

Ein vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung von Lärmlinien längs von Hochleistungsstrassen

A. Lauber
Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt, Dübendorf

1. Lärmlinien

Für die Nutzung des an Hochleistungsstrassen angrenzenden Gebietes sind künftig vermehrt die Lärmimmissionen zu berücksichtigen. Die Planer brauchen als Unterlage für die Ausarbeitung von Zonen die sogenannten Lärmlinien; das sind Linien konstanter Lärmpegel, die den jeweils zugeordneten Grenzrichtwerten entsprechen.

In der Schweiz ist es üblich, den Strassenverkehrslärm durch 2 Summenhäufigkeitspegel zu beschreiben, nämlich L_{50} für den mittleren Lärmpegel und L_1 für die häufigen Lärmspitzen [2]. Für diese Lärmmasse wurden die in der Tabelle 1 angegebenen Grenzrichtwerte aufgestellt [3]. Dabei wird unterschieden zwischen wünschbaren Werten für das nicht überbaute Gebiet und zumutbaren Werten für das überbaute Gebiet; in beiden Fällen sind die Grenzrichtwerte noch weiter abgestuft für die Tages- und Nachtzeit.

Unter Berücksichtigung, dass die Verkehrsmenge in der Nacht nur etwa 15% der Tagesverkehrsmenge beträgt und dass in unserem Land der Lastwagenverkehr in der Nacht verboten ist, zeigt es sich, dass vor allem der mittlere Lärmpegel L_{50} am Tag (für die von der Strasse weiter entfernten Gebiete) und die Lärmspitzen L_1 in der Nacht (für die unmittelbar an die

Für die Planung von Wohngebieten ist die Kenntnis der zukünftigen Lärmimmissionen von Autobahnen und anderen Hochleistungsstrassen von entscheidender Bedeutung.

Tabelle 2
Massgebende Verkehrsmenge für Lärmberechnungen an Hochleistungsstrassen

Hochleistungsstrassen	Tageszeit	Verkehrsmengen in PWE/h			
		2 Spuren	3 Spuren	4 Spuren	6 Spuren
Ausserhalb von	Tag	900	1000	2400	4200
Agglomerationen	Nacht	135	150	360	630
Innerhalb von	Tag	*	*	3600	5700
Agglomerationen	Nacht	*	*	540	850

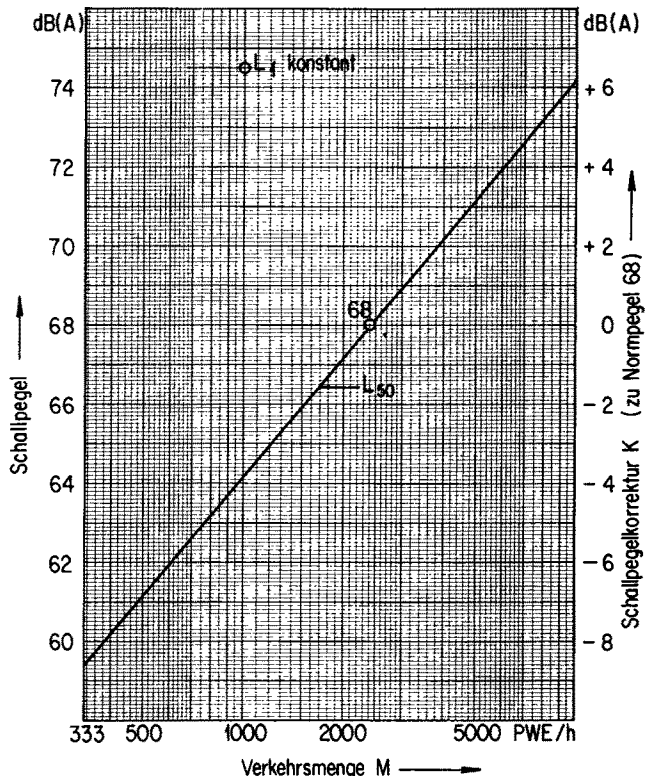
* Keine generellen Angaben möglich, weil zu sehr von den örtlichen Verhältnissen abhängig; man muss hier zählen und schätzen.

Tabelle 1
Grenzrichtwerte für den Strassenverkehrslärm
Empfohlener Messort: Mikrophon im offenen Fenster. Die häufigen Schallspitzen L_1 haben um 10 db (A) höhere Grenzwerte. Tag: 06.00–22.00 Uhr. Nacht: 22.00–06.00 Uhr

Z O N E	Mögliche Nutzung	Lärmgrenzrichtwerte in dB (A) Für den mittl. Lärmpegel L_{50}			
		Wünschbare Grenzrichtwerte (z. B. für künftige Baugebiete)		Zumutbare Grenzrichtwerte (z. B. für bestehende Baugebiete)	
		Nacht	Tag	Nacht	Tag
A	Landwirtschaftliche Nutzung, Lagerhäuser, Milit. Bauten und dgl.	70	80	70	80
B	Industrie- und Gewerbebauten (Geschäfts-, Bürohäuser, Abwartwohnungen nur mit Schallschutz) ²	50	60	60 (55) ¹	70
C	Geschäfts- und Bürohäuser (Wohnhäuser nur mit Schallschutz) ²	40	50	50 (45) ¹	60
D	Wohnhäuser, Schulen usw.				

¹ Vom Hygieniker empfohlene Schallpegel
² Schallschutz siehe Ziffer

Figur 1
Strassenverkehrslärm, Schallpegelwert L_{50} und L_1 in dB (A) in 30 m Abstand von der Strasse für verschiedene Verkehrsmengen in Personewagen-Einheiten/Stunde (PWE/h)



Strassenverkehrslärm dB (A)		Schnitt No x, linke Seite						Schnitt No x, rechte Seite					
		L ₅₀			L ₁			L ₅₀			L ₁		
		K	Tag	Nacht	K	T	N	K	T	N	K	T	N
Normalschallquelle 2400 PWE/h		—	68	68	—	74	74	—	68	68	—	74	74
Andere Verkehrsmengen (Tab. 1) Nacht -15 %		—	—	-8	—	—	—	—	—	-8	—	—	—
Strassenbelag	schwarz trocken	0			0			0			0		
	schwarz nass	+7			+7			+7			+7		
	Beton trocken	+3			+3			+3			+3		
	Beton nass	+7			+7			+7			+7		
Verkehrszusammensetzung	Keine LW	-2			-5			-2			-5		
	10-15 % LW	0			0			0			0		
	20-30 % LW	+2			+5			+2			+5		
Steigung/Gefälle	0-3 %	0			0			0			0		
	4 %	+2			+2			+2			+2		
	5-7 %	+3			+3			+3			+3		
	8-11 %	+5			+6			+5			+6		
Fahrzeuggeschwindigkeit	40-60 km/h	-3			-3			-3			-3		
	60-80 km/h	-2			-2			-2			-2		
	80-100 km/h	0			0			0			0		
	100-120 km/h	+1			+1			+1			+1		
	unbeschränkt	+2			+2			+2			+2		
Bebauung bis 30 m ab Achse	Häuserfront eins.	+2			+2			+2			+2		
	Häuserfront beids.	+5			+5			+5			+5		
Galerie	Seite A	-15			-15			-15			-15		
	Seite B	-10			-10			-10			-10		
	Seite C	+8			+8			+8			+8		
Korr. Quellenwert 30 m ab Achse		—			—			—			—		

Tabelle 3

Strasse grenzenden Gebiete) massgebend für die Lärmstörungen einer Strasse sind.

Für Wohnbauten ohne zusätzlichen Schallschutz betragen diese Grenzwerte gemäss Tabelle 1

für unbebautes Gebiet
 L₅₀ = 50 dB (A) tags
 L₁ = 50 dB (A) nachts

für überbautes Gebiet
 L₅₀ = 60 dB (A) tags
 L₁ = 60 dB (A) nachts

Es ist nun wichtig, mit einem nicht allzu komplizierten Verfahren die Lärmrinnen, die diesen Grenzwerten entsprechen, entlang von Hochleistungsstrassen angeben zu können. Dabei wird in 3 Schritten wie folgt vorgegangen:

- Der interessierende Strassenzug wird in Abschnitte eingeteilt, für die Querprofile bis zu 500 m auf beiden Seiten benötigt werden.
- Für jedes Querprofil wird der gesamte Verkehrslärm zunächst für einen Aufpunkt in 30 m Abstand von der Strassenachse berechnet.

- Mit normalisierten Ausbreitungskurven kann der Abstand für einen bestimmten Schallpegel (Grenzrichtwert) L₅₀ und L₁ gefunden werden. Für spezifische Situationen ist zusätzlich abzuschätzen, wie gross der Einfluss von Hindernissen, Überbauungen und Hanglagen ist.

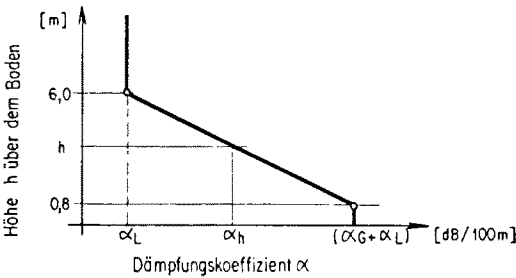
2. Die Aufteilung des interessierenden Strassenzuges in Abschnitte

In der Regel werden Abschnittslängen von 100 m angenommen. Je nach den topografischen und strassenbaulichen Verhältnissen können grössere oder kleinere Abschnitte (ganze Vielfache oder Bruchteile von 100 m) gewählt werden. Für jeden Abschnitt sind Querprofile in einem Massstab von 1:1000 für die jeweils interessierenden Strassenseiten bis mindestens 500 m ab Strassenachse notwendig.

3. Die Strasse als Lärmquelle

Als Grundlage dient das von Dr. E. J. Rathé, bei der EMPA erarbeitete, Lärmmodell für den Strassen-

Verlauf der zusätzlichen Schalldämpfung mit zunehmender Höhe über dem Boden

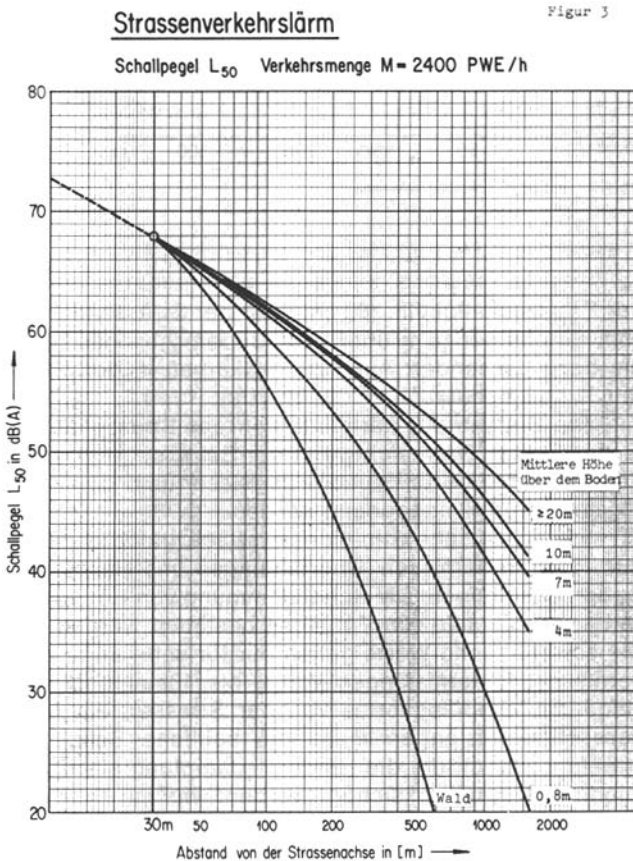


Frequenz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Hz
α_G	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0	5,6	8,0	dB/100m
α_L	0,0125	0,03	0,07	0,16	0,38	0,85	2,0	4,5	dB/100m

Figur 2

verkehr [5]. Als wichtigste Grösse ist zunächst die Verkehrsmenge festzulegen. Dabei sind die in der Tabelle 2 angegebenen, vom Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau empfohlenen Zahlen zu verwenden.

Figur 3



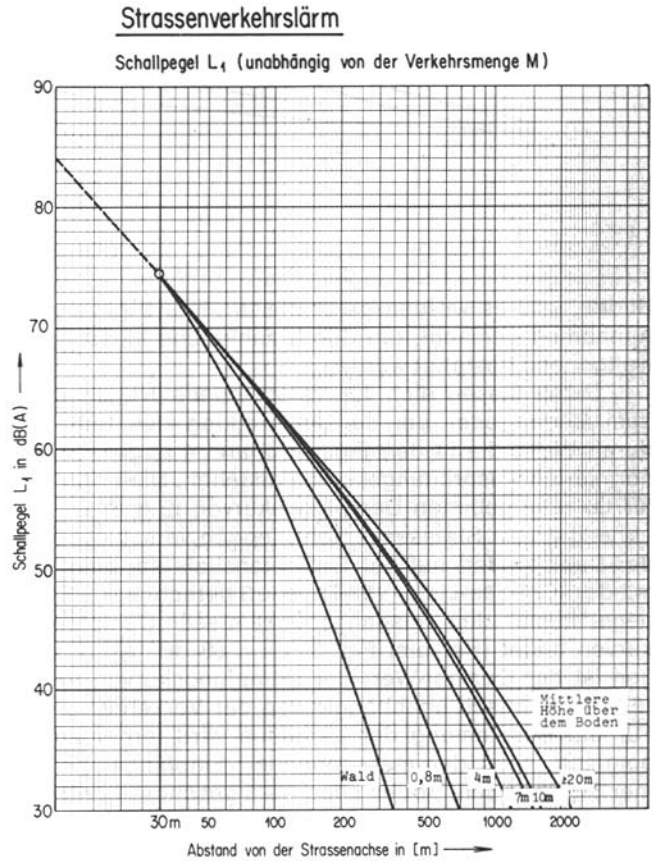
Figur 3

Für die Bestimmung der Lärmreihe wird als Ersatzschallquelle für den Lärm der gesamten Hochleistungsstrasse eine Linie in 80 cm Höhe über der Strassenachse angenommen. Mit Hilfe der «Cheque-Liste» in Tabelle 3 wird der Strassenverkehrslärm für eine Distanz von 30 m von der Strassenachse berechnet. Verkehrsmengen, die von der Standardverkehrsmenge von 2400 PWE/h abweichen, werden durch einen Zuschlag oder Abzug gemäss Figur 1 korrigiert. Die «Cheque-Liste» der Tabelle 3 berücksichtigt ausser der Verkehrsmenge auch noch den Strassenbelag, die Verkehrszusammensetzung, Strassensteigungen, Fahrzeuggeschwindigkeiten und die Bebauung bis zu einer Distanz von 30 m.

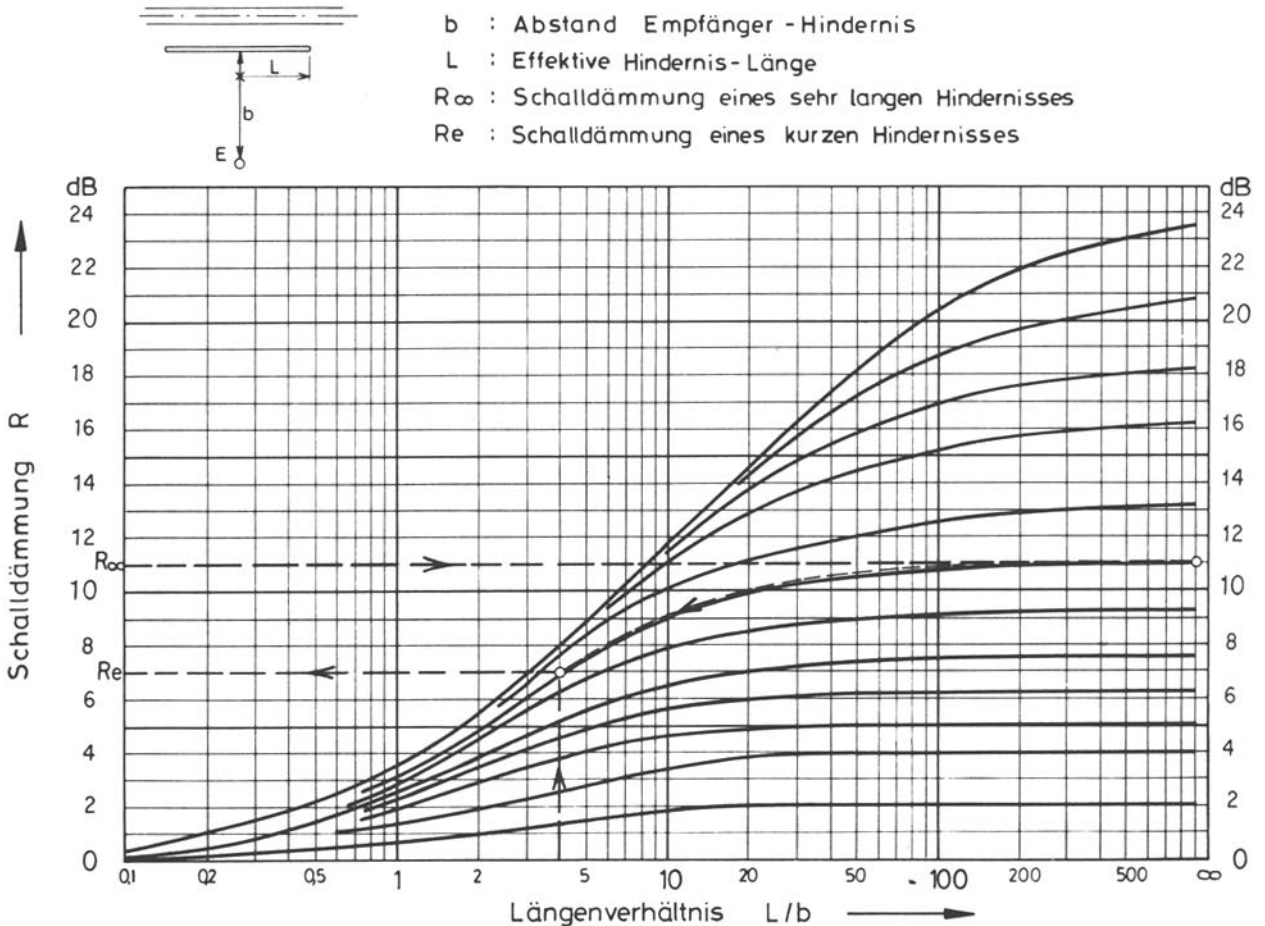
4. Die Ausbreitung des Strassenverkehrslärms

Der für 30 m Abstand berechnete Lärmpegel nimmt mit zunehmendem Abstand von der Strasse ab, wobei neben der geometrischen Dämpfung (-3 dB pro Verdoppelung des Abstandes für den mittleren Schalldruck L_{50} , und -6 dB für die Schalldruckspitzen L_1) auch noch die zusätzlichen Dämpfungen der Luft- und Bodenabsorption zu berücksichtigen sind [1]. Diese Zusatzdämpfungen sind abhängig von der Höhe über dem

Figur 4



Verminderung der Schalldämmung bei kurzen Hindernissen durch seitliche Schalleinstrahlung



Figur 5

Boden, und es werden dafür die in Figur 2 gezeigten Annahmen gemacht, die durch zahlreiche Messungen weitgehend bestätigt wurden.

Damit lassen sich für verschiedene Höhen über dem Boden oder bei der Ausbreitung des Schalles durch Wald, die in den Figuren 3 und 4 angegebenen normierten Ausbreitungskurven angeben. Die Form der für L_{50} angegebenen Dämpfungskurven (Fig. 3) ist unabhängig vom Strassenverkehr, jedoch verschiebt sich der Dezibel-Wert auf der Ordinatenkala so, dass der mit der «Cheque-Liste» von Tabelle 3 berechnete Schallpegel immer den Ausgangspunkt dieser Dämpfungskurven bildet (Beispiel Fig. 3: $L_{50} = 68$ dB [A]). Dagegen ist der Dezibel-Wert der Dämpfungskurven für L_1 (Fig. 4) praktisch unabhängig von der Verkehrsmenge. Für die Bestimmung der Lärmlinie wird ferner angenommen, dass der massgebende «Empfangsort» immer 8 m über dem Boden liege (2-3 geschossiger Bau). Für nicht ebenes Terrain wird im betreffenden Querprofil die mittlere Höhe über dem Boden der Linie von

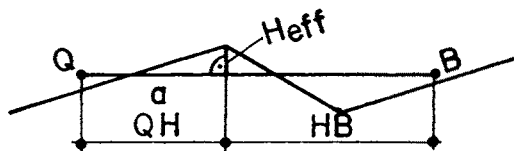
der Ersatzschallquelle (80 cm über der Strassenachse) zum Empfänger (8 m über dem Boden) geschätzt und die dazu passenden Ausbreitungskurven in den Figuren 3 und 4 benützt.

Die Distanz der Lärmlinie von der Strassenachse für bestimmte Grenzwerte der Schallpegel können dann in den Figuren 3 und 4 abgelesen und damit für jedes Querprofil angegeben werden.

Für spezifische Situationen ist aber noch der Einfluss von Hindernissen, Überbauungen und Hanglagen zu berücksichtigen. Die Schalldämmung von Hindernissen kann mit Hilfe von Tabelle 4 bestimmt werden [4]. Die so erhaltenen Werte gelten nur für sehr lange Hindernisse (Hindernislängen von 6 bis 10mal dem Abstand des Empfangsortes von der Strasse). Für kleinere Hindernislängen muss die seitliche Schalleinstrahlung, durch die die Hindernisdämpfung stark vermindert wird, berücksichtigt werden, was mit Hilfe der Kurven der Figur 5 abgeschätzt werden kann.

Kompliziert ist auch die Verminderung der Schall-

Tabelle 4
Schalldämpfung von Hindernissen
(nach Maekawa, für Frequenz 500 Hz)



a = Der kleinere der beiden Abstände; QH (Schallquelle-Hindernis) und HB (Hindernis-Beobachter)

H_{eff} = wirkbare Höhe des Hindernisses

wirksame Höhe H (m)	5,00	4,75	4,50	4,25	4,00	3,75	3,50	3,25	3,00	2,75	2,50	2,25	2,00	1,80	1,60	1,40	1,20	1,00	0,80	0,60	0,50	0,40	0,31	0,25	0,0		
	21	21	21	20	20	19	19	18	17	17	16	15	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	6	6	5	
	21	21	20	20	19	19	18	17	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	
	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	3	
	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	3	
	20	20	19	19	19	18	17	16	15	14	13	12	12	11	10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	3	
	20	19	19	18	17	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	2	
	19	19	18	18	17	16	15	14	13	12	12	11	10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	2	
	19	18	18	17	16	15	14	13	12	12	11	10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	
	18	18	17	16	15	14	13	13	12	11	11	10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	
	18	17	16	15	14	13	13	12	11	11	10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	
	17	16	15	14	13	13	12	11	10	9	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	
	16	15	14	13	13	12	11	11	10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	
	15	14	13	12	12	11	10	9	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	
	14	13	12	12	11	10	9	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	
	13	12	12	11	10	10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	
	12	11	11	10	9	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	
	11	10	9	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	9	9	8	8	8	7	7	6	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	8	8	7	7	7	6	6	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	8	7	7	7	6	6	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	7	7	6	6	6	6	5	5	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	6	6	6	6	5	5	5	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	2,0	2,5	3,1	4,0	5,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	31,5	40,5	50,0	63,0	80,0	100,0									
	Abstand a (m)																										

ausbreitung durch eine Überbauung. Als Richtwert für Planer können etwa Annahmen gemäss Tabelle 5 gemacht werden.

An Hanglagen können erhöhte Schallpegel bis etwa 5 db (A) vorkommen.

Bei diesen spezifischen Situationen kann der, einem bestimmten Grenzrichtwert zugeordnete Abstand von der Strasse nur durch Wiederholung (Iteration) des angegebenen Verfahrens gefunden werden.

Detailliertere Verfahren für die Behandlung der komplizierten Probleme der Seiteneinstrahlung bei

Hindernissen, der Schalldämpfung von Überbauungen und der erhöhten Schallpegel bei den Hanglagen für spezifische Situationen werden gegenwärtig studiert und ausgearbeitet.

Zusammenfassung

Für die Berücksichtigung der Lärmimmissionen von Hochleistungsstrassen benötigen die Planer sogenannte Lärmlinien, welche dem Schallpegel des jeweils in Frage kommenden Grenzrichtwertes entsprechen. Der Abstand der Lärmlinie von der Strassenachse wird in 3 Arbeitsgängen wie folgt bestimmt:

- Erstellen von Querprofilen, Bestimmen eines Ersatzschallpegels in 30 m ab Strassenachse, Bestimmung des Abstandes der Lärmlinie mit Hilfe normierter Ausbreitungskurven und Berücksichtigung spezifischer Gegebenheiten wie Hindernisse, Überbauung durch Iteration der Arbeitsvorgänge.

Résumé

Un procédé simplifié pour déterminer le bruit des routes à grande capacité

Afin de tenir compte du bruit des routes à grande capacité, les ingénieurs de planning ont besoin pour leurs travaux d'une ligne d'égal intensité sonore correspondant aux valeurs limites fixées pour la zone prise en considération.

Tabelle 5
Verminderung der Schallausbreitung von Strassenverkehrslärm durch eine Überbauung

Überbauung	Zusätzliche Schalldämpfung in dB (A)	
	lockere Bauweise	gedrängte Bauweise
Hinter der 1. Häuserreihe	2—5	5—8
Hinter der 2. Häuserreihe	4—8	8—12
Hinter der 3. Häuserreihe	6—12	11—16

La distance entre cette ligne «sonore» et l'axe de la route sera déterminée de la façon suivante:

On établira des profils en travers, on cherchera le niveau sonore de substitution pour la distance de 30 m, et l'on déterminera à l'aide de courbes normalisées donnant le niveau sonore en fonction de la distance, la distance de la ligne cherchée. On tiendra compte des autres facteurs tels que obstacles acoustiques ou bâtiments par itération du procédé de travail.

Summary

A simplified procedure for determining noise immissions along highways

Considering the noise immission from highways, the planning engineers need curves of constant noise levels corresponding to the relevant limiting values. The distances of these curves from the axes of the highway can be determined by the following 3 steps:

Elaboration of cross-sections. Calculation of the traffic noise level for a distance of 30 m. Determination of the unknown distance with the aid of normalized attenuation curves and considering special cases e. g. obstacles, agglomeration of buildings, by iterating the working procedure.

Literatur

- [1] *Furrer W., Lauber A.*: Raum- und Bauakustik — Lärmabwehr, 3. Auflage, Birkhäuserverlag, Basel und Stuttgart 1972.
- [2] *Grandjean E. und Lauber A.*: Lärmimmissionen von Autobahnen. Neue Zürcher Zeitung No. 94, 39—40, (Montag, 26. Februar 1973).
- [3] *Lauber A.*: Akustik im Strassenverkehrslärm, Tagung, «Lärmschutz 73», Minderung des Strassenverkehrslärms. Schriftenreihe der Schweiz. Vereinigung für Gesundheitstechnik No. 30, 13—22 [1973].
- [4] *Maekawa Zyun-iti*: Noise Reduction by Screens, F 13, Proceedings of the 5th International Congress on Acoustics, Liège, 1965.
- [5] *Rathé J. E.*: Über den Lärm des Strassenverkehrs. *Acoustica* Vol. 17, 268—277 [1966].

Adresse des Auteurs

A. Lauber, Prof. ETH/Ing. SIA, Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt, CH-8600 Dübendorf.