

Gesamte Rechtsvorschrift für Bundesstraßen-Lärmimmissionsschutzverordnung , Fassung vom 24.04.2026

Langtitel

Verordnung der Bundesministerin für Verkehr, Innovation und Technologie über
Lärmimmissionsschutzmaßnahmen im Bereich von Bundesstraßen (Bundesstraßen-
Lärmimmissionsschutzverordnung – BStLärmIV)
StF: BGBl. II Nr. 215/2014

Änderung

BGBl. II Nr. 11/2026 [CELEX-Nr.: 32021L1226]

Präambel/Promulgationsklausel

Auf Grund des § 7 Abs. 2 des Bundesstraßengesetzes 1971, BGBl. Nr. 286, zuletzt geändert durch
das Bundesgesetz BGBl. I Nr. 96/2013, wird verordnet:

Text

1. Abschnitt

Allgemeine Bestimmungen

Anwendungsbereich

§ 1. Diese Verordnung gilt für betriebsbedingte und baubedingte Schallimmissionen von Bundesstraßenvorhaben, welche gemäß § 4 Abs. 1 oder § 4a des Bundesstraßengesetzes 1971 (BStG 1971), BGBl. Nr. 286, in der jeweils geltenden Fassung, oder nach den Bestimmungen des Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetzes 2000 (UVP-G 2000), BGBl. Nr. 697/1993, in der jeweils geltenden Fassung, zu genehmigen sind.

Begriffsbestimmungen

§ 2. Im Sinne dieser Verordnung sind

1. „Nachbarn“ Personen im Sinne des § 7a Abs. 2 BStG 1971 in der Fassung des Bundesgesetzes BGBl. I Nr. 96/2013 und im Fall UVP-pflichtiger Vorhaben jene im Sinne des § 19 Abs. 1 Z 1 UVP-G 2000 in der Fassung des Bundesgesetzes BGBl. I Nr. 14/2014,
2. „Aufenthaltsräume“ jene Räume, die zum länger dauernden Aufenthalt von Personen bestimmt sind,
3. „Werktage“ Wochentage von Montag bis Freitag,
4. „Regelmonate“ Monate nach dem vorgesehenen Bauzeitplan ohne Zuordnung zu einem bestimmten Kalendermonat und ohne Berücksichtigung von konkreten Feiertagen. Ein Regelmonat hat 20 Werktage.

Lärmindizes

§ 3. (1) Für den betriebsbedingten Schall gelten der TagAbendNachtLärmindex L_{den} und der Nachtlärmindex L_{night} gemäß Definition in Anhang 1 der Richtlinie 2002/49/EG über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm, ABl. Nr. L 189 vom 18.07.2002 S. 12.

(2) Für den baubedingten Schall gelten nachstehende Lärmindizes:

1. $L_{r,Bau,Tag,W}$: der über die Werktage über den Zeitraum Tag über einen Regelmonat energetisch gemittelte Beurteilungspegel des Baulärms;
2. $L_{r,Bau,Abend,W}$: der über die Werktage über den Zeitraum Abend über einen Regelmonat energetisch gemittelte Beurteilungspegel des Baulärms;
3. $L_{r,Bau,Tag,Sa}$: der an einem Samstag im Zeitraum Tag auftretende Beurteilungspegel des Baulärms;

4. $L_{r,Bau,Abend,Sa}$: der an einem Samstag im Zeitraum Abend auftretende Beurteilungspegel des Baulärms;
5. $L_{r,Bau,Tag,So}$: der an einem Sonntag im Zeitraum Tag auftretende Beurteilungspegel des Baulärms;
6. $L_{r,Bau,Abend,So}$: der an einem Sonntag im Zeitraum Abend auftretende Beurteilungspegel des Baulärms;
7. $L_{r,Bau,Nacht}$: der im Zeitraum Nacht auftretende Beurteilungspegel des Baulärms.

Basis für den baubedingten Schall ist der Abewertete energieäquivalente Dauerschallpegel L_{Aeq} gemäß Punkt 3.3 der ÖAL-Richtlinie Nr. 28 Berechnung der Schallausbreitung im Freien und Zuweisung von Lärmpegeln und Bewohnern zu Gebäuden, Ausgabe: 2021-10-01 (**Anlage 1**).

(3) Für die Berechnung der Lärmindizes gemäß Abs. 1 und 2 gelten folgende Zeiträume:

1. Tag: 06:00 – 19:00 Uhr,
2. Abend: 19:00 – 22:00 Uhr und
3. Nacht: 22:00 – 06:00 Uhr.

(Anm.: Abs. 4 aufgehoben durch BGBl. II Nr. 11/2026)

Maßgebender Immissionsort

§ 4. Der maßgebende Immissionsort für die Berechnung der Lärmindizes gemäß § 3 Abs. 1 und 2 liegt bei Nachbarn auf der Fassade in der Höhe der jeweiligen Geschoße des Objektes. Dieser Immissionsort ist auch maßgeblich für die Beurteilung der Lärmauswirkungen und die Ermittlung allenfalls erforderlicher straßenseitiger oder objektseitiger Lärmschutzmaßnahmen.

Beurteilungsmaßstab

§ 5. Die Gesundheitsgefährdung und die unzumutbare Belästigung sind danach zu beurteilen, wie sich die Schallimmissionen auf ein gesundes, normal empfindendes Kind und auf einen gesunden, normal empfindenden Erwachsenen auswirken.

2. Abschnitt

Regelungen für den betriebsbedingten Schall

Grenzwerte

§ 6. (1) Bei vorhabensbedingten Immissionserhöhungen aus dem Straßenverkehr ist der zulässige vorhabensbedingte, vom Verkehr auf der Bundesstraßentrasse ausgehende, Immissionseintrag bis zum Erreichen eines Immissionsgrenzwertes gemäß Abs. 2 bei Nachbarn wie folgt begrenzt:

$$L_{den} = 55,0 \text{ dB}$$

$$L_{night} = 45,0 \text{ dB}$$

(2) Für die Beurteilung unzumutbarer Belästigungen von Nachbarn durch Straßenverkehrslärm gelten folgende Immissionsgrenzwerte:

$$L_{den} = 60,0 \text{ dB}$$

$$L_{night} = 50,0 \text{ dB}$$

Immissionen aus dem Straßenverkehr gelten auch dann als zumutbar, wenn die vorhabensbedingten Immissionserhöhungen, bezogen auf die Immissionen im Nullplanfall, irrelevant sind. Im Bereich von $60,0 \text{ dB} < L_{den} \leq 65,0 \text{ dB}$ sowie im Bereich von $50,0 \text{ dB} < L_{night} \leq 55,0 \text{ dB}$ sind vorhabensbedingte Immissionserhöhungen von bis zu 1,0 dB irrelevant.

(3) Für die Beurteilung der Gesundheitsgefährdung von Nachbarn durch Straßenverkehrslärm gelten folgende Immissionsgrenzwerte:

$$L_{den} = 65,0 \text{ dB}$$

$$L_{night} = 55,0 \text{ dB}$$

Bei Überschreitung dieser Immissionsgrenzwerte sind vorhabensbedingte Immissionserhöhungen aus dem Straßenverkehr im Einzelfall zu beurteilen. Vorhabensbedingte Immissionserhöhungen von mehr als 1,0 dB, bezogen auf die Immissionen im Nullplanfall, sind jedenfalls unzulässig.

(4) Für Arbeitnehmer benachbarter Betriebe und Inhaber von Einrichtungen, in denen sich regelmäßig Personen vorübergehend aufhalten, hinsichtlich des Schutzes dieser Personen, gelten die

Abs. 1 bis 3 nicht; für sie sind der zulässige vorhabensbedingte Immissionseintrag und die Immissionsgrenzwerte im Einzelfall festzulegen.

(5) Vorhabensbedingte Immissionserhöhungen, die vom Betrieb anderer Schallemissionen als der Straße ausgehen, sind zu berechnen und im Einzelfall zu beurteilen.

Ermittlung und Beurteilung

§ 7. (1) Die Lärmemissionen aus dem Straßenverkehr sind gemäß Punkt 4 (Ermittlung des Schallleistungspegels) der RVS 04.02.11 Berechnung von Schallemissionen und Lärmschutz, Stand 1. November 2021, zu berechnen (**Anlage 2**). Zur Berechnung der Lärmimmissionen aus dem Straßenverkehr ist Punkt 5.2 (Berechnung der Schallausbreitung von Straßen-, Eisenbahn- und Industrie-/Gewerbequellen) der ÖAL-Richtlinie Nr. 28, Ausgabe: 2021-10-01, heranzuziehen (**Anlage 1**).

(2) Für die Beurteilung der durch den Betrieb des Bundesstraßenvorhabens bedingten Lärmimmissionen sind der Zustand zum Prognosezeitpunkt ohne das Vorhaben (Nullplanfall) und der durch das Vorhaben geänderte Zustand zum Prognosezeitpunkt (Vorhabensplanfall) heranzuziehen.

Straßenseitige Maßnahmen

§ 8. (1) Bei Lärmimmissionen, ausgehend vom Verkehr auf der Bundesstraßentrasse, ist der zur Einhaltung des zulässigen vorhabensbedingten Immissionseintrages und der Immissionsgrenzwerte gemäß § 6 erforderliche Lärmschutz für Nachbarn, mit Ausnahme der Arbeitnehmer benachbarter Betriebe im Sinne des § 6 Abs. 4, vorrangig durch straßenseitige (aktive) Lärmschutzmaßnahmen sicherzustellen. Als straßenseitige Maßnahmen gelten insbesondere Lärmschutzwände, Lärmschutzwälle, Trassierungen im Einschnitt und eine Kombination daraus.

(2) Abs. 1 gilt nicht für Objekte oder Objektteile, deren Bestand, Neu-, Zu- oder Umbau zum Zeitpunkt der Bescheiderlassung unzulässig ist.

Objektseitige Maßnahmen

§ 9. (1) Wenn bei Lärmimmissionen, ausgehend vom Verkehr auf der Bundesstraßentrasse, aktive Lärmschutzmaßnahmen zur Einhaltung des zulässigen vorhabensbedingten Immissionseintrages und der Immissionsgrenzwerte gemäß § 6 technisch nicht realisierbar oder im Hinblick auf den erzielbaren Zweck nur unter einem unverhältnismäßigen wirtschaftlichen Aufwand umsetzbar sind, ist in Ergänzung zu oder anstelle von aktiven Lärmschutzmaßnahmen der Schutz für Räumlichkeiten mittels objektseitiger Maßnahmen zulässig.

(2) Wird bei Nachbarn, mit Ausnahme jener gemäß § 6 Abs. 4, bei vorhabensbedingten Lärmzunahmen, ausgehend vom Verkehr auf der Bundesstraßentrasse, der zulässige vorhabensbedingte Immissionseintrag für L_{night} gemäß § 6 Abs. 1 überschritten und sind straßenseitige Maßnahmen nicht zu ergreifen, haben sie Anspruch auf den Einbau von Schalldämmlüftern in Aufenthaltsräumen an den betroffenen Fassaden ohne Austausch bestehender Fenster.

(3) Wird bei Nachbarn, mit Ausnahme jener gemäß § 6 Abs. 4, bei relevanten vorhabensbedingten Lärmzunahmen der Immissionsgrenzwert für L_{den} gemäß § 6 Abs. 2 überschritten und sind straßenseitige Maßnahmen nicht zu ergreifen, haben sie Anspruch auf den Austausch bestehender Fenster und Türen gegen Schallschutzfenster und -türen in Aufenthaltsräumen an den betroffenen Fassaden, soweit bestehende Fenster und Türen nicht ausreichenden Schutz gewähren. Wird bei Nachbarn, mit Ausnahme jener gemäß § 6 Abs. 4, bei relevanten vorhabensbedingten Lärmzunahmen der Immissionsgrenzwert für L_{night} gemäß § 6 Abs. 2 überschritten und sind straßenseitige Maßnahmen nicht zu ergreifen, haben sie Anspruch auf den Einbau von Schalldämmlüftern und den Austausch bestehender Fenster und Türen gegen Schallschutzfenster und -türen in Aufenthaltsräumen an den betroffenen Fassaden, soweit bestehende Fenster und Türen nicht ausreichenden Schutz gewähren.

(4) Wird bei Nachbarn gemäß § 6 Abs. 4 der im Einzelfall festgelegte zulässige vorhabensbedingte Immissionseintrag oder einer der im Einzelfall festgelegten Immissionsgrenzwerte überschritten und sind straßenseitige Maßnahmen nicht zu ergreifen, haben sie Anspruch auf objektseitige Maßnahmen in Aufenthaltsräumen an den betroffenen Fassaden, soweit bestehende Fenster und Türen nicht ausreichenden Schutz gewähren.

(5) Im Bereich von Zulaufstrecken im untergeordneten Straßennetz sowie im Fall des § 6 Abs. 5 ist es zulässig, den Lärmschutz ausschließlich durch objektseitige Maßnahmen sicherzustellen.

3. Abschnitt

Regelungen für den baubedingten Schall

Schwellenwerte und Grenzwerte

§ 10. (1) Wenn die Beurteilungspegel des Baulärms folgende Schwellenwerte nicht überschreiten, sind die Schallimmissionen jedenfalls zulässig:

$L_{r,Bau,Tag,W}$	=	55,0 dB
$L_{r,Bau,Abend,W}$	=	50,0 dB
$L_{r,Bau,Tag,Sa}$	=	55,0 dB
$L_{r,Bau,Abend,Sa}$	=	50,0 dB
$L_{r,Bau,Tag,So}$	=	55,0 dB
$L_{r,Bau,Abend,So}$	=	50,0 dB
$L_{r,Bau,Nacht}$	=	45,0 dB

(2) Baubedingte Schallimmissionen sind, solange die Grenzwerte gemäß Abs. 4 eingehalten werden, auch dann zulässig, wenn der Beurteilungspegel des Baulärms die in der nachstehenden Tabelle festgelegten Schwellenwerte in Abhängigkeit von der Gebietsnutzung nicht überschreitet.

Gebietsnutzung	Schwellenwerte in dB		
	Tag	Abend	Nacht
Mischgebiet mit z. B. Büros, Geschäften, Handel, Verwaltungsgebäuden ohne wesentliche störende Schallemission, Wohnungen, Krankenhäuser sowie Gebiet für Betriebe ohne Schallemission	$L_{r,Bau,Tag,W} \leq 60,0$ $L_{r,Bau,Tag,Sa} \leq 60,0$ $L_{r,Bau,Tag,So} \leq 55,0$	$L_{r,Bau,Abend,W} \leq 55,0$ $L_{r,Bau,Abend,Sa} \leq 55,0$ $L_{r,Bau,Abend,So} \leq 55,0$	$L_{r,Bau,Nacht} \leq 50,0$
Gebiet für Betriebe mit gewerblichen und industriellen Gütererzeugungs- und Dienstleistungsstätten	$L_{r,Bau,Tag,W} \leq 65,0$ $L_{r,Bau,Tag,Sa} \leq 60,0$ $L_{r,Bau,Tag,So} \leq 55,0$	$L_{r,Bau,Abend,W} \leq 60,0$ $L_{r,Bau,Abend,Sa} \leq 55,0$ $L_{r,Bau,Abend,So} \leq 55,0$	$L_{r,Bau,Nacht} \leq 55,0$

(3) Baubedingte Schallimmissionen sind, solange die Grenzwerte gemäß Abs. 4 eingehalten werden, weiters auch dann zulässig, wenn der Beurteilungspegel des Baulärms den Umgebungslärmpegel als Schwellenwert nicht überschreitet.

(4) Zur Beurteilung der Gesundheitsgefährdung gelten für die Beurteilungspegel des Baulärms folgende Grenzwerte:

	Tag	Abend	Nacht
Werktag	$L_{r,Bau,Tag,W} \leq 67,0 \text{ dB}$	$L_{r,Bau,Abend,W} \leq 60,0 \text{ dB}$	$L_{r,Bau,Nacht} \leq 55,0 \text{ dB}$
Samstag	$L_{r,Bau,Tag,Sa} \leq 60,0 \text{ dB}$	$L_{r,Bau,Abend,Sa} \leq 55,0 \text{ dB}$	
Sonntag	$L_{r,Bau,Tag,So} \leq 55,0 \text{ dB}$	$L_{r,Bau,Abend,So} \leq 55,0 \text{ dB}$	

Bei Überschreitung dieser Grenzwerte ist der Baulärm im Einzelfall zu beurteilen.

(5) Für die Arbeitnehmer benachbarter Betriebe und die Inhaber von Einrichtungen, in denen sich regelmäßig Personen vorübergehend aufhalten, hinsichtlich des Schutzes dieser Personen, gelten die Abs. 1 bis 4 nicht; für sie ist der zulässige Baulärm im Einzelfall festzulegen.

(6) Wenn die Emissionen aus dem Baustellenverkehr im öffentlichen Verkehrsnetz die gegebenen Verkehrslärmemissionen im öffentlichen Verkehrsnetz nicht überschreiten und die baubedingten Verkehrslärmimmissionen die in Abs. 4 festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten, sind sie jedenfalls zulässig.

(7) Feiertage sind wie Sonntage zu beurteilen.

Ermittlung und Beurteilung

§ 11. (1) Die Beurteilungspegel gemäß § 3 Abs. 2 sind nach Punkt 5.2 (Berechnung der Schallausbreitung von Straßen-, Eisenbahn- und Industrie-/Gewerbequellen) der ÖAL-Richtlinie Nr. 28, Ausgabe: 2021-10-01 (**Anlage 1**), zu berechnen und der Ermittlung des Beurteilungspegels sind Einwirkzeiten einzelner Bauvorgänge und die Verkehrszahlen für den Baustellenverkehr zugrunde zu legen.

(2) Bei der Ermittlung des Beurteilungspegels gemäß § 3 Abs. 2 sind die Schallimmissionen des Baulärms grundsätzlich mit einem Anpassungswert von + 5,0 dB zu versehen. Dies gilt jedoch nicht für den Baustellenverkehr, soweit er mit dem Verkehrslärm von öffentlichen Straßen vergleichbar ist.

(3) Überschreiten die baubedingten Immissionen an Werktagen am Tag die Schwellenwerte gemäß § 10 Abs. 1 nicht länger als einen Monat pro Baujahr, so darf der Beurteilungspegel $L_{r,Bau,Tag,W}$ um 3,0 dB vermindert werden. Werden Schwellenwerte gemäß § 10 Abs. 2 oder 3 der Beurteilung zugrunde gelegt, gilt Satz 1 ab Überschreitung dieser Schwellenwerte.

Minderungsmaßnahmen

§ 12. Wird ein Schwellenwert gemäß § 10 Abs. 1 überschritten, sind baubedingte Schallimmissionen auch dann zumutbar, wenn Minderungsmaßnahmen geprüft, und soweit diese in Hinblick auf den erzielbaren Zweck nicht mit unverhältnismäßigem Aufwand verbunden sind, tatsächlich umgesetzt werden. Zu den Minderungsmaßnahmen zählen je nach Erfordernis der Einsatz lärmarmer Geräte, Maschinen und Baumethoden, bauseitige (aktive) Lärmschutzmaßnahmen, örtliche und zeitliche Optimierung des Bauablaufes, Lärmmonitoring und Öffentlichkeitsarbeit. Werden Schwellenwerte gemäß § 10 Abs. 2 oder 3 der Beurteilung zugrunde gelegt, gelten die Sätze 1 und 2 ab Überschreitung dieser Schwellenwerte.

Objektseitige Maßnahmen

§ 13. (1) Überschreitet der Beurteilungspegel trotz verhältnismäßiger Minderungsmaßnahmen gemäß § 12

1. die Grenzwerte für den Tag oder Abend gemäß § 10 Abs. 4 oder 5, haben die Nachbarn Anspruch auf den Austausch bestehender Fenster und Türen gegen Schallschutzfenster und -türen in Aufenthaltsräumen an den betroffenen Fassaden, soweit bestehende Fenster und Türen nicht ausreichenden Schutz gewähren;
2. die Grenzwerte für die Nacht gemäß § 10 Abs. 4 oder 5, haben Nachbarn Anspruch auf den Einbau von Schalldämmlüftern und den Austausch bestehender Fenster und Türen gegen Schallschutzfenster und -türen in Aufenthaltsräumen an den betroffenen Fassaden, soweit bestehende Fenster und Türen nicht ausreichenden Schutz gewähren.

(2) Überschreiten die jeweiligen Beurteilungspegel die Grenzwerte gemäß § 10 Abs. 4, kann die Bundesstraßenverwaltung Nachbarn, alternativ zu den objektseitigen Maßnahmen, durch Lärm nicht belastete Aufenthaltsräume über die Dauer jenes Zeitraums anbieten, der zur Grenzwertüberschreitung gemäß § 10 Abs. 4 geführt hat. Stimmt der Nachbar diesem Angebot zu, so entfällt der Anspruch auf objektseitige Maßnahmen. Dies gilt sinngemäß auch für Nachbarn gemäß § 10 Abs. 5.

4. Abschnitt

Gemeinsame Bestimmungen für betriebs- und baubedingten Schall

Durchführung von objektseitigen Maßnahmen

§ 14. Im Genehmigungsbescheid sind die Qualitätsanforderungen an Lärmschutzmaßnahmen gemäß § 9 und § 13 und die Bereiche, in denen diese Maßnahmen zu ergreifen sind, festzulegen. Zur näheren Konkretisierung der Maßnahmen kann die Behörde der Bundesstraßenverwaltung im

Genehmigungsbescheid auftragen, Detailuntersuchungen vorzunehmen. Die Kosten für objektseitige Maßnahmen sind von der Bundesstraßenverwaltung zu tragen. Wenn zum Zeitpunkt der Bescheiderlassung der Bestand, Neu-, Zu- oder Umbau des Objektes oder eines Objektteils unzulässig ist, besteht kein Anspruch auf objektseitigen Lärmschutz.

Sprachliche Gleichbehandlung

§ 15. Soweit sich die in dieser Verordnung verwendeten Bezeichnungen auf natürliche Personen beziehen, gilt die gewählte Form für beide Geschlechter. Bei der Anwendung dieser Bezeichnungen auf bestimmte natürliche Personen ist die jeweils geschlechtsspezifische Form zu verwenden.

Inkrafttretens- und Übergangsbestimmung

§ 16. (1) Bei Bundesstraßenvorhaben, die vor Inkrafttreten dieser Verordnung bei der Behörde zur Genehmigung eingereicht wurden, ist es zulässig, anstelle des Anpassungswertes gemäß § 11 Abs. 2 auch andere dem Stand der Technik entsprechende Anpassungswerte zu verwenden.

(2) Auf Bundesstraßenvorhaben, die vor Inkrafttreten dieser Verordnung bei der Behörde zur Genehmigung eingereicht wurden und keiner UVP-Pflicht unterliegen, ist der 3. Abschnitt nicht anzuwenden.

(3) § 3 Abs. 2, § 7 Abs. 1, § 11 Abs. 1 sowie die Anlagen 1 und 2 in der Fassung der Verordnung BGBl. II Nr. 11/2026 treten mit Ablauf des Tages der Kundmachung in Kraft und sind auf Bundesstraßenvorhaben anzuwenden, die zu diesem Zeitpunkt anhängig sind oder ab diesem Zeitpunkt anhängig werden. Auf Änderungen nach § 24g und § 24h UVP-G 2000 sowie § 4a BStG 1971 von Bundesstraßenvorhaben, für welche ein Genehmigungsverfahren gemäß § 24 Abs. 1 UVP-G 2000 oder § 4 Abs. 1 BStG 1971 vor dem Inkrafttreten der Verordnung BGBl. II Nr. 11/2026 rechtskräftig abgeschlossen wurde, ist die Bundesstraßen-Lärmimmissionschutzverordnung in der Fassung BGBl. II Nr. 215/2014 anzuwenden. Gleichzeitig tritt § 3 Abs. 4 außer Kraft.

ÖAL-Richtlinie Nr. 28

(Anm.: Anlage als PDF dokumentiert)



ÖAL-Richtlinie Nr. 28

Ausgabe: 2021-10-01

Berechnung der Schallausbreitung im Freien und Zuweisung von Lärmpegeln und Bewohnern zu Gebäuden

Mit zusätzlichen Festlegungen betreffend des Berechnungsverfahrens zur Umsetzung der EU-Richtlinie 2015/996

Calculation of outdoor sound propagation and assignment of noise levels
and population to buildings — Including additional Specifications to the
Sound Prediction Model according to EU-Directive 2015/996

ICS: 17.140.01; 17.140.50

Ersatz für: ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2019-01

zuständig AG 147

Medieninhaber und Hersteller

Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung
Spittelauer Lände 5
1090 Wien

Copyright © ÖAL 2021

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck oder Vervielfältigung, Aufnahme
auf oder in sonstige Medien oder Datenträger nur mit Zustimmung
gestattet!

E-Mail: office@oal.at

Internet: www.oal.at

Verkauf von in- und ausländischen Normen und Regelwerken durch

Austrian Standards plus GmbH
Heinestraße 38, 1020 Wien
E-Mail: service@austrian-standards.at
Internet: www.austrian-standards.at
Webshop: www.austrian-standards.at/webshop
Tel.: +43 1 213 00-300
Fax: +43 1 213 00-355

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10**Inhalt**

Seite

VORBEMERKUNG	3
EINLEITUNG.....	3
1 ZWECK UND ANWENDUNGSBEREICH	3
2 VERWEISUNGEN.....	4
2.1 Rechtsvorschriften (Gesetze und Verordnungen)	4
2.2 Normen und technische Richtlinien	4
3 BEGRIFFSBESTIMMUNGEN.....	4
4 SYMBOLE UND ABKÜRZUNGEN.....	6
5 GEMEINSAME VERFAHREN ZUR LÄRMBEWERTUNG	8
5.1 Allgemeine Bestimmungen – Straßenverkehrs-, Eisenbahn- und Industrie-/Gewerbelärm	8
5.1.1 Definition der Indizes, Frequenzbereiche und Frequenzbänder	8
5.1.2 Qualitätsrahmen.....	8
5.2 Berechnung der Schallausbreitung von Straßen-, Eisenbahn- und Industrie-/	
Gewerbequellen	9
5.2.1 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit des Verfahrens	9
5.2.2 Erläuterung zu den verwendeten variablen Größen.....	9
5.2.3 Geometrische Betrachtungen.....	10
5.2.4 Modell der Schallausbreitung.....	12
5.2.5 Ablauf der Berechnung.....	12
5.2.6 Berechnung der Schallausbreitung bei Straßen-, Eisenbahn- und Industrie-/	
Gewerbequellen	15
5.2.7 Beugung	19
5.3 Lärmexposition.....	31
5.3.1 Bestimmung des lärmbelasteten Gebiets.....	31
5.3.2 Zuweisung von Lärmmittlungspunkten zu Gebäuden ohne Wohnungen.....	31
5.3.3 Bestimmung der Wohnungen und der in lärmbelasteten Wohnungen lebenden Personen.....	32
5.3.4 Fall 1: Daten zur Anzahl der Bewohner sind verfügbar	32
5.3.5 Fall 2: Daten zur Anzahl der Bewohner sind nicht verfügbar	33
5.3.6 Zuweisung von Lärmmittlungspunkten zu Wohnungen und Bewohnern.....	33
6 SONDERFESTLEGUNGEN FÜR DIE STRATEGISCHE LÄRMKARTIERUNG	36
ANHANG A DÄMPFUNG INFOLGE VON BEWUCHS (A_{fol})	37
BIBLIOGRAPHIE	39

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10**VORBEMERKUNG**

Die Neuausgabe der vorliegenden ÖAL-Richtlinie wurde erarbeitet, da auf europäischer Ebene neue Bewertungsmethoden für Lärmindizes nach Artikel 6 der Richtlinie 2002/49/EG veröffentlicht wurden. Diese ÖAL-Richtlinie ist ein Beitrag der österreichischen Umsetzung in nationales Recht im Zusammenhang mit der Schallausbreitung.

Die in dieser Richtlinie verwendete Grammatik ist immer im neutralen Sinn gemeint. Von geschlechtsspezifischen Formulierungen wird aus Gründen der vereinfachten Lesbarkeit abgesehen.

EINLEITUNG

Mit der EU-Richtlinie 2015/996 hat die Europäische Kommission das gemeinsame Verfahren für die Bewertung von Umgebungslärm veröffentlicht. Dieses Verfahren beinhaltet sowohl die Emissionsermittlung der Quellen als auch die Ausbreitungsberechnung des Schalls im Freien und an Fassaden bis hin zur Zuordnung von Lärmpegeln und der Anzahl lärm betroffener Personen.

In Österreich werden die Fachregeln für die unterschiedlichen Quellen je nach Aufgabengebiet von den jeweils zuständigen Institutionen und Normungsorganisationen erstellt. Auch in der Umsetzung der EU-Richtlinie 2015/996 wird dieser Weg weiter fortgesetzt. So wird die Ermittlung der Schallemission für den Straßenverkehr in RVS 04.02.11 und für den Schienenverkehr in RVE 04.01.02 geregelt. In diesen Regelwerken werden auch die quellenspezifischen Bemessungsfälle zur Ermittlung der Lärmindizes definiert.

Mit der Delegierten Richtlinie der Kommission vom 21. Dezember 2020 zur Änderung des Anhangs II der Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich gemeinsamer Methoden zur Lärmbewertung zwecks Anpassung an den wissenschaftlichen und technischen Fortschritt (Amtsblatt der Europäischen Union L 269/65 vom 28.7.2021) wurden weitere Änderungen notwendig.

1 ZWECK UND ANWENDUNGSBEREICH

Diese Richtlinie behandelt die Dämpfung des Schalls von bodengebundenen Quellen bei Ausbreitung im Freien. Sie ist sowohl für den Anwendungsbereich der Richtlinie 2002/49/EG – der strategischen Lärmkartierung – als auch zur allgemeinen Anwendung, speziell auch in anderen Rechtsbereichen wie z. B. Verwaltungsverfahren, geeignet. Dabei ist zu beachten, dass das Ergebnis der Berechnung stets ein A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel ist, nicht aber ein Beurteilungspegel, der wirkungsspezifische Adjustierungen (Pegelzuschläge oder -abschläge) enthält.

Aufgrund der Komplexität setzt die Anwendung der in dieser ÖAL-Richtlinie enthaltenen Berechnungsvorschrift das Vorhandensein einer leistungsfähigen, qualitätsgesicherten Software voraus. Zu diesem Zweck wurde der ISO/TR 17534-4 erstellt.

Die (wirkungsbezogene) Bewertung der Schalleinwirkung ist nicht Gegenstand dieser ÖAL-Richtlinie. Je nach Anwendungsfall sind in den diesbezüglichen normativen Regelwerken die entsprechenden Zeiträume, Betriebs- bzw. Emissionszustände und Anpassungswerte festzulegen.

Die Schallabstrahlung von Bauteilen ist ebenfalls nicht Gegenstand dieser ÖAL-Richtlinie. Dies betrifft auch die Schallabstrahlung von Hindernissen und dergleichen im Ausbreitungsweg, wie z. B. Lärmschutzwände. Hier kann die Schallabstrahlung nach ÖNORM EN ISO 12354-4 berechnet werden.

Abweichende bzw. konkretisierende Detailregelungen sind zulässig, wenn diese in internationalen Normen zur Qualitätssicherung des Berechnungsverfahrens der EU-Richtlinie 996/2015 dokumentiert sind.

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10**2 VERWEISUNGEN**

Die nachstehenden Dokumente sind für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in dieser Richtlinie zitierte Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt jeweils die aktuelle Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments. Rechtsvorschriften sind immer in der jeweils geltenden Fassung anzuwenden.

2.1 Rechtsvorschriften (Gesetze und Verordnungen)

Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm — Erklärung der Kommission im Vermittlungsausschuss zur Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm

Richtlinie (EU) 2015/996 der Kommission vom 19. Mai 2015 zur Festlegung gemeinsamer Lärmbewertungsmethoden gemäß der Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates

Delegierte Richtlinie (EU) 2021/1226 der Kommission vom 21. Dezember 2020 zur Änderung des Anhangs II der Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich gemeinsamer Methoden zur Lärmbewertung zwecks Anpassung an den wissenschaftlichen und technischen Fortschritt; Amtsblatt der Europäischen Union L 269/65 vom 28.7.2021

2.2 Normen und technische Richtlinien

ÖNORM EN 1793-1, Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 1: Produktspezifische Merkmale der Schallabsorption in diffusen Schallfeldern

ÖNORM ISO 9613-2, Akustik — Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien — Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren

ÖVE/ÖNORM EN 61672-1, Elektroakustik — Schallpegelmesser — Teil 1: Anforderungen (IEC 61672-1)

ISO 9613-1, Acoustics — Attenuation of sound during propagation outdoors — Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere

ISO/TR 17534-4, Acoustics — Software for the calculation of sound outdoors — Recommendations for a quality assured implementation of the COMMISSION DIRECTIVE (EU) 2015/996 in software according to ISO 17534-1

3 BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten die nachstehenden Begriffe.

3.1**Schallpegel****Schalldruckpegel**

L_p

zehnfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses der Quadrate des Effektivwertes des Schalldrucks und des Bezugsschalldrucks, ausgedrückt in Dezibel (dB)

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Bezugswert beträgt 20 μ Pa.

[QUELLE: ÖNORM S 5004:2020, 3.2]

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10**3.2****energieäquivalenter Dauerschallpegel** L_{eq}

zehnfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses des zeitlichen Mittelwerts eines quadrierten frequenzbewerteten Schalldrucksignals innerhalb eines festgelegten Zeitintervalls zum Quadrat des Bezugswerts

Anmerkung 1 zum Begriff: Der energieäquivalente Dauerschallpegel wird in dB angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der energieäquivalente Dauerschallpegel wird als jener Schalldruckpegel ermittelt, der bei dauernder Einwirkung einem beliebigen Geräusch energieäquivalent ist.

[QUELLE: ÖNORM S 5004:2020, 3.4]

3.3**A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel** L_{Aeq}

mit der Frequenzbewertung A ermittelter energieäquivalenter Dauerschallpegel

[QUELLE: ÖNORM S 5004:2020, 3.5]

3.4**Lärminde**

Größe für die Beschreibung des Umgebungslärms, die mit gesundheitsschädlichen Auswirkungen in Verbindung steht

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Lärmindeizes L_{day} (Tag-Lärminde), $L_{evening}$ (Abend-Lärminde), L_{night} (Nacht-Lärminde) und L_{den} (Tag-Abend-Nacht-Lärminde) sind in Anhang 1 der Richtlinie 2002/49/EG definiert.

Für die Lärmindeizes gelten in Österreich folgende Zeiträume (T):

Tag: 06:00 Uhr – 19:00 Uhr,

Abend: 19:00 Uhr – 22:00 Uhr und

Nacht: 22:00 Uhr – 06:00 Uhr.

Der Lärminde L_{den} für die allgemeine Belästigung ist mit folgender Gleichung definiert:

$$L_{den} = 10 \cdot \lg \frac{1}{24} \left(13 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 3 \cdot 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right)$$

Anmerkung 2 zum Begriff: In Bezug auf die Lärmindeizes beträgt der Beurteilungszeitraum ein Jahr. Ein Jahr bedeutet für diesen Anwendungsfall das für die Lärmmission ausschlaggebende und hinsichtlich der Witterungsbedingungen durchschnittliche Jahr.

3.5**Schallemission**

der von einer punktförmigen, linienförmigen oder flächenhaften Schallquelle abgestrahlte Schall

3.6**Schallimmission**

Einwirkung von Schall am Immissionsort

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Schallimmission wird durch den maßgebenden A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegel als Lärminde ausgedrückt, der sich aus der Schallemission unter Berücksichtigung der Ausbreitungsbedingungen (Entfernung, Absorption, Abschirmung, Reflexion, Länge des betrachteten Straßenabschnittes u. a.) ergibt.

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10**4 SYMBOLE UND ABKÜRZUNGEN**

Für diese Richtlinie gelten die folgenden Symbole und Abkürzungen.

Symbol	Bezeichnung	Einheit
A	Oktavband-Dämpfungsmaß	dB
A_{atm}	Dämpfung aufgrund von Luftabsorption	dB
α_{atm}	Koeffizient der Dämpfung in der Atmosphäre in der nominellen Mittenfrequenz für jedes Frequenzband gemäß ISO 9613-1	dB/km
α_r	Absorptionskoeffizient der Oberfläche eines Hindernisses	–
A_{boundary}	Dämpfung aufgrund der Wechselwirkung mit dem Boden und den Hindernissen	dB
A_{dif}	Dämpfung aufgrund von Beugung	dB
A_{div}	geometrische Ausbreitungsdämpfung	dB
A_F	Gesamtdämpfung entlang des Ausbreitungsweges bei günstigen Bedingungen	dB
A_{fol}	Dämpfung während der Ausbreitung durch Bewuchs	dB
A_{ground}	Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts	dB
A_H	Gesamtdämpfung entlang des Ausbreitungsweges bei homogenen Bedingungen	dB
AWC	A-Bewertungskorrektur gemäß IEC 61672-1	dB
A_{refl}	Reflexionsverlust an einem vertikalen Hindernis	dB
A_{tot}	Gesamtausbreitungsdämpfung	dB
C	Schallausbreitungsgeschwindigkeit in der Luft	m/s
d	direkte Schrägentfernung zwischen der Quelle und dem Empfänger	m
d_p	Abstand zwischen der Quelle und dem Empfänger in Projektion auf die mittlere Bezugsebene	m
e	Gesamtdistanz entlang des Ausbreitungsweges	m
f_m	nominelle Mittenfrequenz des betrachteten Frequenzbands	Hz
G	Bodenkoeffizient	–
G_{path}	Anteil an absorbierendem Boden über den gesamten betrachteten Ausbreitungsweg	–
h_r	Höhe des Empfängers über dem Boden	m
h_s	Höhe der Quelle über dem Boden	m
L	Schallpegel	dB
L_{Aeq}	A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel	dB
$L_{\text{Aeq},LT}$	Gesamt-Langzeitmittelungspegel, verursacht durch alle Quellen am Empfänger-punkt (re. $2 \cdot 10^{-5}$ Pa)	dB
$L_{\text{Aeq},T}$	A-bewertete Langzeit-Dauerschallpegel für eine bestimmte Mittelungsdauer (Tag, Abend oder Nacht)	dB
L_{den}	Tag-Abend-Nacht-Lärmindeks	dB
L_F	Schallpegel bei günstigen Bedingungen	dB
L_H	Schallpegel bei homogenen Bedingungen	dB
L_{LT}	Langzeitmittelungspegel	dB
L_p	momentaner Schalldruckpegel (re. $2 \cdot 10^{-5}$ Pa)	dB
$L_{\text{tot},LT}$	Gesamt-Langzeitmittelungspegel	dB
L_W	In-Situ-Schallleistungspegel einer Punktquelle (bewegt oder ortsfest) (re. 10^{-12} W)	dB
$L_{W'}$	durchschnittlicher (ungerichteter) In-Situ-Schallleistungspegel je Meter einer Linienquelle (re. 10^{-12} W)	dB/m
$L_{W,i,\text{dir}}$	gerichteter In-Situ-Schallleistungspegel für das i -te Frequenzband (re. 10^{-12} W)	dB
MN	Abstand in drei Dimensionen (3D) zwischen den Punkten M und N	m

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10

Symbol	Bezeichnung	Einheit
$\widehat{MN}$	Länge des gebogenen Ausbreitungsweges zwischen den Punkten M und N bei günstigen Bedingungen	m
O	Beugungspunkt	–
p	Effektivwert des momentanen Schalldrucks	Pa
p_0	Bezugsschalldruck, mit $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa	Pa
R	Empfängerpunkt (en: receiver point)	–
R'	Spiegelempfänger	–
S	Quellenpunkt (en: source point)	–
S'	Spiegelquelle	–
T	Zeitraum (Tag, Abend oder Nacht)	–
W_0	Bezugsschallleistung, mit $W_0 = 10^{-12}$ W	W
z_r	äquivalente Empfängerhöhe	m
z_s	äquivalente Quellenhöhe	m
λ	Wellenlänge der nominalen Mittenfrequenz des betrachteten Frequenzbandes	Hz
δ	Weglängendifferenz zwischen dem gebeugten Ausbreitungsweg und dem direkten Ausbreitungsweg	m
δ_F	Weglängendifferenz bei günstigen Bedingungen	m
Δ_{retrodif}	Dämpfung durch Retrobeugung	dB
BA	Gebäudegrundfläche (en: base area)	m ²
DFS	Wohnfläche (en: dwelling floor space)	m ²
DUFS	Fläche der Wohneinheit (en: dwelling unit floor space)	m ²
FSI	Wohnfläche je Bewohner (en: dwelling floor space per inhabitant)	m ²
Dw	Anzahl der Wohnungen	1
H	Gebäudehöhe (en: height)	m
Inh	Anzahl der Bewohner (en: number of inhabitants)	1
NF	Geschoßanzahl (en: number of floors)	1
V	Rauminhalt von Gebäuden (en: volume of residential buildings)	m ³

Indizes

F	günstige Bedingungen (en: favourable conditions)
H	homogene Bedingungen (en: homogeneous conditions)
i	Frequenzband
M	Fahrzeugkategorie
N	Index der Ausbreitungswege zwischen der Quelle S und dem Empfänger R
P	Schalldruck
P	Projektion
R	Empfänger
S	Quelle

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10**5 GEMEINSAME VERFAHREN ZUR LÄRMBEWERTUNG****5.1 Allgemeine Bestimmungen – Straßenverkehrs-, Eisenbahn- und Industrie-/Gewerbelärm****5.1.1 Definition der Indizes, Frequenzbereiche und Frequenzbänder**

Die Lärmberechnung ist im Frequenzbereich 63 Hz bis 8000 Hz vorzunehmen, und die Ergebnisse für die Frequenzbänder sind im entsprechenden Frequenzintervall vorzulegen.

Die Berechnung des Straßenverkehrs-, Eisenbahn- und Industrie-/Gewerbelärms erfolgt in Oktavbändern, ausgenommen jedoch die Schallleistung der Quelle des Schienenverkehrslärms, bei der die Terzbänder genutzt werden. Für den Straßenverkehrs-, Eisenbahn- und Industrie-/Gewerbelärm, der auf diesen Oktavbandergebnissen beruht, wird der A-bewertete Langzeit-Dauerschallpegel für die Mittelungsdauer Tag, Abend oder Nacht gemäß Anhang I und Artikel 5 der Richtlinie 2002/49/EG durch Summierung über alle Frequenzen wie folgt berechnet:

$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^8 10^{\frac{(L_{eq,T,i} + AWC_{fi})}{10}} \quad (1)$$

Dabei ist:

$L_{Aeq,T}$ A-bewerteter Langzeit-Dauerschallpegel für die Zeitdauer Tag, Abend oder Nacht, in dB

i Frequenzbandindex

T Zeitraum (Tag, Abend oder Nacht)

AWC_{fi} A-Bewertungskorrektur gemäß [Tabelle 1](#)

Die A-Bewertungskorrektur AWC_{fi} ist in der [Tabelle 1](#) dargestellt.

Tabelle 1 — Frequenzbewertung

Oktavband (in Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
AWC_{fi} (in dB)	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	+1,0	-1,1

5.1.2 Qualitätsrahmen**5.1.2.1 Genauigkeit der Eingangswerte**

Alle Eingangswerte, die den Emissionspegel einer Quelle beeinflussen, sind mit mindestens der Genauigkeit zu bestimmen, die einer Unsicherheit von ± 2 dB im A-bewerteten Emissionspegel der Quelle entspricht (wobei alle anderen Parameter unverändert bleiben).

5.1.2.2 Verwendung von Standardwerten

Bei der Anwendung des Verfahrens müssen die Eingangswerte der tatsächlichen Verwendung entsprechen. Generell dürfen keine Standardeingangswerte oder -annahmen zugrunde gelegt werden. Standardeingangswerte und -annahmen werden akzeptiert, wenn die Erfassung realer Daten mit unverhältnismäßig hohen Kosten verbunden ist.

Im Rahmen der strategischen Lärmkartierung ist davon auszugehen, dass die Erfassung der realen Bodeneigenschaften, lokalen Meteorologie, konkreten Gebäudehöhen und Reflexionseigenschaften mit unverhältnismäßig hohen Kosten verbunden ist.

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10**5.1.2.3 Qualität der für die Berechnungen verwendeten Software**

Die Konformität der zur Durchführung der Berechnungen verwendeten Software mit den Verfahren gemäß dieser ÖAL-Richtlinie ist dadurch nachzuweisen, dass die Ergebnisse anhand von Testfällen bestätigt werden.

5.2 Berechnung der Schallausbreitung von Straßen-, Eisenbahn- und Industrie-/Gewerbequellen**5.2.1 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit des Verfahrens**

In dieser Richtlinie wird ein Verfahren zur Berechnung der Dämpfung von Schall während seiner Ausbreitung im Freien beschrieben. Bei Kenntnis der Quelleigenschaften berechnet dieses Verfahren den äquivalenten Dauerschallpegel am Empfängerpunkt für zwei spezielle Klassen atmosphärischer Bedingungen:

- Ausbreitung unter den Bedingungen der Abwärtsbrechung (positiver, vertikaler Gradient der effektiven Schallgeschwindigkeit) von der Quelle zum Empfänger;
- homogene atmosphärische Bedingungen (kein vertikaler Gradient der effektiven Schallgeschwindigkeit) im gesamten Ausbreitungsgebiet.

Das in der vorliegenden Richtlinie beschriebene Berechnungsverfahren gilt für Industrie-/Gewerbeanlagen sowie für Verkehrsmittel auf dem Landweg. Es gilt somit insbesondere für Straßen- und Eisenbahnverkehrsanlagen. Der Flugverkehr fällt nur beim Schall, der infolge von Tätigkeiten am Boden entsteht, in den Anwendungsbereich des Verfahrens. Starts und Landungen von Flugzeugen gehören nicht dazu.

Einrichtungen der industriellen/gewerblichen Infrastruktur, die impulsförmige oder starke tonale Geräusche entsprechend der Beschreibung in ISO 1996-2:2007 emittieren, fallen nicht in den Anwendungsbereich dieses Verfahrens.

Das Berechnungsverfahren liefert keine Ergebnisse für die Bedingungen der Aufwärtsbrechung (negativer, vertikaler Gradient der effektiven Schallgeschwindigkeit). Diese Bedingungen werden bei der Berechnung durch die Annahme von homogenen Bedingungen abgebildet.

Zur Berechnung der Dämpfung aufgrund der Absorption in der Atmosphäre im Falle von Transportinfrastruktur werden die Bedingungen von Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit nach ISO 9613-1:1993 berechnet.

Das Verfahren liefert Ergebnisse je Oktavband von 63 Hz bis 8000 Hz. Diese Berechnungen werden für jede Mittenfrequenz vorgenommen.

Hindernisse mit einer Neigung von mehr als 15° bezogen auf die Vertikale gelten nicht als Reflektoren, sondern werden bei allen anderen Ausbreitungsaspekten wie Bodeneffekten und Beugungen berücksichtigt. Eine einzelne Abschirmung wird als einzelne Beugung berechnet. Zwei oder mehr Abschirmungen in einem einzigen Ausbreitungsweg werden unter Anwendung des nachstehend beschriebenen Verfahrens als aufeinanderfolgende Reihe einzelner Beugungen behandelt.

5.2.2 Erläuterung zu den verwendeten variablen Größen

Alle in diesem Dokument verwendeten Abstände, Höhen und Dimensionen werden in Meter (m) angegeben.

Die Bezeichnung *MN* steht für den Abstand in drei Dimensionen (3D) zwischen den Punkten M und N, der über eine diese Punkte verbindende, gerade Linie gemessen wird.

Die Bezeichnung $\widehat{MN}$ steht für die Länge des gebogenen Ausbreitungsweges zwischen den Punkten M und N bei günstigen Bedingungen.

Reale Höhen sind üblicherweise vertikal im rechten Winkel zur horizontalen Ebene zu messen. Höhen von Punkten über dem lokalen Boden sind mit *h* zu bezeichnen, absolute Höhen von Punkten und absolute Höhen des Bodens sind mit *H* zu bezeichnen.

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10

Zur Berücksichtigung des tatsächlichen Reliefs des Geländes entlang eines Ausbreitungsweges wird der Begriff „äquivalente Höhe“ eingeführt, der mit dem Buchstaben z bezeichnet wird. Die äquivalente Höhe ist eine Annäherung an die realen Höhen über Boden und ersetzt diese in den Gleichungen.

Die mit dem Großbuchstaben L ohne den Index A bezeichneten Schallpegel werden in Dezibel (dB) je Frequenzband angegeben. A-bewertete Schalldruckpegel werden mit dem Index A bezeichnet.

Die Summe der Schallpegel aufgrund zueinander inkohärenter Quellen wird mit dem Zeichen $\oplus$ entsprechend der folgenden Gleichung bezeichnet:

$$L_1 \oplus L_2 = 10 \cdot \lg \left[10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} \right] \quad (2)$$

5.2.3 Geometrische Betrachtungen**5.2.3.1 Quellensegmentierung**

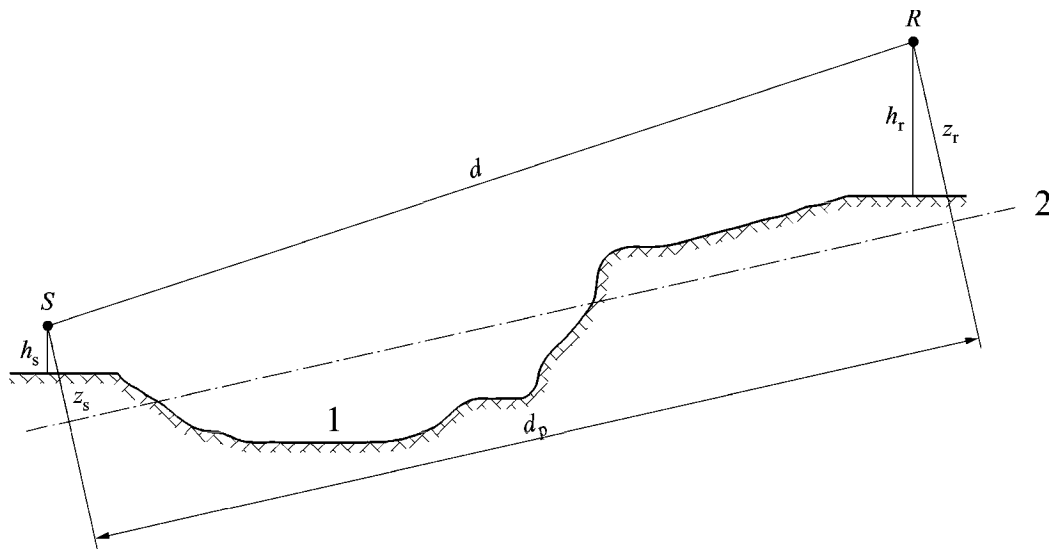
Reale Quellen werden durch eine Reihe von Punktquellen oder – im Falle des Eisenbahn- oder Straßenverkehrs – durch inkohärente Linienquellen beschrieben. Das Ausbreitungsverfahren beruht auf der Annahme, dass Linien- oder Flächenquellen zuvor aufgeteilt werden, damit sie mittels einer Reihe äquivalenter Punktquellen dargestellt werden können. Dies kann als Aufbereitung der Quelldaten oder im Rahmen der Pathfinder-Komponente der Berechnungssoftware erfolgen. Die Mittel, mit denen dies erfolgt, gehören nicht zum Anwendungsbereich der aktuellen Methodik.

5.2.3.2 Ausbreitungswege

Das Verfahren basiert auf einem geometrischen Modell, das aus einer Reihe zusammenhängender Boden- und Hindernisflächen besteht. In Bezug auf die horizontale Ebene wird ein vertikaler Ausbreitungsweg auf einer oder mehreren vertikalen Ebenen aufgetragen. Schließt ein Ausbreitungsweg eine Reflexion an einer vertikalen Fläche ein, die nicht rechtwinklig zur Einfallsebene steht, so verläuft der reflektierte Teil des Ausbreitungsweges in einer weiteren vertikalen Ebene. Werden mehrere vertikale Ebenen verwendet, um den gesamten Ausbreitungsweg von der Quelle bis zum Empfänger zu beschreiben, werden die vertikalen Ebenen sodann aufgefächert (wie beim Auffalten einer Spanischen Wand, siehe [Abbildung 1](#)).

5.2.3.3 Maßgebliche Höhen über dem Gelände

Die äquivalenten Höhen werden mit Hilfe der mittleren Bezugsebene zwischen der Quelle und dem Empfänger bestimmt. Diese ersetzt das tatsächliche Gelände durch eine fiktive Ebene, die das mittlere Profil des Geländes abbildet (siehe [Abbildung 1](#)).

**Legende:**

- 1 tatsächliches Gelände
- 2 mittlere Ebene
- R Empfänger (en: receiver)
- S Quelle (en: source)
- d direkte Schrägentfernung zwischen der Quelle und dem Empfänger
- d_p Abstand zwischen der Quelle und dem Empfänger in Projektion auf die mittlere Bezugsebene
- h_r Höhe des Empfängers über dem Boden
- h_s Höhe der Quelle über dem Boden
- z_r äquivalente Empfängerhöhe
- z_s äquivalente Quellenhöhe

Abbildung 1 — Äquivalente Höhe eines Punktes in Bezug auf den Boden

Die äquivalente Höhe eines Punktes ist seine Höhe im rechten Winkel zur mittleren Bezugsebene. Die äquivalente Quellenhöhe z_s und die äquivalente Empfängerhöhe z_r können somit bestimmt werden. Der Abstand zwischen der Quelle und dem Empfänger in Projektion auf die mittlere Bezugsebene wird mit d_p bezeichnet.

Weist die äquivalente Höhe eines Punktes einen negativen Wert auf, d. h. befindet sich der Punkt unterhalb der mittleren Bezugsebene, wird die Höhe Null beibehalten; der äquivalente Punkt ist dann mit seinem möglichen Spiegelbild identisch.

5.2.3.4 Berechnung der mittleren Ebene

In der Ebene des Ausbreitungsweges kann die Topographie (einschließlich Gelände, Hügel, Dämme und andere von Menschen errichtete Hindernisse, Gebäude usw.) als eine geordnete Menge einzelner Punkte (x_k, H_k) ; $k \in \{1, \dots, n\}$ beschrieben werden. Die Punktmenge definiert eine Polylinie oder – äquivalent dazu – eine Abfolge gerader Segmente $H_k = a_k x + b_k$, $x \in [x_k, x_{k+1}]$; $k \in \{1, \dots, n\}$, worin Folgendes gilt:

$$\begin{cases} a_k = \frac{H_{k+1} - H_k}{x_{k+1} - x_k} \\ b_k = \frac{H_k \cdot x_{k+1} - H_{k+1} \cdot x_k}{x_{k+1} - x_k} \end{cases} \quad (3)$$

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10

Die mittlere Ebene wird durch die Gerade $Z = ax + b$; $x \in [x_1, x_n]$ dargestellt, die an die Polylinie mittels Approximation nach der Methode der kleinsten Quadrate angepasst wird. Die Gleichung der Mittellinie kann analytisch abgeleitet werden.

Verwendet wird:

$$\begin{cases} A = \frac{2}{3} \sum_{k=1}^{n-1} a_k (x_{k+1}^3 - x_k^3) + \sum_{k=1}^{n-1} b_k (x_{k+1}^2 - x_k^2) \\ B = \sum_{k=1}^{n-1} a_k (x_{k+1}^2 - x_k^2) + 2 \sum_{k=1}^{n-1} b_k (x_{k+1} - x_k) \end{cases} \quad (4)$$

Die Koeffizienten der Geraden sind wie folgt gegeben:

$$\begin{cases} a = \frac{3(2A - B(x_n + x_1))}{(x_n - x_1)^3} \\ b = \frac{2(x_n^3 - x_1^3)}{(x_n - x_1)^4} \cdot B - \frac{3(x_n + x_1)}{(x_n - x_1)^3} \cdot A \end{cases} \quad (5)$$

wobei Segmente mit $x_{k+1} = x_k$ nicht zu berücksichtigen sind, wenn die [Gleichung \(4\)](#) zur Anwendung kommt.

5.2.3.5 Reflexionen durch Gebäudefassaden und andere vertikale Hindernisse

Reflexionsanteile sind durch die Einführung von Spiegelquellen, wie nachfolgend beschrieben, zu berücksichtigen.

5.2.4 Modell der Schallausbreitung

Für einen Empfänger R sind die Berechnungen unter Einhaltung der nachfolgenden Schritte durchzuführen.

a) Zu jedem Ausbreitungsweg:

- Berechnung der Dämpfung bei günstigen Bedingungen;
- Berechnung der Dämpfung bei homogenen Bedingungen;
- Berechnung des Langzeitmittelungspegels für jeden Ausbreitungsweg.

b) Aufsummierung der Langzeitmittelungspegel für alle Ausbreitungswege, die einen bestimmten Empfänger betreffen, wodurch der Gesamtschallpegel am Empfängerpunkt R berechnet werden kann.

Zu beachten ist, dass nur die Dämpfungen aufgrund des Bodeneffekts (A_{ground}) und der Beugung (A_{dif}) von den Witterungsbedingungen beeinflusst werden.

5.2.5 Ablauf der Berechnung

Für eine Punktquelle S einer gerichteten Schallleistung $L_{W,0,\text{dir}}$ und einem gegebenen Frequenzband ist der äquivalente Dauerschalldruckpegel am Empfängerpunkt R unter gegebenen Witterungsbedingungen mit den nachfolgenden Gleichungen zu bestimmen.

5.2.5.1 Schallpegel bei günstigen Bedingungen (L_F) für einen Ausbreitungsweg (S,R)

$$L_F = L_{W,0,\text{dir}} - A_F \quad (6)$$

Der Term A_F repräsentiert die Gesamtdämpfung entlang des Ausbreitungsweges bei günstigen Bedingungen und wird wie folgt aufgeschlüsselt:

$$A_F = A_{\text{div}} + A_{\text{atm}} + A_{\text{boundary},F} \quad (7)$$

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10

Dabei ist:

A_{div}	geometrische Ausbreitungsdämpfung
A_{atm}	Dämpfung aufgrund von Luftabsorption
$A_{\text{boundary,F}}$	Dämpfung aufgrund der Wechselwirkung mit dem Boden und Hindernissen bei günstigen Bedingungen

$A_{\text{boundary,F}}$ kann folgende Terme beinhalten:

$A_{\text{ground,F}}$	Dämpfung aufgrund des Bodens bei günstigen Bedingungen
$A_{\text{dif,F}}$	Dämpfung aufgrund von Beugung bei günstigen Bedingungen

Für einen gegebenen Ausbreitungsweg und ein gegebenes Frequenzband sind die folgenden beiden Szenarien möglich:

- Entweder $A_{\text{ground,F}}$ wird ohne Beugung ($A_{\text{dif,F}} = 0$ dB) und mit $A_{\text{boundary,F}} = A_{\text{ground,F}}$ berechnet,
- oder es wird $A_{\text{dif,F}}$ berechnet. Der Bodeneffekt wird in der $A_{\text{dif,F}}$ -Gleichung selbst berücksichtigt ($A_{\text{ground,F}} = 0$ dB). Somit ergibt sich $A_{\text{boundary,F}} = A_{\text{dif,F}}$.

Außerhalb der Verwendung bei der strategischen Lärmkartierung nach der EU-Richtlinie 2015/996 ist auch ein zusätzlicher Dämpfungsbeitrag für den Bewuchs nach [Anhang A](#) zulässig.

5.2.5.2 Schallpegel bei homogenen Bedingungen (L_H) für einen Ausbreitungsweg (S,R)

Das Verfahren ist völlig identisch mit dem Fall der günstigen Bedingungen im vorhergehenden Abschnitt.

$$L_H = L_{W,0,\text{dir}} - A_H \quad (8)$$

Der Term A_H repräsentiert die Gesamtdämpfung entlang des Ausbreitungsweges bei homogenen Bedingungen und wird wie folgt aufgeschlüsselt:

$$A_H = A_{\text{div}} + A_{\text{atm}} + A_{\text{boundary,H}} \quad (9)$$

Dabei ist:

A_{div}	geometrische Ausbreitungsdämpfung
A_{atm}	Dämpfung aufgrund von Luftabsorption
$A_{\text{boundary,H}}$	Dämpfung aufgrund der Wechselwirkung mit dem Boden und Hindernissen bei homogenen Bedingungen

$A_{\text{boundary,H}}$ kann folgende Terme beinhalten:

$A_{\text{ground,H}}$	Dämpfung aufgrund des Bodens bei homogenen Bedingungen
$A_{\text{dif,H}}$	Dämpfung aufgrund von Beugung bei homogenen Bedingungen

Für einen gegebenen Ausbreitungsweg und ein gegebenes Frequenzband sind die folgenden beiden Szenarien möglich:

- Entweder $A_{\text{ground,H}}$ ($A_{\text{dif,H}} = 0$ dB) wird ohne Beugung und mit $A_{\text{boundary,H}} = A_{\text{ground,H}}$ berechnet,
- oder es wird $A_{\text{dif,H}}$ ($A_{\text{ground,H}} = 0$ dB) berechnet. Der Bodeneffekt wird in der $A_{\text{dif,H}}$ -Gleichung selbst berücksichtigt. Somit ergibt sich $A_{\text{boundary,H}} = A_{\text{dif,H}}$.

Außerhalb der Verwendung bei der strategischen Lärmkartierung nach der EU-Richtlinie 2015/996 ist auch ein zusätzlicher Dämpfungsbeitrag für den Bewuchs nach [Anhang A](#) zulässig.

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10**5.2.5.3 Statistischer Ansatz in städtischen Gebieten für einen Ausbreitungsweg (S,R)**

In städtischen Gebieten ist auch ein statistischer Ansatz für die Berechnung der Schallausbreitung hinter die erste Gebäudelinie zulässig, sofern ein solches Verfahren ordnungsgemäß dokumentiert wird, was auch relevante Angaben zur Qualität des Verfahrens einschließt. Dieses Verfahren kann anstelle der Berechnung von $A_{\text{boundary,H}}$ und $A_{\text{boundary,F}}$ durch eine Approximation der Gesamtdämpfung für den direkten Ausbreitungsweg und alle Reflexionen angewendet werden. Die Berechnung beruht dann auf der durchschnittlichen Bebauungsdichte und der durchschnittlichen Höhe aller Gebäude in dem Gebiet.

Außerhalb der strategischen Lärmkartierung darf der statistische Ansatz nur für großflächige generelle Planungen z. B. in Raumordnungsverfahren, bei denen noch keine genauen Gebäudedaten vorliegen, angewendet werden. Bei der strategischen Lärmkartierung ist im Hinblick auf eine Vergleichbarkeit von strategischen Lärmkarten untereinander auf den statistischen Ansatz zu verzichten.

5.2.5.4 Langzeitmittelungspegel (L_{LT}) für einen Ausbreitungsweg (S,R)

Der Langzeitmittelungspegel entlang eines Ausbreitungsweges, der von einem bestimmten Punkt ausgeht, ist aus der logarithmischen Summe der Häufigkeit der Schallenergie bei homogenen Bedingungen und der Häufigkeit der Schallenergie bei günstigen Bedingungen zu bilden.

Diese Schallpegel sind durch das mittlere Auftreten p günstiger Bedingungen in Richtung des Ausbreitungsweges (S,R) wie folgt zu gewichten:

$$L_{LT} = 10 \cdot \lg \left(p \cdot 10^{\frac{L_F}{10}} + (1 - p) \cdot 10^{\frac{L_H}{10}} \right) \quad (10)$$

ANMERKUNG Die Häufigkeitswerte für p werden als Prozentsatz angegeben. Wenn also etwa der Häufigkeitswert 82 % beträgt, müsste in der Gleichung (10) $p = 0,82$ stehen.

Bei der strategischen Lärmkartierung ist für alle Tageszeitabschnitte mit 100 % günstigen Bedingungen in Richtung des Ausbreitungsweges zu rechnen.

5.2.5.5 Gesamt-Langzeitmittelungspegel ($L_{\text{tot},LT}$) am Punkt R für alle Ausbreitungswege

Der Gesamt-Langzeitmittelungspegel am Empfänger für ein Frequenzband ist durch die energetische Summierung der Beiträge aller n -Ausbreitungswege für alle Arten wie folgt zu berechnen:

$$L_{\text{tot},LT} = 10 \cdot \lg \left(\sum_{n=1}^N 10^{\frac{L_{n,LT}}{10}} \right) \quad (11)$$

Dabei ist:

$L_{\text{tot},LT}$ Gesamt-Langzeitmittelungspegel

$L_{n,LT}$ Langzeitmittelungspegel am Ausbreitungsweg mit dem Index n

n Index der Ausbreitungswege zwischen S und R

Die Berücksichtigung von Reflexionen mittels Spiegelquellen wird näher beschrieben. Der Prozentsatz der Häufigkeit günstiger Bedingungen im Falle der Reflexion eines Ausbreitungsweges an einem vertikalen Hindernis ist als identisch mit der Häufigkeit des direkten Ausbreitungsweges anzusetzen. Wenn S' die Spiegelquelle von S ist, dann wird das Auftreten p' des Ausbreitungsweges (S',R) als gleich dem Auftreten p des Ausbreitungsweges (S,R) angesetzt.

5.2.5.6 A-bewerteter Langzeitmittelungspegel am Punkt R in Dezibel

Der A-bewertete Gesamtschallpegel in Dezibel ist durch die Summierung der Pegel in jedem einzelnen Frequenzband zu bestimmen:

$$L_{\text{Aeq},LT} = 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^8 10^{\frac{(L_{\text{tot},LT,i} + AWC_{fi})}{10}} \quad (12)$$

wobei i der Index des Frequenzbands ist.

AWC_{fi} ist die A-Bewertungskorrektur gemäß IEC 61672-1 (siehe [Tabelle 1](#)).

Dieser Pegel $L_{Aeq,LT}$ stellt das Endresultat dar, d. h. den A-bewerteten Langzeitmittlungspegel am Empfängerpunkt in einem bestimmten Referenzzeitraum (z. B. Tag oder Abend oder Nacht oder eine kürzere Zeit am Tag, am Abend oder in der Nacht).

5.2.6 Berechnung der Schallausbreitung bei Straßen-, Eisenbahn- und Industrie-/Gewerbequellen

5.2.6.1 Geometrische Ausbreitungsdämpfung

Die geometrische Ausbreitungsdämpfung A_{div} ist die Verringerung des Schallpegels mit zunehmender Ausbreitungsentfernung. Für eine Punktschallquelle im freien Schallfeld wird die Dämpfung in dB angegeben durch:

$$A_{div} = 20 \cdot \lg(d) + 11 \quad (13)$$

wobei d hier die direkte Schrägentfernung zwischen der Quelle und dem Empfänger ist.

5.2.6.2 Luftabsorption

Die Dämpfung aufgrund von Luftabsorption A_{atm} während der Ausbreitung über eine direkte Schrägentfernung zwischen der Quelle und dem Empfänger (d) wird in dB durch folgende Gleichung angegeben:

$$A_{atm} = \frac{\alpha_{atm} \cdot d}{1000} \quad (14)$$

Dabei ist:

d direkte Schrägentfernung zwischen der Quelle und dem Empfänger, in m

α_{atm} Koeffizient der Dämpfung in der Atmosphäre, in dB/km, in der nominellen Mittenfrequenz für jedes Frequenzband gemäß ISO 9613-1

Die Werte des Koeffizienten α_{atm} sind für eine Lufttemperatur von 15 °C, eine relative Luftfeuchtigkeit von 70 % und einen Luftdruck von 101,325 kPa angegeben. Sie sind mit den genauen Mittenfrequenzen des Frequenzbandes berechnet. Diese Werte erfüllen die Anforderungen der ISO 9613-1. Wenn meteorologische Daten vorliegen, ist der meteorologische Langzeitdurchschnitt zu verwenden.

Basierend auf den österreichischen Wetterstatistiken sind für die strategische Lärmkartierung als Langzeitdurchschnitt eine Lufttemperatur von 10 °C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 70 % zu verwenden.

5.2.6.3 Bodeneffekt

Die Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts ist vor allem das Ergebnis der Interferenz zwischen dem reflektierten Schall und dem Schall, der sich direkt von der Quelle zum Empfänger ausbreitet. Sie ist physisch mit der akustischen Absorption des Geländes verbunden, über dem sich der Schall ausbreitet. Sie ist aber auch erheblich von den atmosphärischen Bedingungen während der Ausbreitung abhängig, da sich durch die Schallstrahlkrümmung die Höhe des Ausbreitungsweges über dem Boden ändert und so die Einflüsse des Bodens und des Geländes nahe der Quelle an Bedeutung gewinnen oder verlieren.

Wenn die Ausbreitung zwischen der Quelle und dem Empfänger durch ein Hindernis in der Ausbreitungsebene beeinflusst wird, ist der Bodeneffekt für die Quellen- und die Empfängerseite getrennt zu berechnen. Dabei beziehen sich z_s und z_r auf die äquivalente Quellen- und/oder Empfängerposition, wie im Weiteren im Zusammenhang mit der Berechnung der Dämpfung bei der Beugung A_{dif} dargestellt wird.

5.2.6.4 Akustische Charakterisierung des Bodens

Die akustischen Absorptionseigenschaften des Bodens stehen vor allem mit seiner Porosität in Verbindung. Ein dichter Boden ist im Allgemeinen reflektierend, ein poröser Boden absorbierend.

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10

Für die Zwecke einer operativen Berechnung wird die akustische Absorption eines Bodens durch einen dimensionslosen Koeffizienten G zwischen 0 und 1 dargestellt. G ist unabhängig von der Frequenz. [Tabelle 2](#) enthält die G -Werte für den Boden im Freien. Der durchschnittliche Wert des Koeffizienten G über einen Ausbreitungsweg liegt in der Regel im Bereich zwischen 0 und 1.

Tabelle 2 — G -Werte für verschiedene Bodenarten

Beschreibung	Typ	Längenbezogener Strömungswiderstand (kPa · s)/m ²	G -Wert
Sehr weich (wie Schnee oder Moos)	A	12,5	1
Weicher Waldboden (kurzes, dichtes, heideartiges oder dickes Moos)	B	31,5	1
Looser, nichtverdichteter Boden (Rasen, Gras, loses Erdreich)	C	80	1
Normaler, nichtverdichteter Boden (Waldboden, Weideland, Äcker)	D	200	1
Unbefestigte, verdichtete Fläche und Schotter (verdichteter Rasen, Parkgebiete)	E	500	0,7
Verdichteter, kompakter Boden (Schotterstraße, Parkplatz)	F	2 000	0,3
Harte Oberflächen (zumeist normaler Asphalt, Beton)	G	20 000	0
Sehr harte und kompakte Oberflächen (Asphalt mit geschlossenem Gefüge, glatter Beton, Wasser)	H	200 000	0

Bei der strategischen Lärmkartierung ist es zulässig, außerhalb von befestigten Verkehrsflächen sowie aufgrund der Ausdehnung schalltechnisch relevanter Gewässer einen generalisierten Wert von $G = 0,8$ zu verwenden.

G_{path} wird definiert als der Anteil an absorbierendem Boden über den gesamten betrachteten Ausbreitungsweg.

Wenn die Quelle und der Empfänger nahe beieinanderliegen, sodass die Relation $d_p \leq 30 (z_s + z_r)$ gegeben ist, ist der Unterschied zwischen der Bodenart nahe der Quelle und der Bodenart nahe dem Empfänger unerheblich. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wird der Bodenfaktor G_{path} letztlich wie folgt korrigiert:

$$G'_{\text{path}} = \begin{cases} G_{\text{path}} \frac{d_p}{30 (z_s + z_r)} + G_s \left(1 - \frac{d_p}{30 (z_s + z_r)} \right) & \text{wenn } d_p \leq 30 (z_s + z_r) \\ \text{andernfalls } G_{\text{path}} & \end{cases} \quad (15)$$

wobei G_s der Bodenfaktor im Bereich der Quelle ist.

Es gilt $G_s = 0$ für Straßenfahrbahnen und für Feste Fahrbahnen.

ANMERKUNG Die Absorption poröser Straßenbeläge wird im Emissionsmodell berücksichtigt.

Für Bahngleise auf Schotterbettung gilt $G_s = 1$. Im Falle von industriellen/gewerblichen Quellen und Anlagen gibt es keine pauschale Festlegung.

G kann mit dem Strömungswiderstand in Verbindung gebracht werden.

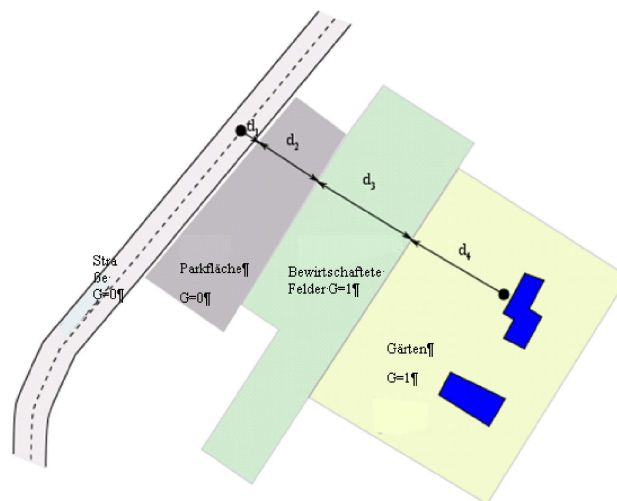


Abbildung 2 — Bestimmung des Bodenkoeffizienten G_{path} über einen Ausbreitungsweg

Die Abstände d_n werden durch eine zweidimensionale Projektion auf die horizontale Ebene bestimmt.

G_{path} kann nach [Abbildung 2](#) wie folgt ermittelt werden:

$$G_{\text{path}} = \frac{(0 \cdot d_1 + 0 \cdot d_2 + 1 \cdot d_3 + 1 \cdot d_4)}{d_p} = \frac{(d_3 + d_4)}{d_p} \quad (16)$$

$$d_p = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

Für die Berechnung bei homogenen bzw. günstigen Bedingungen gemäß 5.2.6.5 und 5.2.6.6 werden die generischen Bezeichnungen $\bar{G}_w$ und $\bar{G}_m$ für die Absorption des Bodens zur Anwendung eingeführt. Tabelle 3 zeigt die Entsprechung zwischen diesen Bezeichnungen und den Variablen G_{path} und G'_{path} .

Tabelle 3 — Übereinstimmungen zwischen $\bar{G}_w$ und $\bar{G}_m$ sowie G_{path} und G'_{path}

	Homogene Bedingungen			Günstige Bedingungen		
	A_{ground}	$\Delta_{\text{ground(S,0)}}$	$\Delta_{\text{ground(0,R)}}$	A_{ground}	$\Delta_{\text{ground(S,0)}}$	$\Delta_{\text{ground(0,R)}}$
$\bar{G}_w$	G'_{path}		G_{path}			
$\bar{G}_m$	G'_{path}		G_{path}	G'_{path}		G_{path}

5.2.6.5 Berechnungen für homogene Bedingungen

Die Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts bei homogenen Bedingungen ist nach den folgenden Gleichungen zu berechnen:

Wenn $G_{\text{path}} \neq 0$:

$$A_{\text{ground,H}} = \max \left(-10 \cdot \lg \left[4 \frac{k^2}{d_p^2} \left(z_s^2 - \sqrt{\frac{2 C_f}{k}} z_s + \frac{C_f}{k} \right) \left(z_r^2 - \sqrt{\frac{2 C_f}{k}} z_r + \frac{C_f}{k} \right) \right], A_{\text{ground,H,min}} \right) \quad (17)$$

Hierbei gilt:

$$k = \frac{2\pi \cdot f_m}{c}$$

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10

f_m ist die nominelle Mittenfrequenz des betrachteten Frequenzbands in Hz, c ist die Schallausbreitungsgeschwindigkeit in der Luft (als 340 m/s angenommen), und C_f wird definiert durch folgende Gleichung:

$$C_f = d_p \frac{1 + 3w \cdot d_p \cdot e^{-\sqrt{w \cdot d_p}}}{1 + w \cdot d_p} \quad (18)$$

wobei die Werte von w durch die nachstehende Gleichung gegeben sind:

$$w = 0,0185 \frac{f_m^{2,5} \cdot \bar{G}_w^{2,6}}{f_m^{1,5} \cdot \bar{G}_w^{2,6} + 1,3 \cdot 10^3 \cdot f_m^{0,75} \cdot \bar{G}_w^{1,3} + 1,16 \cdot 10^6} \quad (19)$$

$\bar{G}_w$ kann gleich G_{path} oder G'_{path} sein, je nachdem, ob der Bodeneffekt mit oder ohne Beugung berechnet wird und von welcher Art der Boden unter der Quelle ist (reale Quelle oder gebeugt). Dies wird in den folgenden Unterabschnitten näher erläutert und in der [Tabelle 3](#) zusammengefasst.

$$A_{\text{ground,H,min}} = -3(1 - \bar{G}_m) \quad (20)$$

$A_{\text{ground,H,min}}$ ist der untere Grenzwert von $A_{\text{ground,H}}$.

Für einen Ausbreitungsweg (S_i, R) bei homogenen Bedingungen ohne Beugung gilt:

$$\bar{G}_w = G'_{\text{path}}$$

$$\bar{G}_m = G'_{\text{path}}$$

Der Ausbreitungsweg mit Beugung wird in [5.2.7](#) erläutert. Dort werden die Definitionen von $\bar{G}_w$ und $\bar{G}_m$ angewendet.

Wenn $G_{\text{path}} = 0$ gilt: $A_{\text{ground,H}} = -3$ dB

Der Term $-3(1 - \bar{G}_m)$ trägt dem Umstand Rechnung, dass die Quelle und der Empfänger weit auseinanderliegen. In diesem Fall erfolgt die erste quellenseitige Reflexion nicht mehr auf der quellen nahen Oberfläche, sondern im mittleren Bereich des Ausbreitungsweges.

5.2.6.6 Berechnung für günstige Bedingungen

Der Bodeneffekt bei günstigen Bedingungen ist mit der Gleichung für $A_{\text{ground,H}}$ zu berechnen, allerdings mit folgenden Änderungen:

Wenn $G_{\text{path}} \neq 0$

- a) In [Gleichung \(17\)](#) für $A_{\text{ground,H}}$ werden die Höhen z_s und z_r ersetzt durch $z_s + \delta z_s + \delta z_T$ bzw. $z_r + \delta z_r + \delta z_T$, wobei

$$\begin{cases} \delta z_s = a_0 \left(\frac{z_s}{z_s + z_r} \right)^2 \frac{d_p^2}{2} \\ \delta z_r = a_0 \left(\frac{z_r}{z_s + z_r} \right)^2 \frac{d_p^2}{2} \end{cases} \quad (21)$$

$a_0 = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^{-1}$ die Umkehrung des Bogenhalbmessers ist.

$$\delta z_T = 6 \cdot 10^{-3} \frac{d_p}{z_s + z_r}$$

- b) Der untere Grenzwert von $A_{\text{ground},F}$ (berechnet mit unveränderten Höhen) ist abhängig von der Geometrie des Ausbreitungsweges:

$$A_{\text{ground},F,\min} = \begin{cases} -3(1 - \bar{G}_m) & \text{wenn } d_p \leq 30(z_s + z_r) \text{ andernfalls} \\ -3(1 - \bar{G}_m) \cdot \left(1 + 2 \left(1 - \frac{30(z_s + z_r)}{d_p}\right)\right) & \end{cases} \quad (22)$$

Wenn $G_{\text{path}} = 0$: $A_{\text{ground},F} = A_{\text{ground},F,\min}$

Die Höhenkorrekturen δz_s und δz_r berücksichtigen die Wirkung der Schallstrahlkrümmung. δz_T trägt der Wirkung der Turbulenz Rechnung.

$\bar{G}_m$ kann also gleich G_{path} oder G'_{path} sein, je nachdem, ob der Bodeneffekt mit oder ohne Beugung berechnet wird und von welcher Art der Boden unter der Quelle ist (reale Quelle oder gebeugt). Dies wird in den folgenden Unterabschnitten näher erläutert.

Für einen Ausbreitungsweg (S,R) bei günstigen Bedingungen ohne Beugung gilt:

$$\bar{G}_w = G'_{\text{path}} \text{ in Gleichung (19);}$$

$$\bar{G}_m = G'_{\text{path}}$$

Zum Ausbreitungsweg mit Beugung siehe 5.2.7 mit den Definitionen von $\bar{G}_w$ und $\bar{G}_m$.

5.2.7 Beugung

Generell ist die Beugung an der Oberkante von jedem Hindernis zu untersuchen, das sich im Ausbreitungsweg befindet. Verläuft der Ausbreitungsweg „hoch genug“ über der Beugungskante, so kann $A_{\text{dif}} = 0$ gesetzt und eine direkte Sicht berechnet werden, konkret durch die Bestimmung von A_{ground} .

In der Praxis werden die folgenden Spezifikationen in der einzigen vertikalen Ebene berücksichtigt, die sowohl die Quelle als auch den Empfänger umfasst (eine aufgefaltete Spanische Wand bei einem Ausbreitungsweg einschließlich Reflexionen). Der Direktstrahl von der Quelle zum Empfänger ist eine gerade Linie bei homogenen Ausbreitungsbedingungen und eine gekrümmte Linie (ein Bogen mit einem Radius, der von der Länge des geraden Strahls abhängt) bei günstigen Ausbreitungsbedingungen.

Wird der Direktstrahl nicht blockiert, dann ist die Kante D anzustreben, die die größte Weglängendifferenz δ ergibt (der kleinste absolute Wert, da diese Weglängendifferenzen negativ sind). Die Beugung wird berücksichtigt, wenn

- diese Weglängendifferenz größer ist als $-\lambda/20$ und
- das „Rayleigh-Kriterium“ erfüllt ist.

Dies ist der Fall, wenn δ größer ist als $\lambda/4 - \delta^*$, wobei δ^* die mit derselben Kante D berechnete Weglängendifferenz ist, jedoch bezogen auf die Spiegelquelle S^* , welche mithilfe der quellenseitigen mittleren Bezugsebene berechnet wird, und bezogen auf den Spieglempfänger R^* , welcher mithilfe der empfängerseitigen mittleren Bezugsebene berechnet wird. Für die Berechnung von δ^* werden nur die Punkte S^* , D und R^* berücksichtigt; andere Kanten, die den Weg von $S^* \rightarrow D \rightarrow R^*$ blockieren, werden vernachlässigt.

Im Hinblick auf die vorstehenden Ausführungen wird die Wellenlänge λ unter Verwendung der nominalen Mittenfrequenz und einer Schallgeschwindigkeit von 340 m/s berechnet.

Sind diese beiden Bedingungen erfüllt, werden die Quellenseite und die Empfängerseite durch die Kante D getrennt. Es werden zwei getrennte mittlere Bezugsebenen berechnet, und A_{dif} wird – wie im restlichen Teil dieses Abschnitts beschrieben – berechnet. Andernfalls wird für diesen Ausbreitungsweg keine Dämpfung durch Beugung berücksichtigt; es wird eine gemeinsame mittlere Bezugsebene für

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10

den Weg von S -> R berechnet, und A_{ground} wird ohne Beugung berechnet ($A_{\text{dif}} = 0$ dB). Diese Regel gilt sowohl bei homogenen als auch bei günstigen Bedingungen.

Wenn für ein bestimmtes Frequenzband eine Berechnung nach dem in diesem Abschnitt beschriebenen Verfahren vorgenommen wird, ist im Falle der Berechnung der Gesamtdämpfung A_{ground} mit 0 dB anzugeben. Der Bodeneffekt ist direkt in der allgemeinen Gleichung zur Beugungsberechnung berücksichtigt.

Die hier vorgeschlagenen Gleichungen sind zu verwenden, um die Beugung an dünnen und dicken Schallschirmen, an Gebäuden, (natürlichen und künstlichen) Wällen und durch die Kanten von Böschungen, Geländeeinschnitten und Viadukten zu berechnen.

Werden in einem Ausbreitungsweg mehrere Beugungshindernisse festgestellt, sind sie als Mehrfachbeugung zu behandeln, indem das im folgenden Abschnitt zur Berechnung der Weglängendifferenz beschriebene Verfahren angewendet wird.

Die hier dargelegten Verfahren sind zu verwenden, um die Dämpfungen sowohl bei homogenen als auch bei günstigen Bedingungen zu berechnen. Die Schallstrahlkrümmung wird bei der Berechnung der Weglängendifferenz sowie zur Berechnung der Bodeneffekte vor und nach der Beugung berücksichtigt.

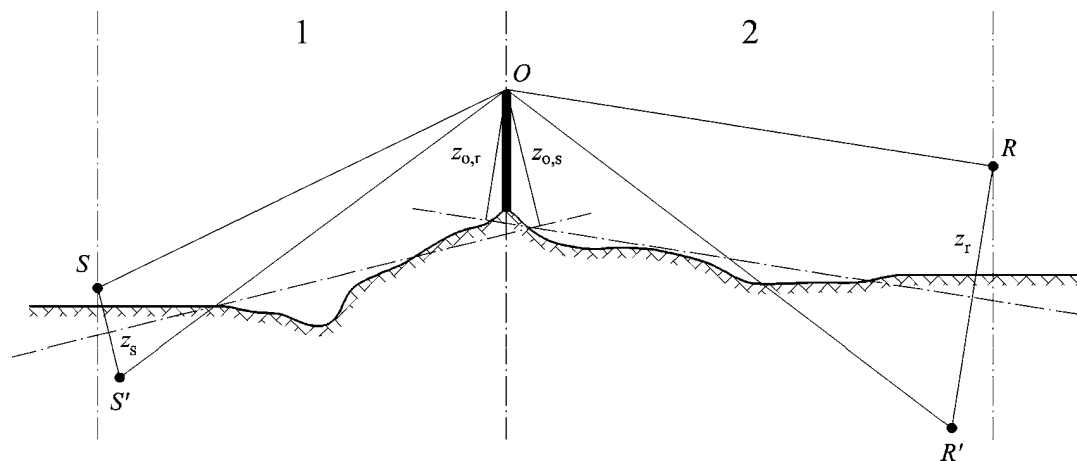
5.2.7.1 Allgemeine Grundsätze

Abbildung 3 veranschaulicht das allgemeine Verfahren der Berechnung der Dämpfung aufgrund von Beugung. Dieses Verfahren basiert auf der Untergliederung des Ausbreitungsweges in zwei Teile:

- der quellenseitige Ausbreitungsweg zwischen der Quelle (S) und dem Beugungspunkt (O),
- der empfängerseitige Ausbreitungsweg zwischen dem Beugungspunkt (O) und dem Empfänger (R).

Folgendes wird berechnet:

- a) ein Bodeneffekt, quellenseitig, $\Delta_{\text{ground}}(S,O)$,
- b) ein Bodeneffekt, empfängerseitig, $\Delta_{\text{ground}}(O,R)$,
- c) und drei Beugungen:
 - zwischen der Quelle S und dem Empfänger R: $\Delta_{\text{dif}}(S,R)$,
 - zwischen der Spiegelquelle S' und dem Empfänger R: $\Delta_{\text{dif}}(S',R)$,
 - zwischen der Quelle S und dem Spiegelempfänger R': $\Delta_{\text{dif}}(S,R')$.

**Legende:**

- 1 Quellenseite
- 2 Empfängerseite
- S Quelle
- R Empfänger
- S' Spiegelquelle, bezogen auf die quellseitige mittlere Bezugsebene
- R' Spiegelempfänger, bezogen auf die empfängerseitige mittlere Bezugsebene
- O Beugungspunkt
- z_s äquivalente Höhe der Quelle S, bezogen auf die quellenseitige mittlere Bezugsebene
- $z_{o,s}$ äquivalente Höhe des Beugungspunkts O, bezogen auf die quellenseitige mittlere Bezugsebene
- z_r äquivalente Höhe des Empfängers R, bezogen auf die empfängerseitige mittlere Bezugsebene
- $z_{o,r}$ äquivalente Höhe des Beugungspunkts O, bezogen auf die empfängerseitige mittlere Bezugsebene

Abbildung 3 — Geometrie einer Berechnung der Dämpfung aufgrund von Beugung

Die Unregelmäßigkeit des Bodens zwischen der Quelle und dem Beugungspunkt sowie zwischen dem Beugungspunkt und dem Empfänger wird mittels äquivalenter Höhen berücksichtigt, die in Bezug auf die mittlere Bezugsebene, zuerst quellenseitig und dann empfängerseitig (zwei mittlere Bezugsebenen), anhand des in 5.2.3.3 zu maßgeblichen Höhen über dem Boden beschriebenen Verfahrens berechnet werden.

5.2.7.2 Reine Beugung

Für die reine Beugung ohne Bodeneffekte wird die Dämpfung angegeben durch:

$$\Delta_{\text{dif}} = \begin{cases} 10 \cdot C_h \cdot \lg\left(3 + \frac{40}{\lambda} C'' \delta\right) & \text{wenn } \frac{40}{\lambda} C'' \delta \geq -2 \\ \text{andernfalls } 0 \end{cases} \quad (23)$$

Hierbei gilt: $C_h = 1$

Dabei ist:

- λ Wellenlänge der nominalen Mittenfrequenz des betrachteten Frequenzbandes
- δ Weglängendifferenz zwischen dem gebeugten Ausbreitungsweg und dem direkten Ausbreitungsweg (siehe 5.2.7.3 „Berechnung der Weglängendifferenz“)
- C'' Koeffizient, der zur Berücksichtigung von Mehrfachbeugungen eingesetzt wird, $C'' = 1$ für eine Einzelbeugung

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10

Wenn im Falle der Mehrfachbeugung e die Gesamtlänge des Ausbreitungsweges zwischen dem ersten und dem letzten Beugungspunkt (Verwendung gebogener Strahlen bei günstigen Bedingungen) und e größer als 0,3 m ist (andernfalls $C'' = 1$), dann wird dieser Koeffizient bestimmt durch:

$$C'' = \frac{1 + \left(\frac{5\lambda}{e}\right)^2}{\frac{1}{3} + \left(\frac{5\lambda}{e}\right)^2} \quad (24)$$

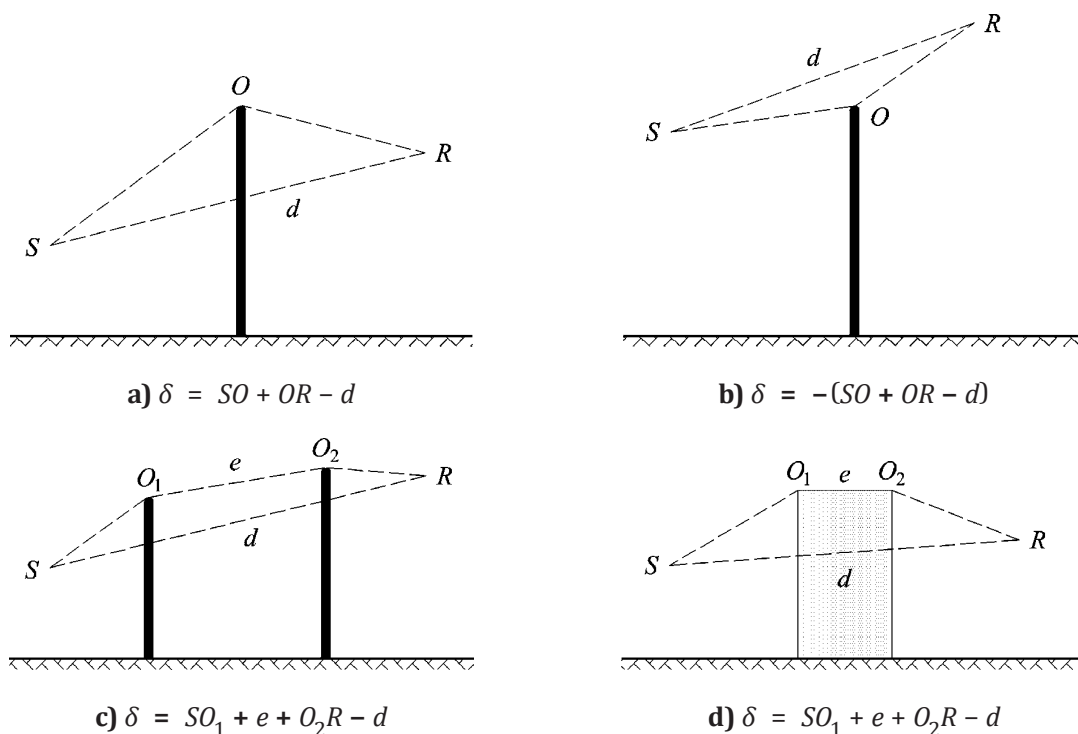
Die Werte von Δ_{dif} sind wie folgt zu begrenzen:

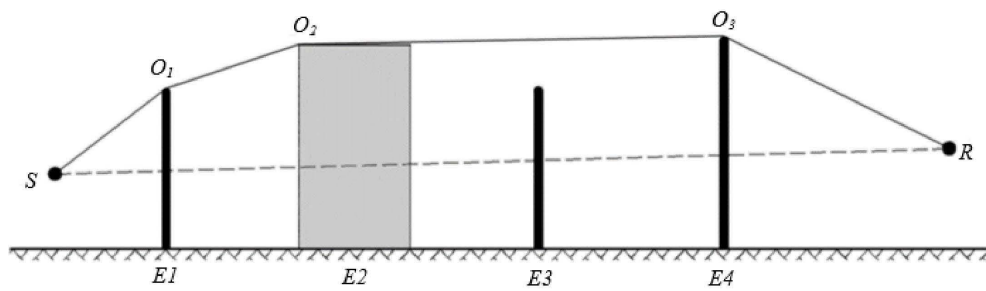
- Wenn $\Delta_{\text{dif}} < 0$ gilt: $\Delta_{\text{dif}} = 0$ dB
- Wenn $\Delta_{\text{dif}} > 25$ gilt: $\Delta_{\text{dif}} = 25$ dB für eine Beugung an einer horizontalen Kante und nur beim Term Δ_{dif} , der in der Berechnung von A_{dif} eine Rolle spielt. Diese Obergrenze gilt nicht bei den Δ_{dif} -Termen, die in die Berechnung von Δ_{ground} eingreifen, oder für eine Beugung an einer vertikalen Kante (seitliche Beugung) im Falle der Erstellung von Lärmkarten für den Industrie-/Gewerbelärm.

Bei der strategischen Lärmkartierung ist bei Linienquellen eine Berechnung der seitlichen Beugung nicht erforderlich.

5.2.7.3 Berechnung der Weglängendifferenz

Die Weglängendifferenz δ wird auf einer vertikalen Ebene berechnet, die die Quelle und den Empfänger umfasst. Dies ist eine Approximation im Verhältnis zum Fermat'schen Prinzip. Die Annäherung bleibt hier gültig (Linienquellen). Die Weglängendifferenz δ wird wie in den nachstehenden Abbildungen, ausgehend von den vorgefundenen Situationen, berechnet.

5.2.7.4 Homogene Bedingungen



$$e) \delta = SO_1 + O_1O_2 + O_2O_3 + O_3R - SR$$

Abbildung 4 — Berechnung der Weglängendifferenz unter homogenen Bedingungen, wobei O, O₁ und O₂ die Beugungspunkte sind

Hinweis: Für jede Konfiguration wird das Symbol δ für die Weglängendifferenz angegeben.

5.2.7.5 Günstige Bedingungen

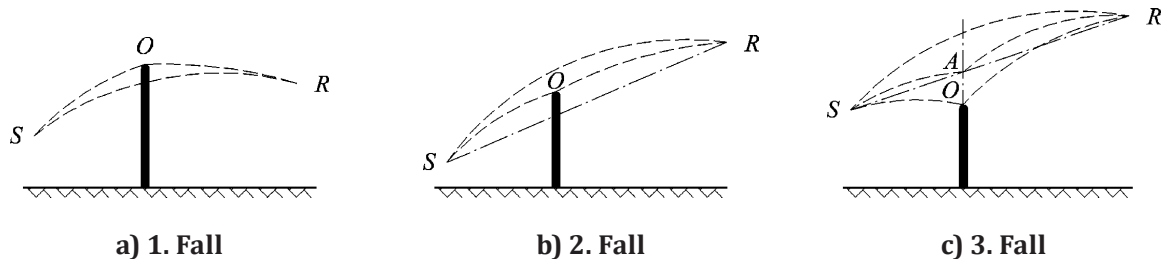


Abbildung 5 — Berechnung der Weglängendifferenz bei günstigen Bedingungen (Einzelbeugung)

Bei günstigen Bedingungen wird davon ausgegangen, dass die drei gebogenen Schallstrahlen $\widehat{SO}$, $\widehat{OR}$ und $\widehat{SR}$ einen identischen Kurvenradius Γ haben, der definiert wird durch:

$$\Gamma = \max(1000, 8d) \quad (25)$$

Dabei ist d der direkte 3D-Abstand zwischen der Quelle und dem Empfänger des aufgefalteten Weges.

Die Länge eines Schallstrahlbogens MN wird bei günstigen Bedingungen mit $\widehat{MN}$ bezeichnet. Diese Länge ist gleich:

$$\widehat{MN} = 2\Gamma \arcsin\left(\frac{MN}{2\Gamma}\right) \quad (26)$$

Im Prinzip sollten bei der Berechnung der Weglängendifferenz bei günstigen Bedingungen δ_F (siehe [Abbildung 5](#)) drei Szenarien betrachtet werden. In der Praxis sind zwei Gleichungen ausreichend:

- Wenn der direkte Schallstrahl SR durch das Hindernis verdeckt wird (siehe [Abbildung 5](#), 1. Fall und 2. Fall), ist folgende Gleichung anzuwenden:

$$\delta_F = \widehat{SO} + \widehat{OR} - \widehat{SR} \quad (27)$$

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10

- Wenn der direkte Schallstrahl SR nicht durch das Hindernis verdeckt wird (siehe [Abbildung 5](#), 3. Fall), ist folgende Gleichung anzuwenden:

$$\delta_F = 2\widehat{SA} + 2\widehat{AR} - \widehat{SO} - \widehat{OR} - \widehat{SR} \quad (28)$$

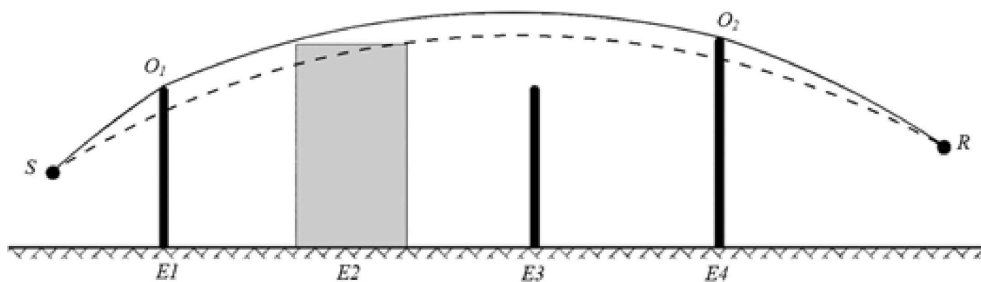
wobei A der Schnittpunkt des direkten Schallstrahls SR und der Verlängerung des Beugungshindernisses ist.

Für die Mehrfachbeugungen bei günstigen Bedingungen gilt Folgendes:

- Es ist die konvexe Hülle, die durch die verschiedenen potenziellen Beugungskanten definiert wird, zu bestimmen.
- Es sind die Beugungskanten, die nicht an der Grenze der konvexen Hülle liegen, auszuschließen.
- Ausgehend von den einzelnen Längen des gebogenen Schallstrahls ist δ_F durch die Aufgliederung des gebeugten Ausbreitungsweges in so viele Bogensegmente wie nötig zu gliedern (siehe [Abbildung 6](#)).

$$\delta_F = \widehat{SO_1} + \sum_{i=1}^{n-1} \widehat{O_i O_{i+1}} + \widehat{O_n R} - \widehat{SR} \quad (29)$$

Bei günstigen Bedingungen besteht der Ausbreitungsweg in der vertikalen Ausbreitungsebene stets aus Segmenten in Form eines Kreises, dessen Radius durch den 3D-Abstand zwischen der Quelle und dem Empfänger gegeben ist, d. h., alle Segmente eines Ausbreitungswegs weisen denselben Kurvenradius auf. Ist der direkte Bogen zwischen Quelle und Empfänger blockiert, bestimmt sich der Ausbreitungsweg als die kürzeste konvexe Kombination von Bogen, die alle Hindernisse umhüllen. Konvex bedeutet in diesem Zusammenhang, dass an jedem Beugungspunkt das abgehende Strahlsegment gegenüber dem eingehenden Strahlsegment nach unten abgelenkt wird.

**Legende:**

E	Element im Ausbreitungsweg
O	Beugungspunkt
R	Empfänger
S	Quelle

Abbildung 6 — Beispiel für eine Berechnung der Weglängendifferenz bei günstigen Bedingungen im Falle von Mehrfachbeugungen

In dem in [Abbildung 6](#) dargestellten Szenario ist die Weglängendifferenz:

$$\delta_F = \widehat{SO_1} + \widehat{O_1 O_2} + \widehat{O_2 R} - \widehat{SR} \quad (30)$$

5.2.7.6 Berechnung der Dämpfung (A_{dif})

Die Dämpfung aufgrund von Beugung unter Berücksichtigung der quellen- und empfängerseitigen Bodeneffekte ist nach den folgenden allgemeinen Gleichungen zu berechnen.

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10

$$A_{\text{dif}} = \Delta_{\text{dif}(S,R)} + \Delta_{\text{ground}(S,O)} + \Delta_{\text{ground}(O,R)} \quad (31)$$

Dabei ist:

$\Delta_{\text{dif}(S,R)}$ Dämpfung aufgrund der Beugung zwischen der Quelle S und dem Empfänger R

$\Delta_{\text{ground}(S,O)}$ Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts auf der Quellenseite, bewertet mittels der Beugung auf der Quellenseite; wobei als vereinbart gilt, dass $O = O_1$ im Falle von Mehrfachbeugungen wie in [Abbildung 6](#)

$\Delta_{\text{ground}(O,R)}$ Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts auf der Empfängerseite, gewichtet nach der Beugung auf der Empfängerseite (siehe [5.2.7.8](#))

5.2.7.7 Berechnung des Terms $\Delta_{\text{ground}(S,O)}$

$$\Delta_{\text{ground}(S,O)} = -20 \cdot \lg \left(1 + \left(10^{\frac{-A_{\text{ground}(S,O)}}{20}} - 1 \right) \cdot 10^{\frac{-(\Delta_{\text{dif}(S',R)} - \Delta_{\text{dif}(S,R)})}{20}} \right) \quad (32)$$

Hierbei gilt:

- $A_{\text{ground}(S,O)}$ ist die Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts zwischen der Quelle S und dem Beugungspunkt O. Dieser Term ist, wie in [5.2.6.5](#) und [5.2.6.6](#) angegeben, zu berechnen, und zwar ausgehend von folgenden Hypothesen: $z_r = z_{o,s}$.
- G_{path} wird zwischen S und O berechnet.
- Bei homogenen Bedingungen gilt: $\bar{G}_w = G'_{\text{path}}$ in [Gleichung \(19\)](#), $\bar{G}_m = G'_{\text{path}}$ in [Gleichung \(20\)](#).
- Bei günstigen Bedingungen gilt: $\bar{G}_w = G_{\text{path}}$ in [Gleichung \(19\)](#), $\bar{G}_m = G'_{\text{path}}$ in [Gleichung \(22\)](#).
- $\Delta_{\text{dif}(S',R)}$ ist die Dämpfung, die sich aufgrund der Beugung zwischen der Spiegelquelle S' und dem Empfänger R ergibt. Die Berechnung erfolgt nach [5.2.7.2](#) („Reine Beugung“).
- $\Delta_{\text{dif}(S,R)}$ ist die Dämpfung, die sich aufgrund der Beugung zwischen S und R ergibt. Die Berechnung erfolgt nach [5.2.7.2](#) („Reine Beugung“).

Im Sonderfall, wenn die Quelle unter der mittleren Bezugsebene liegt, gilt:

$\Delta_{\text{dif}(S,R)} = \Delta_{\text{dif}(S',R)}$ und $\Delta_{\text{ground}(S,O)} = A_{\text{ground}(S,O)}$.

5.2.7.8 Berechnung des Terms $\Delta_{\text{ground}(O,R)}$

$$\Delta_{\text{ground}(O,R)} = -20 \cdot \lg \left(1 + \left(10^{\frac{-A_{\text{ground}(O,R)}}{20}} - 1 \right) \cdot 10^{\frac{-(\Delta_{\text{dif}(S,R)} - \Delta_{\text{dif}(S',R)})}{20}} \right) \quad (33)$$

Hierbei gilt:

- $A_{\text{ground}(O,R)}$ ist die Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts zwischen dem Beugungspunkt O und dem Empfänger R. Dieser Term ist, wie in [5.2.6.5](#) und [5.2.6.6](#) angegeben, zu berechnen, und zwar ausgehend von folgenden Hypothesen: $z_s = z_{o,r}$.
- G_{path} wird zwischen O und R berechnet.
Die Korrektur G'_{path} braucht hier nicht berücksichtigt zu werden, da die betrachtete Quelle der Beugungspunkt ist. Deshalb ist vielmehr G_{path} bei der Berechnung der Bodeneffekte zu verwenden, einschließlich für den unteren Grenzterm der Gleichung, der $-3(1 - G_{\text{path}})$ wird.
- Bei homogenen Bedingungen $\bar{G}_w = G_{\text{path}}$ in [Gleichung \(19\)](#) und $\bar{G}_m = G_{\text{path}}$ in [Gleichung \(20\)](#).
- Bei günstigen Bedingungen $\bar{G}_w = G_{\text{path}}$ in [Gleichung \(19\)](#) und $\bar{G}_m = G_{\text{path}}$ in [Gleichung \(22\)](#).
- $\Delta_{\text{dif}(S,R')}$ ist die Dämpfung, die sich aufgrund der Beugung zwischen S und dem Spieglempfänger R' ergibt. Die Berechnung erfolgt nach [5.2.7.2](#) („Reine Beugung“).

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10

- $\Delta_{\text{dif}(S,R)}$ ist die Dämpfung, die sich aufgrund der Beugung zwischen S und R ergibt. Die Berechnung erfolgt nach 5.2.7.2 („Reine Beugung“).

Im Sonderfall, wenn der Empfänger unter der mittleren Bezugsebene liegt, gilt:

$$\Delta_{\text{dif}(S,R')} = \Delta_{\text{dif}(S,R)} \text{ und } \Delta_{\text{ground}(O,R)} = A_{\text{ground}(O,R)}.$$

5.2.7.9 Szenarien mit vertikalen Kanten

Die Gleichung (23) kann verwendet werden, um die Beugungen an vertikalen Kanten (seitliche Beugungen) bei Industrie-/Gewerbelärm zu berechnen. In diesem Falle wird $A_{\text{dif}} = \Delta_{\text{dif}(S,R)}$ angenommen und der Term A_{ground} beibehalten. Zusätzlich sind A_{atm} und A_{ground} aus der Gesamtlänge des Ausbreitungsweges zu berechnen. A_{div} wird nach wie vor aus der direkten Distanz d berechnet. Gleichung (7) und Gleichung (9) werden zu:

$$A_H = A_{\text{div}} + A_{\text{atm}}^{\text{path}} + A_{\text{ground,H}}^{\text{path}} + \Delta_{\text{dif,H}(S,R)} \quad (34)$$

$$A_F = A_{\text{div}} + A_{\text{atm}}^{\text{path}} + A_{\text{ground,F}}^{\text{path}} + \Delta_{\text{dif,H}(S,R)} \quad (35)$$

$\Delta_{\text{dif,H}}$ wird tatsächlich bei homogenen Bedingungen in Gleichung (35) verwendet.

Seitliche Beugung ist nur in den Fällen zu berücksichtigen, in denen die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Die Quelle ist eine echte Punktquelle, d. h. sie ist nicht durch die Segmentierung einer erweiterten Quelle, wie einer Linien- oder Flächenquelle, erzeugt.
- Die Quelle ist keine Spiegelquelle, die zur Berechnung einer Reflexion konstruiert wurde.
- Der Direktstrahl zwischen der Quelle und dem Empfänger liegt vollständig über dem Geländeprofil.
- In der vertikalen Ebene, die S und R enthält, ist die Weglängendifferenz δ größer als 0, d. h., der Direktstrahl ist blockiert. Daher kann in bestimmten Situationen bei homogenen Ausbreitungsbedingungen, nicht aber bei günstigen Ausbreitungsbedingungen, eine seitliche Beugung berücksichtigt werden.

Sind alle genannten Bedingungen erfüllt, werden zusätzlich zum gebeugten Ausbreitungsweg in der vertikalen Ebene, in der die Quelle und der Empfänger enthalten sind, bis zu zwei Ausbreitungswege mit seitlicher Beugung berücksichtigt. Die seitliche Ebene ist definiert als die Ebene, die senkrecht zur vertikalen Ebene verläuft und außerdem die Quelle und den Empfänger enthält. Die Schnittflächen mit dieser seitlichen Ebene werden aus allen Hindernissen gebildet, die von dem von der Quelle bis zum Empfänger verlaufenden Direktstrahl durchbrochen werden. In der seitlichen Ebene definiert die kürzeste konvexe Verbindung zwischen Quelle und Empfänger, die aus geraden Segmenten besteht und diese Schnittflächen umfasst, die vertikalen Kanten, welche bei der Konstruktion des seitlich gebeugten Ausbreitungsweges berücksichtigt werden.

Zur Berechnung der Bodendämpfung für einen seitlich gebeugten Ausbreitungsweg wird die mittlere Bezugsebene zwischen Quelle und Empfänger unter Berücksichtigung des Bodenprofils senkrecht unter dem Ausbreitungsweg berechnet. Schneidet ein seitlicher Ausbreitungsweg bei der Projektion auf eine horizontale Ebene die Projektion eines Gebäudes, so wird dies bei der Berechnung von path (normalerweise angesetzt mit Null) und bei der Berechnung der mittleren Bezugsebene mit der vertikalen Höhe des Gebäudes berücksichtigt.

5.2.7.10 Reflexionen an vertikalen Hindernissen

5.2.7.10.1 Dämpfung durch Absorption

Die Reflexionen an vertikalen Hindernissen werden über Spiegelquellen erfasst (siehe Abbildung 7). Somit werden Reflexionen an Gebäudefassaden und Lärmschutzwänden auf diese Weise erfasst.

Oberflächen von Objekten gelten nur dann als Reflektoren, wenn ihre Neigung bezogen auf die Senkrechte weniger als 15° beträgt. Reflexionen werden nur für Wege in der vertikalen Ausbreitungsebene

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10

berücksichtigt, d. h. nicht für seitlich gebeugte Wege. Für Einfalls- und Reflexionswege wird unter der Annahme, dass die reflektierende Oberfläche vertikal ist, der Reflexionspunkt (der auf dem reflektierenden Objekt liegt) bei homogenen Ausbreitungsbedingungen aus geraden Linien und bei günstigen Ausbreitungsbedingungen aus gekrümmten Linien gebildet. Die Höhe des Reflektors, gemessen durch den Reflexionspunkt und aus der Richtung des einfallenden Strahls betrachtet, muss mindestens 0,5 m betragen. Nach Projektion auf eine horizontale Ebene muss die Breite des Reflektors, gemessen durch den Reflexionspunkt und aus der Richtung des einfallenden Strahls betrachtet, mindestens 0,5 m betragen.

Die Hindernisse, bei denen mindestens eine Abmessung unter 0,5 m liegt, sind – ausgenommen bei speziellen Konfigurationen – bei der Berechnung von Reflexionen nicht zu berücksichtigen.

BEISPIEL Ein Beispiel für eine spezielle Konfiguration ist ein Netz kleiner Hindernisse, die in einer Ebene und in regelmäßigen Abständen angeordnet sind.

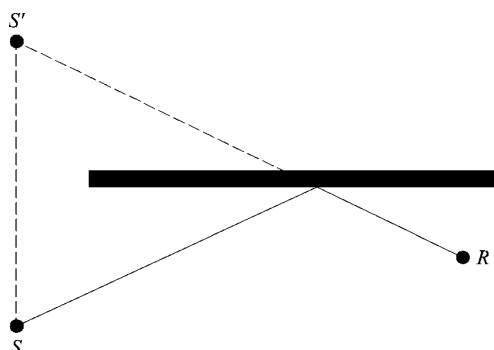
Es ist zu beachten, dass Reflexionen am Boden hier nicht behandelt werden. Sie werden bei den Berechnungen der Dämpfung aufgrund der Begrenzung (Boden, Beugung) berücksichtigt.

Wenn L_{WS} der Leistungspegel der Quelle S und α_r der Absorptionskoeffizient der Oberfläche des Hindernisses gemäß der Definition in EN 1793-1:2012 ist, dann ist der Leistungspegel der Spiegelquelle S' wie folgt zu berechnen:

$$L_{WS'} = L_{WS} + 10 \cdot \lg(1 - \alpha_r) = L_{WS} + A_{\text{refl}} \quad (36)$$

wobei $0 \leq \alpha_r < 1$ ist.

Die oben beschriebenen Dämpfungen der Ausbreitung sind dann – wie beim direkten Ausbreitungsweg – auf diesen Ausbreitungsweg (Spiegelquelle, Empfänger) anzuwenden.

**Legende:**

S	Quelle
S'	Spiegelquelle
R	Empfänger

Abbildung 7 — Mit dem Spiegelquellverfahren erfasste spiegelnde Reflexion an einem Hindernis

Im Anwendungsbereich der strategischen Lärmkartierung ist exakt mit der Reflexion 1. Ordnung zu rechnen.

5.2.7.10.2 Dämpfung durch Retrobeugung

Bei der geometrischen Untersuchung von Schallausbreitungswegen während der Reflexion an einem vertikalen Hindernis (Schallschutzwand, Gebäude) bestimmt die Position des Auftreffens des Strahls in Bezug auf die Oberkante dieses Hindernisses über den mehr oder weniger erheblichen Anteil an Energie, der tatsächlich reflektiert wird. Dieser Verlust an akustischer Energie bei der Reflexion des Strahls wird als Dämpfung durch Retrobeugung bezeichnet.

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10

Im Falle potenzieller Mehrfachreflexionen zwischen zwei vertikalen Wänden ist zumindest die erste Reflexion zu betrachten.

Im Falle eines Einschnitts (siehe [Abbildung 8](#)) ist die Dämpfung durch Retrobeugung auf jede Reflexion an den Stützwänden anzuwenden.

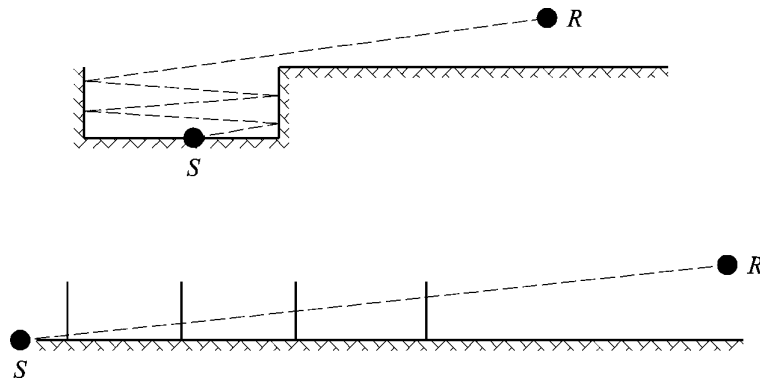


Abbildung 8 — Vierfachreflexion eines Schallstrahls in Troglage: tatsächlicher Querschnitt (oben), aufgefalteter Querschnitt (unten)

In dieser Darstellung (siehe [Abbildung 8](#)) erreicht der Schallstrahl den Empfänger, indem er die Stützwände des Einschnitts „nacheinander durchdringt“, die daher mit Öffnungen verglichen werden können.

Bei der Berechnung der Ausbreitung durch eine Öffnung ist das Schallfeld beim Empfänger die Summe des Direktfeldes und des durch die Kanten der Öffnung gebeugten Feldes. Das gebeugte Feld sichert den stetigen Übergang zwischen dem freien Bereich und dem Schattenbereich. Erreicht der Strahl die Kante der Öffnung, ist das Direktfeld gedämpft. Die Berechnung entspricht der Berechnung der Dämpfung durch ein Hindernis im freien Bereich.

Die mit jeder Retrobeugung verbundene Weglängendifferenz δ' ist das Gegenstück zur Weglängendifferenz zwischen S und R jeweils an der Oberkante O, und dies in einer Ansicht mit einem entfalten Querschnitt (siehe [Abbildung 9](#)).

$$\delta' = -(SO + OR - SR) \quad (37)$$

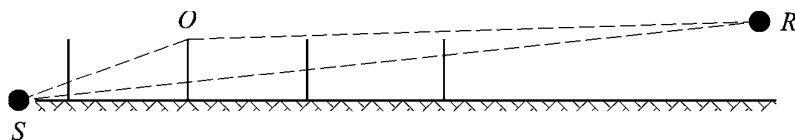


Abbildung 9 — Weglängendifferenz für die zweite Reflexion

Das Minus-Zeichen in der [Gleichung \(37\)](#) bedeutet, dass der Empfänger hier im freien Bereich betrachtet wird.

Eine Dämpfung durch Retrobeugung Δ_{retrodif} ist anhand der [Gleichung \(38\)](#) zu ermitteln, die der [Gleichung \(23\)](#) ähnlich ist, jedoch mit angepassten Bezeichnungen.

$$\Delta_{\text{retrodif}} = \begin{cases} 10 \cdot C_h \cdot \lg\left(3 + \frac{40}{\lambda} \delta' \geq -2\right) & \text{wenn } \frac{40}{\lambda} \delta' \geq -2 \\ \text{andernfalls } 0 \end{cases} \quad (38)$$

Diese Dämpfung betrifft den Direktstrahl jedes Mal, wenn er eine Wand oder ein Gebäude „durchdringt“ (reflektiert wird). Der Leistungspegel der Spiegelquelle S' wird so zu:

$$L_{W'} = L_W + 10 \cdot \lg(1 - a_r) - \Delta_{\text{retrodif}} \quad (39)$$

Bei komplexen Ausbreitungskonfigurationen können Beugungen zwischen Reflexionen oder zwischen dem Empfänger und den Reflexionen bestehen. In diesem Fall wird die Retrobeugung an den Wänden unter Berücksichtigung des Ausbreitungsweges zwischen der Quelle und dem ersten Beugungspunkt R' (daher in der [Gleichung \(37\)](#) als der Empfänger betrachtet) geschätzt. Dieses Prinzip wird in der [Abbildung 10](#) veranschaulicht.

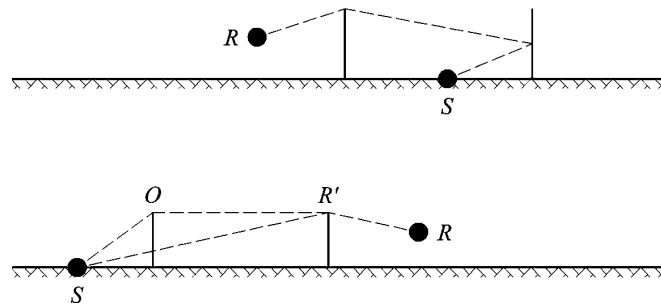


Abbildung 10 — Weglängendifferenz bei einer Beugung: tatsächlicher Querschnitt (oben), aufgefalteter Querschnitt (unten)

Im Falle von Mehrfachreflexionen werden die auf Einzelreflexionen zurückgehenden Reflexionen addiert.

Wenn eine reflektierende Lärmschutzwand oder ein reflektierendes Hindernis in der Nähe des Eisenbahngleises vorhanden ist, werden die von der Quelle ausgehenden Schallstrahlen nacheinander von diesem Hindernis und von der seitlichen Fläche des Schienenfahrzeugs reflektiert. Unter diesen Bedingungen passieren die Schallstrahlen den Bereich zwischen dem Hindernis und dem Wagenkasten, bevor sie an der Oberkante des Hindernisses gebeugt werden.

Um Mehrfachreflexionen zwischen einem Schienenfahrzeug und einem nahegelegenen Hindernis zu berücksichtigen, wird die Schallleistung einer einzelnen Ersatzschallquelle berechnet. Bei dieser Berechnung werden Bodeneffekte ignoriert.

Für die Ableitung der Schallleistung der Ersatzschallquelle gelten folgende Definitionen:

- Der Ursprung des Koordinatensystems ist die rechte Fahrfläche.
- Eine reale Quelle befindet sich bei S ($d_s = 0$, h_s), wobei h_s die Höhe der Quelle in Bezug auf die Fahrfläche ist.
- Die Ebene $h = 0$ definiert den Wagenkasten.
- Ein vertikales Hindernis mit Oberkante befindet sich in B (d_B , h_b).
- Ein Empfänger befindet sich in einer Entfernung $d_R > 0$ hinter dem Hindernis, wobei R die Koordinaten ($d_B + d_R$, h_R) hat.

Die Innenseite des Hindernisses weist die Absorptionskoeffizienten $\alpha(f)$ pro Oktavband auf. Der Wagenkasten des Eisenbahnfahrzeugs hat einen entsprechenden Reflexionskoeffizienten C_{ref} . Normalerweise ist C_{ref} gleich 1. Nur bei offenen Flachgüterwagen kann der Wert 0 verwendet werden. Bei $d_B > 5 h_B$ oder $\alpha(f) > 0,8$ wird keine Wechselwirkung zwischen Zug und Hindernis berücksichtigt. In dieser Konfiguration können mehrere Reflexionen zwischen dem Wagenkasten und dem Hindernis mithilfe von Spiegelquellen an der Position S_n ($d_n = -2n \cdot d_B$, $h_n = h_s$), $n = 0, 1, 2, \dots, N$, berechnet werden, wie in [Abbildung 11](#) dargestellt.

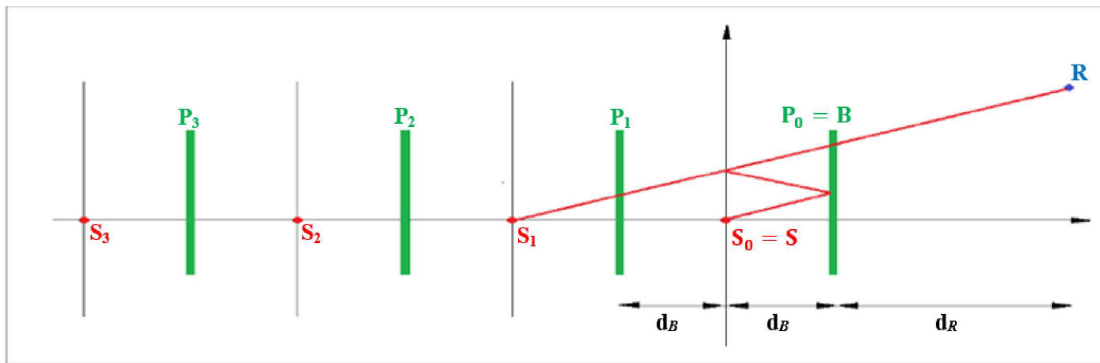
ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10

Abbildung 11 — Mehrfachreflexionen zwischen dem Wagenkasten und dem Hindernis mithilfe von Spiegelquellen

Die Schallleistung der Ersatzschallquelle wird ausgedrückt durch:

$$L_{W,eq} = 10 \times \lg \sum_{n=0}^N 10^{L_{W,n}/10} \quad (40)$$

Wobei die Schallleistung der Teilquellen gegeben ist durch:

$$L_{W,n} = L_W + \Delta L_n \quad (41)$$

$$\Delta L_n = \Delta L_{geo,n} + \Delta L_{dif,n} + \Delta L_{abs,n} + \Delta L_{ref,n} + \Delta L_{retrodif,n} \quad (42)$$

Dabei ist:

L_W Schallleistung der realen Schallquelle

$\Delta L_{geo,n}$ Korrekturterm für die sphärische Divergenz

$\Delta L_{dif,n}$ Korrekturterm für die Beugung an der Oberkante des Hindernisses

$\Delta L_{abs,n}$ Korrekturterm für die Absorption an der Innenseite des Hindernisses

$\Delta L_{ref,n}$ Korrekturterm für die Reflexion vom Wagenkasten

$\Delta L_{retrodif,n}$ Korrekturterm für die endliche Höhe des als Reflektor agierenden Hindernisses

Die Korrektur für die sphärische Divergenz ergibt sich aus:

$$\Delta L_{geo,n} = 20 \times \lg \left(\frac{r_0}{r_n} \right) \quad (43)$$

$$r_n = |S_n R| = \sqrt{(d_n - (d_B + d_R))^2 + (h_n - h_R)^2} \quad (44)$$

Die Korrektur für die Beugung an der Oberkante des Hindernisses ergibt sich aus:

$$\Delta L_{dif,n} = D_0 - D_n \quad (45)$$

Dabei ist D_n die Dämpfung aufgrund von Beugung, berechnet nach [Gleichung \(23\)](#) mit $C'' = 1$, für den Weg von der Quelle S_n zum Empfänger R unter Berücksichtigung der Beugung an der Oberkante von Hindernis B:

$$\delta_n = \pm (|S_n B| + |BR| - |S_n R|) \quad (46)$$

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10

Die Korrektur für die Absorption an der Innenseite des Hindernisses ergibt sich aus:

$$\Delta L_{\text{abs},n} = 10 \cdot n \cdot \lg(1 - \alpha) \quad (47)$$

Die Korrektur für die vom Wagenkasten ausgehende Reflexion ergibt sich aus:

$$\Delta L_{\text{ref},n} = 10 \cdot n \cdot \lg(C_{\text{ref}}) \quad (48)$$

Die Korrektur für die endliche Höhe des reflektierenden Hindernisses wird durch die Retrobeugung berücksichtigt. Der Weg des Strahls, der einem Spiegelbild in der Größenordnung $N > 0$ entspricht, wird n -mal vom Hindernis reflektiert. Im Querschnitt finden diese Reflexionen in den Entfernungen $d_i = -(2i-q)d_{b,i} = 1,2,...n$ statt. Hierbei bezeichnet P_i ($d = d_i$, $h = h_b$), $i = 1,2,...n$ die Oberkanten dieser reflektierenden Oberflächen. An jedem dieser Punkte wird ein Korrekturterm wie folgt berechnet:

$$\Delta L_{\text{retrodif},n} = \begin{cases} -\sum_{i=1}^n \Delta_{\text{retrodif},n,i} & \text{wenn } n > 0 \\ 0 & \text{wenn } n = 0 \end{cases} \quad (49)$$

Hierbei wird $\Delta_{\text{retrodif},n,i}$ für eine Quelle an Position S_n eine Hindernisoberkante bei P_i und einen Empfänger an Position R' berechnet. Die Position des äquivalenten Empfängers R' wird durch $R' = R$ angegeben, wenn der Empfänger über der Sichtlinie von S_n zu B liegt. Andernfalls wird die Position des äquivalenten Empfängers auf der vertikal über dem tatsächlichen Empfänger verlaufenden Sichtlinie angenommen, und zwar:

$$d_{R'} = d_R \quad (50)$$

$$h_{R'} = \max\left(h_{R'}, h_B \frac{d_B + d_R - d_n}{d_B - d_n}\right) \quad (51)$$

5.3 Lärmexposition

5.3.1 Bestimmung des lärmbelasteten Gebiets

Die Ermittlung des lärmbelasteten Gebiets stützt sich auf Lärmermittlungspunkte, die in einer Höhe von $4 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ über dem Boden liegen. Diese entsprechen den für Straßen-, Schienen-, Industrie- und Fluglärm definierten Berechnungspunkten und werden anhand eines Gitters für einzelne Quellen berechnet.

Gitterpunkten, die innerhalb von Gebäuden liegen, wird ein Lärmpegelergebnis zugeordnet, indem ihnen die ruhigsten in der Nähe befindlichen Lärmempfängerpunkte außerhalb von Gebäuden zugewiesen werden. Dies gilt nicht für Fluglärm, bei dessen Berechnung keine Gebäude berücksichtigt werden. In diesem Fall wird der innerhalb eines Gebäudes gelegene Lärmempfängerpunkt direkt verwendet.

Je nach Gitterauflösung wird jedem Berechnungspunkt im Gitter die entsprechende Fläche zugewiesen. Bei einem Gitter mit einer Auflösung von $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ beispielsweise entspricht jeder Ermittlungspunkt einer Fläche von 100 Quadratmetern, die dem berechneten Lärmpegel ausgesetzt ist.

5.3.2 Zuweisung von Lärmermittlungspunkten zu Gebäuden ohne Wohnungen

Die Bewertung der Lärmexposition von Gebäuden, die keine Wohnungen enthalten, wie Schulen und Krankenhäuser, beruht auf Lärmermittlungspunkten, die in einer Höhe von $4 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ über dem Boden liegen und den für Straßen-, Schienen-, Industrie- und Fluglärm definierten Empfängerpunkten entsprechen.

Zur Bewertung von Gebäuden, die keine Wohnungen enthalten und Fluglärm ausgesetzt sind, wird jedes Gebäude dem lärmintensivsten Empfängerpunkt innerhalb des Gebäudes oder, falls ein solcher nicht existiert, innerhalb des Gitters um das Gebäude herum zugeordnet. Zur Bewertung von Gebäuden, die keine Wohnungen enthalten und bodenseitigen Lärmquellen ausgesetzt sind, werden die Empfän-

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10

gerpunkte in einer Entfernung von etwa 0,1 m vor den Gebäudefassaden angeordnet. Reflexionen an der betrachteten Fassade sind bei der Berechnung nicht zu berücksichtigen. Das Gebäude wird dann dem lautesten Empfängerpunkt an seinen Fassaden zugeordnet.

5.3.3 Bestimmung der Wohnungen und der in lärmbelasteten Wohnungen lebenden Personen

Für die Bewertung der Lärmexposition von Wohnungen und von Bewohnern sind nur Wohngebäude zu betrachten. Anderen nicht zu Wohnzwecken genutzten Gebäuden wie Schulen, Krankenhäusern, Bürogebäuden oder Fabriken sind keine Wohnungen oder Bewohner zuzuweisen. Der Zuweisung von Wohnungen und Bewohnern zu den Wohngebäuden sind die neuesten amtlichen Daten (entsprechend den einschlägigen Regelungen des Mitgliedstaats) zugrunde zu legen.

Die Anzahl der Wohnungen und der Bewohner in Wohngebäuden sind wichtige Zwischenparameter für die Abschätzung der Lärmexposition. Leider stehen Daten zu diesen Parametern nicht immer zur Verfügung. Im Folgenden wird dargelegt, wie sich diese Parameter aus besser verfügbaren Daten ableiten lassen.

Zur Berechnung der Anzahl der Wohnungen und der Anzahl der Bewohner ist je nach Verfügbarkeit der Daten entweder das Verfahren „Fall 1“ oder das Verfahren „Fall 2“ heranzuziehen.

5.3.4 Fall 1: Daten zur Anzahl der Bewohner sind verfügbar

Fall 1A: Die Anzahl der Bewohner ist bekannt oder wurde ausgehend von den Wohneinheiten geschätzt. In diesem Fall entspricht die Anzahl der Bewohner eines Gebäudes der Summe der Anzahl der Bewohner aller Wohneinheiten im Gebäude:

$$Inh_{\text{building}} = \sum_{i=1}^n Inh_{\text{dwelling,unit},i} \quad (52)$$

Fall 1B: Die Anzahl der Wohnungen oder der Bewohner ist nur für Gesamteinheiten bekannt, die größer sind als ein Gebäude, z. B. Zählbezirke, Häuserblocks, Stadtviertel oder eine ganze Gemeinde. In diesem Fall wird die Anzahl der Wohnungen und der Bewohner in einem Gebäude ausgehend vom Rauminhalt des Gebäudes geschätzt:

$$Dw_{\text{building}} = \frac{V_{\text{building}}}{V_{\text{total}}} \times Dw_{\text{total}} \quad (53a)$$

$$Inh_{\text{building}} = \frac{V_{\text{building}}}{V_{\text{total}}} \times Inh_{\text{total}} \quad (53b)$$

Der Index „total“ bezieht sich hier auf die jeweils betrachtete Gesamteinheit. Der Rauminhalt des Gebäudes ist das Produkt aus seiner Grundfläche und seiner Höhe:

$$V_{\text{building}} = BA_{\text{building}} \times H_{\text{building}} \quad (54)$$

Ist die Gebäudehöhe nicht bekannt, ist sie auf Grundlage der Geschoßanzahl NF_{building} unter Annahme einer durchschnittlichen Geschoßhöhe von 3 m wie folgt zu schätzen:

$$H_{\text{building}} = NF_{\text{building}} \times 3 \quad (55)$$

Ist die Geschoßanzahl ebenfalls nicht bekannt, ist ein für das Stadtviertel oder den Stadtteil repräsentativer Standardwert für die Geschoßanzahl zu verwenden.

Der Gesamtrauminhalt V_{total} von Wohngebäuden in der betrachteten Gesamteinheit wird als Summe der Rauminhalte aller Wohngebäude in der Gesamteinheit berechnet:

$$V_{\text{total}} = \sum_{i=1}^n V_{\text{building},i} \quad (56)$$

5.3.5 Fall 2: Daten zur Anzahl der Bewohner sind nicht verfügbar

In diesem Fall wird die Anzahl der Bewohner auf der Grundlage der durchschnittlichen Wohnfläche je Bewohner FSI geschätzt. Ist dieser Parameter nicht bekannt, ist ein nationaler Standardwert zu verwenden.

Fall 2A: Die Wohnfläche ist auf Basis der Wohneinheiten bekannt. In diesem Fall wird die Anzahl der Bewohner jeder Wohneinheit wie folgt geschätzt:

$$Inh_{\text{dwelling,unit},i} = \frac{DUF S_i}{FSI} \quad (57)$$

Die Anzahl der Bewohner des Gebäudes kann nun wie in Fall 1A geschätzt werden.

Fall 2B: Die Wohnfläche ist für das gesamte Gebäude bekannt, d. h. die Summe der Wohnflächen aller Wohneinheiten im Gebäude ist bekannt. In diesem Fall wird die Anzahl der Bewohner wie folgt geschätzt:

$$Inh_{\text{building}} = \frac{DFS_{\text{building}}}{FSI} \quad (58)$$

Fall 2C: Die Wohnfläche ist nur für Gesamteinheiten bekannt, die größer sind als ein Gebäude, z. B. Zählbezirke, Häuserblocks, Stadtviertel oder eine ganze Gemeinde.

In diesem Fall wird die Anzahl der Bewohner eines Gebäudes ausgehend vom Rauminhalt des Gebäudes wie im Fall 1B beschrieben geschätzt, wobei die Gesamtanzahl der Bewohner wie folgt geschätzt wird:

$$Inh_{\text{total}} = \frac{DFS_{\text{total}}}{FSI} \quad (59)$$

Fall 2D: Die Wohnfläche ist unbekannt. In diesem Fall wird die Anzahl der Bewohner eines Gebäudes wie im Fall 2B beschrieben geschätzt, wobei die Wohnfläche wie folgt geschätzt wird:

$$DFS_{\text{building}} = BA_{\text{building}} \times 0,8 \times NF_{\text{building}} \quad (60)$$

Der Faktor 0,8 ist der Umrechnungsfaktor Bruttogeschoßfläche - > Wohnfläche. Ist ein anderer Faktor als repräsentativ für die Gegend bekannt, ist dieser zu verwenden und eindeutig zu dokumentieren.

Ist die Geschoßanzahl des Gebäudes nicht bekannt, dann ist sie anhand der Gebäudehöhe H_{building} zu schätzen, was typischerweise eine gebrochene Geschoßanzahl zum Ergebnis hat:

$$NF_{\text{building}} = \frac{H_{\text{building}}}{3} \quad (61)$$

Sind weder die Gebäudehöhe noch die Anzahl der Geschoße bekannt, ist ein für das Stadtviertel oder den Stadtteil repräsentativer Standardwert für die Geschoßanzahl zu verwenden.

5.3.6 Zuweisung von Lärmermittlungspunkten zu Wohnungen und Bewohnern

Die Ermittlung der Lärmexposition von Wohnungen und Bewohnern basiert auf Lärmermittlungspunkten, die in einer Höhe von $4 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ über dem Boden liegen und den für Straßen-, Schienen-, Industrie- und Fluglärm definierten Empfängerpunkten entsprechen.

Zur Berechnung der Anzahl der Wohnungen und Bewohner, die Fluglärm ausgesetzt sind, werden alle Wohnungen und Bewohner in einem Gebäude dem lautesten Berechnungspunkt innerhalb des Gebäudes oder, falls ein solcher nicht existiert, innerhalb des Gitters um das Gebäude herum zugeordnet.

Zur Berechnung der Anzahl der Wohnungen und Bewohner, die bodenseitigen Lärmquellen ausgesetzt sind, werden die Empfängerpunkte in einer Entfernung von etwa 0,1 m vor den Fassaden von Wohngebäuden angeordnet. Reflexionen an der betrachteten Fassade sind bei der Berechnung nicht zu berücksichtigen. Zur Bestimmung der Empfängerpunkte ist entweder das Verfahren „Fall 1“ oder das Verfahren „Fall 2“ heranzuziehen.

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10**5.3.6.1 Fall 1: Aufteilung der einzelnen Fassaden in regelmäßige Abschnitte**

In der [Abbildung 12](#) wird ein für die Position der Berechnungspunkte um ein Gebäude nach dem Verfahren für Fall 1 dargestellt.

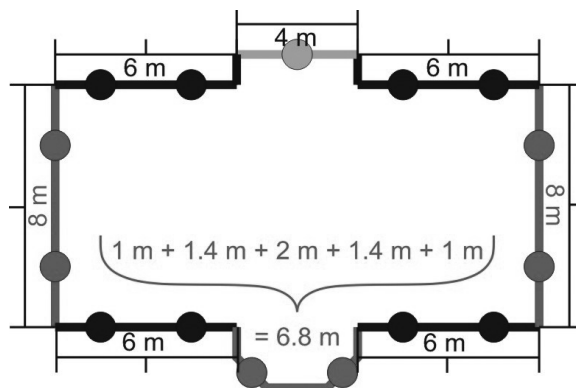


Abbildung 12 — Beispiel für die Position der Berechnungspunkte um ein Gebäude nach dem Verfahren für Fall 1

- Segmente mit einer Länge von mehr als 5 m sind in regelmäßige Abschnitte der größtmöglichen Länge, aber weniger oder gleich 5 m, zu unterteilen. Die Empfangspunkte werden in die Mitte jedes regelmäßigen Abschnitts gesetzt.
- Die verbleibenden Segmente mit einer Länge von mehr als 2,5 m werden durch einen Empfangspunkt in der Mitte jedes Segments repräsentiert.
- Die verbleibenden benachbarten Segmente mit einer Gesamtlänge von mehr als 5 m werden analog zu a) und b) als Polylinienobjekte behandelt.

5.3.6.2 Fall 2: Aufteilung der Fassaden in einem vorgegebenen Abstand vom Startpunkt des Polygons

In der [Abbildung 13](#) wird ein Beispiel für die Position der Empfängerpunkte um ein Gebäude für den Fall 2 dargestellt.

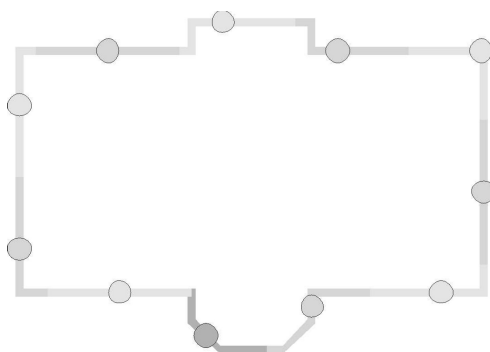


Abbildung 13 — Beispiel für die Position der Empfängerpunkte um ein Gebäude nach dem Verfahren für Fall 2

- Die Fassaden werden gesondert betrachtet oder alle 5 m vom Startpunkt an aufgeteilt, sodass ein Berechnungspunkt in der Mitte des Fassadenteils oder des 5-m-Segments gesetzt wird.
- Der verbleibende Abschnitt hat seinen Empfängerpunkt in der Mitte.

5.3.6.3 Zuweisung von Wohnungen und Bewohnern zu Empfängerpunkten

Wenn Informationen über die Lage der Wohnungen innerhalb der Gebäudegrundfläche verfügbar sind, werden die jeweilige Wohnung und ihre Bewohner dem Empfängerpunkt an derjenigen Fassade der betreffenden Wohnung mit der stärksten Lärmexposition zugeordnet. Beispiele hierfür sind Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser oder Wohnblocks, deren innere Aufteilung bekannt ist, oder Gebäude mit einer Geschoßfläche, die auf eine einzige Wohnung je Geschoß hindeutet, oder Gebäude mit einer Geschoßfläche und einer Geschoßhöhe, die auf eine einzige Wohnung je Gebäude hindeutet.

Sind keine Informationen über die Lage der Wohnungen innerhalb der Gebäudegrundfläche verfügbar (wie vorstehend erläutert), dann ist die Lärmexposition der Wohnungen und der Bewohner in einem Gebäude von Fall zu Fall anhand einer der folgenden beiden Methoden einzuschätzen.

- a) Aus den verfügbaren Informationen geht hervor, dass die Wohnungen innerhalb eines Wohnblocks so angeordnet sind, dass sie über eine einzige lärmexponierte Fassade verfügen.

In diesem Fall wird die Zuweisung der Anzahl der Wohnungen und Bewohner zu Empfängerpunkten gemäß dem Verfahren für Fall 1 oder Fall 2 entsprechend der Länge der betrachteten Fassade gewichtet, sodass die Summe aller Empfängerpunkte die Gesamtanzahl der dem Gebäude zugeordneten Wohnungen und Bewohner repräsentiert.

- b) Aus den verfügbaren Informationen geht hervor, dass die Wohnungen innerhalb eines Wohnblocks so angeordnet sind, dass sie über mehr als eine lärmexponierte Fassade verfügen, oder es liegen keine Informationen darüber vor, wie viele Fassaden der Wohnung einer Lärmbelastung ausgesetzt sind.

In diesem Fall wird für jedes Gebäude die Menge der zugehörigen Empfängerpunkte auf Basis des Medianwerts der für jedes Gebäude berechneten Beurteilungspegel in eine untere und eine obere Hälfte aufgeteilt. Bei einer ungeraden Anzahl von Empfängerpunkten wird das Verfahren ohne den Empfangsort mit dem niedrigsten Lärmpegel angewandt.

Für jeden Empfängerpunkt in der oberen Hälfte des Datensatzes ist die Anzahl der Wohnungen und der Bewohner gleichmäßig zu verteilen, sodass die Summe aller Empfängerpunkte in der oberen Hälfte des Datensatzes die Gesamtanzahl der Wohnungen und Bewohner repräsentiert. In der unteren Hälfte des Datensatzes werden den Empfängerpunkten keine Wohnungen oder Bewohner zugewiesen.

ANMERKUNG 1 Der Medianwert ist der Wert, der einen Datensatz in eine obere Hälfte (50 %) und eine untere Hälfte (50 %) teilt.

ANMERKUNG 2 Die untere Hälfte des Datensatzes kann mit dem Vorhandensein relativ ruhiger Fassaden gleichgesetzt werden. Ist beispielsweise ausgehend vom Standort der Gebäude in Bezug auf die dominierenden Lärmquellen vorab bekannt, welche Berechnungspunkte den höchsten oder niedrigsten Geräuschpegel ergeben, so ist keine Lärmberechnung für die untere Hälfte erforderlich.

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10**6 SONDERFESTLEGUNGEN FÜR DIE STRATEGISCHE LÄRMKARTIERUNG**

Im Folgenden sind die Sonderfestlegungen, welche in den entsprechenden Abschnitten der vorliegenden Richtlinie im Anwendungsbereich der strategischen Lärmkartierung festgeschrieben sind, zusammenfassend wiedergegeben.

- Im Rahmen der strategischen Lärmkartierung ist davon auszugehen, dass die Erfassung der realen Bodeneigenschaften, lokalen Meteorologie, konkreten Gebäudehöhen und Reflexionseigenschaften mit unverhältnismäßig hohen Kosten verbunden ist.
- Bei der strategischen Lärmkartierung ist im Hinblick auf eine Vergleichbarkeit von strategischen Lärmkarten untereinander auf den statistischen Ansatz zu verzichten.
- Bei der strategischen Lärmkartierung ist für alle Tageszeitabschnitte mit 100 % günstigen Bedingungen in Richtung des Ausbreitungsweges zu rechnen. Basierend auf den österreichischen Wetterstatistiken ist für die strategische Lärmkartierung als Langzeitdurchschnitt eine Lufttemperatur von 10 °C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 70 % zu verwenden.
- Bei der strategischen Lärmkartierung ist es zulässig, außerhalb befestigter Verkehrsflächen sowie aufgrund ihrer Ausdehnung schalltechnisch relevanter Gewässer einen generalisierten Wert von $G = 0,8$ zu verwenden.
- Bei der strategischen Lärmkartierung ist bei Linienquellen eine Berechnung der seitlichen Beugung nicht erforderlich.
- Im Anwendungsbereich der strategischen Lärmkartierung ist exakt mit der Reflexion 1. Ordnung zu rechnen.
- Da eine flächendeckende Information über die Lage der Wohnungen innerhalb der Gebäudegrundfläche im Rahmen der strategischen Lärmkartierung fehlt, ist bei der Zuweisung von Wohnungen und Bewohnern zu Empfängerpunkten von Fall b) gemäß [5.3.6.2](#) auszugehen.

ANHANG A: DÄMPFUNG INFOLGE VON BEWUCHS (A_{fol})

In Österreich war es nach den vorangehenden Regelwerken hinsichtlich der Schallausbreitung zulässig, auch den Bewuchs unter bestimmten Bedingungen zu berücksichtigen. Im Anwendungsbereich der Umgebungslärmrichtlinie ist im gemeinsamen Berechnungsverfahren hinsichtlich der strategischen Lärmkartierung die Berücksichtigung des Bewuchses nicht vorgesehen. Damit außerhalb der strategischen Lärmkartierung dieser Dämpfungseffekt auch quantitativ beschrieben werden kann, wird im vorliegenden Anhang das Verfahren der ISO 9613-2 zur möglichen Verwendung abgebildet.

Der Dämpfungsterm für Bewuchs (A_{fol}) wird als zusätzlicher Dämpfungsterm frequenzabhängig in den Gleichungen (7) und (9) wie folgt addiert:

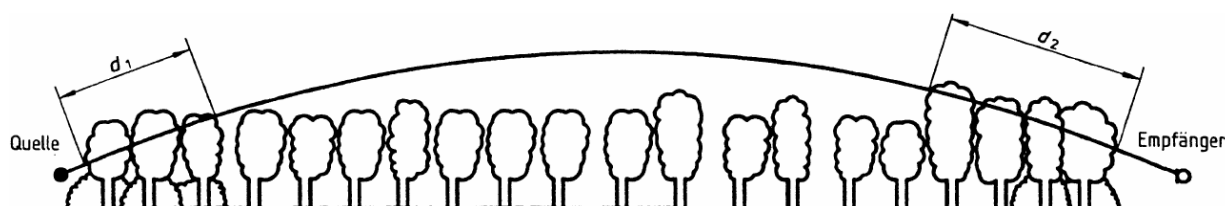
$$A_F = A_{div} + A_{atm} + A_{boundary,F} + A_{fol} \quad (A.1)$$

$$A_H = A_{div} + A_{atm} + A_{boundary,H} + A_{fol} \quad (A.2)$$

Für die Berechnung dieser zusätzlichen Beiträge zur Dämpfung kann der gekrümmte Mitwind-Ausbreitungsweg näherungsweise durch einen Kreisbogen mit einem Radius von 5 km dargestellt werden (siehe [Abbildung A.1](#)).

Der Bewuchs mit Bäumen und Sträuchern liefert einen kleinen Dämpfungsbetrag, allerdings nur, wenn er so dicht ist, dass die Sicht entlang des Ausbreitungsweges vollständig blockiert ist. Das heißt, wenn es unmöglich ist, über eine kurze Strecke durch den Bewuchs hindurchzusehen. Die Dämpfung kann durch Vegetation nahe der Quelle bzw. nahe dem Empfänger erfolgen, wie in [Abbildung A.1](#) dargestellt. Alternativ kann angenommen werden, dass der Weg für die Abstände d_1 und d_2 entlang von Linien im Ausbreitungswinkel von 15° zum Boden verläuft.

Die erste Zeile in [Tabelle A.1](#) gibt das Dämpfungsmaß A_{fol} an, das bei dichtem Bewuchs zu erwarten ist, wenn die gesamte Weglänge durch den Bewuchs zwischen 10 m und 20 m liegt, bzw. die zweite Zeile, wenn sie zwischen 20 m und 200 m liegt. Bei Weglängen über 200 m durch dichten Bewuchs sollte das Dämpfungsmaß für 200 m verwendet werden.



Legende:

- d_1 Schallweglänge durch den Bewuchs im Quellbereich
- d_2 Schallweglänge durch den Bewuchs im Empfängerbereich
- d_f Die für die Bewuchsdämpfung maßgebende Weglänge

ANMERKUNG: $d_f = d_1 + d_2$

Für die Berechnung von d_1 und d_2 kann der Radius des gekrümmten Weges mit 5 km angenommen werden.

Abbildung A.1 — Dämpfung aufgrund von Schallausbreitung durch Bewuchs
[QUELLE: ÖNORM ISO 9613-2:2008]

ÖAL-Richtlinie Nr. 28:2021-10

Die Dämpfung aufgrund von Schallausbreitung durch Bewuchs wächst proportional zur durch den Bewuchs verlaufenden Weglänge d_f .

Tabelle A.1 — Dämpfung eines Oktavbandgeräusches aufgrund von Schallausbreitung über eine durch dichten Bewuchs verlaufende Weglänge

Weglänge d_f m	Oktavband-Mittenfrequenz Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$10 \leq d_f \leq 20$	Dämpfung A_{fol} , in dB							
	0	0	1	1	1	1	2	3
$20 \leq d_f \leq 200$	Dämpfung, in dB/m							
	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,12

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ÖNORM EN 1793-1, Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 1: Produktspezifische Merkmale der Schallabsorption in diffusen Schallfeldern
- [2] ÖNORM EN ISO 12354-4, Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften — Teil 4: Schallübertragung von Räumen ins Freie (ISO 12354-4)
- [3] ÖNORM SO 17534-1, Akustik — Software für die Berechnung der Schallausbreitung im Freien — Teil 1: Qualitätsanforderungen und Qualitätssicherung (ISO 17534-1)
- [4] ÖNORM S 5004, Messung von Schallimmissionen
- [5] ISO 1996-2, Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 2: Determination of sound pressure levels
- [6] RVS 04.02.11, Berechnung von Schallemissionen und Lärmschutz (Richtlinie der Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr)
- [7] RVE 04.01.02, Berechnung von Schienenverkehrslärmemissionen (Richtlinie der Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr)

**BERECHNUNG VON SCHALLEMISSIONEN UND LÄRMSCHUTZ Auszug aus RVS
04.02.11**

(Anm.: Anlage als PDF dokumentiert)

**BERECHNUNG VON SCHALLEMISSIONEN
UND LÄRMSCHUTZ****Auszug aus RVS 04.02.11**

*Environmental Protection
Noise and Airpollution
Calculation of Sound Emissions and Noise Protection*

[...]

4 Ermittlung des Schalleistungspegels**4.1 Allgemeines**

Die Berechnung des Schalldruckpegels an den Immissionspunkten erfolgt gemäß ÖAL-Richtlinie Nr. 28.

4.2 Quellenbeschreibung**4.2.1 Klassifizierung der Fahrzeuge**

Die Quelle von Straßenverkehrslärm wird durch Kombination der Schallemission jedes einzelnen Fahrzeugs, das Teil des Verkehrsflusses ist, bestimmt. Die Fahrzeuge werden ausgehend von den Merkmalen ihrer Schallemission in fünf Klassen eingeteilt:

- Klasse 1: Leichte Kfz
- Klasse 2: Mittelschwere Kfz
- Klasse 3: Schwere Kfz
- Klasse 4: Zweirädrige Kfz
- Klasse 5: Offene Kategorie

Bei den zweirädrigen Kfz erfolgt eine weitere Unterteilung in zwei Teilklassen, nämlich Mopeds und leistungsstärkere Krafträder, da sie sehr unterschiedlich gefahren werden und ihre Geräuschemissionen idR zahlenmäßig weit auseinander liegen.

Die ersten vier Klassen sind zwingend vorgeschrieben, die fünfte Klasse ist optional. Sie ist für neue Fahrzeuge vorgesehen, die möglicherweise in Zukunft entwickelt werden und deren Schallemission sich so weit unterscheidet, dass für sie eine zusätzliche Klasse festzulegen ist. Dies könnten beispielsweise Elektro- oder Hybridfahrzeuge sein, die künftig entwickelt werden und sich erheblich von den Fahrzeugen der Klassen 1 bis 4 unterscheiden.

Derzeit haben die Fahrzeuge der Klasse 5 in Österreich aufgrund der geringen Zulassungsraten noch keine lärmtechnische Bedeutung und werden in den anderen Klassen miteingefasst.

Genauere Angaben zu den Fahrzeugklassen sind in Tabelle 1 enthalten.

BERECHNUNG VON SCHALLEMISSIONEN UND LÄRMSCHUTZ**Auszug aus RVS 04.02.11**

Tabelle 1: Fahrzeugklassen

Klasse m	Bezeichnung	Beschreibung		Enthalten in Fahrzeugklas- sen gem. Typgenehmigung ¹⁾
1	Leichte Kfz	PKW, Lieferwagen ≤ 3,5 t, Geländewagen (SUV) ²⁾ , Großraumlimousinen ³⁾ , einschließlich Anhänger und Wohnwagen		M1 und N1
2	Mittelschwere Kfz	Mittelschwere Fahrzeuge, Lieferwagen > 3,5 t, Busse, Wohnmobile usw. mit zwei Achsen und Doppelbereifung auf der Hinterachse		M2, M3 und N2, N3
3	Schwere Kfz	Schwere Nutzfahrzeuge, Reisebusse, Busse, mit drei oder mehr Achsen		M2 und N2 mit Anhänger, M3 und N3
4	Zweirädrige Kfz ⁴⁾	4a	Zweirädriges Kleinkrafttrad (Hubvolumen ≤ 50 cm ³), dreirädriges Kleinkrafttrad, Leichtes vierrädriges Kraftfahrzeug	L1, L2, L6
		4b	Zweirädrige Krafträder mit und ohne Beiwagen, dreirädriges Kfz, schweres vierrädriges Kfz	L3, L4, L5, L7
5	Offene Klasse	Entsprechend dem künftigen Bedarf		k.A.

¹⁾ Verordnung (EU) 2018/858 und Verordnung (EU) Nr. 168/2013

²⁾ SUV (Sport Utility Vehicles)

³⁾ MPV (Multi-Purpose Vehicles)

⁴⁾ mit Verbrennungsmotor

4.2.2 Anzahl und Position der Ersatzschallquellen

Bei diesem Verfahren wird jedes Fahrzeug (Klassen 1 bis 5) durch eine einzige Punktquelle dargestellt, die gleichförmig abstrahlt. Die erste Reflexion an der Straßenoberfläche wird implizit behandelt. Wie in Abbildung 1 dargestellt, befindet sich die Punktquelle 0,05 m über der Straßenoberfläche.

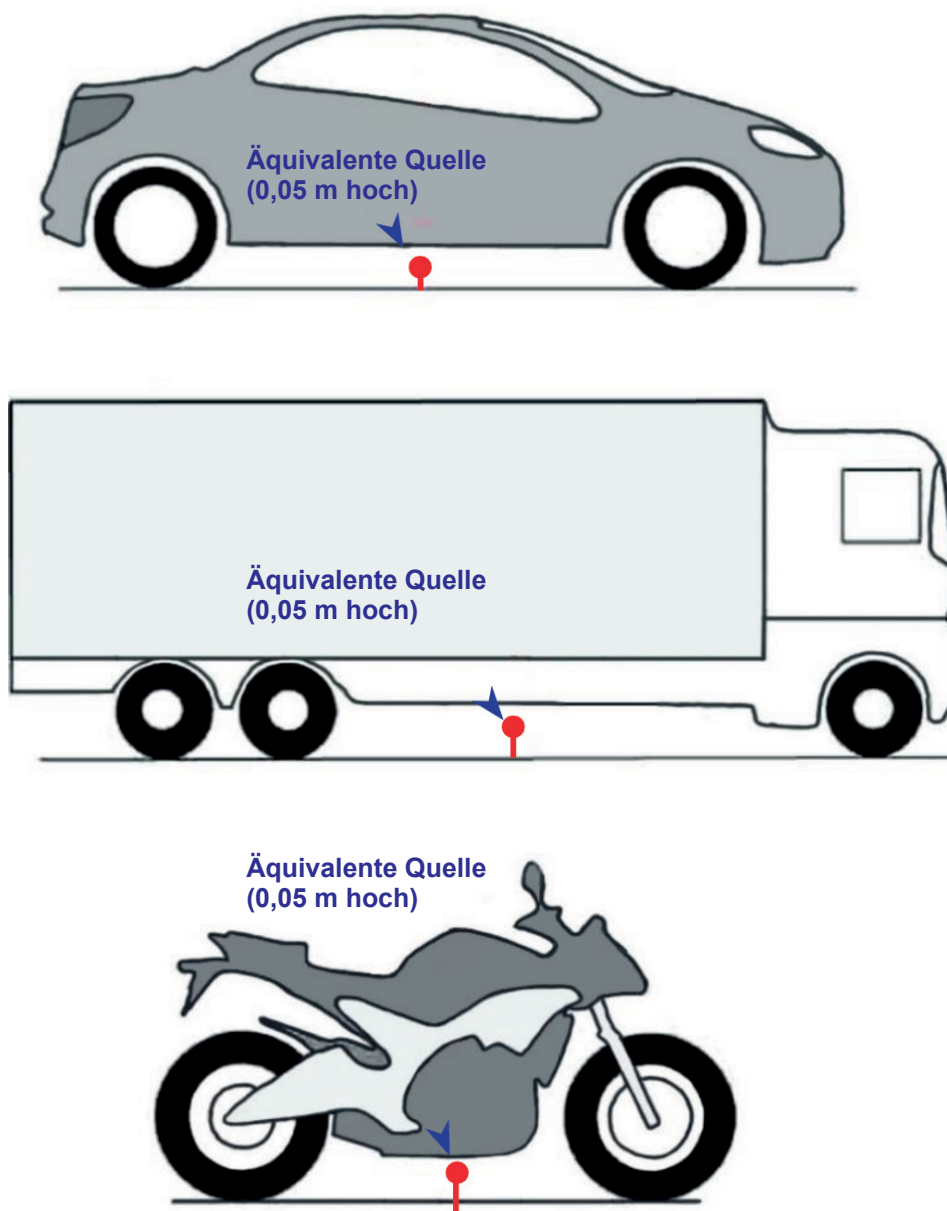


Abbildung 1: Position der äquivalenten Punktquelle bei leichten Kfz (Klasse 1), mittelschweren und schweren Kfz (Klassen 2 und 3) sowie zweirädrigen Kfz (Klasse 4)

Die Darstellung des Verkehrsflusses erfolgt durch eine Emissionslinie. Bei der Modellierung einer Straße mit mehreren Fahrstreifen sollte idealerweise jeder Fahrstreifen durch eine in ihrer Mitte verlaufende Emissionslinie repräsentiert werden. Es ist jedoch auch akzeptabel, bei einer Straße mit Gegenverkehr eine Emissionslinie in der Straßenmitte oder bei mehrstreifigen Straßen eine Emissionslinie je Richtungsfahrbahn im äußeren Fahrstreifen zu modellieren.

BERECHNUNG VON SCHALLEMISSIONEN UND LÄRMSCHUTZ**Auszug aus RVS 04.02.11****4.2.3 Schallleistungspegel****4.2.3.1 Allgemeine Betrachtungen**

Da die Schallleistung der Quelle im akustischen Halbraum definiert wird, umfasst die Schallleistung auch den Effekt der Reflexion am Boden direkt unter der modellierten Quelle, wo es – abgesehen von der Reflexion an der Straßenoberfläche, die sich nicht direkt unter der modellierten Quelle befindet – keine störenden Gegenstände im unmittelbaren Umfeld gibt.

4.2.3.2 Verkehrsfluss

Die Schallemission eines Verkehrsflusses wird durch eine Emissionslinie dargestellt, die durch ihre gerichtete Schallleistung je Meter pro Frequenz gekennzeichnet ist. Dies entspricht der Summe der Schallemissionen der einzelnen Fahrzeuge im Verkehrsfluss unter Berücksichtigung der von den Fahrzeugen im untersuchten Straßenabschnitt verbrachten Zeit. Die Darstellung des einzelnen Fahrzeugs im Verkehrsfluss erfordert die Anwendung eines Verkehrsflussmodells.

Wird ein Verkehr mit einer Verkehrsstärke Q_m [Kfz/h] von Fahrzeugen der Klasse m mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit v_m [km/h] als maßgebende Geschwindigkeit (s. Punkt 4.2.3.4) angenommen, so wird die gerichtete Schallleistung je Meter im Frequenzband i der Emissionslinie $L_{W',eq,line,i,m}$ bestimmt durch:

$$L_{W',eq,line,i,m} = L_{W,i,m} + 10 \cdot \lg \left(\frac{Q_m}{1000 \cdot v_m} \right) \quad (1)$$

mit:

$L_{W,i,m}$ Gerichtete Schallleistung eines einzelnen Fahrzeugs

$L_{W',m}$ wird in [dB] angegeben (Bezugsschallleistung: 10^{-12} W/m). Diese Schallleistungspegel werden für jedes Oktavband i von 63 Hz bis 8 kHz berechnet.

4.2.3.3 Maßgebende stündliche Verkehrsstärke

Verkehrsstärken Q_m sind als Jahresdurchschnitt je Stunde, je Zeitraum (Tag, Abend oder Nacht), je Fahrzeugklasse und je Emissionslinie anzugeben. Für alle Klassen sind die Eingabedaten für den Verkehrsfluss zu verwenden, die im Rahmen von Straßenverkehrszählungen oder mithilfe von Verkehrsmodellen ermittelt wurden.

Die Ermittlung der maßgebenden stündlichen Verkehrsstärken hat grundsätzlich durch eine Verkehrsuntersuchung zu erfolgen, die von der Analyse des bestehenden Verkehrsgeschehens ausgeht.

Die maßgebenden stündlichen Verkehrsstärken sind als Mittelwerte eines gesamten Jahres für den Tag (Mittelwert über 13 Stunden), den Abend (Mittelwert über 3 Stunden) und die Nacht (Mittelwert über 8 Stunden) zu ermitteln.

Grundlage sind die Ergebnisse der automatischen Dauerzählstellen, der Fünf-Jahres-Verkehrszählungen (ECE-Zählungen), Verkehrsuntersuchungen bzw. Verkehrsdatenerhebungen (z.B. mittels Seitenradar). Nur wenn keine genaueren Daten vorliegen oder mit vertretbarem Aufwand ermittelt werden können, sind die für Verkehrslärberechnungen maßgebenden stündlichen Verkehrsstärken an Straßen näherungsweise abzuschätzen.

Wenn Daten in der nachfolgenden Form zur Verfügung stehen, sind die maßgebenden Verkehrsstärken wie folgt zu ermitteln.

Maßgebende stündliche Verkehrsstärke gesamt (Summe der Kfz aller Fahrzeugklassen pro Stunde [Kfz/h]):

$$\sum_{m=1}^4 \cdot Q_{m,T,S} = k_{L,T,S} \cdot JDTV$$

$$Q_{m=1,T,S} = \sum_{m=1}^4 \cdot Q_{m,T,S} - Q_{m=2,T,S} - Q_{m=3,T,S} - Q_{m=4,T,S}$$

$$Q_{m=2,T,S} = k_{L,T,S} \cdot q_{s,T,S} \cdot I_{s,m=2,S} \cdot JDTV$$

$$Q_{m=3,T,S} = k_{L,T,S} \cdot q_{s,T,S} \cdot I_{s,m=3,S} \cdot JDTV$$

$$Q_{m=4,T,S} = k_{L,T,S} \cdot z_{s,T,S} \cdot JDTV$$

$$Q_{m=4a,T,S} = k_{L,T,S} \cdot z_{s,T,S} \cdot x_{s,m=4a,S} \cdot JDTV$$

$$Q_{m=4b,T,S} = k_{L,T,S} \cdot z_{s,T,S} \cdot x_{s,m=4b,S} \cdot JDTV$$

mit:

JDTV Mittelwert über alle Tage des Jahres der Anzahl der einen Straßenquerschnitt in beiden Richtungen täglich passierenden Kfz [Kfz/24h]

k_L Bemessungsfaktor für Verkehrslärberechnungen gemäß Tabelle 2

I_s Anteile der Fahrzeugklassen 2 und 3 gemäß Tabelle 4

Q_m Maßgebende stündliche Verkehrsstärke der jeweiligen Fahrzeugklassen m je Stunde [Kfz/h]

q_s Schwerverkehrsanteil (Fahrzeuge der Fahrzeugklassen 2 und 3) an der JDTV gemäß Tabelle 3

S Straßentyp

T Zeitraum Tag, Abend oder Nacht

x_s Anteile der Fahrzeugklassen 4a und 4b gemäß Tabelle 6

z_s Anteil der Fahrzeugklassen 4a und 4b an der JDTV gemäß Tabelle 5

Sofern keine genaueren Daten vorliegen oder mit vertretbarem Aufwand ermittelt werden können, sind die in den Tabellen 2 bis 6 angegebenen Richtwerte als grobe Abschätzungen für die maßgebenden stündlichen Verkehrsstärken, den maßgebenden Schwerverkehrsanteil q_s , die Anteile mittelschwerer und schwerer Kfz am Schwerverkehr, den Anteil der zweirädrigen Kfz am Gesamtverkehr und die Aufteilung der Fahrzeugklassen 4a und 4b heranzuziehen.

Die Zuordnung jedes im Straßenverkehr anzutreffenden Kfz zu den in der gegenständlichen RVS festgelegten Fahrzeugklassen ist bei der Vielfalt an Differenzierungen – beispielsweise bei landwirtschaftlichen Fahrzeugen und Sonderfahrzeugen – nur bedingt möglich. Für solche Fahrzeuge sind ggf. vor Ort akustisch sinnvolle Zuordnungen vorzunehmen.

IdR ist mit einer symmetrischen Aufteilung der maßgebenden Verkehrsstärken auf die Fahrtrichtungen (Fahrstreifen bzw. Richtungsfahrbahnen) zu rechnen.

Bei Straßenbauvorhaben ist als Prognosehorizont für die Verkehrsuntersuchung idR ein Zeitraum von mindestens 15 Jahren ab dem Zeitpunkt der Einreichung anzunehmen. Wenn das Vorhaben in mehreren Verwirklichungsabschnitten (Teilverkehrsfreigaben) umgesetzt werden soll, sind diese Zeitpunkte bzw. Jahre der geplanten Teilverkehrsfreigaben bei der Wahl der maßgebenden Prognosehorizonte zu berücksichtigen.

Bei Lärmberechnungen für bestehende Straßen ist in der Regel ein Prognosezeitraum von 10 bis 15 Jahren zu berücksichtigen.

Bei der Erstellung von Umgebungslärmkarten dürfen die verkehrlichen Grundlagendaten nicht älter als 3 Jahre sein (s. Art. 5 der Richtlinie 2002/49/EG).

BERECHNUNG VON SCHALLEMISSIONEN UND LÄRMSCHUTZ**Auszug aus RVS 04.02.11**Tabelle 2: Bemessungsfaktoren k_L zur Bestimmung der maßgebenden stündlichen Verkehrsstärke aus dem JDTV (Summe aller Fahrzeugklassen)

Straßentyp S	Bemessungsfaktor k_L [-]		
	Tag (6 bis 19 Uhr)	Abend (19 bis 22 Uhr)	Nacht (22 bis 6 Uhr)
Straßen mit überwiegend überregionalem Verkehr	0,060	0,036	0,014
Straßen mit überwiegend lokalem Verkehr	0,064	0,029	0,010
Hauptstraßen innerorts	0,062	0,035	0,011
Sammel- und Anliegerstraßen innerorts	0,062	0,041	0,009

Tabelle 3: Richtwerte für den Schwerverkehrsanteil q_s (Summe mittelschwere und schwere Kfz) am Anteil der JDTV des jeweiligen Zeitraums

Straßentyp S	Schwerverkehrsanteil q_s [%]			
	Tag	Abend	Nacht	24 h*)
Straßen mit überwiegend überregionalem Verkehr	10	15	20	12
Straßen mit überwiegend lokalem Verkehr	10	10	10	10
Hauptstraßen innerorts	10	5	10	9
Sammel- und Anliegerstraßen innerorts	5	2	2	4

*) Die angegebenen 24 h-Werte haben nur informativen Charakter und sind für die Berechnung nicht relevant

Tabelle 4: Richtwerte für die Anteile I_s der mittelschweren und schweren Kfz am Schwerverkehr

Straßentyp S	Anteile I_s der Fahrzeuge > 3,5 t [%]	
	Klasse 2 (2 Achsen)	Klasse 3 (mehr als 2 Achsen)
Straßen mit überwiegend überregionalem Verkehr	14	86
Straßen mit überwiegend lokalem Verkehr	40	60
Hauptstraßen innerorts	40	60
Sammel- und Anliegerstraßen innerorts	90	10

Tabelle 5: Richtwerte für den Anteil z_s der zweirädrigen Kfz der Klasse 4 (Summe der Fahrzeugklassen 4a und 4b) am Anteil der JDTV des jeweiligen Zeitraums

Straßentyp S	Anteil z_s der Fahrzeugklasse 4 [%]			
	Tag	Abend	Nacht	24 h*)
Straßen mit überwiegend überregionalem Verkehr	0,5	0,5	0,5	0,5
Straßen mit überwiegend lokalem Verkehr	3	2	1	2,8
Hauptstraßen innerorts	3	2	1	2,8
Sammel- und Anliegerstraßen innerorts	3	2	1	2,8

*) Die angegebenen 24 h-Werte haben nur informativen Charakter und sind für die Berechnung nicht relevant

BERECHNUNG VON SCHALLEMISSIONEN UND LÄRMSCHUTZ**Auszug aus RVS 04.02.11**Tabelle 6: Richtwerte für die Anteile x_s der Fahrzeugklassen 4a und 4b am Anteil z_s der Klasse 4

Straßentyp (S)	Anteil $x_s^*)$ der Fahrzeugklassen 4a und 4b [%]	
	4a	4b
Straßen mit überwiegend überregionalem Verkehr	0	100
Straßen mit überwiegend lokalem Verkehr	10	90
Hauptstraßen innerorts	50	50
Sammel- und Anliegerstraßen innerorts	–	–

*) Die Anteile x_s gelten für alle Zeiträume

4.2.3.4 Maßgebende Geschwindigkeit

Die maßgebende Geschwindigkeit v_m ist eine repräsentative Geschwindigkeit je Fahrzeugklasse.

Als maßgebende Geschwindigkeit v_m ist idR die zulässige Höchstgeschwindigkeit gemäß StVO bzw. die auf dem betrachteten Straßenabschnitt zulässige Höchstgeschwindigkeit je Fahrzeugklasse m einzusetzen. Bei der Planung von Lärmschutzmaßnahmen ist die maßgebende Geschwindigkeit durch die zulässige Höchstgeschwindigkeit nach oben begrenzt.

Bei Vorliegen von Geschwindigkeitsmessungen kann bei Abweichungen von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit die mittlere gefahrene Geschwindigkeit, differenziert nach Fahrzeugklassen, eingesetzt werden (z.B. bei großen Längsneigungen). Bei der Ermittlung der maßgebenden Geschwindigkeit können auch temporäre Geschwindigkeitsbeschränkungen, wie z.B. bei einer Verkehrsbeeinflussungsanlage, berücksichtigt werden.

Ergänzend wird auf die Ausführungen zum Thema Geschwindigkeit im RVS-Arbeitspapier Nr. 18 verwiesen.

4.2.3.5 In-situ-Schallleistungspegel eines einzelnen Fahrzeugs

Im Verkehrsfluss wird für alle Fahrzeuge der Klasse m angenommen, dass sie mit der gleichen Geschwindigkeit fahren, also v_m , der Durchschnittsgeschwindigkeit des Verkehrsflusses der Klasse.

Ein Kfz wird mittels einer Reihe mathematischer Gleichungen modelliert, die die beiden Hauptgeräuschquellen repräsentieren:

- Rollgeräusche aufgrund der Wechselwirkung Reifen/Straße
- Antriebsgeräusche, die vom Antriebssystem (Motor, Auspuff usw.) des Fahrzeugs erzeugt werden

Aerodynamische Geräusche sind in der Quelle für Rollgeräusche inbegriffen.

Für leichte, mittelschwere und schwere Kfz (Klassen 1, 2 und 3) entspricht die Gesamtschallleistung der energetischen Summe der Roll- und der Antriebsgeräusche. Somit wird der Gesamtschallleistungspegel der Emissionslinien der Fahrzeugklassen $m = 1, 2$ oder 3 definiert durch:

$$L_{W,i,m}(v_m) = 10 \cdot \lg(10^{L_{WR,i,m}(v_m)/10} + 10^{L_{WP,i,m}(v_m)/10}) \quad (2)$$

mit:

$L_{WR,i,m}$ Schallleistungspegel für Rollgeräusche [dB]

$L_{WP,i,m}$ Schallleistungspegel für Antriebsgeräusche [dB]

BERECHNUNG VON SCHALLEMISSIONEN UND LÄRMSCHUTZ**Auszug aus RVS 04.02.11**

Dies gilt für alle Geschwindigkeitsbereiche. Bei Geschwindigkeiten unter 20 km/h entspricht der Schallleistungspegel dem Wert, wie er durch die Formel (2) für $v_m = 20$ km/h bestimmt ist. Für zweirädrige Kfz (Klasse 4) werden für die Quelle nur die Antriebsgeräusche berücksichtigt:

$$L_{W,i,m=4}(v_m=4) = L_{WP,i,m=4}(v_m=4) \quad (3)$$

Dies gilt für alle Geschwindigkeitsbereiche. Bei Geschwindigkeiten unter 20 km/h entspricht der Schallleistungspegel dem Wert, wie er durch die Formel (3) für $v_m = 20$ km/h bestimmt ist.

4.3 Referenzbedingungen

Die Quellengleichungen und -koeffizienten gelten für folgende Referenzbedingungen:

- Konstante Fahrzeuggeschwindigkeit
- Ebene Straße
- Lufttemperatur von $T_{ref} = 20$ °C
- Virtuelle Referenzstraßenoberfläche, bestehend aus einem einen durchschnittlichen Verdichtungsgrad aufweisenden Asphaltbeton 0/11 und Splittmastixasphalt 0/11, zwei bis sieben Jahre alt und in einem repräsentativen Instandhaltungszustand (s. Tab. 7)
- Trockene Straßenoberfläche
- Keine Spikereifen

Tabelle 7: Koeffizienten $\alpha_{i,m}$ und β_m für die Referenzoberfläche (Quelle: Richtlinie 2015/996)

Beschreibung	Mindestgeschwindigkeit, bei der der Wert gilt [km/h]	Höchstgeschwindigkeit, bei der der Wert gilt [km/h]	Kategorie	α_m (63 Hz)	α_m (125 Hz)	α_m (250 Hz)	α_m (500 Hz)	α_m (1 kHz)	α_m (2 kHz)	α_m (4 kHz)	α_m (8 kHz)	β_m
Referenzoberfläche	–	–	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			4a	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			5									

4.4 Rollgeräusche**4.4.1 Allgemeine Gleichung**

Der Schallleistungspegel der Rollgeräusche im Frequenzband i für ein Fahrzeug der Klasse $m = 1, 2$ oder 3 wird definiert als:

$$L_{WR,i,m} = A_{R,i,m} + B_{R,i,m} \cdot \lg\left(\frac{v_m}{v_{ref}}\right) + \Delta L_{WR,i,m} \quad (4)$$

Die Koeffizienten $A_{R,i,m}$ und $B_{R,i,m}$ sind in Tabelle 8 für jede Fahrzeugklasse und für eine Referenzgeschwindigkeit von $v_{ref} = 70$ km/h in Oktavbändern angegeben.

BERECHNUNG VON SCHALLEMISSIONEN UND LÄRMSCHUTZ

Auszug aus RVS 04.02.11

Tabelle 8: Koeffizienten $A_{R,i,m}$ und $B_{R,i,m}$ für Rollgeräusche je Frequenzband

Kategorie	Koeffizient [-]	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
1	A_R	83,1	89,2	87,7	93,1	100,1	96,7	86,8	76,2
	B_R	30,0	41,5	38,9	25,7	32,5	37,2	39,0	40,0
2	A_R	88,7	93,2	95,7	100,9	101,7	95,1	87,8	83,6
	B_R	30,0	35,8	32,6	23,8	30,1	36,2	38,3	40,1
3	A_R	91,7	96,2	98,2	104,9	105,1	98,5	91,1	85,6
	B_R	30,0	33,5	31,3	25,4	31,8	37,1	38,6	40,6
4a	A_R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	B_R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4b	A_R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	B_R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	A_R								
	B_R								

4.4.2 Korrekturkoeffizienten für Rollgeräuschemissionen

$\Delta L_{WR,i,m}$ entspricht der Summe der Korrekturkoeffizienten, die auf die Rollgeräuschemissionen bei bestimmten Straßen- oder Fahrzeugbedingungen angewendet werden, die von den Referenzbedingungen abweichen:

$$\Delta L_{WR,i,m} = \Delta L_{WR,road,i,m} + \Delta L_{studdedtyres,i,m} + \Delta L_{WR,acc,i,m} + \Delta L_{W,temp} \quad (5)$$

Berücksichtigt wird der Einfluss der Straßenoberfläche, von Spikereifen, von Kreuzungen und der Temperatur.

Die Korrekturkoeffizienten für die Straßenoberfläche und die Kreuzungen werden in den Punkten 4.6 bzw. 4.7 behandelt.

4.4.2.1 Korrekturkoeffizient für Spikereifen

$\Delta L_{studdedtyres,i,m}$ ist ein Korrekturkoeffizient für die höheren Rollgeräusche leichter Kfz mit Spikereifen.

Korrektur um den Einfluss von Spikereifen:

In den Fällen, in denen eine erhebliche Anzahl leichter Kfz im Verkehrsfluss jedes Jahr mehrere Monate lang Spikereifen benutzt, ist der dadurch bewirkte Einfluss auf die Rollgeräusche zu berücksichtigen.

Da in Österreich von einem vernachlässigbaren Anteil der leichten Kfz mit Spikereifen auszugehen ist, wird grundsätzlich keine Korrektur für Spikereifen in der Berechnung angesetzt. Zudem gelten bei einer Bereifung mit Spikereifen strengere Tempolimits (auf Autobahnen 100 km/h und auf allen übrigen Freilandstraßen 80 km/h).

Bezüglich des Verfahrens zur Ermittlung des Korrekturkoeffizienten für Spikereifen bei speziellen Anwendungen wird auf den Anhang verwiesen.

4.4.2.2 Korrekturkoeffizient für Temperatur

$\Delta L_{W,temp}$ ist ein Term zur Korrektur einer Durchschnittstemperatur τ , die von der Referenztemperatur $\tau_{ref} = 20^\circ\text{C}$ abweicht.

BERECHNUNG VON SCHALLEMISSIONEN UND LÄRMSCHUTZ**Auszug aus RVS 04.02.11**

Einfluss der Lufttemperatur auf die Rollgeräuschkorrektur:

Die Lufttemperatur beeinflusst die Rollgeräuschemissionen in der Form, dass der Schallleistungspegel der Rollgeräusche mit steigender Lufttemperatur absinkt. Der Einfluss der Lufttemperatur wird in die Korrektur der Rollgeräusche auf der Straßenoberfläche einbezogen. Die Korrektur der Rollgeräusche auf der Straßenoberfläche wird normalerweise bei einer Lufttemperatur von $T_{\text{ref}} = 20 \text{ °C}$ bewertet. Im Falle einer anderen Jahresdurchschnittslufttemperatur $[\text{°C}]$ wird der durch die Straßenoberfläche verursachte Schall korrigiert durch:

$$\Delta L_{W,\text{temp},m}(T) = K_m \cdot (T_{\text{ref}} - T) \quad (6)$$

Der Korrekturterm ist bei Temperaturen unter 20 °C positiv (d.h. der Schallpegel steigt) und bei höheren Temperaturen negativ (d. h. der Schallpegel sinkt). Der Koeffizient K ist abhängig von der Straßenoberfläche und den Reifenmerkmalen und weist im Allgemeinen eine gewisse Frequenzabhängigkeit auf. Bei allen Straßenoberflächen ist ein generischer Koeffizient für leichte Kfz (Klasse 1) von $K_{m=1} = 0,08 \text{ dB/°C}$ und für schwere Kfz (Klassen 2 und 3) von $K_{m=2} = K_{m=3} = 0,04 \text{ dB/°C}$ anzuwenden. Der Korrekturkoeffizient ist auf alle Oktavbänder von 63 Hz bis 8 kHz gleichmäßig anzuwenden.

In Österreich ist in den Berechnungen von einer jahresdurchschnittlichen Lufttemperatur von 10 °C auszugehen.

4.5 Antriebsgeräusche

4.5.1 Allgemeine Gleichung

Die Emission der Antriebsgeräusche umfasst die Gesamtheit der Anteile, die auf Motor, Auspuff, Getriebe, Lufteinlass usw. entfallen. Der Schallleistungspegel für die Antriebsgeräusche im Frequenzband i für ein Fahrzeug der Klasse m wird definiert als:

$$L_{WP,i,m} = A_{P,i,m} + B_{P,i,m} \cdot \frac{(v_m - v_{\text{ref}})}{v_{\text{ref}}} + \Delta L_{WP,i,m} \quad (7)$$

Die Koeffizienten $A_{P,i,m}$ und $B_{P,i,m}$ sind in Tabelle 9 in Oktavbändern für jede Fahrzeugklasse und für eine Referenzgeschwindigkeit $v_{\text{ref}} = 70 \text{ km/h}$ angegeben:

Tabelle 9: Koeffizienten $A_{P,i,m}$ und $B_{P,i,m}$ für Antriebsgeräusche

Kategorie	Koeffizient [–]	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
1	A_P	97,9	92,5	90,7	87,2	84,7	88,0	84,4	77,1
	B_P	– 1,3	7,2	7,7	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
2	A_P	105,5	100,2	100,5	98,7	101,0	97,8	91,2	85,0
	B_P	– 1,9	4,7	6,4	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
3	A_P	108,8	104,2	103,5	102,9	102,6	98,5	93,8	87,5
	B_P	0,0	3,0	4,6	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
4a	A_P	93,0	93,0	93,5	95,3	97,2	100,4	95,8	90,9
	B_P	4,2	7,4	9,8	11,6	15,7	18,9	20,3	20,6
4b	A_P	99,9	101,9	96,7	94,4	95,2	94,7	92,1	88,6
	B_P	3,2	5,9	11,9	11,6	11,5	12,6	11,1	12,0
5	A_P								
	B_P								

BERECHNUNG VON SCHALLEMISSIONEN UND LÄRMSCHUTZ**Auszug aus RVS 04.02.11****4.5.2 Korrekturkoeffizienten für die Emissionen von Antriebsgeräuschen****4.5.2.1 Allgemeines**

$\Delta L_{WP,i,m}$ entspricht der Summe der Korrekturkoeffizienten, die auf die Emission von Antriebsgeräuschen bei bestimmten Fahr- oder regionalen Bedingungen anzuwenden sind, die von den Referenzbedingungen abweichen:

$$\Delta L_{WP,i,m} = \Delta L_{WP,road,i,m} + \Delta L_{WP,grad,i,m} + \Delta L_{WP,acc,i,m} \quad (8)$$

Berücksichtigt wird der Einfluss der Straßenoberfläche, von Straßensteigungen und Kreuzungen.

Die Korrekturkoeffizienten für Kreuzungen und die Straßenoberfläche werden in den Punkten 4.6 bzw. 4.7 behandelt.

4.5.2.2 Korrekturkoeffizient für Straßensteigungen

Die Straßensteigung wirkt sich in zweierlei Hinsicht auf die Schallemission des Fahrzeugs aus: zum einen auf die Fahrzeuggeschwindigkeit und damit auf die Emission von Roll- und Antriebsgeräuschen des Fahrzeugs, zum anderen auf die Motorleistung und die Motordrehzahl je nach eingelegtem Gang und damit auf die Emission von Antriebsgeräuschen des Fahrzeugs. In diesem Abschnitt wird nur der Einfluss auf die Antriebsgeräusche betrachtet, wobei eine gleichbleibende Geschwindigkeit angenommen wird.

Der Einfluss der Straßensteigung auf die Antriebsgeräusche wird durch den Korrekturterm $\Delta L_{WP,grad,m}$ berücksichtigt, der von der Neigung s [%], der Fahrzeuggeschwindigkeit v_m [km/h] und der Fahrzeugklasse m abhängig ist. Bei einem Verkehrsfluss mit Gegenverkehr ist der Verkehrsfluss in zwei Komponenten aufzuspalten und zur Hälfte für bergauf und zur Hälfte für bergab zu korrigieren. Der Korrekturterm wird allen Oktavbändern gleichmäßig angerechnet:

für $m = 1$:

$$\Delta L_{WP,grad,i,m=1}(v_m) = \begin{cases} \frac{\text{Min}(12\%; -s) - 6\%}{1\%} & \text{für } s < -6\% \\ 0 & \text{für } -6\% \leq s \leq 2\% \\ \frac{\text{Min}(12\%; s) - 2\%}{1,5\%} \cdot \frac{v_m}{100} & \text{für } s > 2\% \end{cases} \quad (9)$$

für $m = 2$:

$$\Delta L_{WP,grad,i,m=2}(v_m) = \begin{cases} \frac{\text{Min}(12\%; -s) - 4\%}{0,7\%} \cdot \frac{v_m - 20}{100} & \text{für } s < -4\% \\ 0 & \text{für } -4\% \leq s \leq 0\% \\ \frac{\text{Min}(12\%; s)}{1\%} \cdot \frac{v_m}{100} & \text{für } s > 0\% \end{cases} \quad (10)$$

für $m = 3$:

$$\Delta L_{WP,grad,i,m=3}(v_m) = \begin{cases} \frac{\text{Min}(12\%; -s) - 4\%}{0,5\%} \cdot \frac{v_m - 10}{100} & \text{für } s < -4\% \\ 0 & \text{für } -4\% \leq s \leq 0\% \\ \frac{\text{Min}(12\%; s)}{0,8\%} \cdot \frac{v_m}{100} & \text{für } s > 0\% \end{cases} \quad (11)$$

für $m = 4$:

$$\Delta L_{WP,grad,i,m=4} = 0$$

Die Korrektur $\Delta L_{WP,grad,m}$ schließt implizit den Einfluss einer Neigung auf die Geschwindigkeit ein.

4.6 Korrekturkoeffizient für Kreuzungen

Zur Berücksichtigung des Einflusses des Beschleunigens und Abbremsens vor bzw. nach Kreisverkehren und bei durch Verkehrs-Lichtsignalanlagen (VLSA) geregelten Kreuzungen ist eine Korrektur wie nachfolgend beschrieben vorzunehmen.

Die Korrekturterme für Rollgeräusche $\Delta L_{WR,acc,m,k}$ und Antriebsgeräusche $\Delta L_{WP,acc,m,k}$ sind lineare Funktionen der Entfernung x [m] der Punktquelle vom nächstgelegenen Schnittpunkt der entsprechenden Emissionslinie mit einer anderen Emissionslinie. Sie werden allen Oktavbändern gleichmäßig angerechnet:

$$\Delta L_{WR,acc,m,k} = C_{R,m,k} \cdot \text{Max} \left(1 - \frac{|x|}{100}; 0 \right) \quad (13)$$

$$\Delta L_{WP,acc,m,k} = C_{P,m,k} \cdot \text{Max} \left(1 - \frac{|x|}{100}; 0 \right) \quad (14)$$

Die Koeffizienten $C_{R,m,k}$ und $C_{P,m,k}$ sind in Tabelle 10 abhängig von der Art des Straßenknotenpunkts k ($k = 1$ für eine mit einer Verkehrs-Lichtsignalanlage geregelten Kreuzung; $k = 2$ für einen Kreisverkehr) und werden für jede einzelne Fahrzeugklasse angegeben. Die Korrektur schließt den Einfluss der Geschwindigkeitsänderung beim Heranfahren an eine Kreuzung/einen Kreisverkehr bzw. beim Verlassen der Kreuzung/des Kreisverkehrs ein.

Zu beachten ist, dass bei einer Entfernung von $|x| \geq 100$ m Folgendes gilt:

$$\Delta L_{WR,acc,m,k} = \Delta L_{WP,acc,m,k} = 0$$

Tabelle 10: Koeffizienten $C_{R,m,k}$ und $C_{P,m,k}$ für Beschleunigung und Abbremsen
(Quelle: Richtlinie 2015/996)

Kategorie	k	$C_{R,m,k}$ [-]	$C_{P,m,k}$ [-]
1	1 = Kreuzung 2 = Kreisverkehr	-4,5 -4,4	5,5 3,1
2	1 = Kreuzung 2 = Kreisverkehr	-4,0 -2,3	9,0 6,7
3	1 = Kreuzung 2 = Kreisverkehr	-4,0 -2,3	9,0 6,7
4a	1 = Kreuzung 2 = Kreisverkehr	0 0	0 0
4b	1 = Kreuzung 2 = Kreisverkehr	0 0	0 0
5	1 = Kreuzung 2 = Kreisverkehr		

4.7 Korrekturkoeffizient für die Straßenoberfläche

4.7.1 Allgemeine Grundsätze

Bei Straßenoberflächen mit akustischen Eigenschaften, die von denen der virtuellen Referenzstraßenoberfläche (s. Pkt. 4.3) abweichen, ist sowohl für die Rollgeräusche als auch für die Antriebsgeräusche ein Spektralkorrekturterm anzuwenden.

BERECHNUNG VON SCHALLEMISSIONEN UND LÄRMSCHUTZ

Auszug aus RVS 04.02.11

Für die Rollgeräuschemissionen wird der in Bezug auf die Straßenoberfläche anzuwendende Korrekturterm angegeben durch:

$$\Delta L_{WR,road,i,m} = \alpha_{i,m} + \beta_m \cdot \lg \left(\frac{v_m}{v_{ref}} \right) \quad (15)$$

mit:

$\alpha_{i,m}$ Spektralkorrektur [dB] bei Referenzgeschwindigkeit v_{ref} für Klasse m (1, 2 oder 3) und Spektralband i (s. Tab. 11 u. 12)

β_m Einfluss der Geschwindigkeit auf die Verringerung der Rollgeräusche bei Klasse m (1, 2 oder 3) und ist für alle Frequenzbänder identisch (s. Tab. 11 u. 12)

Tabelle 11: Koeffizienten $\alpha_{i,m}$ und β_m für Straßenoberflächen für die Fahrzeugklasse $m = 1$

Fahrbahndecke ¹⁾		α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
Asphaltbeton	AC 8 deck, AC 11 deck	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,7	-0,5	-0,1	0,0	-3,3
Offenporiger Asphalt	PA 8, PA 11, PA 16	0,0	-0,1	-0,3	-1,3	-4,7	-3,8	-1,0	-0,1	-2,4
Lärmindernder Splittmastixasphalt ²⁾	SMA 8 deck S3	0,0	-0,1	-0,2	-0,9	-3,8	-3,1	-0,7	-0,1	-2,8
Splittmastixasphalt	SMA 11 deck S1, SMA 11 deck S2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-4,9
Waschbeton ³⁾	WB OB GK 11	0,0	0,0	0,0	0,1	1,3	0,7	0,1	0,0	-1,0
Lärmindernder Waschbeton ⁴⁾	WB-LM OB GK 8	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,1	0,0	0,0	-2,3

¹⁾ Technische Spezifikationen sind in den ÖNORMen B 3580-1, B 3580-2, B 3584-1, B 3584-2, B 3586-1, B 3586-2 und in RVS 08.16.01, RVS 08.16.06, RVS 08.17.02, RVS 08.97.05 und RVS 08.97.06 zu finden.

²⁾ Abweichend von der ÖNORM B 3584-1 und RVS 08.16.01 mit einem Hohlraumgehalt von 9 bis 14 V.-% in der Deckschicht. Die Fahrbahndecken SMA 8 deck S3, welche diese Anforderungen an den Hohlraumgehalt nicht erfüllen, und jene der Type SMA 11 deck S3 sind in die Kategorie Splittmastixasphalt einzuordnen.

³⁾ Technische Spezifikation gemäß RVS 08.17.02, jedoch ohne Anforderungen an die Lärminderung

⁴⁾ Technische Spezifikation gemäß RVS 08.17.02, jedoch mit den entsprechenden Anforderungen an die Lärminderung. Fahrbahndecken der Type WB-LM OB GK 11 sind in die Kategorie Waschbeton einzuordnen.

Tabelle 12: Koeffizienten $\alpha_{i,m}$ und β_m für Straßenoberflächen für die Fahrzeugklassen $m = 2$ sowie 3

Fahrbahndecke ⁵⁾		α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
Asphaltbeton	AC 8 deck, AC 11 deck	0,0	0,0	0,0	0,9	3,3	0,5	0,1	0,0	0,0
Offenporiger Asphalt	PA 8, PA 11, PA 16	-0,6	-1,2	-3,0	-5,4	-3,2	-2,1	-2,0	-0,3	2,1
Lärmindernder Splittmastixasphalt ⁶⁾	SMA 8 deck S3	0,0	0,0	-0,2	-0,9	-1,6	-0,7	-0,2	0,0	0,0
Splittmastixasphalt	SMA 11 deck S1, SMA 11 deck S2	-0,2	0,0	0,0	-3,6	2,2	4,2	0,4	0,1	1,2

BERECHNUNG VON SCHALLEMISSIONEN UND LÄRMSCHUTZ**Auszug aus RVS 04.02.11**

Fahrbahndecke		α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
Waschbeton ⁷⁾	WB OB GK 11	0,0	0,0	0,0	-1,3	2,8	0,9	0,1	0,0	0,3
Lärmmindernder Waschbeton ⁸⁾	WB-LM OB GK 8	-0,1	-0,2	-0,8	-2,4	1,0	1,5	0,2	0,0	0,6

⁵⁾ Technische Spezifikationen sind in den ÖNORMen B 3580-1, B 3580-2, B 3584-1, B 3584-2, B 3586-1, B 3586-2 und in RVS 08.16.01, RVS 08.16.06, RVS 08.17.02, RVS 08.97.05 und RVS 08.97.06 zu finden.

⁶⁾ Abweichend von der ÖNORM B 3584-1 und RVS 08.16.01 mit einem Hohlraumgehalt von 9 bis 14 V.-% in der Deckschicht. Die Fahrbahndecken SMA 8 deck S3, welche diese Anforderungen an den Hohlraumgehalt nicht erfüllen, und jene der Type SMA 11 deck S3 sind in die Kategorie Splittmastixasphalt einzuordnen.

⁷⁾ Technische Spezifikation gemäß RVS 08.17.02, jedoch ohne Anforderungen an die Lärmminderung

⁸⁾ Technische Spezifikation gemäß RVS 08.17.02, jedoch mit den entsprechenden Anforderungen an die Lärmminderung. Fahrbahndecken der Type WB-LM OB GK 11 sind in die Kategorie Waschbeton einzuordnen.

Die in den Tabellen 11 und 12 dargestellten Spektralkorrekturterme ermöglichen die Berechnung eines A-bewerteten Langzeit-Dauerschallpegels gemäß ÖAL-Richtlinie Nr. 28 zur Darstellung von Lärmindizes im Sinne der Begriffsbestimmungen (s. Pkt. 2). Eine Beurteilung eines konkreten Frequenzverlaufs von Vorbeifahrtpegeln für eine konkrete Fahrzeugkategorie auf einer bestimmten Straßendeckschicht ist anhand dieser Spektralkorrekturterme nicht zulässig.

Die Kennwerte in den Tabellen 11 und 12 können jedenfalls für Geschwindigkeiten ab 30 km/h bis zur zulässigen Höchstgeschwindigkeit der jeweiligen Fahrzeugklasse verwendet werden.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, bei entsprechend schlüssigen Nachweisen individuelle Koeffizienten für nicht in der gegenständlichen RVS angegebene Fahrbahndecken zu definieren.

Für die Antriebsgeräuschemissionen wird der in Bezug auf die Straßenoberfläche anzuwendende Korrekturterm angegeben durch:

$$\Delta L_{WP,road,i,m} = \min\{\alpha_{i,m}; 0\} \quad (16)$$

Die Antriebsgeräusche werden durch absorbierende Oberflächen verringert, durch nicht absorbierende Oberflächen aber nicht verstärkt.

4.7.2 Einfluss der Gebrauchsdauer auf die Geräuscheigenschaften von Straßenoberflächen

Die Geräuschmerkmale von Straßenoberflächen variieren je nach Gebrauchsdauer und Instandhaltungszustand, wobei die Emission im Zeitverlauf tendenziell zunimmt. Beim gegenständlichen Verfahren werden die Straßenoberflächenparameter (s. Tabellen 11 und 12) so abgeleitet, dass sie für die akustische Leistung der jeweiligen Straßenoberfläche repräsentativ sind und für eine repräsentative Gebrauchsdauer gemittelt werden, wobei eine ordnungsgemäße Instandhaltung angenommen wird.

[...]

