenn die Schallquelle gegen den Immissionsort abgeschirmt ist.

3.1 Punktschallquelle

In dieser Norm wird für die Berechnung der Schallimmission im allgemeinen von Punktschallquellen ausgegangen; die Emission einer Punktschallquelle wird durch den A-Schallleistungspegel L_W in dB beschrieben.

Jede Schallquelle, deren Emission annähernd gleichmäßig über ihre Länge oder Fläche verteilt ist, kann für Immissionsberechnungen nach dieser Norm durch eine Punktschallquelle in ihrem Mittelpunkt (Flächenschwerpunkt) ersetzt werden, wenn ihre größte Längenausdehnung l (meistens die Diagonale) höchstens das 0,7fache des Abstandes s zwischen Immissionsort und Mittelpunkt der Schallquelle beträgt (siehe Bild 1):

$$l < 0{,}7\,s \qquad \text{(D}$$

Größere Schallquellen (Linienschallquellen, Flächenschallquellen) müssen für die Berechnung in Teilstücke unterteilt werden, die diese Bedingungen erfüllen.

Wenn verschiedene Teile einer Schallquelle durch Hindernisse gegen einen Immissionsort verschieden stark abgeschirmt sind, muß die Unterteilung unter Umständen in noch kleinere Teilstücke erfolgen, für deren Länge oder Fläche die Abschirmung annähernd gleich groß ist.

Unterteilung in Teilschallquellen

erforderlich, weil $l > 0{,}7$ s	nicht erforderlich, weil $l \leq 0{,}7$ s

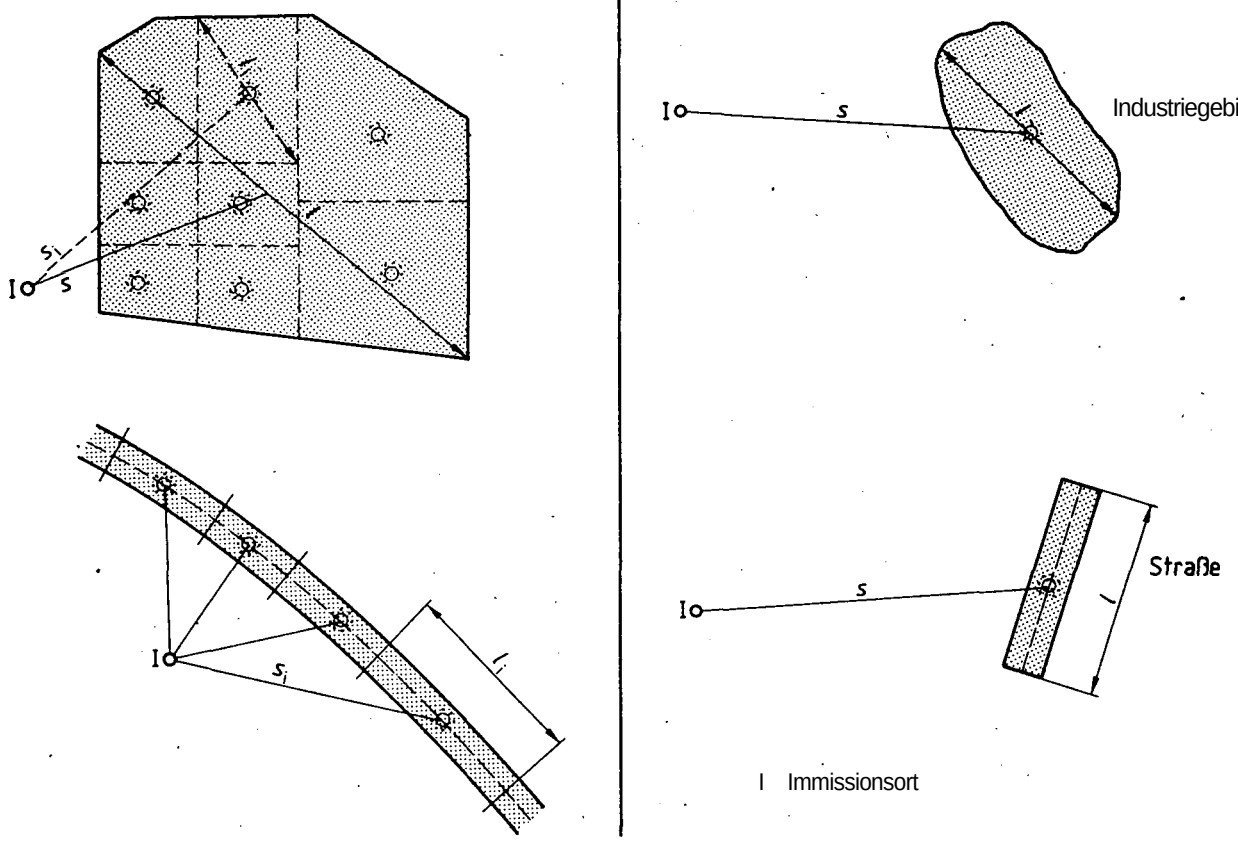


Bild 1. Unterteilung in Teilschallquellen

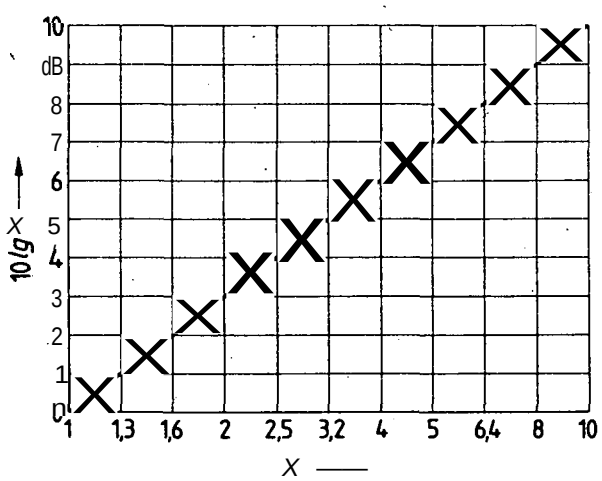


Bild 2. Diagramm zur Ermittlung von 10 lg X

Jede Multiplikation (Division) mit (durch) 10 entspricht einer Erhöhung (Verringerung) von 10 lg X um 10 dB

Beispiel: $X = 20\,000 = 2 \cdot 10^4$

$10 \lg X = 10 \cdot \lg 2 + 10 \cdot \lg 10^4 = 3 + 40 = 43$ dB

Die Unterteilung in viele Teilschallquellen erfordert meistens einen erheblichen Rechenaufwand. In Abschnitt 6 sind für häufig vorkommende Fälle bei Verkehrswegen Rechenverfahren angegeben, bei denen keine Unterteilung oder nur eine Unterteilung in wenige Teilstücke erforderlich ist.

3.2 Linienschallquelle

Der Schalleistungspegel LW einer Linienschallquelle (oder eines Teilstückes davon) mit der Länge / wird nach der Gleichung

$$L_W = L_{W'} + 10 \lg (l/l_0)\,\text{dB} \qquad (2)$$

mit $l_0 = 1$ m

berechnet. Dabei ist vorausgesetzt, daß die Schallemission gleichmäßig über die gesamte Länge l verteilt ist. Der längenbezogene Schalleistungspegel L_W' ist das (logarithmische) Maß für die im Mittel je Meter von der Linienschallquelle abgestrahlte Schalleistung. Der Wert von 10 lg (l/l_0) kann (mit $X = l/l_0$) Bild 2 entnommen werden.

3.3 Flächenschallquelle

Der Schalleistungspegel LW einer Flächenschallquelle (oder eines Teiles davon) mit der Fläche S wird nach der Gleichung

$$L_W = L_{W''} + 10 \lg (S/S_0)\,\text{dB} \qquad (3)$$

mit $S_0 = 1\ \text{m}^2$

berechnet. Dabei ist vorausgesetzt, daß die Schallemission gleichmäßig über die gesamte Fläche S verteilt ist.

Der fläch'enbezogene Schalleistungspegel $L_{W''}$ in dB ist das (logarithmische) Maß für die im Mittel je Quadratmeter Fläche abgestrahlte Schalleistung. Der Wert von 10 lg.(S/So) kann mit $X = S/So$ Bild 2 entnommen werden.

4 Berechnung der Schallemission

Dieser Abschnitt enthält Angaben über die für die Planung wichtigsten Schaltquellen.

4.1 Straßenverkehr

4.1.1 Fließender Verkehr

(Siehe auch Abschnitt 6)

Der auf einem Fahrstreifen fließende Verkehr wird als eine Linienschallquelle in 0,5 m Höhe über der Mitte des Fahrstreifens betrachtet.

Bei der Berechnung der Schallemission sind die Verkehrsstärke, der Lkw-Anteil, die Geschwindigkeit, die Straßenoberfläche und die Steigung des betrachteten Stückes einer Straße, Fahrbahn oder eines Fahrstreifens zu berücksichtigen. Der längenbezogene Schalleistungspegel $L_{W'}$ wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$\text{LW} = L_m^{(25)} + \Delta L_{StrO} + \Delta L_v + \text{ALstg} + 17{,}6\ \text{dB} \qquad (4)$$

Hierin bedeuten:

$L_m^{(25)}$ Mittelungspegel im Abstand $s_{\perp,0} = 25$ m von der Mitte der Quelle, bei nicht geriffeltem Gußasphalt, bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h und bei freier Schallausbreitung. Er kann nach Bild 3 ermittelt werden. Dabei wird die maßgebende stündliche Verkehrsstärke M aus der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV) nach Tabelle 4 berechnet; der maßgebende Lkw-Anteil ist ebenfalls in Tabelle 4 angegeben. Auf die Anwendung von Tabelle 4 kann verzichtet werden, wenn geeignete projektbezogene Untersuchungsergebnisse vorliegen, die unter Berücksichtigung der Verkehrsentwicklung im Prognosezeitraum zur Ermittlung

a) der mittleren stündlichen Verkehrsstärke M in Kfz/h

b) des mittleren Lkw-Anteils p (über 2,8 t zulässiges Gesamtgewicht) in % des Gesamtverkehrs

für die Zeiträume zwischen 6.00 und 22.00 Uhr und 22.00 und 6.00 Uhr als Mittelwerte für alle Tage des Jahres herangezogen werden können.

Beim Neubau oder der wesentlichen Änderung von Straßen ist von den der Planung zugrundeliegenden Verkehrsdaten auszugehen, bei der Ausweisung neuer Bäugebiete im Bereich bestehender Straßen vom gegenwärtigen Verkehr unter Berücksichtigung der Verkehrsentwicklung.

ΔL_{StrO} Korrektur nach Tabelle 2 für unterschiedliche Straßenoberflächen

ΔL_v Korrektur nach Bild 4 für unterschiedliche zulässige Höchstgeschwindigkeiten

ΔL_{Stg} Zuschlag nach Tabelle 3 für Steigungen.

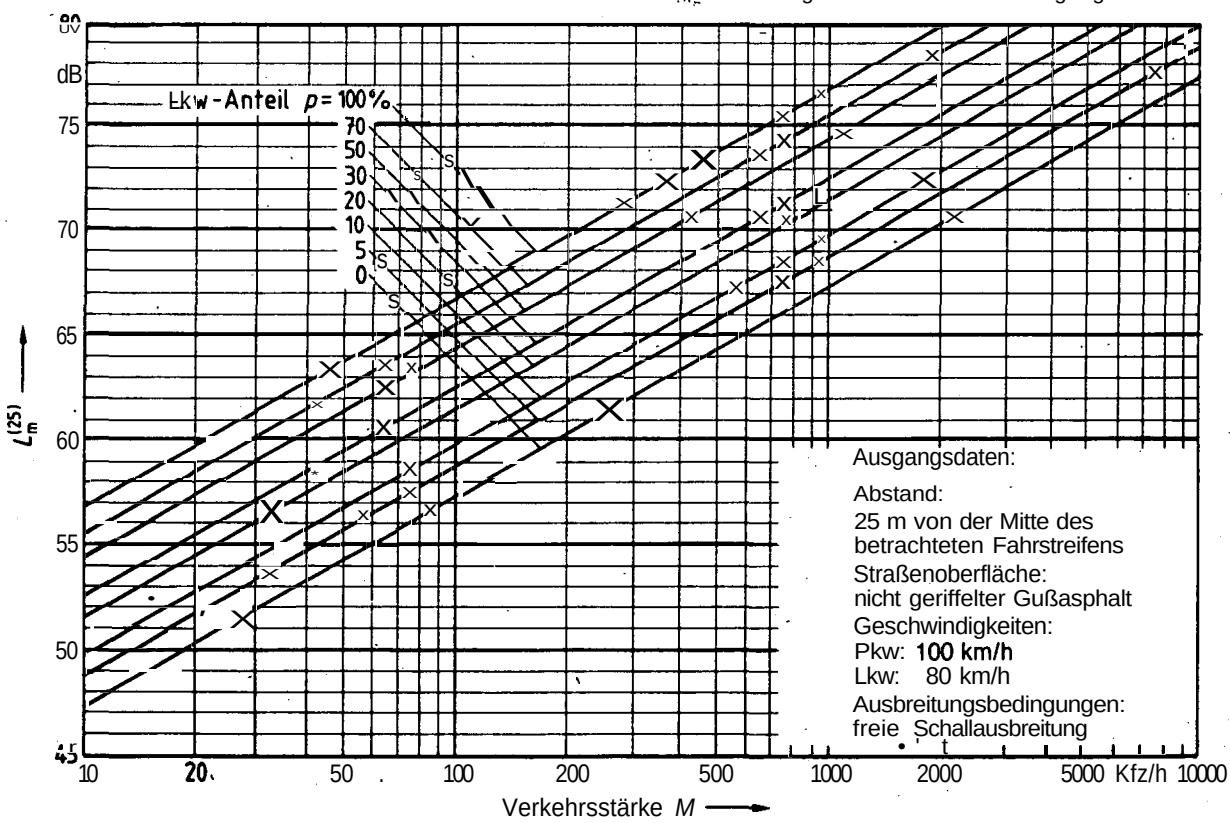


Bild 3. Mittelungspegel $L_m^{(25)}$ für Straßenverkehr

$$L_m^{(25)} = [37{,}3 + 10 \lg [M(1 + 0{,}082\,p)]]\ \text{dB} \qquad (5)$$

Tabelle 2. **Korrektur ΔL_{StrO} für unterschiedliche Straßenoberflächen**

Spalte	1	2
Zeile	Straßenoberfläche	ΔL_{StrO} dB
1	nicht geriffelter Gußasphalt	0
2	Asphaltbeton	− 0,5
3	Beton- oder geriffelter/gewalzter Gußasphalt	+ 1,0
4	Pflaster mit ebener Oberfläche	+ 2,0
5	Pflaster mit nicht ebener Oberfläche	+ 4,0

Tabelle 3. **Zuschlag ΔL_{Stg} für Steigungen**

Spalte	1	2
Zeile	Steigung %	ΔL_{Stg} dB
1	≤ 5	0
2	6	0,6
3	7	1,2
4	8	1,8
5	9	2,4
6	10	3,0
7	für jedes zusätzliche Prozent	0,6
Zwischenwerte sind linear zu interpolieren.		

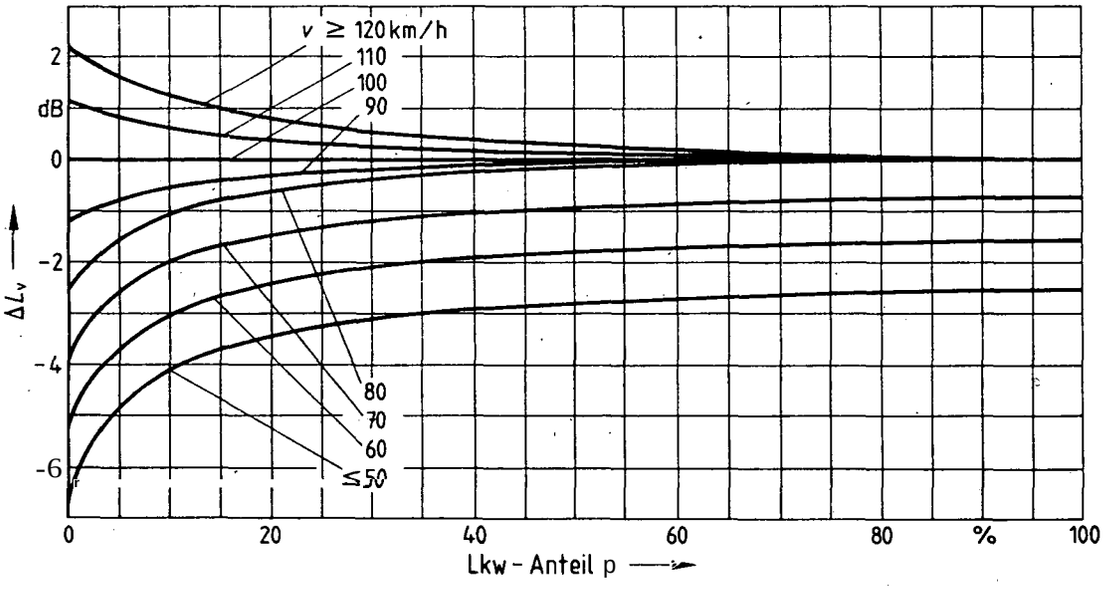


Bild: 4. Korrektur ΔL_v für unterschiedliche zulässige Höchstgeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Lkw-Anteil p

$$\Delta L_v = (23 - 3{,}5\sqrt{p} + 0{,}2\,p) \cdot (\lg v - 2)\ \text{dB} \qquad (6)$$

Tabelle 4. Maßgebende stündliche Verkehrsstärken M und maßgebende Lkw-Anteile p (über 2,8 t zulässiges Gesamtgewicht)

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile	Straßengattung	tags (6.00 bis 22.00)		nachts (22.00 bis 6.00)	
		M Kfz/h	*P* %	*M* Kfz/h	P %
1	Bundesautobahnen	0,06 *DTV*	25	0,014 *DTV*	45
2	Bundesstraßen	0,06 *DTV*	20	0,011 *DTV*	20
3	Landes-, Kreis- und Gemeindeverbindungsstraßen	0,06 *DTV*	20	0,008 *DTV*	10
4	Gemeindestraßen	0,06 *DTV*	10	0,011 *DTV*	3

4.1.2 Parkplätze

Parkplätze werden als Flächenschallquellen betrachtet. Der flächenbezogene Schalleistungspegel LW" wird zu

$$L_{W''} = \left[76 + 10 \lg \sum_{i=1}^{3} g_i \cdot N_i - 10 \lg (S/S_0) \right] \text{dB} \quad (7)$$

mit $S_0 = 1\ m^2$

angenommen, wobei N_i die mittlere Anzahl der Bewegungen (An- oder Abfahrt) je Stunde im jeweiligen Bezugszeitraum von Fahrzeugen der Klasse i ist und g_i ein Wichtungsfaktor:

$g_1 = 1$ für Pkw

g2 = 10 für Lkw

g3 = 5 für Krafträder

S ist die Gesamtfläche des Parkplatzes.

4.2 Schienenverkehr

4.2.1 Schienenwege

(Siehe auch Abschnitt 6)

Der auf einem Gleis fließende Verkehr wird als eine Linienschallquelle auf der Gleisachse in Höhe der Schienenoberkante (SO) betrachtet (für die Berechnung der Pegelminderung durch Abschirmung siehe jedoch Abschnitt 5.5.1). Bei der Berechnung der Schallemission werden Art, Anzahl und Länge, Geschwindigkeit und Bremsbauart der Züge berücksichtigt.

Dazu werden alle auf dem Gleis verkehrenden Züge in Klassen i gleicher Zugart, gleicher mittlerer Geschwindigkeit v_i und gleichen Anteils scheibengebremster Fahrzeuge p_i eingeteilt.

Für jede Klasse i wird der längenbezogene Schalleistungspegel $L_{W',i}$ nach folgender Gleichung berechnet:

$$L_{W',i} = 68{,}6\ \text{dB} + \Delta L_{l,i} + \Delta L_{v,i} + \Delta L_{D,i} + \Delta L_{F,i} \quad \textbf{(8)}$$

Hierin bedeuten:

$\Delta L_{l,i}$ $10 \lg \left(\frac{«i \cdot h}{100} \right)$ dB; Korrektur nach Bild 5 zur Berücksichtigung der mittleren Anzahl der Züge je Stunde n_i und der mittleren Zuglänge l_i in m

$\Delta L_{v,i}$ $20 \lg \left(\frac{v_i}{100} \right)$ dB; Korrektur nach Bild 6 zur Berücksichtigung der mittleren Geschwindigkeit v_i in km/h

$\Delta L_{D,i}$ $10 \lg (7{,}95 - 0{,}0695 \cdot p_i)$ dB; Korrektur nach Bild 7 zur Berücksichtigung des Anteils scheibengebremster Fahrzeuge p_i in %; Straßenbahnen sind grundsätzlich als klotzgebremste Fahrzeuge anzusetzen

$\Delta L_{F,i}$ Korrektur nach Tabelle 5 zur Berücksichtigung der Zugart.

Anmerkung: In den Gleichungen (8) und (28) ist zur Berücksichtigung eines durchschnittlichen Gleiszustandes gegenüber optimalem Schienenzustand ein Sicherheitszuschlag von 3 dB enthalten.

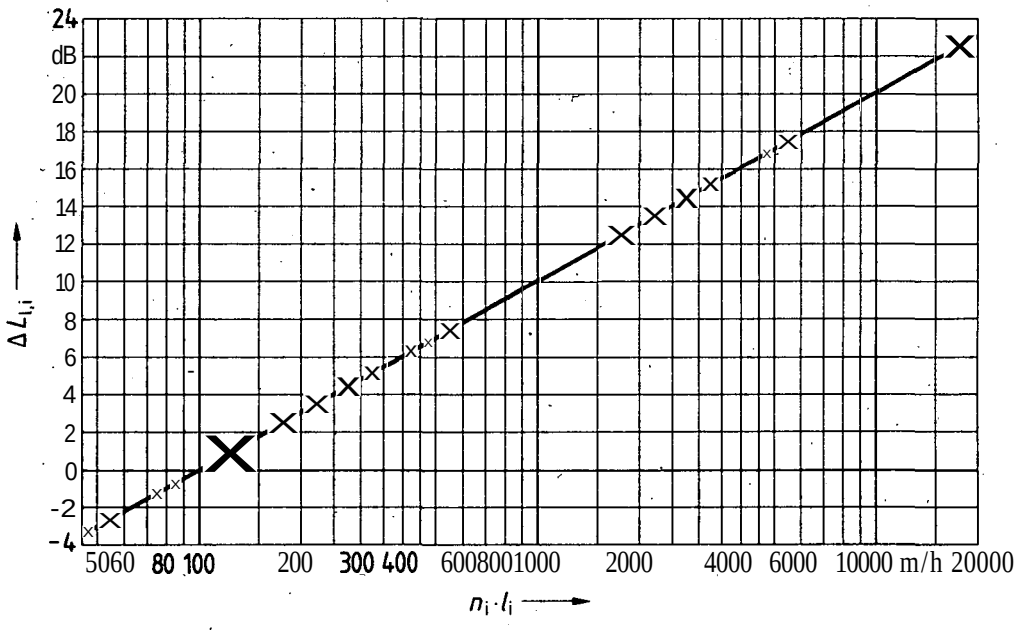


Bild 5. Korrektur $\Delta L_{l,i}$ für die mittlere Anzahl der Züge je Stunde n, und die mittlere Zuglänge l_i in m

$$\Delta L_{l,i} = 10 \lg \left(\frac{«i \cdot l_i}{100} \right) \text{dB} \quad (9)$$

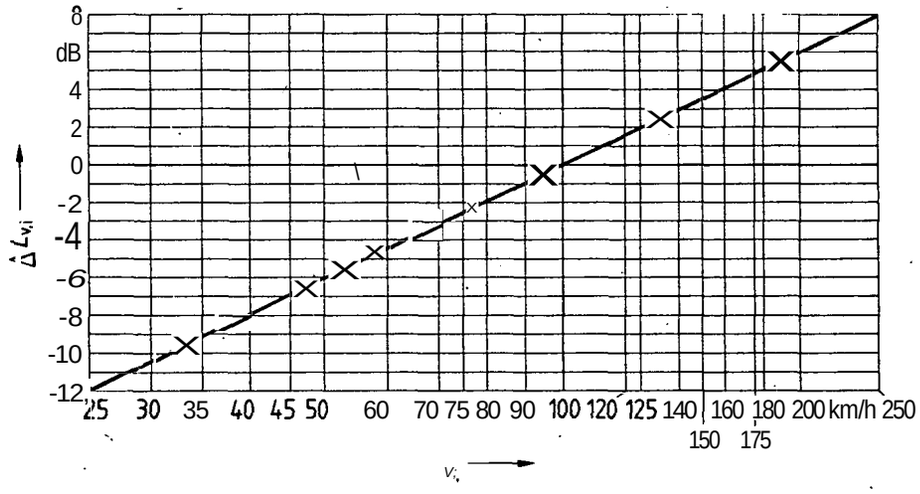


Bild 6. Korrektur $\Delta L_{v,i}$ für unterschiedliche Geschwindigkeiten v_i in km/h

$$\Delta L_{v,i} = 20 \lg \left(\frac{v_i}{100} \right) \text{ dB} \qquad (10)$$

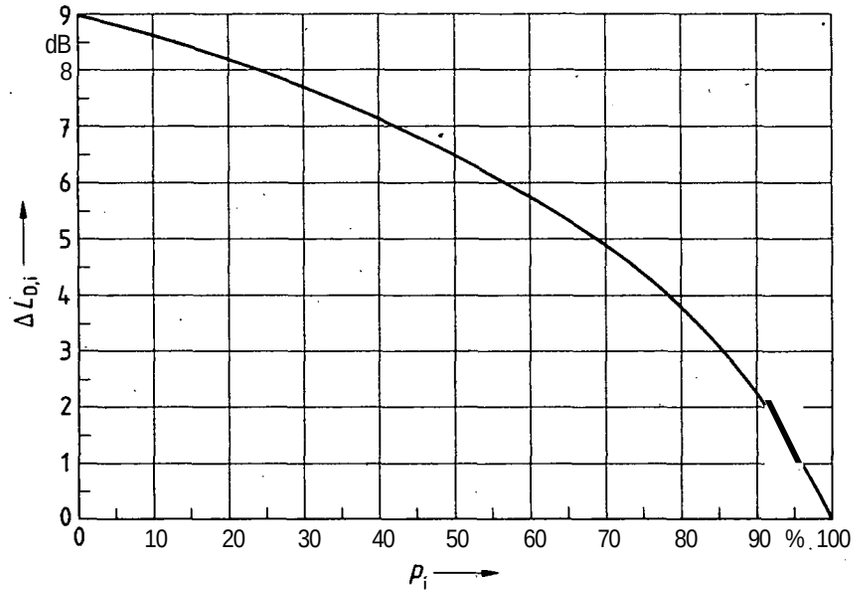


Bild 7. Korrektur $\Delta L_{D,i}$ für den Anteil scheibengebremster Fahrzeuge p_i in %

$$\Delta L_{D,i} = 10 \lg (7{,}95 - 0{,}0695 \cdot p_i) \text{ dB} \qquad (11)$$

Tabelle 5. Korrektur $\Delta L_{F,i}$ zur Berücksichtigung der Zugart

Spalte	1	2
Zeile	$\Delta L_{F,i}$ dB	Zugart
1	-2	Schnelltriebzug (ICE)
2	+5	U-Bahnzug
3	+3	Straßenbahnzug
4	0	alle anderen Züge

Der längenbezogene Schalleistungspegel $L_{W',\text{gesamt}}$ aller Zugklassen zusammen ergibt sich durch die Überlagerung der längenbezogenen **Teilschalleistungspegel** aller Zugklassen nach dem in Abschnitt 5.3 für den Beurteilungspegel angegebenen Verfahren (siehe Bild 8 oder Gleichung **(15)**).

4.2.2 Eisenbahnbrücken

Brücken aus Stahlbeton mit Schotterbett und Stahlbrücken mit Schotterbett und Unterschottermatte strahlen nicht oder nur wenig mehr Schall ab als freie Strecken. Stahlbrücken ohne Schotterbett können dagegen um 10 bis 15 dB höhere Pegel verursachen.

4.2.3 Großflächige Schienenverkehrsanlagen

Sofern nicht im Einzelfall eine detaillierte Schallimmissionsprognose vorliegt, soll bei großflächigen Schienenverkehrsanlagen (z. B. Rangierbahnhöfe, Betriebshöfe der Verkehrsbetriebe) für die Berechnung von Mindestabständen oder von Schutzmaßnahmen davon ausgegangen werden, daß die Schallemission der Anlage im Mittel einem flächenbezogenen Schalleistungspegel von LW = 65 dB entspricht. In der Umgebung bestehender Anlagen können gemessene Beurteilungspegel zugrundegelegt werden, wobei künftige Erweiterungen rechnerisch zu berücksichtigen sind.

4.3 Wasserverkehr

4.3.1 Berufsschiffahrt

Der Schiffahrtsverkehr auf einem Wasserweg wird als linienförmige Schallquelle in Höhe der Wasseroberfläche in der Mitte der Fahrrinne angenommen. Der längenbezogene Schalleistungspegel $L_{W'}$ wird zu

$$L_{W'} = (75 + 10 \lg N) \text{ dB} \qquad (12)$$

angenommen, wobei N die mittlere Anzahl der je Stunde verkehrenden Motorschiffe, Schleppzüge und Schubverbände ist. 10 lg N kann (mit $X = N$) Bild 2 entnommen werden.

4.3.2 Hafenanlagen

Hafenanlagen sind wie Industriegebiete zu behandeln (siehe Abschnitt 4.5).

4.3.3 Sportmotorboote

Wasserflächen mit Sportmotorbootverkehr können näherungsweise als Flächenschallquellen betrachtet werden. Der die Schallemission kennzeichnende flächenbezogene Schalleistungspegel $L_{W''}$ wird nach folgender Gleichung bestimmt:

$$L_{W''} = (48 + 10 \lg N) \text{ dB}, \qquad (13)$$

wobei N die mittlere Anzahl der auf einem Quadratkilometer verkehrenden Sportmotorboote mit Verbrennungsmotoren ist. Der Wert für 10 lg N kann (mit $X = N$) Bild 2 entnommen werden.

4.4 Flugverkehr

Die Fluggeräusche in der Umgebung und vor allem unter den An- und Abflugwegen eines Flugplatzes sind jeweils gesondert zu untersuchen.

Anmerkung: Für Verkehrsflughäfen, die dem Linienverkehr angeschlossen sind, und militärische Flugplätze, die für den Betrieb von Flugzeugen mit Strahltriebwerken bestimmt sind, werden Lärmschutzbereiche nach dem „Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm" ermittelt und durch Rechtsverordnungen festgesetzt. Wenn der Schutz der Allgemeinheit es erfordert, können auch für andere Flugplätze, die für den Betrieb von Flugzeugen mit Strahltriebwerken bestimmt sind, Lärmschutzbereiche nach dem „Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm" festgesetzt werden. Der nach dem „Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm" ermittelte äquivalente Dauerschallpegel L_{eq} ist wegen des abweichenden Berechnungsverfahrens nicht mit dem hier verwendeten Beurteilungspegel identisch. Die Grenzlinien für L_{eq} = 75,67 uns 62 dB stehen den Bundesländern zur Verfügung. Einige Bundesländer haben eigene Richtlinien für die Bauleitplanung in der Umgebung von Flugplätzen erlassen.

Für Immissionsbereiche, die nicht dem Fluglärmschutzgesetz unterliegen, kann die Schallimmission nach DIN 45 643 ermittelt werden.

4.5 Industrie und Gewerbe

Über die Geräuschentwicklung von Industrie- und Gewerbebetrieben sowie von vergleichbaren Einrichtungen lassen sich keine allgemeingültigen Angaben machen. Selbst gleichartige Betriebe können - z. B. je nach Bauart der Gebäude, in denen ihre Anlagen untergebracht sind - sehr unterschiedlich Schall abstrahlen.

Bei Neubauten von Gewerbe- und Industrieanlagen ohne nächtlichen Ladeverkehr, bei denen sich Schallquellen nur in geschlossenen Gebäuden befinden, läßt sich die Schallemission im allgemeinen hinreichend begrenzen. Eine solche Begrenzung ist jedoch nicht für alle Arten von Betrieben möglich, insbesondere nicht für Betriebe mit lautstarken Arbeiten oder Anlagen im Freien (z. B. Hochofenanlagen, petrochemische Anlagen und Erdölraffinerien, Verladeeinrichtungen, blechbearbeitende Betriebe, Betonwerke, Steinbrüche, Kies- und Schotterwerke, Fahrzeugprüfstrecken, Werften). Um die Ansiedlung oder Erweiterung solcher Anlagen zu ermöglichen, müssen ausreichende Abstände zwischen Industriegebieten und zu schützenden Gebieten oder andere geeignete Maßnahmen vorgesehen werden (siehe z. B. VDI 2718 (z.Z. Entwurf)).

In allen Fällen ist bei der Planung das wegen der Industrie- und Gewerbebetriebe zusätzlich zu erwartende Verkehrsaufkommen auf den öffentlichen Verkehrswegen zu berücksichtigen.

4.5.1 Vorhandene Nutzungen

Bei bestehenden Anlagen ist in der Regel von Meßwerten auszugehen, wobei zulässige künftige Erweiterungen rechnerisch zu berücksichtigen sind.

4.5.2 Zukünftige Nutzungen

Wenn bei der Ausweisung eines Gewerbe- oder Industriegebietes oder eines Sondergebietes mit vergleichbarer Nutzung bekannt ist, welche Arten von Anlagen dort untergebracht werden sollen, kann die zu erwartende Schallemission durch Messungen an vergleichbaren Anlagen ermittelt werden, die schalltechnisch dem Stand der Technik entsprechen. Stattdessen können auch Angaben aus einschlägigen VDI-Richtlinien zugrundegelegt werden, wobei gegebenenfalls Ton- und Impulszuschläge zu berücksichtigen sind.

Wenn die Art der in einem Gebiet unterzubringenden Anlagen nicht bekannt ist, kann für die Berechnung von Mindestabständen oder zur Feststellung der Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen von einem flächenbezogenen A-Schalleistungspegel - tags und nachts - von $L_{W''}$ = 65 dB für Industriegebiete und LW" = 60 dB für Gewerbegebiete ausgegangen werden (siehe Beispiele 7 und 8).

Nicht ausreichende Abstände zwischen neu auszuweisenden Industrie- und Gewerbegebieten und schutzbedürftigen Nutzungen können durch planungsrechtliche Festsetzungen (Nutzungsbeschränkung) ausgeglichen werden.

4.6 Sonstige Anlagen

Für sonstige Anlagen, die mit einer erheblichen Schallemission im Freien verbunden sind (wie bestimmte Sportanlagen, Schießstände, Freibäder), ist von Meßergebnissen, gegebenenfalls an vergleichbaren Anlagen, auszugehen.

5 Berechnung des Beurteilungspegels [2]

5.1 Einzelne Schallquelle

Der Beurteilungspegel L_r, der sich durch eine Punktschallquelle an einem Immissionsort im Abstand s ergibt, wird nach Gleichung (14), getrennt für tags (6.00 bis 22.00 Uhr) und für nachts (22.00 bis 6.00 Uhr), wie folgt berechnet:

$$L_r = L_W - \Delta L_s - \Delta L_z - \Delta L_G + \Delta L_K \qquad (14)$$

Hierin bedeuten:

L_W Schalleistungspegel (Angaben über die Schallemission verschiedener Schallquellen enthält Abschnitt 4, siehe auch Gleichungen (2) und (3))

ΔL_s Differenz zwischen dem Schalleistungspegel und dem Mittelungspegel im Abstand s von der Schallquelle bei ungehinderter Schallausbreitung unter Berücksichtigung von Luft- und Bodenabsorption (siehe Abschnitt 5.4)

ΔL_z Pegelminderung durch Einzelhindernisse (Wall, Lärmschutzwand, Häuserzeile) zwischen Schallquelle und Immissionsort (siehe Abschnitt 5.5.1)

---

[2] Schreiber, L.: Die akustischen Grundlagen des Entwurfs April 1982 zu DIN 18 005 Teil 1, Schallschutz im Städtebau. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 31, 149 - 157/1984).

ΔL_G Pegelminderung durch Gehölz und/oder Bebauung zwischen Schallquelle und Immissionsort (siehe Abschnitt 5.5.2)

ΔL_K Zu- oder Abschlag für bestimmte Geräusche, Ruhezeiten oder Situationen (siehe Abschnitt 5.2)

Reflexionen an Hauswänden oder Mauern werden durch Annahme von Spiegelschallquellen nach Abschnitt 5.6 berücksichtigt. Für jede Spiegelschallquelle wird der Beurteilungspegel nach Gleichung (14) getrennt berechnet.

5.2 Zu- oder Abschläge ΔL_K

Bei Straßenverkehr ist der Zuschlag ΔL_K für erhöhte Störwirkung von lichtzeichengeregelten Kreuzungen und Einmündungen Tabelle 6 zu entnehmen.

Befindet sich der Immissionsort im Einflußbereich mehrerer lichtzeichengeregelter Kreuzungen oder Einmündungen, so ist nur der Zuschlag für die nächstgelegene Kreuzung oder Einmündung zu berücksichtigen.

Bei Schienenverkehr auf besonderem, unabhängigen Bahnkörper ist außerhalb von Bahnhöfen ΔL_K = - 5 dB anzuwenden; dadurch wird der im Vergleich zum Straßenverkehrslärm geringeren Lästigkeit des Schienenverkehrslärms Rechnung getragen.

Bei anderen Schallquellen sind bei der Messung gegebenenfalls erforderliche Zu- und Abschläge nach DIN 45 645 Teil 1 oder VDI 2058 Blatt 1 in Ansatz zu bringen.

Tabelle 6. **Zuschlag ΔL_K für erhöhte Störwirkung von lichtzeichengeregelten Kreuzungen und Einmündungen**

Spalte	1	2
Zeile	Abstand des Immissionsortes vom nächsten Schnittpunkt der Achsen zweier sich kreuzender oder zusammentreffender Fahrbahnen	ΔL_K dB
1	0 bis 40 m	3
2	über 40 bis 70 m	2
3	über 70 bis 100 m	1

5.3 Mehrere Schallquellen

Kommt zu einer Schallquelle eine zweite hinzu, so erhöht sich dadurch der Beurteilungspegel nach Bild 8.

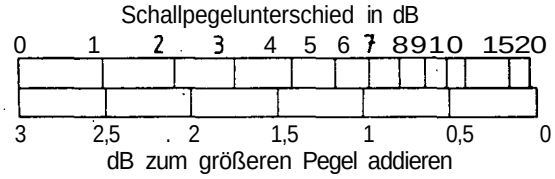


Bild 8. Pegelerhöhung durch eine zweite Schallquelle.

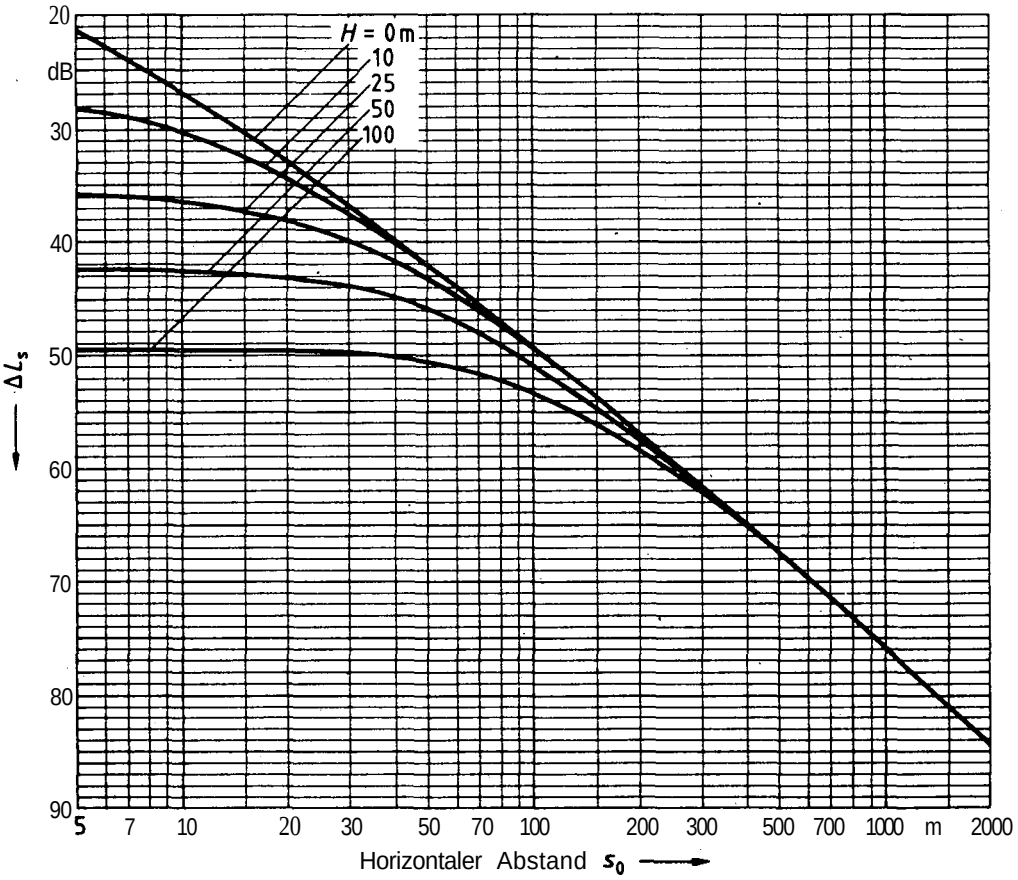


Bild 9. Diagramm zur Ermittlung von ΔL_s für eine Punktschallquelle als Funktion des horizontalen Abstandes s_0 des Immissionsortes von der Schallquelle und des Höhenunterschiedes H zwischen Immissionsort und Schallquelle unter Berücksichtigung der Absorption in der Luft und am Boden.

$$\Delta L_s = (8{,}8 + 8{,}2^* + x^2/2)\ \text{dB} \qquad (16)$$

mit $x = \lg\left(s_0^2 + H^2\right)$

Hierin bedeuten:

s_0 horizontaler Abstand des Immissionsortes von der Mitte der Schallquelle in m

H Höhenunterschied (siehe Bild 10) zwischen Immissionsort und Schallquelle in m.

Um den resultierenden Beurteilungspegel von mehr als zwei Schallquellen (auch Teilschallquellen oder Spiegelschallquellen) zu bestimmen, berechnet man zunächst mit Hilfe von Bild 8 den resultierenden Beurteilungspegel für die beiden leisesten, faßt dann beide zusammen als eine auf, addiert dazu die Pegelerhöhung durch die drittleiseste, usw.

Der resultierende Beurteilungspegel aus n Einzelpegeln $L_{r,i}$ kann genau nach der Gleichung

$$L_r = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^{n} 10^{0{,}1\, L_{r,i}/\mathrm{dB}} \right) \mathrm{dB} \qquad (15)$$

berechnet werden.

Beurteilungspegel von Industrie- und Gewerbelärm und Beurteilungspegel von vergleichbaren öffentlichen Betrieben sollen nicht mit denen von anderen Schallquellen (öffentlicher Verkehr) zusammengefaßt, sondern getrennt berechnet und beurteilt werden.

5.4 Ungehinderte Schallausbreitung

Der Schallpegel nimmt bei ungehinderter Schallausbreitung mit zunehmendem Abstand von einer Schallquelle dadurch ab, daß die Fläche, auf die sich die abgestrahlte Schalleistung verteilt, größer wird und daß während der Ausbreitung Schallenergie in der Luft und am Boden absorbiert wird [2].

ΔL_s für eine Punktschallquelle bei freier Schallausbreitung in Abhängigkeit vom horizontalen Abstand s_0 und dem Höhenunterschied H zwischen Immissionsort und Schallquelle ist Bild 9 zu entnehmen.

Anmerkung: Bild 9 gilt für Verkehrslärm und Industriegeräusche mit ähnlicher Frequenzzusammensetzung. Für Geräusche mit hervortretenden tief- oder hochfrequenten Anteilen wird auf VDI 2714 (z. Z. Entwurf) hingewiesen.

5.5 Wirkung von Hindernissen auf die Schallausbreitung

5.5.1 Einzelhindernisse

Hinter einem schallundurchlässigen Hindernis (z. B. Mauer, Häuserzeile, Geländeerhebung) bildet sich ein Schallschatten, in den nur um die Kanten des Hindernisses gebeugter Schall gelangt; dadurch tritt hinter dem Hindernis eine Pegelminderung ΔL_z ein. Um die erforderliche Höhe einer Abschirmung zu bestimmen, muß ΔL_z für verschiedene Wandhöhen berechnet und gegebenenfalls interpoliert werden.

Die Pegelminderung ΔL_z ist um so größer, je größer der Schirmwert z ist; z ist der kürzeste Umweg des Schalles über oder um das (die) Hindernis(se) gegenüber der direkten Verbindung zwischen Schallquelle und Immissionsort (siehe Bild 10).

$$z = A + B - C \qquad (17)$$

Anmerkung 1: Bei der Bestimmung von z ist zu beachten, daß z nur wenige cm betragen kann und im allgemeinen sehr klein im Verhältnis zu den drei Größen A, B und C ist. Deshalb genügt es nicht, diese aus einer Zeichnung abzugreifen.

Näherungsweise (wenn $a > h_{eff}$ und $b > h_{eff}$) gilt

$$z \approx \frac{h_{eff}^2}{2} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) \qquad (18)$$

Für $h_{eff} < 0$ gilt hier $z = 0$

Anmerkung 2: Die Größen h_{eff}, a und b können aus einer Schnittzeichnung abgegriffen werden.

Eine merkliche Pegelminderung tritt erst ein, wenn das Hindernis die Sichtverbindungslinie zwischen Schallquelle und Immissionsort deutlich überragt. Der Schirmwert z kann aus dem Diagramm Bild 11 abgelesen werden, wobei a und b vertauscht werden können.

Für eine Punktschallquelle kann die Pegelminderung ΔL_z aus den Bildern 12, 13 oder 14 abgelesen oder nach den dazugehörigen Gleichungen (19), (20) oder (21) berechnet werden, wenn das Hindernis senkrecht zur Bildebene in Bild 10 nach beiden Seiten mindestens um $5 \cdot h_{eff}$ über den Rand der Schallquelle hinausragt.

Anmerkung 3: Wenn diese Länge unterschritten wird, muß gegebenenfalls die Beugung seitlich um das Hindernis berücksichtigt werden (siehe VDI 2720 Blatt 1 (z. Z. Entwurf)).

Es gelten für

- Straßenverkehrsgeräusche

$$\Delta L_z = \left[10 \lg \left(1 + 80 \frac{z}{m} K_W \right) \right] \mathrm{dB} > 0 \mathrm{\ dB} \qquad (19)$$

angenommene Höhe der Schallquelle: 0,5 m über der Mitte des betrachteten Fahrstreifens;

- Schienenverkehrsgeräusche

$$\Delta L_z = \left[10 \lg \left[1 + \left(1 + 50 \frac{z}{m} \right) K_W \right] \right] \mathrm{dB} \geq 0 \mathrm{\ dB} \qquad (20)$$

angenommener Ort der Schallquelle: Oberkante der dem Immissionsort nächstgelegenen Schiene des betrachteten Gleises;

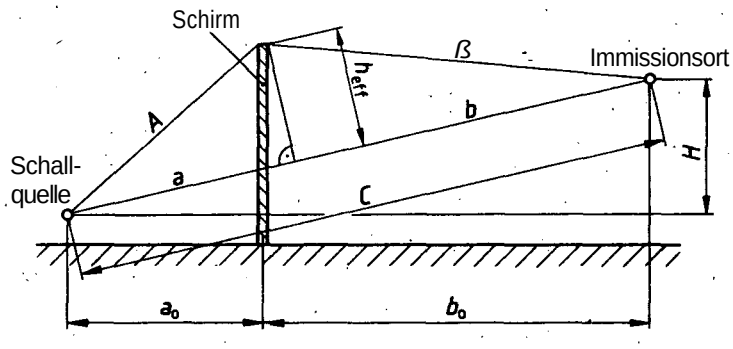


Bild 10. Zur Definition des Schirmwertes z

[2] Siehe Seite 10.

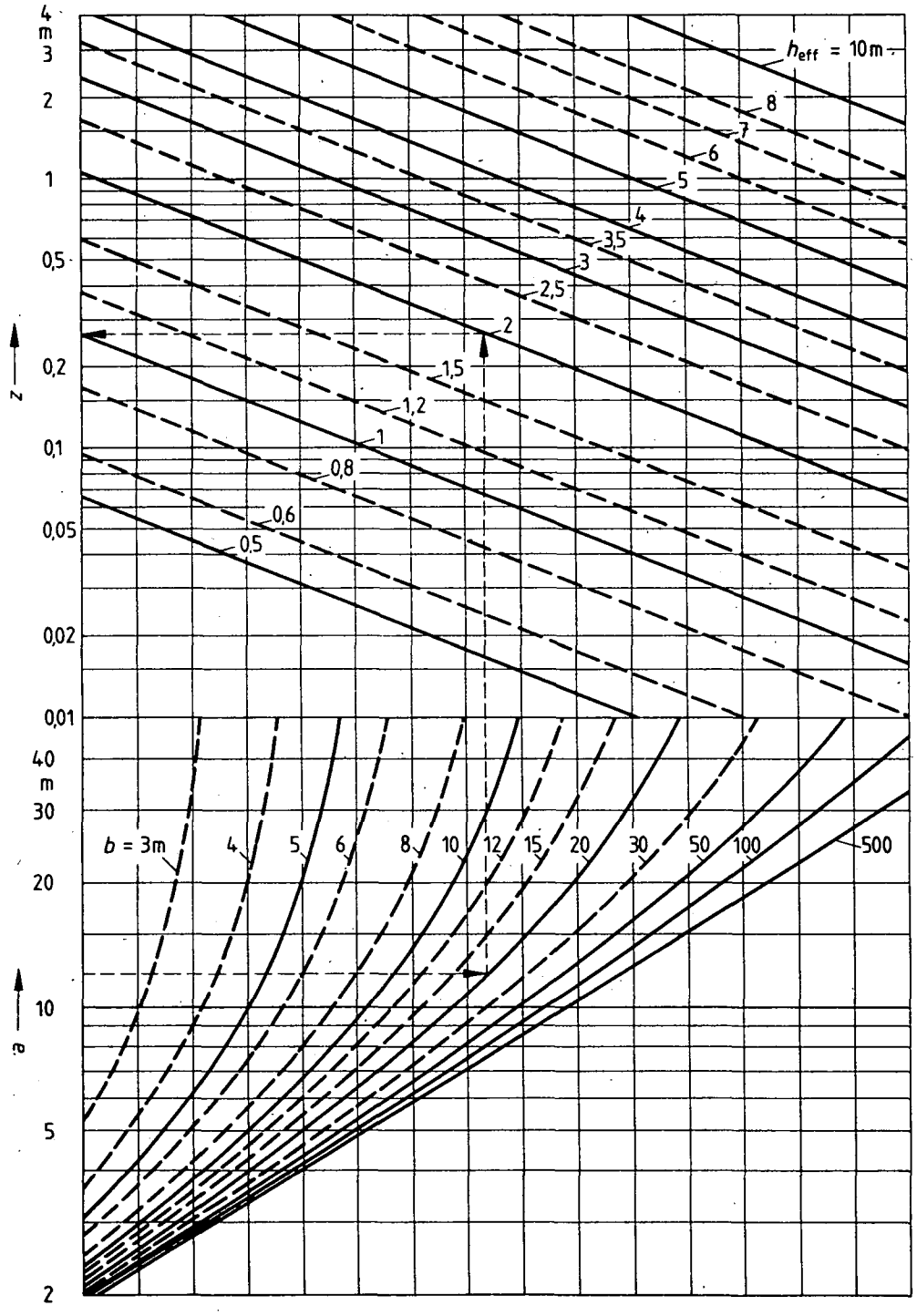


Bild 11. Diagramm zur Bestimmung des Schirmwertes z

Eingezeichnetes **Beispiel**: a = 12 m, b = 20 m, h_{eff} = 2 m, z = 0,27 m

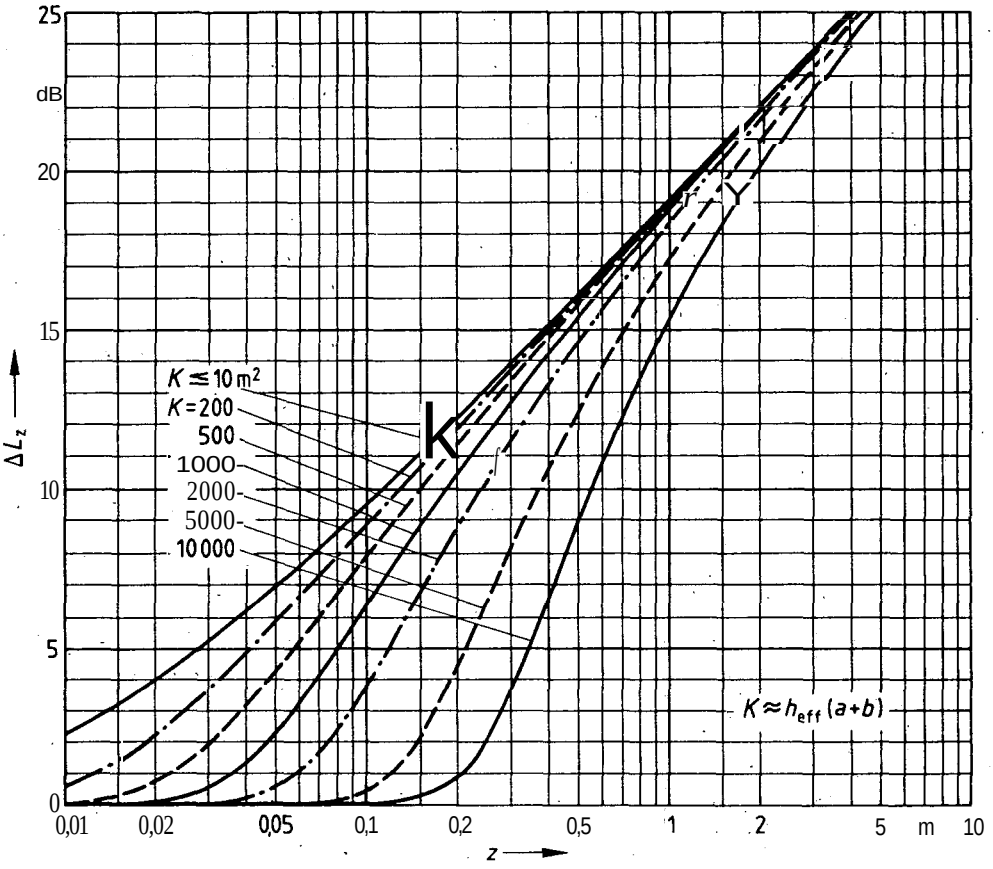


Bild 12. Diagramm zur Bestimmung von ΔL_z für Straßenverkehrsgeräusche

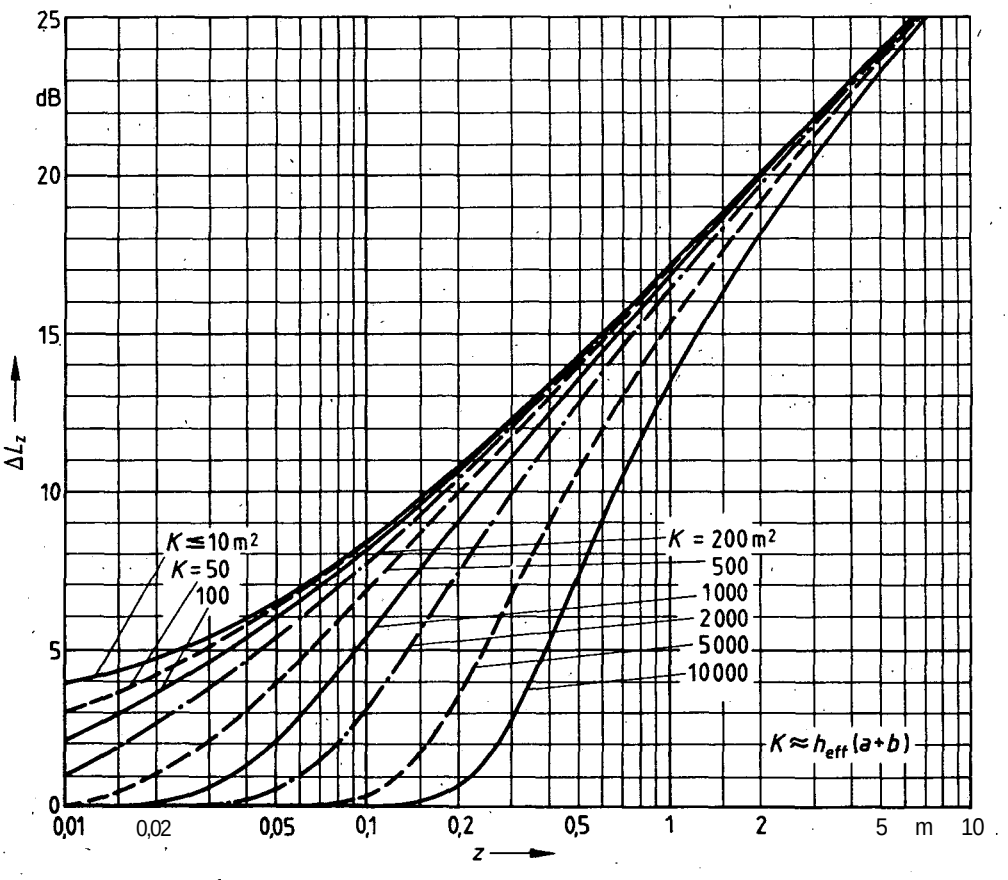


Bild 13. Diagramm zur Bestimmung von ΔL_z für Schienenverkehrsgeräusche

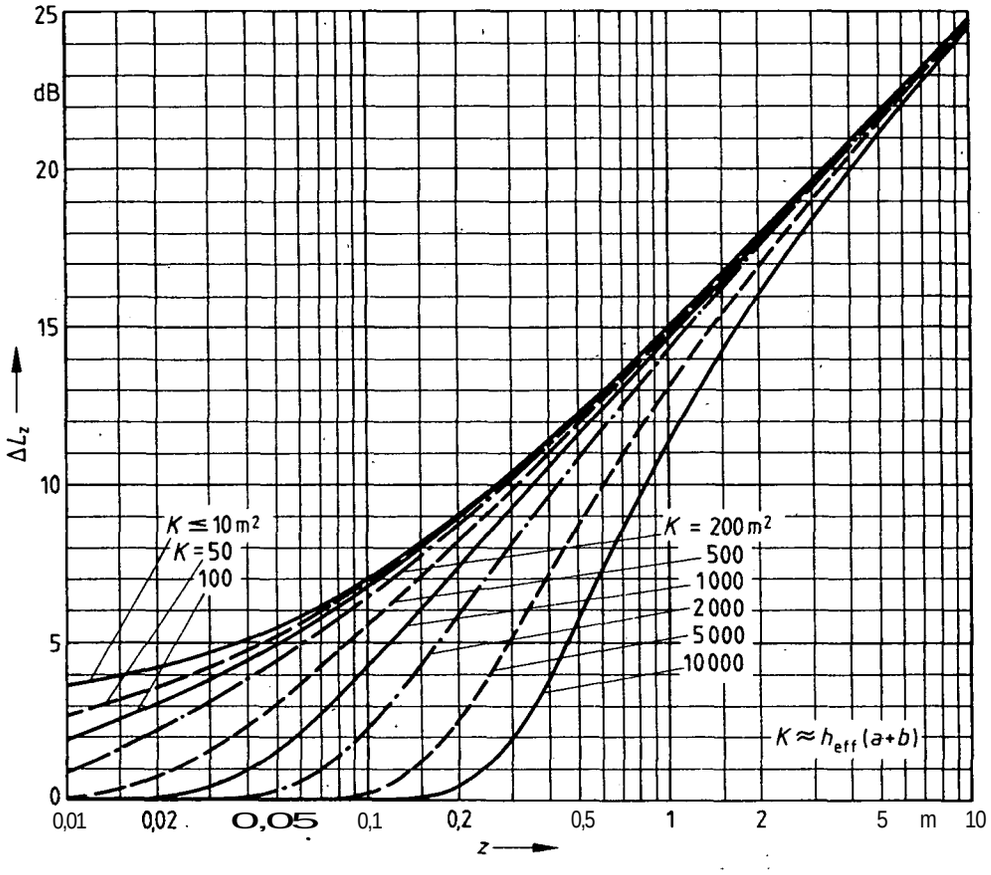


Bild 14. Diagramm zur Bestimmung von ΔL_z für Industriegeräusche

- übliche Industriegeräusche (breitbandige Geräusche mit Frequenzschwerpunkt bei etwa 700 Hz)

$$\Delta L_z = \left[10 \lg \left[1 + (1 + 30\frac{z}{m}) K_W\right]\right] \text{ dB} > 0 \text{ dB} \quad (21)$$

mit

$$K_W = e^{-\left(\frac{a \cdot b}{h_{eff} \cdot 5700\,m}\right)} = e^{-\left(\frac{K}{z \cdot 11400\,m}\right)} \quad (22)$$

mit

$K \approx h_{eff}\,(a + b)$

KW Korrektur zur Berücksichtigung von Wettereinflüssen

Anmerkung 4: Bei Industrie- und Gewerbegebieten liegen die relevanten Schallquellen meistens sehr hoch.

Legt man bei ausgedehnten Schallquellen für die Berechnung der Pegelminderung durch Abschirmung den Punkt der Schallquelle zugunde, für den ΔL_z am kleinsten ist, so liegt man auf der sicheren Seite, d. h., man erhält meist zu hohe Beurteilungspegel.

Durch Unterteilung der Schallquelle in Teilschallquellen läßt sich die Genauigkeit erhöhen.

Die Wirksamkeit von Abschirmeinrichtungen soll in kritischen Fällen nach VDI 2720 Blatt 1 (z. Z. Entwurf) berechnet werden.

Vor den Fenstern auf der von Schallquellen abgewandten Seite eines Hauses kann ohne rechnerischen Nachweis mit einem 10 dB niedrigeren Schallpegel gerechnet werden als auf der lauten Seite, vorausgesetzt, daß kein Schall von anderen Flächen dorthin reflektiert wird.

5.5.2 Gehölz und Bebauung

Spürbare Pegelminderungen durch Gehölz und offene Bebauung werden in der Regel erst bei längeren Schallausbreitungswegen erreicht. Angaben in der Literatur über die Minderungswirkung verschiedener Bewuchsarten und -anordnungen streuen stark. Für Planungszwecke kann zur Bestimmung von ΔL_G von folgenden Angaben ausgegangen werden:

- Niederer Bewuchs

  Die Schallpegelminderung bei Ausbreitung über niedrig bewachsenen Bodenflächen (Bodenabsorption) wird nicht zusätzlich berücksichtigt.

- Gehölze

  Für dichte Waldbepflanzungen mit bleibender Unterholzausbildung kann für Verkehrsgeräusche eine zusätzliche Schallpegelminderung angenommen werden. Sie beträgt für punktförmige Schallquellen 5 dB je 100 m und für lange, gerade Verkehrswege - nach Abschnitt 6.1 - 6 dB je 100 m, jedoch in beiden Fällen höchstens 10 dB.

  Die Werte dürfen nur dann angesetzt werden, wenn der Wald bis nahe (50 m oder weniger) an den Verkehrsweg oder an den Immissionsort heranreicht.

- Bebauung

  Die Pegelminderung infolge Abschirmung durch Bebauung kann nach Abschnitt 5.5.1 berechnet werden.

  Sonst kann bei Schallausbreitung durch bebautes Gebiet näherungsweise mit einer zusätzlichen Pegelminderung in dB

$$\Delta L_G \approx 0{,}1 \cdot D \cdot s_G \quad (23)$$

gerechnet werden. Hierin ist SG die Teillänge der Strecke s zwischen Schallquelle und Immissionsort, die im bebauten Gebiet liegt (siehe Bild 15). Die Bebauungsdichte *D* ist das Verhältnis der bebauten Räche zur Gesamtfläche des Baugebietes; als Grenze des Baugebietes gilt der äußere Rand der Bebauung.

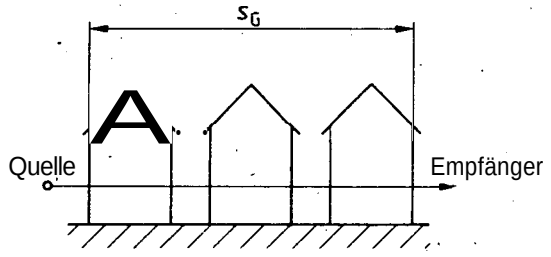


Bild 15. Abschirmung durch Bebauung

Die Werte dürfen nur dann angesetzt werden, wenn die Bebauung bis nahe (50 m oder weniger) an die Quelle oder an den Immissionsort heranreicht.

Wenn gleichzeitig offene Bebauung und Gehölz vorhanden sind, ist der höhere von beiden Werten anzusetzen, jedoch maximal ΔL_G = 10 dB.

5.6 Schallpegelerhöhung durch Reflexion

Befindet sich nahe der Schallquelle oder einem Immissionsort eine größere Fläche (z. B. Mauer, Hausfront), so ist der von dort reflektierte Schall dadurch zu berücksichtigen, daß man sich die reflektierende Fläche *F* durch die an ihr gespiegelte Schallquelle (Spiegelschallquelle) ersetzt denkt (in Bild 16 mit einer Strich-Zweipunktlinie eingezeichnet). Wenn die Originalschallquelle gegen einen Empfänger abgeschirmt ist, die Spiegelschallquelle aber nicht, dann kann die letztere die Schallimmission wesentlich bestimmen.

Spiegelschallquellen sind wie Originalschallquellen zu behandeln.

Der Schalleistungspegel der Spiegelschallquelle wird niedriger angenommen als der der Originalschallquelle, weil bei der Reflexion durch Absorption oder Streuung ein Teil der auftreffenden Schallenergie verlorengeht.

Bei jeder Reflexion ist deshalb bei glatten Wänden ein Reflexionsverlust von 1 dB, bei stark strukturierten Wänden (z. B. Hausfronten mit Baikonen) ein Reflexionsverlust von 2 dB anzunehmen.

Der Reflexionsverlust von reflektierenden [3]) Lärmschutzwänden wird mit 1 dB, von absorbierenden [3]) Lärmschutzwänden mit 4 dB und von hochabsorbierenden [3]) Lärmschutzwänden mit 8 dB angenommen.

Zur Pegelerhöhung durch Mehrfachreflexion in beiderseits bebauten Straßen siehe Abschnitt 6.3.

6 Rechenverfahren für Verkehrswege

Bei Straßen werden die Beurteilungspegel für die beiden äußersten Fahrstreifen, bei Schienenwegen für jedes Gleis, getrennt berechnet und dann nach Abschnitt 5.3 zusammengefaßt. Dabei wird für jeden der beiden Fahrstreifen mit der Hälfte der Verkehrsmenge auf der Straße und für jedes Gleis mit der jeweils zugehörigen Verkehrsmenge gerechnet.

Wenn der Abstand des Immissionsortes von der Mittelachse des Verkehrsweges größer als der Abstand zwischen den Achsen der beiden äußersten Fahrstreifen oder beiden äußersten Gleise ist, kann stattdessen für die Berechnung die Schallquelle auf der Mittelachse angenommen werden.

6.1 Langer, gerader Verkehrsweg mit homogener Emission bei freier Schallausbreitung

Der Beurteilungspegel an einem Verkehrsweg kann bei freier Schallausbreitung nach dem in diesem Abschnitt beschriebenen Verfahren berechnet werden, wenn folgende Bedingungen (siehe Bilder 17 und 18) eingehalten sind:

a) Vom Immissionsort muß nach beiden Seiten ein Stück des Verkehrsweges eingesehen werden, das mindestens dreimal so lang ist wie der Abstand $s_\perp$ des Immissionsortes vom Verkehrsweg, d. h., es muß

$$l_1 > 3\, s_\perp \text{ und } l_2 > 3\, s_\perp$$

sein. (Wenn das einzusehende Stück kürzer ist, ergibt das Verfahren zu hohe Beurteilungspegel.)

b) Die Achse des Verkehrsweges muß im Lageplan innerhalb des im Bild 18 gekennzeichneten Bereiches verlaufen.

c) Die Emission muß homogen, d. h. auf der gesamten, nach a) beschriebenen Länge gleich sein (auf der gesamten Länge gleiche Verkehrsmenge, Verkehrszusammensetzung, Fahrgeschwindigkeit, Fahrbahnoberfläche, Steigung).

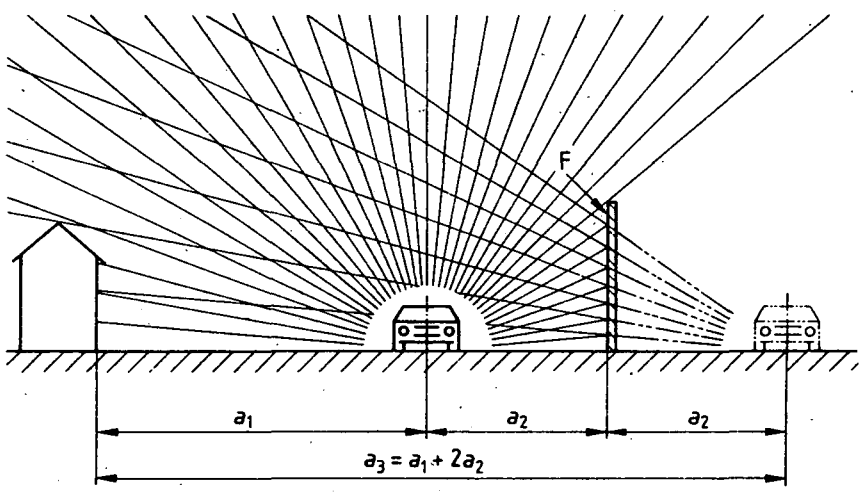


Bild 16. Spiegelung einer Schallquelle

[3]) Die Klassifizierung erfolgt nach den „Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Straßen" (ZTV-Lsw 81) und kann vom Hersteller erfragt werden. Bei Lärmschutzwänden nach der „Richtlinie für bauliche Lärmschutzanlagen an Eisenbahnstrecken (RLE) - DS 800/Kabi – " Reflexion vernachlässigt werden.

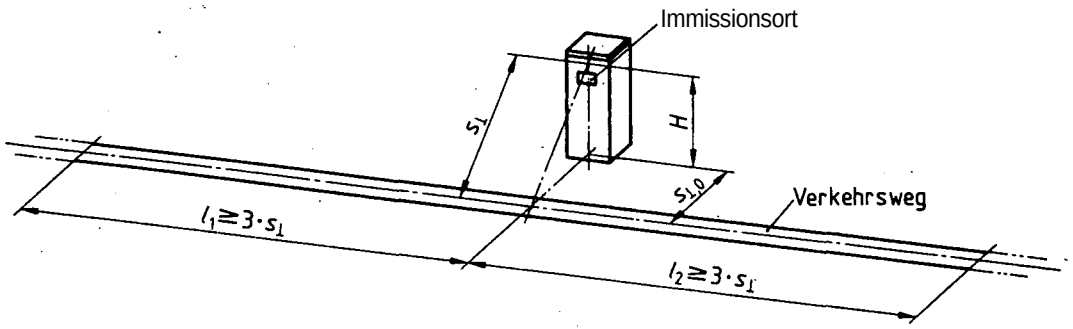


Bild 17. Bedingungen bei langen, geraden Verkehrswegen

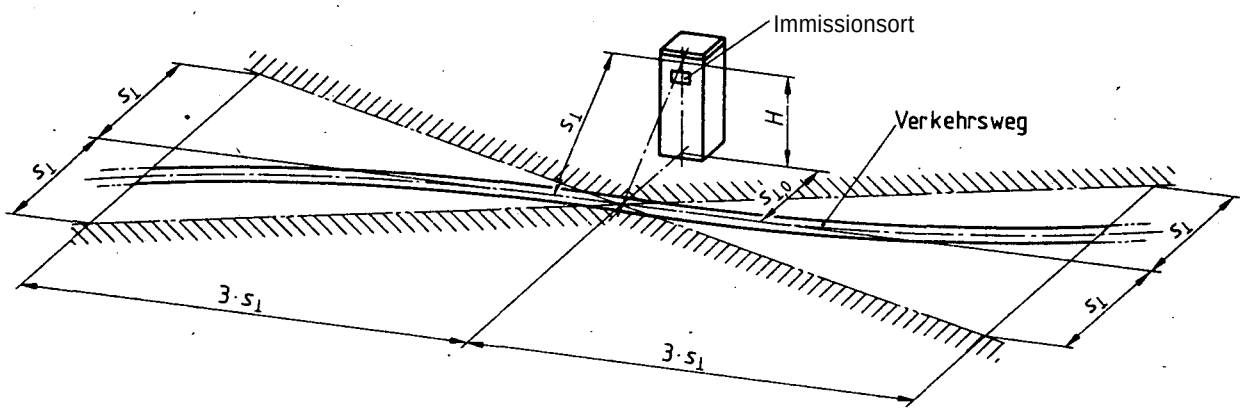


Bild 18. Bedingungen bei langen, geraden Verkehrswegen

6.1.1 Lange, gerade Straße

Der Beurteilungspegel wird für tags (6.00 bis 22.00 Uhr) und für nachts (22.00 bis 6.00 Uhr) nach folgender Gleichung berechnet:

$$L_r = L_{m,E} - \Delta L_{s,\perp} + \Delta L_K \quad (24)$$

mit $L_{m,E} = L_m^{(25)} + \Delta L_{StrO} + \Delta L_v + \Delta L_{Stg}$ (25)

Hierin bedeuten:

$L_{m,E}$ Emissionspegel

ΔL_K Zuschlag nach Tabelle 6 für erhöhte Störwirkung von lichtzeichengeregelten Kreuzungen und Einmündungen

$\Delta L_{s,\perp}$ Korrektur für unterschiedliche horizontale Abstände $s_{\perp,0}$ und Höhenunterschiede H zwischen der Schallquelle und der zu schützenden baulichen Anlage (Immissionsort) nach Bild 19

$L_m^{(25)}$, ALstrO. ΔL_v und ΔL_{Stg} siehe Abschnitt 4.1.1.

6.1.2 Schienenweg

Der Beurteilungspegel L_r von einem Gleis wird für tags (6.00 bis 22.00 Uhr) und für nachts (22.00 bis 6.00 Uhr) nach folgender Gleichung berechnet:

$$Lr = L_{m,E} - \Delta L_{s,\perp} + \Delta L_K \quad (27)$$

Hierin bedeuten:

$L_{m,E}$ Mittelungspegel in 25 m Abstand („Emissionspegel") von der Mitte des betrachteten Gleises für alle auf dem Gleis verkehrenden Zuggattungen zusammen als Gesamtpegel, der sich durch Überlagerung (siehe Abschnitt 5.3) der nach folgender Gleichung bestimmten Teilschallpegel ergibt:

$$L_{m,E,i} = 51 \text{ dB} + \Delta L_{l,i} + \Delta L_{v,i} + \Delta L_{D,i} + \Delta L_{F,i} \quad (28)$$

Hierin bedeuten:

$\Delta L_{l,i}$ $10 \lg \left(\frac{n_i \cdot l_i}{100} \right)$ dB; Korrektur nach Bild 5 zur Berücksichtigung der mittleren Anzahl der Züge je Stunde n_i und der mittleren Zuglänge l_i in m

$\Delta L_{v,i}$ $20 \lg \left(\frac{v_i}{100} \right)$ dB; Korrektur nach Bild 6 zur Berücksichtigung der mittleren Geschwindigkeit v_i in km/h

$\Delta L_{D,i}$ $10 \lg (7{,}95 - 0{,}0695 \cdot p_i)$ dB; Korrektur nach Bild 7 zur Berücksichtigung des Anteils scheibengebremster Fahrzeuge p_i in %; Straßenbahnen sind grundsätzlich als klotzgebremste Fahrzeuge anzusetzen

$\Delta L_{F,i}$ Korrektur nach Tabelle 5 zur Berücksichtigung der Zugart

$\Delta L_{s,\perp}$ Korrektur nach Bild 19 für unterschiedliche horizontale Abstände $s_{\perp,0}$ und Höhenunterschiede H zwischen der jeweiligen Gleisachse und der zu schützenden baulichen Anlage

$\Delta L_K = -5$ dB an freien Strecken (siehe Abschnitt 5.2).

6.2 Lange, parallele Abschirmung

Durch eine ausreichend lange Abschirmeinrichtung (Wall, Wand, auch Häuserzeile) parallel zu einem langen, geraden Verkehrsweg verringert sich der nach Abschnitt 6.1 berechnete Beurteilungspegel um den Wert $\Delta L_{z,\perp}$, der nach Abschnitt 6.2.1 berechnet werden kann.

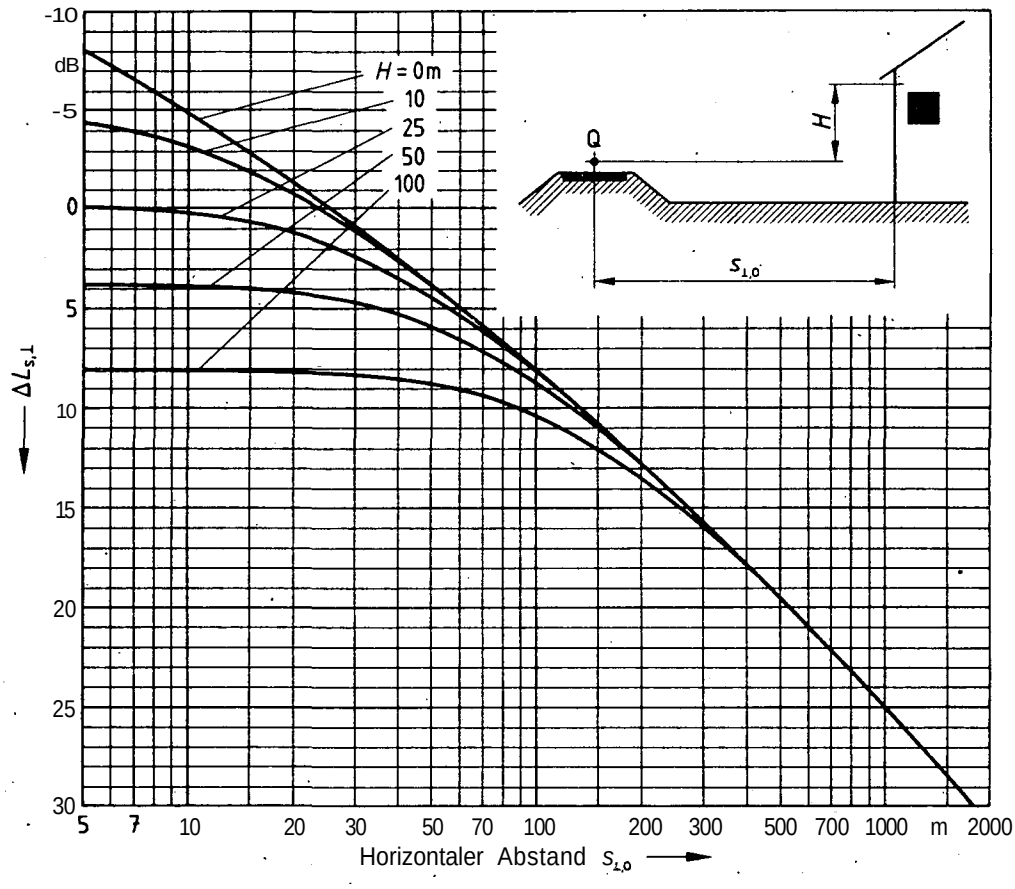


Bild 19. Korrektur $\Delta L_{s,\perp}$ für unterschiedliche horizontale Abstände $s_{\perp,0}$ (in m) und Höhenunterschiede H (in m) zwischen der Schallquelle und der zu schützenden baulichen Anlage (Immissionsort)

Hierin bedeuten:

$$\Delta L_{s,\perp} = (-13{,}8 + 3{,}5x + x^2/2)\ \text{dB} \qquad (26)$$

mit* $= \lg\left(\frac{s_{\perp,0}^2 + H^2}{m^2}\right)$

Wenn der Immissionsort unter Straßen- oder Gleisniveau liegt, treten zusätzlich Abschirmeffekte auf, die nach Abschnitt 6.2 berechnet werden.

6.2.1 Straße

Für einen langen, geraden Fahrstreifen gilt:

$$\Delta L_{z,\perp} = -\left[8 \cdot \lg\left(1 + 80 \cdot \frac{z}{m}\right) - 0{,}1\left|\sqrt{\frac{K}{m^2}}\right|\right] \text{dB} \geq 0\ \text{dB}, \quad (29)$$

wenn die Länge der Abschirmeinrichtung senkrecht zur Bildebene in Bild 10 nach beiden Seiten mindestens $0{,}4 \cdot \frac{\Delta L_{z,\perp} \cdot b}{\text{dB}}$ beträgt.

Hierin bedeuten:

z Schirmwert nach den Gleichungen (17) oder (18) für einen Querschnitt senkrecht zur Straße

$K = h_{\text{eff}}$ (a + *b)* nach Abschnitt 5.5.1 für die Ebene senkrecht zur Straße.

Bei Straßen mit mehreren Fahrstreifen kann für die Berechnung der Pegelminderung durch Abschirmung die Schallquelle in der Mitte der Straße angenommen werden, wenn für den am weitesten entfernten Fahrstreifen noch die Bedingung

$$HE < h_W\ (a_0 + b_0)/a_0 \qquad (30)$$

erfüllt ist (siehe Bild 20), d. h., keine Sichtverbindung mehr zum Immissionsort besteht.

6.2.2 Schienenweg

Für ein langes, gerades Gleis gilt:

$$\Delta L_{z,\perp} = \left[9{,}4 \cdot \lg\left[1 + \left(1 + 50 \cdot \frac{z}{m}\right) K_W\right]\right] \text{dB} \geq 0\ \text{dB} \qquad (31)$$

Hierin bedeuten:

z Schirmwert nach den Gleichungen (17) oder (18) für einen Querschnitt senkrecht zum Gleis

KW Korrektur zur Berücksichtigung von Wettereinflüssen nach Gleichung (22) für einen Querschnitt senkrecht zum Gleis.

Vorausgesetzt ist, daß die Abschirmeinrichtung senkrecht zur Bildebene in Bild 10 nach beiden Seiten mindestens die Länge *5b* hat. Für die Berechnung von ΔL_z für kürzere Schirme wird auf die „Information Schall 03" und „Information Akustik 04" verwiesen.

6.3 Mehrfachreflexion bei beiderseits geschlossener Bebauung

Wenn ein Verkehrsweg beiderseits geschlossen bebaut ist, erhöht sich der Beurteilungspegel gegenüber freier Schallausbreitung nach Abschnitt 6.1 - zuzüglich zur Einfachreflexion von der gegenüberliegenden Hausfrpnt nach Abschnitt 5.6 - durch die Mehrfachreflexion um den Wert ΔL_{refl} nach Tabelle 7.

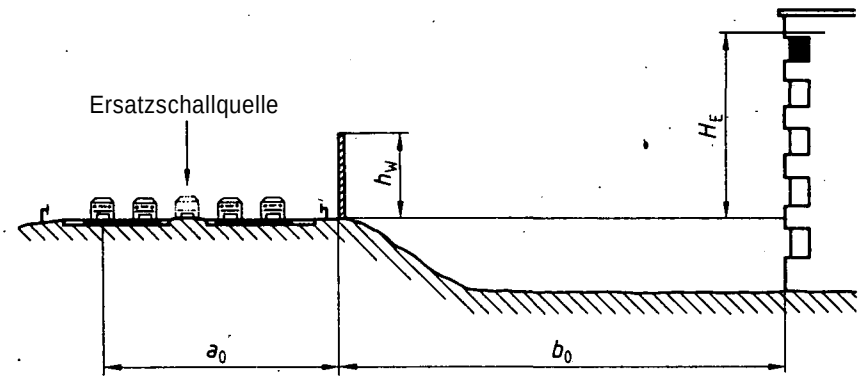


Bild 20. Darstellung zur Berechnung von Abschirmungen an Straßen

Tabelle 7. **Pegelerhöhung durch Mehrfachreflexion bei beiderseits geschlossener Bebauung**

Spalte	1	2
Zeile	h/w	ΔL_{refl} dB
1	0,1	0
2	0,3	1
3	0,5	2
4	0,8	3

h **mittlere** Gebäudehöhe
w mittlerer Abstand zwischen den Hausfronten
Zwischenwerte sind linear zu interpolieren.

6.4 Unterteilung eines Verkehrsweges in annähernd gerade Teilstücke mit homogener Emission

Verkehrswege, die nicht den Bedingungen in Abschnitt 6.1 genügen, müssen in ausreichend kleine, annähernd gerade und homogene Teilstücke unterteilt werden. Dann berechnet man für jedes Teilstück i mit der Länge l_i den Beurteilungspegel $L_{r,i}$ nach Gleichung (14) mit LW nach Gleichung (2) und $L_{W'}$ nach Gleichung (4) oder Gleichung (8) und faßt anschließend alle $L_{r,i}$ nach Abschnitt 5.3 zum resultierenden Beurteilungspegel zusammen.

Die Länge l_i eines Teilstückes braucht nicht kleiner als 0,7 Sj gemacht zu werden (s_i ist der Abstand des Immissionsortes von der Mitte des Teilstückes), wenn

a) die Emission längs des Teilstückes konstant ist,

b) bei vorhandener Abschirmung die Schirmkante parallel zu dem Teilstück verläuft und sich - vom Immissionsort gesehen - mindestens über die gesamte Länge des Teilstückes erstreckt,

c) Gehölz und/oder Bebauung (siehe Abschnitt 5.5.2) zwischen dem Teilstück und dem Immissionsort sich - vom Immissionsort gesehen - über die gesamte Länge des Teilstückes erstreckt,

sonst ist eine feinere Unterteilung erforderlich (siehe Abschnitt 3.1).

Die Beiträge zum Beurteilungspegel von Teilstücken, deren Abstände vom Immissionsort mehr als das 10fache des Abstandes des dem Immissionsort nächsten Teilstückes oder mehr als 5 km betragen, können vernachlässigt werden.

6.5 Vom Immissionsort wegführendes Straßenteilstück

Verläuft ein Straßenabschnitt innerhalb eines nach Bild 21 begrenzten Sektors vom Immissionsort stetig weg und ist Sf $\geq 3\ s_n$ und $H < s_{n,0}/3$, so kann der Beurteilungspegel für diesen Straßenabschnitt bei freier Schallausbreitung näherungsweise nach der Gleichung

$$L_{r,i} = L_{r,s} - 5{,}5\ \text{dB} \qquad (32)$$

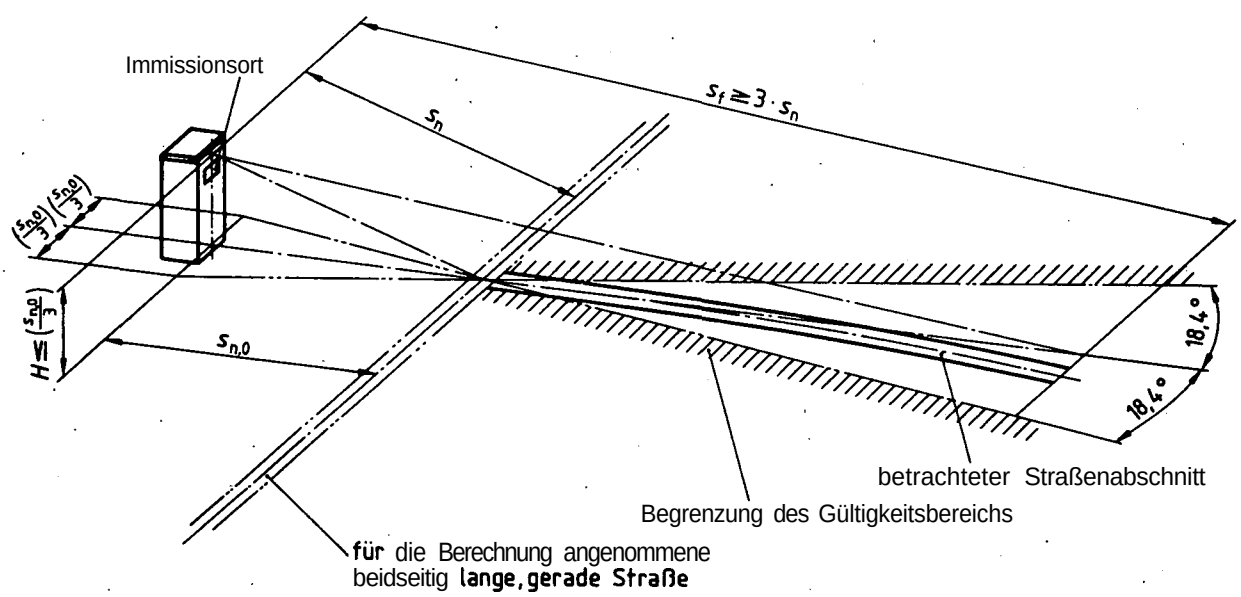


Bild 21. Vom Immissionsort wegführendes Straßenteilstück

berechnet werden. Hierin ist $L_{r,s}$ der nach Abschnitt 6.1.1 für die in Bild 21 mit einer Strich-Zweipunktlinie eingezeichnete lange, gerade Straße berechnete Beurteilungspegel.

Anwendungsbeispiele

Beispiel 1: Lange, gerade Straße mit Kraftfahrzeug- und Straßenbahnverkehr ohne Abschirmung

Der Beurteilungspegel an einem Haus soll berechnet werden, das sich in 50 m Abstand von der Achse einer zweistreifigen langen, geraden Gemeindeverbindungsstraße befindet, die von dem Haus vollständig eingesehen werden kann. Höhe des Immissionsortes $H = 4$ m. Die Berechnung erfolgt in diesem Fall nach Abschnitt 6.1.1.

Die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke beträgt

$DTV = 8000$ Kfz/24 h.

Da keine weiteren projektbezogenen Angaben über die Verkehrsdaten vorliegen, wird die maßgebende stündliche Verkehrsstärke M und der maßgebende Lkw-Anteil nach Tabelle 4 ermittelt: Nach Tabelle 4, Zeile 3, ist

tags: M = 0,06 DTV = 480 Kfz/h, p = 20 %

nachts: M = 0,008 DTV = 64 Kfz/h, p = 10 %.

Aus Bild 3 ergibt sich der Mittelungspegel $L_m^{(25)}$ zu

tags: $L_m^{(25)}$ = 68,3 dB

nachts: $L_m^{(25)}$ = 58,0 dB.

Die Straße hat eine Fahrbahn aus Beton, dafür ergibt sich aus Tabelle 2

ALstrO = 1 dB.

Die zulässige Geschwindigkeit beträgt 50 km/h, dafür ergibt sich nach Bild 4

tags: $\Delta L_v = -3{,}4$ dB

nachts: $\Delta L_v = -4{,}1$ dB.

Die Steigung beträgt 1 %, somit ist nach Tabelle 3

ALstg = 0 dB.

Die Abstandskorrektur beträgt nach Bild 19 für $s_{\perp,0}$ = 50 m und H = 4 m

$\Delta L_{s,\perp}$ = 3,9 dB.

Der Beurteilungspegel der Kfz-Geräusche am Immissionsort beträgt somit nach Gleichung (24)

tags: L_r = (68,3 + 1 - 3,4 - 3,9) dB = 62,0 dB

nachts: Lr = (58.0 + 1 - 4,1 - 3,9) dB = 51,0 dB.

Auf der Straße verkehren tags « = 20 und nachts im Mittel n = 4 Straßenbahnzüge/h mit v = 50 km/h und l = 30 m Zuglänge.

Aus Bild 5 wird für

«i = 20 Züge/h und l_i = *30 m*

tags: $\Delta L_{l,i}$ = 7,8 dB

und für

n_i = 4 Züge/h und /\ = 30 m

nachts: $\Delta L_{l,i}$ = 0,8 dB

abgelesen.

Die Geschwindigkeitskorrektur nach Bild 6 beträgt

$\Delta L_{v,i} = 20 \lg (v_i/100)$ dB = - 6 dB.

Die Korrektur nach Bild 7 beträgt

$\Delta L_{D,i}$ = 9 dB

und die Korrektur nach Tabelle 5 beträgt

$\Delta L_{F,i}$ = 3 dB.

Der Emissionspegel beträgt dann nach Gleichung (28)

tags; $L_{m,E}$ = (51 + 7,8 - 6 + 9 + 3) dB = 64,8 dB

nachts: $L_{m,E}$ = (51 + 0,8 - 6 + 9 + 3) dB = 57,8 dB

und der Beurteilungspegel der Straßenbahngeräusche am Haus

tags: L_r = (64,8 - 3,9) dB = 60,9 dB

nachts: L_r = (57,8 - 3,9) dB = 53,9 dB.

Für Kfz- und Straßenbahnverkehr zusammen berechnet sich der Beurteilungspegel nach Gleichung (15) zu

tags: L_r = 64,5 dB, aufgerundet 65 dB

nachts: L_r = 55,7 dB, aufgerundet 56 dB.

Beispiel 2: Immission von Teilstücken einer Straße

Jetzt werden drei Stücke der Straße aus Beispiel 1 betrachtet (siehe Bild 22):

Teilstück 1: y = - ∞ bis y = - 80 m

Teilstück 2: y = -.80 bis y = 35 m

Teilstück 3: y = 35 bis y = ∞ m

Fall 1

Würden die Teilstücke 1 und 3 im Tunnel verlaufen oder wären sie durch sehr hohe Häuserzeilen völlig abgeschirmt, so wäre nur das Teilstück 2 für das Haus als Schallquelle wirksam. Das Teilstück 2 hat eine Länge von 115 m. Es ist somit länger, als die Bedingung nach Gleichung (1) erlaubt, und kann deshalb nicht als eine Punktschallquelle betrachtet werden.

Teilstück 2 wird in drei Stücke unterteilt, die die Bedingung nach Gleichung (1) erfüllen. Der längenbezogene Schalleistungspegel der Straße berechnet sich nachts für die Kfz-Geräusche nach Gleichung (4) zu

$L_{W'}$ = (58 + 1 - 4,1 + 0 + 17,6) dB = 72,5 dB

und für die Straßenbahngeräusche nach Gleichung (8) zu

$L_{W'}$ = (68,6 + 0,8 - 6 + 9 + 3) dB = 75,4 dB.

Für beide zusammen beträgt er nach Bild 8 oder Gleichung (15)

$L_{W'}$ = 77,2 dB.

In Tabelle 8 wird diese zweite Unterteilung und die Berechnung des Beurteilungspegels für nachts (L_r) durchgeführt. Dabei wird L_W nach Gleichung (2) und ΔL_s aus Bild 9 ermittelt.

Der resultierende Beurteilungspegel von Teilstück 2 wird aus den Beurteilungspegeln für nachts L_r schrittweise nach Bild 8 oder nach Gleichung (15) errechnet und beträgt L_r = 53,7 dB, aufgerundet 54 dB.

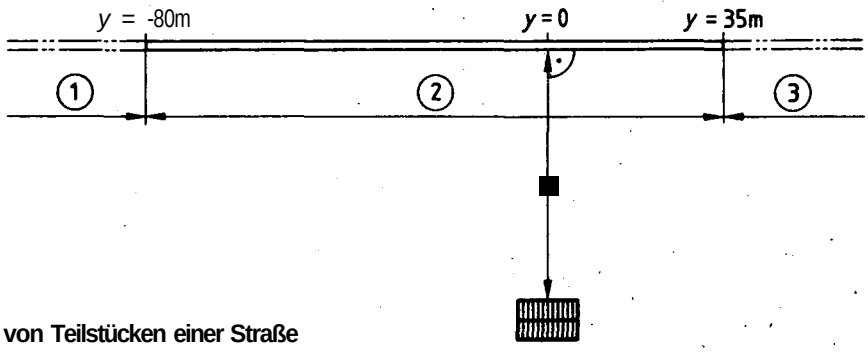


Bild 22. Immission von Teilstücken einer Straße

Tabelle 8. **Berechnung des Beurteilungspegels für nachts L_r**

Spalte	1	2	3	4	5	6	7
Zeile	Teil-stück-Nr	Lage	l m	s m	Lw dB	ΔL_s dB	L_r dB
1	1	-80 bis -35	45	76	93,7	-46,7	47,0
2	2	-35 bis 0	35	53	92,6	-43,0	49,6
3	3	0 bis 35	35	53	92,6	-43,0	49,6

Fall 2

Wäre statt der Teilstücke 1 und 3 das Teilstück 2 durch eine sehr hohe Häuserzeile abgeschirmt oder durch einen Tunnel geführt, so blieben nur die Teilstücke 1 und 3 als Schallquellen übrig. Deren Beitrag zum Beurteilungspegel kann analog zu Gleichung (15), mit Hilfe des Beurteilungspegels $L_{r,G}$ von der gesamten Straße (55,7 dB - siehe Beispiel 1) und dem von dem Teilstück 2 allein (L_2 = 53,7 dB - siehe Fall 1) nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$L_1 = 10 \lg \left(10^{0,1 L_{r,G}/\mathrm{dB}} - 10^{0,1\ L_2/\mathrm{dB}}\right) \mathrm{dB}$$

$$L_r = 10 \lg \left(10^{0,1 \cdot 55,7} - 10^{0,1 \cdot 53,7}\right) \mathrm{dB} = 51,4 \mathrm{dB};$$

d. h., daß selbst durch völlige Abschirmung (Tunnel) des 115 m langen Teilstückes 2 der Beurteilungspegel am Haus nur um etwa 4 dB verringert werden kann.

Beispiel 3: Lange, gerade Straße mit einer langen Lärmschutzwand

Der Mittelungspegel eines langen, geraden Fahrstreifens beträgt in 25 m Abstand 63 dB. Der Immissionsort befindet sich in 100 m Abstand von der Fahrstreifenmitte und in 10,5 m Höhe über Straßenniveau. Bis dahin nimmt der Pegel nach Bild 19 um 8,2 dB auf 54,8 dB ab, wenn freie Schallausbreitung herrscht.

Um den Beurteilungspegel am Immissionsort auf 45 dB zu verringern, wird eine Lärmschutzwand geplant, die eine Pegelminderung um 10 dB bewirken soll (siehe Bild 23).

Nach Abschnitt 6.2.1 ist

$$\Delta L_{z\perp} = \left[8 \cdot \lg\left(1 + 80 \cdot \frac{z}{m}\right) - 0,1 \sqrt{\frac{K}{m^2}}\right] \mathrm{dB},$$

wenn die Wandlänge nach beiden Seiten mindestens

$$0,4 \cdot \frac{\Delta L_{z\perp}}{\mathrm{dB}} \cdot b$$

beträgt.

Die erforderliche Mindesthöhe der Wand wird bestimmt, indem $\Delta L_{z\perp}$ für verschiedene Wandhöhen berechnet und gegebenenfalls interpoliert wird. Im vorliegenden Fall ist

$$h_{\mathrm{eff}} \approx h_W - \frac{10,5 \cdot 0,5}{90 + 10} \cdot 10 \mathrm{\ m} - 0,5 \mathrm{\ m} = h_W - 1,5 \mathrm{\ m}$$

und

$$K \approx h_{\mathrm{eff}} \cdot 100;$$

z wird aus Bild 11 und ΔL_z (für KW = 1) aus Bild 12 abgelesen. Es gilt

$$\Delta L_{z\perp} = 0,8 \cdot \Delta L_z - 0,1 \sqrt{\frac{K}{m^2}} \mathrm{\ dB}.$$

Die Berechnung ist in der Tabelle 9 wiedergegeben.

Tabelle 9. **Berechnung von verschieden hohen Lärmschutzwänden**

Spalte	1	2	3	4	5	6
Zeile	h_W m	h_{eff} m	K m^2	z m	ΔL_z dB	$\Delta L_{z,\perp}$ dB
1	3,5	2	200	0,22	12,7	8,8
2	4,0	2,5	250	0,35	14,6	10,1
3	4,5	3	300	0,5	16,1	11.2

Mit der 4 m hohen Wand wird die geforderte Pegelminderung erreicht, und der Beurteilungspegel beträgt

(54,8 - 10,1) dB = 44,7 dB, aufgerundet 45 dB.

Die erforderliche Länge der Wand beträgt etwa

(2 · 0,4 · 10,1 · 90) m ≈ 730 m.

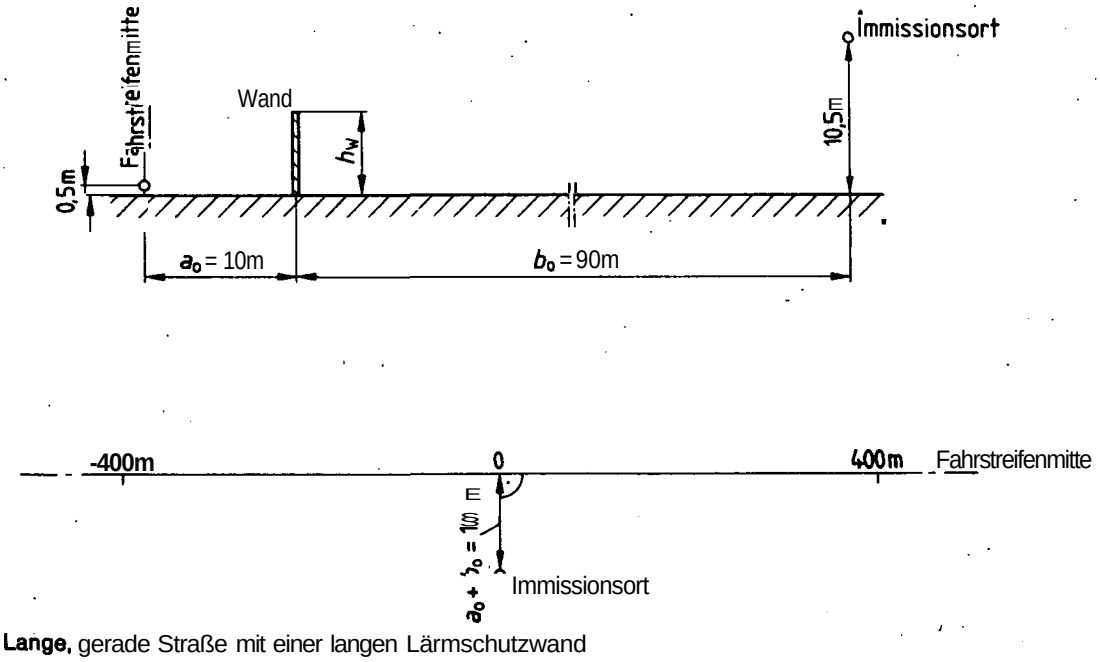


Bild 23. **Lange,** gerade Straße mit einer langen Lärmschutzwand

Tabelle 10. Berechnung der Beurteilungspegel $L_{r,i}$

Spalte	1		2	3	4	5	6	7	8	9
Zeile			Teilstück i							
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	Lage, bezogen auf Punkt 0 m		$-\infty$ bis -410	-410 bis -190	-190 bis -75	-75 bis 0	0 bis 75	75 bis 190	190 bis 410	410 bis ∞
2	l_i	m	–	220	115	75	75	115	220	–
3	$10 \lg l_i/l_0$	dB	–	23,4	20,6	18,8	18,8	20,6	23,4	–
4	$L_{W,i}$ ($L_m^{(25)}$)	dB	(63)	104	101,2	99,4	99,4	101,2	104	(63)
5	so,i ($s_{n,0}$)	m	(422)	316	166	107	107	166	316	(422)
6	$\Delta L_{s,i}$ ($\Delta L_{s,n}$)	dB	(18,4)	62,3	55,1	50,3	50,3	55,1	62,3	(18,4)
7	h_{eff}	m	–	–	2,5	2,5	2,5	2,5	–	–
8	z	m	–	–	0,21	0,32	0,32	0,21	–	–
9	ΔL_z	dB	–	–	11,8	13,9	13,9	11,8	–	–
10	$L_{r,i}$	dB	39,1	41,7	34,3	35,2	35,2	34,3	41,7	39,1

Beispiel 4: Lange, gerade Straße mit einer kurzen Lärmschutzwand

Wenn die örtlichen Gegebenheiten nach Beispiel 3 nur eine Lärmschutzwand mit 190 m Länge nach beiden Seiten (Gesamtlänge 2 • 190 m) zulassen, wird die Pegelminderung bei gleicher Höhe von 4 m entsprechend geringer.

Die Berechnung kann dann nicht mehr nach Abschnitt 6.2.1 erfolgen, und die Straße muß nach Abschnitt 3.1 oder Abschnitt 6.4 in Teilstücke unterteilt werden, die die dort genannten Bedingungen erfüllen.

Der längenbezogene Schalleistungspegel beträgt nach Gleichung (4)

$$L_{W'} = (63 + 17{,}6)\ \text{dB} = 80{,}6\ \text{dB}.$$

Die Aufteilung in Teilstücke und die Berechnung der Beiträge der einzelnen Teilstücke zum Beurteilungspegel sind in Tabelle 10 wiedergegeben.

In der Tabelle werden nach den Abschnitten 5.4, 6.4 und 5.5.1 für die Teilstücke 2 bis 7 ermittelt:

l_i nach Gleichung (1)

LW nach Gleichung (2)

$\Delta L_{s,i}$ nach Bild 9

h_{eff} wie in Beispiel 3

z aus Bild 11

ΔL_z nach Bild 12

$L_{r,i}$ nach Gleichung (14)

und nach Abschnitt 6.5 für die Teilstücke 1 und 8 (Angaben in Tabelle 10 in Klammern gesetzt):

$L_{r,i}$ nach Gleichung (32) mit

L_{rs} nach Gleichung (24).

(Da Straße und Abschirmung zum Immissionsort symmetrisch liegen, würde es genügen, die Rechnung nur für die Teilstücke 1 bis 4 oder 5 bis 8 durchzuführen - also die eine Hälfte der Straße - und für die andere 3 dB zum Ergebnis zu addieren.)

Der Beitrag der nicht abgeschirmten Teilstücke zum Beurteilungspegel beträgt 46,7 dB, der des abgeschirmten Teils nur 37,8 dB; zusammen ergibt das 47.2 dB, aufgerundet 48 dB.

Anmerkung: Der Pegel ließe sich in diesem Fall wegen der begrenzten Länge der Abschirmung selbst dann nicht unter 47 dB senken, wenn man die Wand beliebig hoch machen würde.

- Da der Beurteilungspegel von den nicht abgeschirmten Teilstücken wesentlich höher ist als der des abgeschirmten, lohnt es sich nicht, die Wand 4 m hoch zu machen. Mit einer nur 3 m hohen Wand würde sich ein nur etwa 1 dB höherer Beurteilungspegel ergeben.

Beispiel 5: Teils im Einschnitt, teils auf einem Damm verlaufende Bundesautobahn mit und ohne Lärmschutzwand auf dem Damm

In etwa 300 m Abstand von einer Autobahn wird ein allgemeines Wohngebiet (WA) ausgewiesen (siehe Bild 24). Die Orientierungswerte nach Beiblatt 1 zu DIN 18005 Teil 1 von 55 dB tags und 45 dB nachts sollen nicht überschritten werden. Es ist zu prüfen, ob und in welchem Umfang Schallschutzmaßnahmen an der Autobahn erforderlich sind.

Prognostizierte durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke *(DTV):* 25 000 Kfz/24 h

Straßenoberfläche: Beton

Geschwindigkeitsbeschränkungen: keine

Steigungen: < 5%.

Berechnung der Immissionen ohne Lärmschutzmaßnahmen

Die Autobahn verläuft in einem Wechsel von Damm- und Einschnittslage. Zur Berechnung wird zuerst eine Grobgliederung in Abschnitte A, B, C, D (siehe Bild 24) mit etwa gleichbleibenden Schallausbreitungsbedingungen vorgenommen. Da der dem Baugebiet am nächsten gelegene Straßenabschnitt C nicht die nach Abschnitt 6.1 erforderliche Mindestlänge aufweist, ist das Teilstückverfahren nach Abschnitt 6.4 anzuwenden. Die entsprechend den Ausbreitungsbedingungen gebildeten Abschnitte A bis D werden nun soweit unterteilt, daß die Teilstücklänge höchstens das 0,7fache des Abstandes zwischen Teilstückmitte und Immissionsort beträgt.

Tabelle 11. Berechnung des Emissionspegels $L_{m,E}$ und des längenbezogenen Schalleistungspegels $L_{W'}$

Spalte	1		2	3
Zeile	Verkehrsweg		BAB	
	DTV	Kfz/24h	25 000	
			tags	nachts
1	Umrechnungsfaktor nach Tabelle 4	*M/DTV*	0,06	0,014
2	*M*	Kfz/h	1500	350
3	Lkw-Anteil *p* nach Tabelle 4	%	25	45
4	$L_m^{(25)}$ nach Bild 3	dB	73,9	69,5
5	ALstg	dB	-	
6	ALstrO	dB	+ 1,0	
7	ΔL_v	dB	+ 0,7	+ 0,4
8	ΔL_K	dB	-	-
9	Emissionspegel $L_{m,E}$	dB	75,6	70,9
10	LW - $L_{m,E}$	dB	+ 17.6	
11	• längenbezogener Schalleistungspegel $L_{W'}$	dB	93,2	88,5

Im vorliegenden Fall ergeben sich so 9 Teilstücke (siehe Bild 24). Die Berechnung der Emissionspegel $L_{m,E}$ sowie der längenbezogenen Schalleistungspegel $L_{W'}$ sind in Tabelle 11 wiedergegeben, in Tabelle 12 die Berechnung der Teil-Schallleistungspegel sowie der Pegelminderungen durch Abstand und Abschirmung, in Tabelle 14 die Berechnung der Beurteilungspegel von den einzelnen Teilstücken und von allen Teilstücken zusammen.

Da für den am weitesten entfernten Fahrstreifen bei allen abgeschirmten Teilstücken die Bedingung nach Gleichung (30)

$$HE < h_W \, (a_0 + b_0)/a_0$$

erfüllt ist, kann nach Abschnitt 6.2.1 eine Ersatzschallquelle in Straßenmitte angenommen werden. Auch zur Berechnung von ΔL_s wird hier von der Straßenmitte ausgegangen.

ΔL_z beträgt für die im Einschnitt liegenden Teilstücke 6 dB bis 21 dB, für das Teilstück 1 infolge Abschirmung durch die Gelähdekante 1,4 dB (siehe Tabelle 12). Der Gesamtbeurteilungspegel errechnet sich aufgerundet zu 59 dB tags und 54 dB nachts (siehe Tabelle 14); er wird wesentlich durch die Teilstücke 6, 7 und 8 in Dammlage bestimmt.

Tags wird der Orientierungswert nach Beiblatt 1 zu DIN 18 005 Teil 1 (55 dB) um 4 dB, nachts (45 dB) um 9 dB überschritten.

Berechnung des Beurteilungspegels mit zusätzlicher Lärmschutzwand

Im pegelbestimmenden, mittleren Teilabschnitt soll eine Lärmschutzwand errichtet werden. Die Höhe wird mit dem für das Landschaftsbild noch tragbar erscheinenden Maß von 3 m über Fahrbahnoberkante (FOK) gewählt.

Nur die Teilstücke 6 bis 8 müssen neu berechnet werden (siehe Tabellen 13 und 15). Das Ergebnis zeigt, daß die Pegelminderung für die Teilstücke 6 und 7 etwa 11 dB, für das Teilstück 8 wegen der fallenden Straßengradiente nur etwa 9 dB beträgt. Als Gesamtbeurteilungspegel errechnen sich nunmehr aufgerundet 49 dB tags und 45 dB nachts.

Tabelle 12. Berechnung der Schallausbreitung ohne Lärmschutzwand (BAB)

Spalte	1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zeile	Verkehrsweg		BAB, ohne Lärmschutzwand								
	Immissionsort Bau-km		l_2 57 + 380								
	Teilstück		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Bau-km bis Bau-km		55+990 56+270	56+270 56+500	56+500 56+700	56+700 56+900	56+900 57+030	57+030 57+270	57+270 57+490	57+490 57+740	57+740 58+100
2	Länge l_i	m	280,0	230,0	200,0	200,0	130,0	240,0	220,0	250,0	360,0
3	10 lg l_i/l_0	dB	24,5	23.6	23,0	23,0	21,1	23,8	23,4	24,0	25,6
4	Höhe FOK über NN	m	433,80	429,00	432,50	436,30	439,40	441,10	436,60	432,10	427,10
5	Höhe Immissionsort über NN	m	436,10	436,10	436,10	436,10	436,10	436,10	436,10	436,10	436,10
6	Höhe über FOK	m	+2,30	+ 7,10	+3,60	- 0,20	- 3,30	- 5,00	- 0,50	+4,00	+9,00
7	Sj	m	1163,00	945,00	765,00	605,00	484,00	378,00	312,00	377,00	568,00
8	ΔL_s	dB	77,9	75,3	72,7	69,9	67,2	64,4	62,1	64,3	69,1
9	Höhe Hindernis-OK über NN	m	445,00	446,20	443,20	457,00	445,70	-	-	-	431,20
10	AW	m	+ 11,20	+17,20	+ 10,70	+ 20,70	+ 6,30	-	-	-	+4,10
11	a_0	m	260,00	85,00	52,00	100,00	42,00	-	-	-	38,00
12	b_0	m	903,00	860,00	713,00	505,00	442,00	-	-	-	530,00
13	A	m	260,220	86,625	52,991	102,020	42,399	-	-	-	38,170
14	B	m	903,044	860,059	713,035	505,432	442,104	-	-	-	530,023
15	C	m	1163,001	945,023	765,006	605,000	484,015	-	-	-	568,064
16	h_{eff}	m	+i0,30	+ 16,11	+9,99	+ 20,32	+ 6,13	-	-	-	+ 3,03
17	2	m	0,263	1,661	1,020	2,452	0,488	-	-	-	0,129
18	K	m^2	11989,68	15204,96	7678,99	12368,78	2976,74	-	-	-	1721,94
19	KW		0,018	0,448	0,517	0,642	0,586	-	-	-	0,310
20	ΔL_z	dB	1.4	17,8	16,4	21,0	13,8	-	-	-	6.2
21	ΔL_G	dB	–	–	–	–	–	–	–	–	–
22	ΔL_{refl}	dB	–	–	–	–	–	–	–	–	–
23	$\sum \Delta L = (10 \lg l_i/l_0) - \Delta L_s - \Delta L_z$	dB	- 54,8	- 69,5	- 66,1	- 67,9	- 59,9	- 40,6	- 38,7	- 40,3	- 49,7

Tabelle 13. Berechnung der Schallausbreitung mit Lärmschutzwand (BAB)

Spalte	1		2	3	4
Zeile	Verkehrsweg		BAB, Teilstücke mit Lärmschutzwand		
	Immissionsort Bau-km		l_2 57 + 380		
	Teilstück		6	7	8
1	Bau-km bis Bau-km		57+030 57+270	57+270 57+490	57+490 57+740
2	Länge l_i	m	240,0	220,0	250,0
3	10 lg l_i/l_0	dB	23,8	23,4	24,0
4	Höhe FOK über NN	m	441,10	436,60	432,10
5	Höhe Immissionsort über NN	m	436,10	436,10	436,10
6	Höhe über FOK	m	- 5,00	- 0,50	+4,00
7	s_i	m	378,00	312,00	377,00
8	ΔL_s	dB	64,4	62,1	64,3
9	Höhe Hindernis-OK über NN	m	444,10	439,60	435,10
10	AW	m	+ 3,00	+ 3,00	+ 3,00
11	ao	m	17,90	15,50	17,90
12	b_0	m	360,10	296,50	359,10
13	A	m	18,074	15,700	18,074
14	B	m	360,189	296,521	359,101
15	C	m	378,040	312,002	377,016
16	h_{eff}	m	+ 2,76	+ 2,55	+ 2,33
17	2	m	0,233	0,219	0,159
18	K	m^2	1047,68	797,61	882,12
19	K_W		0,662	0,727	0,615
20	ΔL_z	dB	11,1	11.4	9,5
21	ΔL_G	dB	–	–	–
22	ΔL_{refl}	dB	–	–	–
23	$\Sigma \Delta L = (10 \lg l_i/l_0) - \Delta L_s - \Delta L_z$	dB	- 51,7	- 50,1	- 49,8

Tabelle 14. Berechnung der Beurteilungspegel der einzelnen Teilstücke und alter Teilstacke zusammen (ohne Lärmschutzwand)

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile	Verkehrsweg		BAB, ohne Lärmschutzwand		
	Immissionsort Bau-km		l_2 : 57 + 380,		
		$L_{m,E}$ dB	LW dB	L_r dB	
		tags nachts	tags nachts	tags	nachts
		75,6 70,9	93,2 88,5		
	Teilstück	$\Sigma \Delta L$	IAL		
1	1		- 54,8	38,4	33,7
2	2		- 69,5	23,7	19,0
3	3		- 66,1	27,1	22,4
4	4		- 67,9	25,3	20,6
5	5		- 59,9	33,3	28,6
6	6		- 40,6	52,6	47,9
7	7		- 38,7	54,5	49,8
8	8		- 40,3	52,9	48,2
9	9		- 49,7	43,5	38,8
10	■ Teilstück			58,4	53,7

Tabelle 15. Berechnung der Beurteilungspegel der einzelnen Teilstücke und aller Teilstücke zusammen (mit Lärmschutzwand)

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile	Verkehrsweg		BAB, mit Lärmschutzwand		
	Immissionsort Bau-km		l_2 57 + 380		
		$L_{m,E}$ dB	LW dB	L_r dB	
		tags nachts	tags nachts	tags	nachts
		75,6 70.9	93,2 88,5		
	Teilstück	IAL	$\Sigma \Delta L$		
1	1		- 54,8	38,4	33,7
2	2		- 69,5	23,7	19,0
3	3		- 66,1	27,1	22,4
4	4		- 67,9	25,3	20,6
5	5		- 59,9	33,3	28,6
6	6		- 51,7	41,5	36,8
7	7		- 50,1	43,1	38,4
8	8		- 49,8	43,4	38.7
9	9		- 49,8	43,4	38,7
10	■ Teilstück			49,5	44,8

2311 DIN 18 005 feil 1

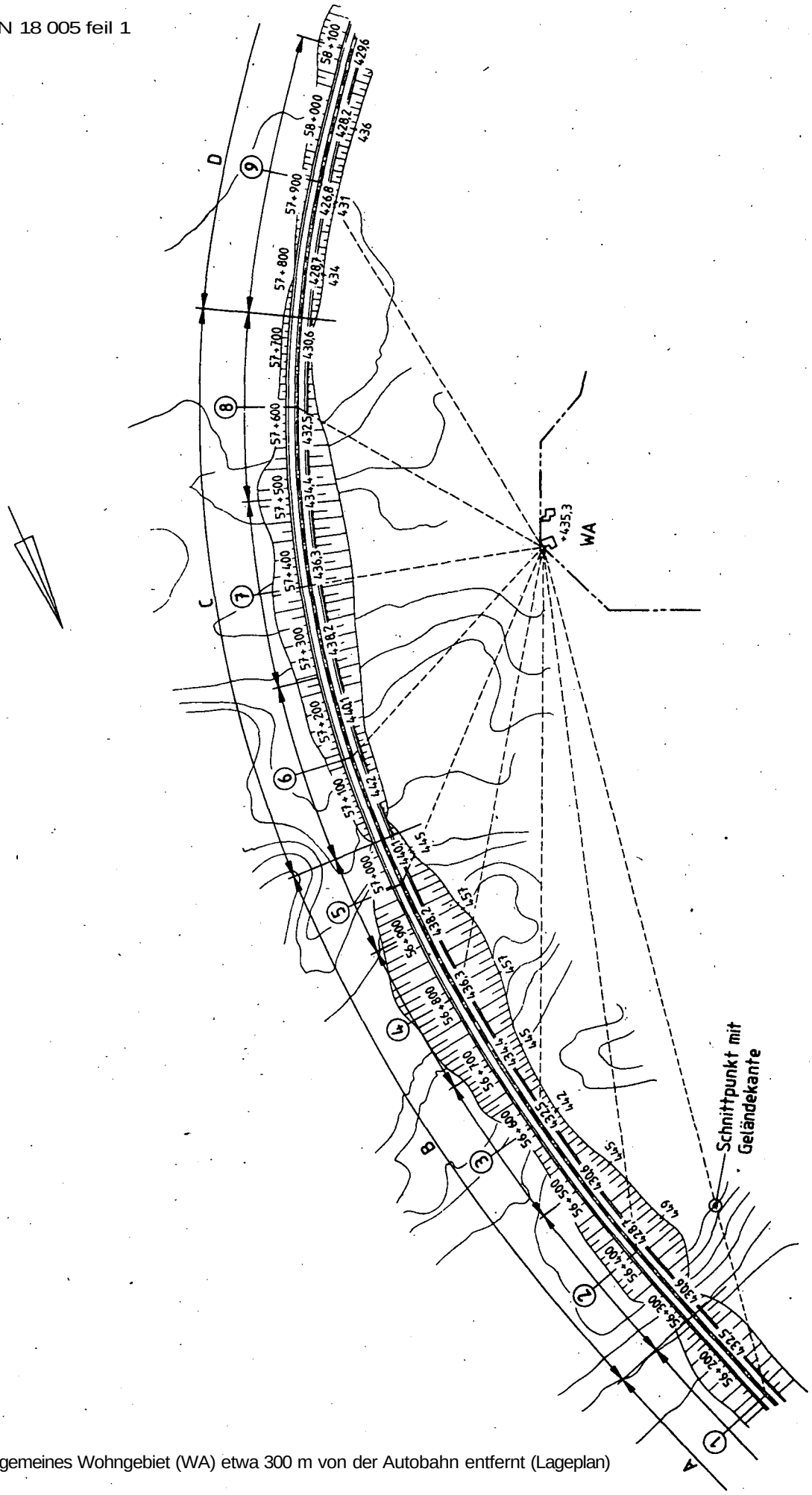


Bild 24. Allgemeines Wohngebiet (WA) etwa 300 m von der Autobahn entfernt (Lageplan)

Beispiel 6: Verbesserung der Abschirmung eines bestehenden Baugebietes durch Verlängerung des vorhandenen Lärmschutzwalles

Ein Baugebiet liegt im Kreuzungsbereich einer Bundesautobahn mit einer Bundesstraße (siehe Bild 25).

Der unzureichende Lärmschutzwall an der Autobahn sollte verlängert werden,-eine Weiterführung (mit einer Strichlinie eingezeichnet) ist jedoch nur innerhalb des Baugebiets möglich. Die damit erzielbare Verbesserung der Abschirmung der beiden Verkehrswege soll geprüft werden.

Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken *(DTV):*

Autobahn:	20 000 Kfz/24 h
Bundesstraße:	9000 Kfz/24 h
Straßenoberflächen:	Asphaltbeton
Geschwindigkeits-beschränkungen:	Bundesautobahn keine, Bundesstraßen 100 km/h
Steigungen:	< 5%.

Berechnung der gegenwärtigen Immissionen

a) Autobahn

Der vorhandene Lärmschutzwall schirmt nur einen Teil der Autobahn ab. Für den kritischen Immissionsort am Ende des Walls kann jeweils das Straßenstück nach rechts und links als ein „langer gerader" Verkehrsweg angesehen und nach den Abschnitten 6.1 und 6.2 berechnet werden. Die halbe Länge wird durch den Korrekturwert - 3 dB - berücksichtigt.

Die Berechnung der Emissionspegel ist in Tabelle 16, die Ermittlung der Pegelminderungen in Tabelle 17 wiedergegeben. Die Korrekturwerte $\Delta L_{s,\perp}$ (Abstand) und ΔL_z (Abschirmung) werden im Querschnitt senkrecht vom Immissionsort zur Straße ermittelt (siehe Abschnitt 6.2). Da für den am weitesten entfernten Fahrstreifen die Bedingung nach Gleichung (30)

$$HE < h_W (a_0 + b_0)/a_0$$

erfüllt ist, wird statt der nach Fahrstreifen getrennten Berechnung eine Ersatzschallquelle in Straßenmitte angenommen. Auch zur Berechnung von ΔL_s wird von der Straßenmitte ausgegangen.

Die Pegelminderung $\Delta L_{z,\perp}$ für den abgeschirmten Autobahnabschnitt errechnet sich zu 8,8 dB (siehe Tabelle 17).

Die Länge der Abschirmung muß nach beiden S.eiten'(hier nur • nach der abgeschirmten Seite) mindestens 0,4 • $\Delta L_{z,\perp}$ • b betragen. Mit b = 55 m beträgt die Mindestlänge 194 m. Da der Lärmschutzwall entlang der Autobahn mit etwa 270 m eine größere Länge aufweist, ist die Anwendung des vereinfachten Rechenverfahrens nach Abschnitt 6.2:1 zulässig.

Die Zusammenfassung der Beurteilungspegel beider Autobahnabschnitte ergibt für den Immissionsort aufgerundet 64 dB tags und 59 dB nachts (Berechnung und Zusammenfassung der Teilbeurteilungspegel siehe Tabelle 21).

Anmerkung: Wegen der nur halbseitigen Abschirmung liegen die Werte nur um 2 dB niedriger als ohne Lärmschutzwall.

b) Bundesstraße

Die Bundesstraße wird durch die Einschnittsböschungen, das Überführungsbauwerk der Autobahn und ein langgestrecktes Gebäude südlich Bau-km 13 + 300 teilweise abgeschirmt. Die Schallimmissionen von den Straßenabschnitten nördlich der Autobahn und südlich des genannten Gebäudes werden vernachlässigt.

Der verbleibende Straßenabschnitt von etwa Bau-km 13 + 150 bis 13 + 370 ist - vom Immissionsort aus gesehen - kürzer als dessen 3facher Abstand zur Fahrbahnmitte. Die Berechnung muß hier nach Abschnitt 6.4 durchgeführt werden. Die dort genannten Bedingungen und die bei Verlängerung des Walls entstehende Abschirmsituation erfordern die Bildung von 4 Teilstücken.

Die Ermittlung der Teil-Schalleistungspegel und der Pegelminderungen ist in Tabelle 18, die Berechnung der Beurteilungspegel in Tabelle 21 wiedergegeben.

Die Pegelminderung durch die Einschnittsböschungen beträgt insgesamt etwa 3 dB. Als Beurteilungspegel am Immissionsort ergeben sich aufgerundet 55 dB tags und 48 dB nachts.

c) Gesamtpegel

Der Gesamtpegel von beiden Verkehrswegen - tags 64 dB und nachts 59 dB - wird wesentlich durch den nicht abgeschirmten Abschnitt der Autobahn bestimmt. Eine Verlängerung des Erdwalls ist also nur sinnvoll, wenn dadurch ein besserer Schutz gegenüber der Autobahn erzielt wird.

Berechnung der Beurteilungspegel mit verlängertem Lärmschutzwall

a) Autobahn

Für den bisher schon abgeschirmten Autobahnabschnitt wird das zuvor ermittelte Teilergebnis übernommen. Für den anderen Abschnitt ist das vereinfachte Verfahren jetzt nicht mehr anwendbar, da die Verlängerung des Walls nicht parallel zur Autobahn erfolgt. Er wird deshalb in 4 Teilstücke zerlegt, von denen die Teilstücke 1 bis 3 nach Abschnitt 6.4 berechnet werden können, wobei aber die Bedingung, daß das Hindernis sich parallel zum Verkehrsweg erstrecken muß, nicht erfüllt werden kann.

Anmerkung: Würden die Schirmhöhen sich stärker ändern, so sollte eine entsprechend feinere • Unterteilung erfolgen. Die hier berechneten Werte ΔL_z (siehe Tabelle 19) lassen aber erkennen, daß eine weitere Unterteilung im vorliegenden Fall kein wesentlich anderes Ergebnis bringen würde.

Das letzte Teilstück ist als ein vom Immissionsort wegführendes Straßenteilstück nach Abschnitt 6.5 zu behandeln. Die für den Anfangspunkt berechnete Pegelminderung ΔL_z ist etwas zu hoch. Da dieses Teilstück aber insgesamt nur wenig zum Gesamtpegel beiträgt, kann dies außer acht bleiben.

Die Berechnung (siehe Tabellen 19 und 22) zeigt, daß durch die Verlängerung des Walls der Beurteilungspegel der Geräusche von der Autobahn um weitere 6 dB verringert wird.

b) Bundesstraße

Die Berechnung erfolgt wie unter a) erläutert. Bei den Teilstücken 1 bis 3 tritt dabei als abschirmendes Hindernis an die Stelle der Böschung der verlängerte Lärmschutzwall; Teilstück 4 bleibt unverändert.

Das Ergebnis (siehe Tabellen 20 und 22) zeigt, daß der Wall zwar die Abschirmung der 3 Teilstücke um mehr als 15 dB verbessert; da aber das kurze Teilstück 4 pegelbestimmend wird, beträgt die erreichte Verbesserung insgesamt nur 6 dB.

c) Gesamtpegel

Durch die Verlängerung des Lärmschutzwalls verringert sich der Beurteilungspegel am Immissionsort auf tags 58 dB und nachts 53 dB.

Tabelle 16. Berechnung der Emissionspegel und längenbezogenen Schalleistungspegel

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile	Verkehrsweg	BAB		Bundesstraße	
	DTV Kfz/24 h	20 000		9000	
		tags	nachts	tags	nachts
1	Umrechnungsfaktor nach Tab. 4 *M/DTV*	0,06	0,014	0,06	0,011
2	*M* Kfz/h	1200	280	540	99
3	Lkw-Anteil *p* nach Tab. 4 %	25	45	20	20
4	$L_m^{(25)}$ nach Bild 3 dB	72,9	68,5	68,8	61,5
5	ΔL_{Stg} dB	–		–	
6	ΔL_{StrO} dB	– 0,5		– 0,5	
7	ΔL_v dB	+ 0,7	+ 0,4	–	–
8	ΔL_K dB	–	–	–	–
9	Emissionspegel $L_{m,E}$ dB	73,1	68,4	68,3	61,0
10	$L_W' - L_{m,E}$ dB	+ 17,6		+ 17,6	
11	Längenbezogener Schallleistungspegel LW dB	90,7	86,0	85,9	78,6

Tabelle 17. Berechnung der Schallausbreitung (BAB)

Spalte	1	2	3
Zeile	Verkehrsweg	BAB, Wall an einer Straßenhälfte	
	Immissionsort Bau-km	I_1 32 + 786	
	Teilstück	0,5 /	0,5 /
1	Bau-km	32+786	32+786
2	Länge l_i m	–	–
3	10 lg l_i/l_0 dB	–	–
4	Az Straßenhälfte dB	3,0	3,0
5	Höhe FOK über NN m	342,67	342,67
6	Höhe Immissionsort über NN m	344,10	344,10
7	Höhe über FOK m	+ 1,43	+ 1,43
8	$s_{\perp,0}$ m	93,40	93,40
9	$\Delta L_{s,\perp}$ dB	7,8	7,8
10	Höhe Hindernis-OK über NN m	346,91	–
11	h_W m	+ 4,24	–
12	ao m	38,40	–
13	b_0 m	55,00	–
14	*A* m	38,582	–
15	ß m	55,072	–
16	C m	93,405	–
17	Aeff m	3,36	–
18	*z* m	0,249	–
19	*K* m^2	341,38	–
20	KW	0,895	–
21	$\Delta L_{z,\perp}$ dB	8,8	–
22	ΔL_G dB	–	–
23	ΔL_{refl} dB	–	–
24	$\Sigma\Delta L$ = - AL Straßenhälfte $- \Delta L_s - \Delta L_z$ dB	– 19,6	– 10,8

Tabelle 18. Berechnung der Schallausbreitung (Bundesstraße)

Spalte	1		2	3	4	5
Zeile	Verkehrsweg		Bundesstraße, bisher			
	Immissionsort Bau-km		l_1 13 + 237			
	Teilstück		1	2	3	4
1	Bau-km bis Bau-km		13+152 13+208	13+208 13+264	13+264 13+320	13+320 13+370
2	Länge l_i	m	56,00	56,00	56,00	**50,00**
3	10 lg l_i/l_0	dB	17,5	17,5	17,5	17,0
4	Höhe FOK über NN	m	337,66	337,77	337,88	338,00
5	Höhe Immissionsort über NN	m	344,10	344,10	344,10	344,10
6	Höhe über FOK	m	+ 6,44	+ 6,33	+ 6,22	+ 6,10
7	Sj	m	117,15	102,15	117,15	**150,00**
8	ΔL_s	dB	51,3	49,8	51,3	54.0
9	Höhe Hindernis-OK über NN	m	341,00	341,00	341,00	341,00
10	AW	rn	+ 3,34	+ 3,23	+ **3,12**	+ 3,00
11	ao	m	28,55	30,00	35,70	43,55
12	b_0	rn	88,60	72,15	81,45	106,45
13	A	m	28,691	30,124	35,796	43,622
14	B	m	88,654	72,217	81,509	106,495
15	C	m	**117,30**	102,316	**117,290**	150,104
16	Aeff	m	1,39	1,02	0,88	0,87
17	z	m	0,045	0,025	0,015	0,013
18	K	m^2	163,87	105,50	101,32	134,65
19	KW		0,727	**0,690**	**0,553**	0,403
20	ΔL_z	dB	5,6	3,8	2,2	1,5
21	ΔL_G	dB	–	–	–	- •
22	ΔL_{refl}	dB	–	–	-	- •
23	$\Sigma \Delta L = (10 \lg l_i/l_0) - \Delta L_s - \Delta L_z$	dB	**- 39,4**	- 36,1	**- 36,0**	- 38,5

Tabelle 19. **Berechnung der Schallausbreitung (BAB)**

Spalte	1		2	3	4	5	6
Zeile	Verkehrsweg		BAB, mit verlängertem Wall				
	Immissionsort Bau-km		l_1 32 + 786				
	Teilstück		0,5 l	1	2	3	4
1	Bau-km bis Bau-km		(Tabelle 15)	32+786 32+846	32+846 32+936	32+936 33+086	33+086
2	Länge l_i	m	–	60,00	90,00	150,00	
3	10 lg l_i/l_0	dB	–	17,8	19,5	21,8	
4	AL Straßenhälfte (wegführender Abschnitt)	dB	3,0	–	–	–	(5,5)
5	Höhe FOK über NN	m	–	342,96	343,64	344,51	345,16
6	Höhe Immissionsort über NN	m	–	344,10	344,10	344,10	344,10
7	Höhe über FOK	m	–	+ 1,14	+ 0,46	- 0,41	- 1,06
8	s_i ($s_{n,0}$)	m	-	100,00	145,60	251,50	(319,20)
9	ΔL_s	dB	7,8	49,6	53,6	59,7	16,3
10	Höhe Hindernis-OK über NN	m	–	346,75	346,60	346,50	346,45
11	AW	m	–	+ 3,79	+ 2,96	+ 1,99	+ 1,29
12	a_0	m	–	44,30	87,70	194,40	261,20
13	b_0	m	–	55,70	57,90	57,10	58,00
14	A	m	–	44,422	87,734	194,406	261,201
15	B	m	–	55,763	57,954	57,150	58,048
16	C	m	–	100,00	145,60	251,502	319,204
17	h_{eff}	m	–	+ 3,00	+ 2,48	+ 2,19	+ 2,07
18	2	m	–	0,184	0,088	0,054	0,045
19	K	m^2	–	301,92	360,96	549,34	660,74
20	KW		-	0,866	0,698	0.410	0,276
21	ΔL_z	dB	8,8	11,4	7,7	4.4	3.0
22	ΔL_G	dB	–	–	–	–	–
23	ΔL_{refl}	dB	–	–	–	–	–
24	IAL = (10 lg l_i/l_0) - ALs - ΔL_z	dB	–	– 43,2	– 41,8	– 42,3	–
25	$\Sigma \Delta L$ = - AL Straßenhälfte (wegführender Abschnitt) - ΔL_s - ΔL_z	dB	– 19,6	–	–	–	-243

Tabelle 20. Berechnung der Schallausbreitung (BundesstraBe)

Spalte	1		2	3	4	5
Zeile	Verkehrsweg		Bundesstraße, mit verlängertem Wall			
	Immissionsort Bau-km		I_1 13 + 237			
	Teilstück		1	2	3	4
1	Bau-km bis Bau-km		13+152 13+208	13+208 13+264	13+264 13+320	(Tabelle 16)
2	Länge l_i	m	56,00	56,00	56,00	–
3	10 lg l_i/l_0	dB	17,5	17,5	17,5	17,0
4	Höhe FOK über NN	m	337,66	337,77	337,88	–
5	Höhe Immissionsort über NN	m	344,10	344,10	344,10	–
6	Höhe über FOK	m	+ 6,44	+ 6,33	+ 6,22	–
7	s_i	m	117,15	102,15	117,15	–
8	ΔL_s	dB	51,3	49,8	51,3	54,0
9	Höhe Hindernis-OK über NN	m	346,55	346,35	346,15	–
10	AW	m	+ 8.89	+ 8,58	+ 8,27	–
11	a_0	m	60,70	41,45	42,90	–
12	*bo*	m	56,45	60,70	74,25	–
13	*A*	m	61,277	42,230	43,598	–
14	ß	m	56,503	60,742	74,278	–
15	*C*	m	117,300	102,316	117,290	–
16	Aeff	m	+ 5,30	+ 5,71	+ 5,67	–
17	2	m	0,480	0,656	0,586	–
18	K	m^2	624,41	586,80	667,20	–
19	KW		0,892	0,924	0,905	–
20	ΔL_z	dB	15,5	16,9	16,4	1,5
21	ΔL_G	dB	–	–	–	–
22	ΔL_{refl}	dB	–	–	–	–
23	IAL = (10 lg l_i/l_0) – ΔL_s – ΔL_z	dB	– 49,3	– 49,2	– 50,2	– 38,5

Tabelle 21. Berechnung des **Gesamt-Beurteilungspegels**

Spalte	1	2		3		4	5	6	7		8		9	10
Zeile	Verkehrsweg			BAB, Wall an einer Straßenhälfte				Verkehrsweg			Bundesstraße, bisher			
	Immissionsort Bau-km			l_1 • 32 + 786				Immissionsort Bau-km			h 13 + 237			
		$L_{m,E}$ dB		LW dB		L_r dB			$L_{m,E}$ dB		LW dB		L_r dB	
		tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts		tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts
		73,1	68,4	90,7	86,0				68,3	**61,0**	85,9	78,6		
	Teilstück	IAL		IAL				Teilstück	$\Sigma \Delta L$		IAL			
1	0,5 /	- 19,6				53,5	48,8	1			**- 39,4**		46,5	39,2
2	0,5 *l*	**- 10,8**				62,3	57,6	2			- 36,1		49,8	42,5
3	l Teilstück					62,8	**58,1**	3			**- 36,0**		49,9	42,6
4								4			- 38,5		47,4	40,1
5								l Teilstück					54,7	47,4
6	l gesamt												63,4	58,5

Tabelle 22. Berechnung des Gesamt-Beurteilungspegels

Spalte	1	2		3		4	5	6	7		8		9	10
Zeile	Verkehrsweg			BAB, mit verlängertem Wall				Verkehrsweg			Bundesstraße, mit verlängertem Wall			
	Immissionsort Bau-km			l_1 32 + 786				Immissionsort Bau-km			h 13 + 237			
		$L_{m,E}$ dB		LW dB		L_r dB			$L_{m,E}$ dB		LW dB		L_r dB	
		tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts		tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts
		73,1	68,4	**90,7 86,0**					68,3	61,0	85,9	78,6		
	Teilstück	IAL		IAL				Teilstück	IAL		IAL			
1	0,5 /	- 19,6				53,5	48,8	1			**- 49,3**		36.6	29,3
2	1			**- 43,2**		47,5	42,8	2			**- 49,2**		36,7	29,4
3	2			**- 41,8**		48,9	44,2	3			- 50,2		35,7	28,4
4	3			**- 42,3**		**48,4**	43.7	4			**- 38,5**		47,4	40,1
5	4	**- 24,8**				48,3	43,6	l Teilstück					48,3	41.0
6	l Teilstück					56,9	52,2							
7	l gesamt												57.5	52,5

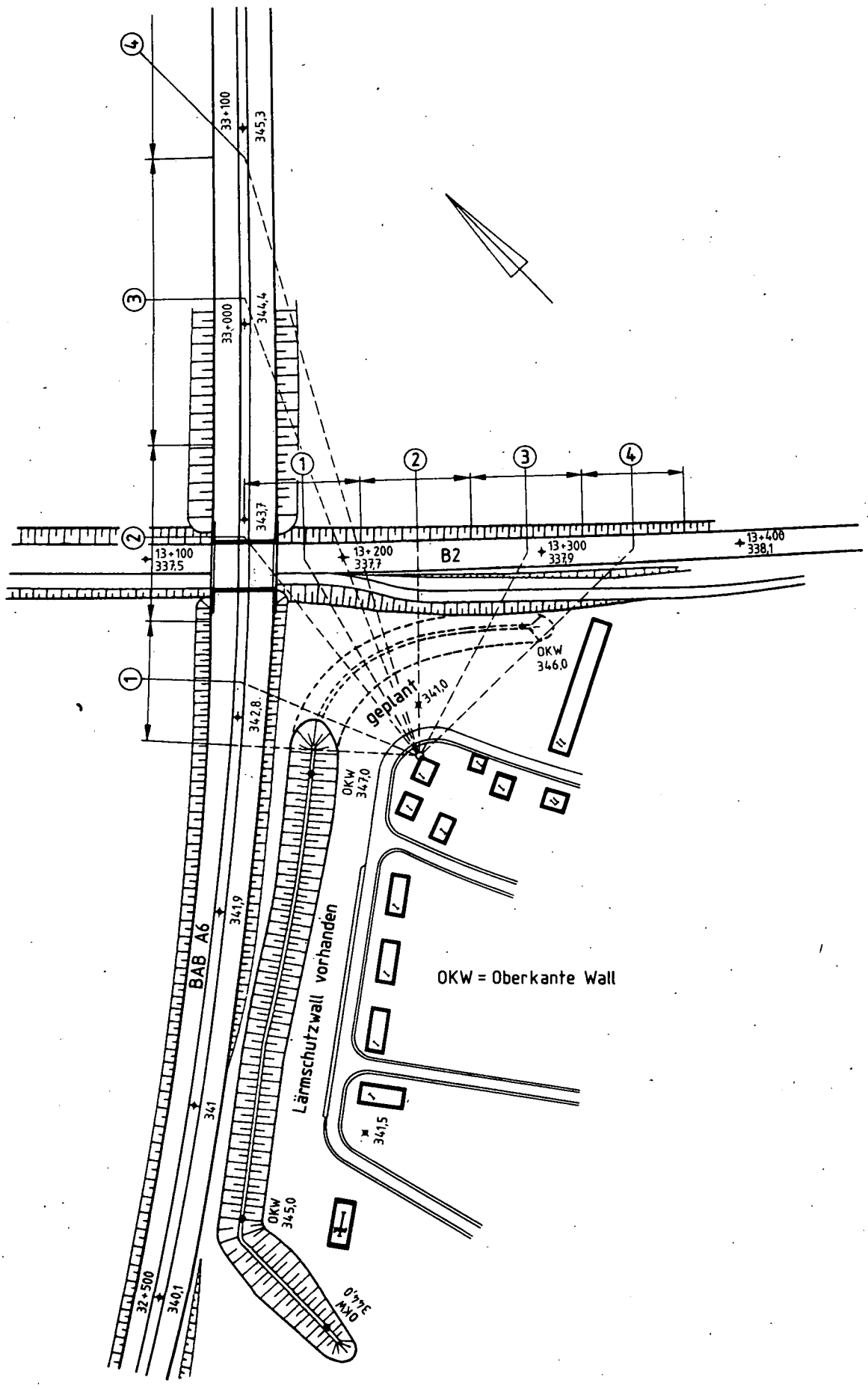


Bild 25. Baugebiet im Kreuzungsbereich einer Bundesautobahn und einer Bundesstraße (Lageplan)

Beispiel 7: Schallemission eines Industriegebietes

Eine Fläche von 1000 m • 500 m = 5 • 10^5 m^2 soll als Industriegebiet (GI) ausgewiesen werden. Es ist noch nicht bekannt, welche Betriebe sich dort niederlassen werden.

Eine Gliederung nach § 1 Abs. 4 BauNVO ist zunächst nicht vorgesehen. Deshalb wird nach Abschnitt 4.5.2 angenommen, daß die Schallemission je Quadratmeter Grundfläche des Gebietes im Mittel einem flächenbezogenen A-Schalleistungspegel von $L_{W''}$ = 65 dB entspricht.

Der von dem Gebiet ausgehende Schalleistungspegel LW wird nach Gleichung (3) berechnet:

$$L_W = L_{W''} + 10 \lg (S/S_0) \text{ dB}$$

$$L_W = 65 \text{ dB} + 10 \lg (5 \cdot 10^5) \text{ dB} = 122 \text{ dB}$$

Beispiel 8: Schallimmission von einem Industriegebiet

Ein reines Wohngebiet (WR) soll (siehe Bild 26) in 1000 m Abstand von der Schmalseite des Gebietes ausgewiesen werden. Der Abstand vom Mittelpunkt des Industriegebietes beträgt also s = 1500 m.

Die größte Längehausdehnung des Gebietes (die Diagonale) erfüllt die Bedingung nach Gleichung (1) nicht (1118 m ist länger als 0,7 • s = 0,7 • 1500 m = 1050 m).

Das Industriegebiet wird deshalb in zwei gleichgroße Flächen von je 500 m • 500 m = 250 000 m^2 unterteilt, die dann die Bedingung nach Gleichung (1) erfüllen.

Der von jeder Teilfläche ausgehende Schalleistungspegel LW wird nach Gleichung (3) berechnet:

$$L_W = [65 \text{ dB} + 10 \lg (2{,}5 \cdot 10^5)] \text{ dB}$$
$$= (65 + 54) \text{ dB} = 119 \text{ dB}$$

Die von den beiden Teilflächen erzeugten Beurteilungspegel am Immissionspunkt A berechnen sich wie folgt nach Tabelle 23, wobei ΔL_s aus Bild 9 entnommen wird:

Tabelle 23. **Berechnung der Beurteilungspegel**

Spalte	1	2	3	4
Zeile	Teilfläche-Nr	s m	ΔL_s dB	L_m dB
1	1	1750	− 83,0	36,0
2	2	1250	− 78,8	40,2

Der resultierende Beurteilungspegel am Immissionspunkt A wird nach Bild 8 oder Gleichung (15) berechnet und beträgt 41,6 dB = 42 dB.

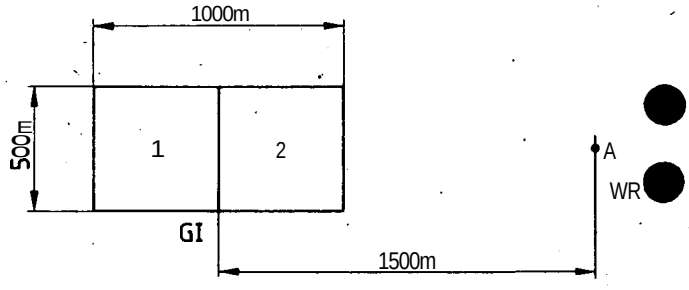


Bild 26. Reines Wohngebiet (WR) in Nähe eines Industriegebietes (GI)

Zitierte Normen und andere Unterlagen

Beiblatt 1 zu DIN 18 005 Teil 1 Schallschutz im Städtebau; Berechnungsverfahren; Schalltechnische Orientierungswerte für die städtebauliche Planung

DIN 45 630 Teil 1 Grundlagen der Schallmessung; Physikalische und subjektive Größen von Schall

DIN 45 635 Teil 1 Geräuschmessung an Maschinen; Luftschallemission, Hüllflächen-Verfahren; Rahmenverfahren für 3 Genauigkeitsklassen

DIN 45 641 Mittelungspegel und Beurteilungspegel zeitlich schwankender Schallvorgänge

Normen der Reihe DIN 45 643 Messung und Beurteilung von Flugzeuggeräuschen

DIN 45 645 Teil 1 Einheitliche Ermittlung des Beurteilungspegels für Geräuschimmissionen

DIN IEC 651 Schallpegelmesser

VDI 2058 Blatt 1 Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft [4]

VDI 2714 (z. Z. Entwurf) Schallausbreitung im Freien [4]

VDI 2718 (z.Z. Entwurf) Schallschutz im Städtebau; Hinweise für die Planung [4]

VDI 2720 Blatt 1 (z.Z. Entwurf) Schallschutz durch Abschirmung im Freien [4]

Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen an zivilen und militärischen Flugplätzen nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm vom 30. März 1971 (BGBl. I S. 282) - Anleitung zur Berechnung (AzB) - Bekanntmachung des BMI vom 27. Februar 1975 (GMBl. S. 126)

Information Deutsche Bundesbahn - Bundesbahn-Zentralamt München - Akustik 03 „Schall 03 - Richtlinie zur Berechnung der von Bahn- und Betriebsanlagen verursachten Schallemissionen und - immissionen". [5]

Information Deutsche Bundesbahn - Bundesbahn-Zentralamt München - Akustik 04 „Richtlinie für schalltechnische Untersuchungen bei der Planung von Rangierbahnhöfen - Info Rbf - ". [5]

DS 800/1/III Richtlinien für bauliche Lärmschutzanlagen an Eisenbahnstrecken (RLE). [5]

Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen RLS-81, Allgemeines Rundschreiben Nr. 5/1981 des Bundesministers für Verkehr vom 20. Juli 1981. Zu beziehen durch Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Maastrichter Straße 45, 5000 Köln 1

Schreiber, L.: Die akustischen Grundtagen des Entwurfs April 1982 zu DIN 18005 Teil 1, Schallschutz im Städtebau. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 31, 149-157(1984)

Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TALärm) vom 16. Juli 1968 (Beilage zum Bundesanzeiger Nr. 137 vom 26. Juli 1968)

Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. September 1977 (BGBl. I S. 1763)

Zusätzliche technische Vorschriften und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Straßen (ZTV-Lsw 81). Allgemeines Rundschreiben Nr. 19/1984 des Bundesministers für Verkehr vom 9. August 1984. Zu beziehen durch Verkehrsblattverlag, Postfach 748, 4600 Dortmund 1, Best.-Nr. 3811

Weitere Unterlagen

VDI 2571 Schallabstrahlung von Industriebauten [4]

Baugesetzbuch (BauGB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. Dezember 1986 (BGBl. I S. 2253)

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) vom 15. März 1974 (BGBl. I S. 721, 1193), zuletzt geändert durch Gesetz vom 4. Oktober 1985 (BGBl. I S. 1950)

Raumordnungsgesetz vom 8. April 1965 (BGBl. I S. 306), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 19. Dezember 1986 (BGBl. I S. 2669)

Frühere Ausgaben

DIN 18005 Teil 1:05.71

Änderungen

Gegenüber der Ausgabe Mai 1971 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

Vornorm.charakter aufgehoben.

Der Inhalt wurde völlig überarbeitet.

Internationale Patentklassifikation

E 04 B 1/82
E 01 F 8/00
G 10K11/16

---

[4] Zu beziehen durch Beuth Verlag GmbH, Postfach 1145, 1000 Berlin 30

[5] Zu beziehen durch Drucksachenzentrale BD Karlsruhe, Stuttgarter Straße 61 a, 7500 Karlsruhe