



Swiss Acoustical Society
Société Suisse d'Acoustique
Schweizerische Gesellschaft für Akustik
Società Svizzera di Acustica
Internet: www.sga-ssa.ch

Industrielärm

Testaufgaben gemäss ISO 9613-2

Version 1.2 - Juni 2014

Impressum

©2013, Schweizerische Gesellschaft für Akustik SGA

Ausgabe April 2013

Dieses Dokument wird herausgegeben von der Schweizerischen Gesellschaft für Akustik und basiert auf der Arbeit der *Fachgruppe Qualitätssicherung akustischer Software*. Die Fachgruppe hatte folgende Mitglieder:

Matthias Brechbühl, Norsonic Brechbühl AG, Rüegsauschachen (Moderation)
Christoph Ammann, Grolimund + Partner AG, Aarau
Wolfram Berger, Gruner AG, Basel
Kurt Heutschi, Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA, Dübendorf
Dimitri Magnin, EPFL, Lausanne
Thomas Minder, Planteam GHS, Sempach-Station
Björn Schaltegger, Meyer + Schaltegger AG, St. Gallen
Dominique Schneuwly, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Martin Suter, EMIcon GmbH, Basel
Urs Waldner, Tiefbauamt Kanton Zürich, Zürich

Haftungsausschluss

Das vorliegende Dokument wurde von der *Fachgruppe Qualitätssicherung akustischer Software* sorgfältig erarbeitet und geprüft. Trotzdem macht die Schweizerische Gesellschaft für Akustik folgenden Vorbehalt:

Aufgrund der Unverbindlichkeit der Informationen ist jede Haftung für die Richtigkeit, Vollständigkeit, Qualität und Zuverlässigkeit der Informationen sowie für Ergebnisse, die durch die Nutzung der Informationen erzielt werden können, ausgeschlossen



Schweizerische Gesellschaft für Akustik
Postfach 164
6203 Sempach Station
Fax 041 469 40 50
Homepage: www.sga-ssa.ch E-mail: info@sga-ssa.ch

Inhaltsverzeichnis

ZWECK.....	4
GRUNDLAGENDOKUMENTE	4
TESTAUFGABEN FÜR DIE ÜBERPRÜFUNG VON RECHENPROGRAMMEN BASIEREND AUF DER NORM ISO 9613-2	5
Vorbemerkungen	5
AUFGABE 1: UNGEHINDERTE SCHALLAUSBREITUNG ÜBER FLACHEM, HOMOGENEM UND HARTEM BODEN	6
AUFGABE 2: UNGEHINDERTE SCHALLAUSBREITUNG ÜBER FLACHEM, HOMOGENEM UND WEICHEM BODEN.....	7
AUFGABE 3: UNGEHINDERTE SCHALLAUSBREITUNG ÜBER FLACHEM, INHOMOGENEM BODEN	8
AUFGABE 4: UNGEHINDERTE SCHALLAUSBREITUNG ÜBER FLACHEM, INHOMOGENEM BODEN	9
AUFGABE 5: UNGEHINDERTE SCHALLAUSBREITUNG ÜBER FLACHEM, INHOMOGENEM BODEN ...	10
AUFGABE 6: KNAPP EINFACH ABGESCHIRMTE SCHALLAUSBREITUNG ÜBER FLACHEM, HOMOGENEM UND WEICHEM BODEN	11
AUFGABE 7: DEUTLICH EINFACH ABGESCHIRMTE SCHALLAUSBREITUNG ÜBER FLACHEM, HOMOGENEM UND WEICHEM BODEN	12
AUFGABE 8: DEUTLICH ZWEIFACH ABGESCHIRMTE SCHALLAUSBREITUNG ÜBER FLACHEM, HOMOGENEM UND WEICHEM BODEN	13
AUFGABE 9: SCHALLAUSBREITUNG ÜBER BEWALDETEM, FLACHEM, HOMOGENEM UND WEICHEM BODEN	14
AUFGABE 10: UNABGESCHIRMTE SCHALLAUSBREITUNG ÜBER NICHTFLACHEM, HOMOGENEM UND WEICHEM BODEN, A-PEGELBERECHNUNG	15
AUFGABE 11: UNGEHINDERTE SCHALLAUSBREITUNG ÜBER FLACHEM, HOMOGENEM UND HARTEM BODEN MIT EINER REFLEXION	16
AUFGABE 12: UNGEHINDERTE SCHALLAUSBREITUNG ÜBER FLACHEM, HOMOGENEM UND HARTEM BODEN MIT EINER REFLEXION	17
AUFGABE 13: ABGESCHIRMTE SCHALLAUSBREITUNG ÜBER FLACHEM, HOMOGENEM UND WEICHEM BODEN MIT RELEVANTER SEITENBEUGUNG.....	18
AUFGABE 14: UNGEHINDERTE SCHALLAUSBREITUNG ÜBER FLACHEM, HOMOGENEM UND HARTEM BODEN MIT BERÜCKSICHTIGUNG DER METEOKORREKTUR CMET	20
AUFGABE 15: UNGEHINDERTE SCHALLAUSBREITUNG ÜBER FLACHEM, HOMOGENEM UND HARTEM BODEN FÜR EINE QUELLE MIT QUELLENNAHEM REFLEKTOR.....	21

Zweck

Der Zweck des vorliegenden Dokuments besteht in der Bereitstellung von Testaufgaben für die Rechenvorschrift ISO 9613-2.

Diese Testaufgaben dienen sowohl Softwareherstellern als auch Anwendern zur Überprüfung der Rechenergebnisse in exemplarischen Situationen.

Liefert ein Programm bei allen Aufgaben die richtigen Ergebnisse, so kann mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass das Programm auch in andern Fällen korrekte Resultate liefert. Mit den Testaufgaben können Anwender auch ihre Fähigkeiten überprüfen, eine Situation korrekt zu modellieren.

Grundlegendokumente

- ISO 9613-2: Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation, Edition 1996-12-15.
- ISO 9613-1: Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere, Edition 1993-06-01.

Testaufgaben für die Überprüfung von Rechenprogrammen basierend auf der Norm ISO 9613-2

Vorbemerkungen

Die vorliegenden Testaufgaben dienen der Überprüfung der richtigen Umsetzung der in ISO 9613-2 beschriebenen Algorithmen, unabhängig von der physikalischen Relevanz der Ergebnisse.

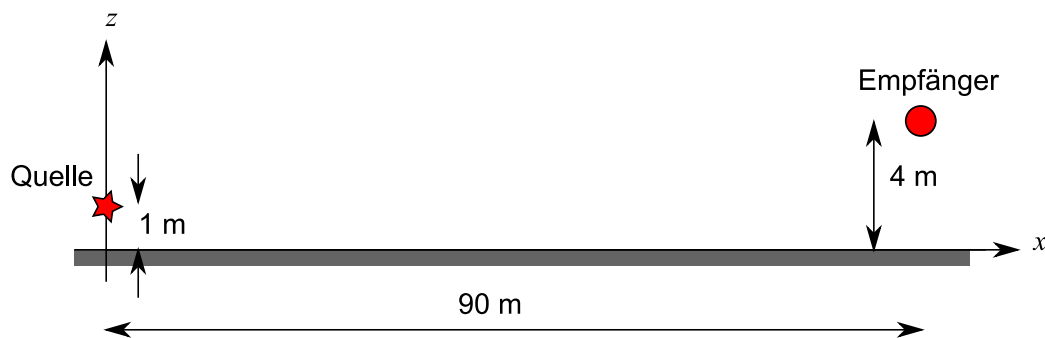
Die Ausbreitungsrechnung gemäss 9613-2 erfolgt in der Regel in Oktavbändern der Mittenfrequenzen von 63 Hz bis 8 kHz. In den Spezifikationen der Testaufgaben werden die Emissionswerte entsprechend als 8-elementige Vektoren angegeben wobei das erste Element der 63 Hz Oktave entspricht. Wo zulässig (bei nicht hartem Boden) ist auch die summarische A-Pegel Berechnung angefügt.

Die Ausbreitungssituationen werden in einem zweidimensionalen Koordinatensystem dargestellt wobei die x -Koordinate von der Quelle aus in Richtung Empfänger zeigt und die z -Koordinate die Höhe abbildet.

Aufgabe 1: Ungehinderte Schallausbreitung über flachem, homogenem und hartem Boden

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit homogenem hartem Boden (ground factor $G = 0$)
- als Quelle wird eine omnidirektional strahlende Punktquelle 1.0 m über Boden ($x = 0.0$ m, $z = 1.0$ m) mit einem unbewerteten Schalleistungsoktavbandpegelspektrum $L_W = (80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0)$ angenommen
- der Immissionspunkt liegt in 90 m Abstand 4 m über Boden ($x = 90.0$ m, $z = 4.0$ m)
- die Lufttemperatur und relative Luftfeuchte betragen 10° und 70%



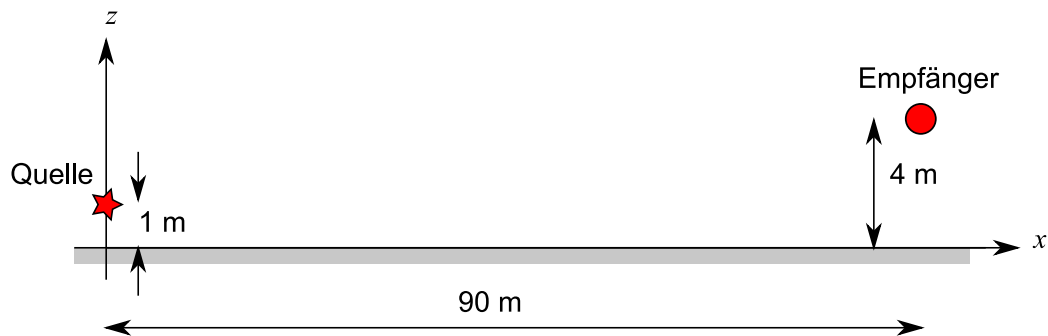
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
LW	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
Dc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Adiv	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
Aatm	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.9	3.0	10.5
Agr	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0
Abar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Amisc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LT	32.9	32.9	32.8	32.7	32.6	32.0	30.0	22.4
A-Bew.	-26.2	-16.1	-8.6	-3.2	0.0	1.2	1.0	-1.1
LT(A)	6.7	16.8	24.2	29.5	32.6	33.2	31	21.3

Bemerkung: Die energetische Summe der letzten Zeile ergibt als A-bewerteten Summenpegel $L(A) = 38.1$ dB(A).

Aufgabe 2: Ungehinderte Schallausbreitung über flachem, homogenem und weichem Boden

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit homogenem weichem Boden (ground factor $G = 1$)
- als Quelle wird eine omnidirektional strahlende Punktquelle 1.0 m über Boden ($x = 0.0 \text{ m}$, $z = 1.0 \text{ m}$) mit einem unbewerteten Schalleistungsoktavbandpegelspektrum $L_{W} = (80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0)$ bzw. mit einem A-bewerteten Summenpegel von 87 dB(A) angenommen
- der Immissionspunkt liegt in 90 m Abstand 4 m über Boden ($x = 90.0 \text{ m}$, $z = 4.0 \text{ m}$)
- die Lufttemperatur und relative Luftfeuchte betragen 5° und 60%



	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
LW	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	87.0
Dc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
Adiv	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
Aatm	0.0	0.0	0.1	0.2	0.4	1.3	4.5	12.9	0.2
Agr	-3.0	2.7	8.3	7.4	1.7	0.0	0.0	0.0	3.7
Abar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Amisc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LT	32.9	27.1	21.6	22.4	27.8	28.6	25.4	17.0	36.1

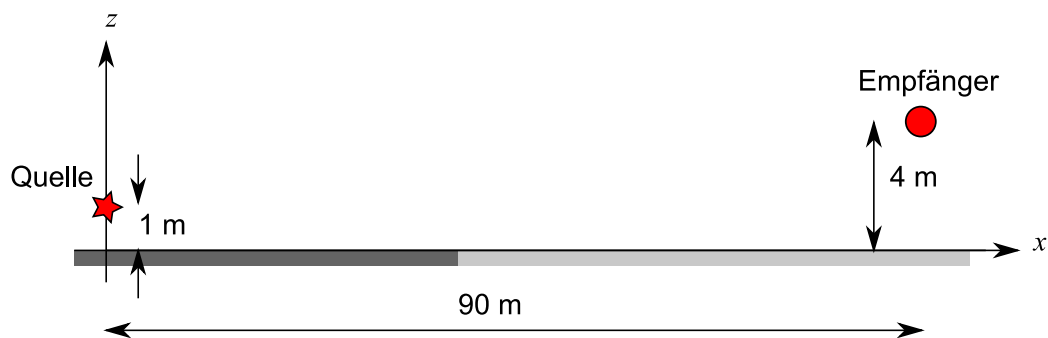
A-bewerteter Summenpegel der letzten Zeile (LT) ergibt 33.3 dB(A).

Bemerkung: Die Luftabsorptionswerte für die nicht in der ISO 9613-2 tabellierten Lufttemperatur- und Luftfeuchtwerte basieren auf der ISO 9613-1. Man beachte, dass für den Dämpfungswert der 8 kHz Oktave gemäss Norm nicht der Reintonwert für 8 kHz eingesetzt werden darf (würde 14.2 ergeben). Hier wurde der Wert anhand einer Mittelung über das Oktavband bestimmt.

Aufgabe 3: Ungehinderte Schallausbreitung über flachem, inhomogenem Boden

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit inhomogenem Boden (ground factor $G = 0$ für $x < 40.0$ m und $G = 1$ für $x \geq 40.0$ m)
- als Quelle wird eine omnidirektional strahlende Punktquelle 1.0 m über Boden ($x = 0.0$ m, $z = 1.0$ m) mit einem unbewerteten Schalleistungsoktavbandpegelspektrum $L_W = (80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0)$ bzw. mit einem A-bewerteten Summenpegel von 87 dB(A) angenommen
- der Immissionspunkt liegt in 90 m Abstand 4 m über Boden ($x = 90.0$ m, $z = 4.0$ m)
- die Lufttemperatur und relative Luftfeuchte betragen 10° und 70%



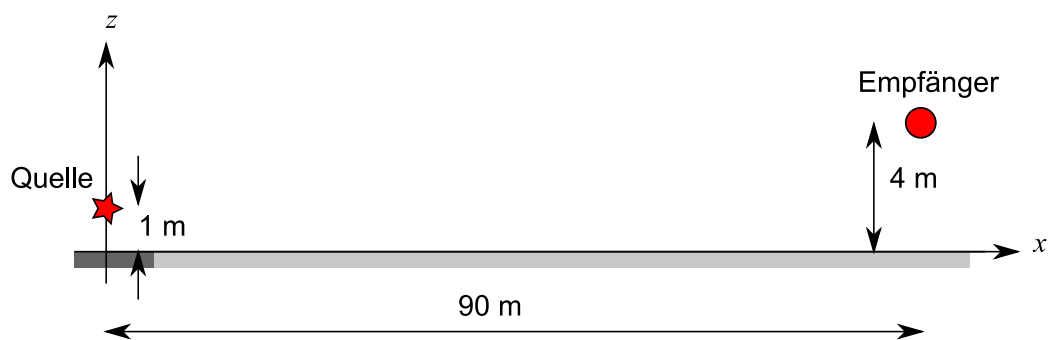
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
LW	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	87.0
Dc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
Adiv	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
Aatm	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.9	3.0	10.5	0.2
Agr	-3.0	-0.9	-1.2	-2.2	-2.2	-2.2	-2.2	-2.2	3.7
Abar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Amisc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LT	32.9	30.8	31.0	31.9	31.7	31.2	29.1	21.5	36.1

A-bewerteter Summenpegel der letzten Zeile (LT) ergibt 37.2 dB(A).

Aufgabe 4: Ungehinderte Schallausbreitung über flachem, inhomogenem Boden

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit inhomogenem Boden (ground factor $G = 0$ für $x < 2.0$ m und $G = 1$ für $x \geq 2.0$ m)
- als Quelle wird eine omnidirektional strahlende Punktquelle 1.0 m über Boden ($x = 0.0$ m, $z = 1.0$ m) mit einem unbewerteten Schalleistungsoktavbandpegelspektrum $L_W = (80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0)$ bzw. mit einem A-bewerteten Summenpegel von 87 dB(A) angenommen
- der Immissionspunkt liegt in 90 m Abstand 4 m über Boden ($x = 90.0$ m, $z = 4.0$ m)
- die Lufttemperatur und relative Luftfeuchte betragen 10° und 70%



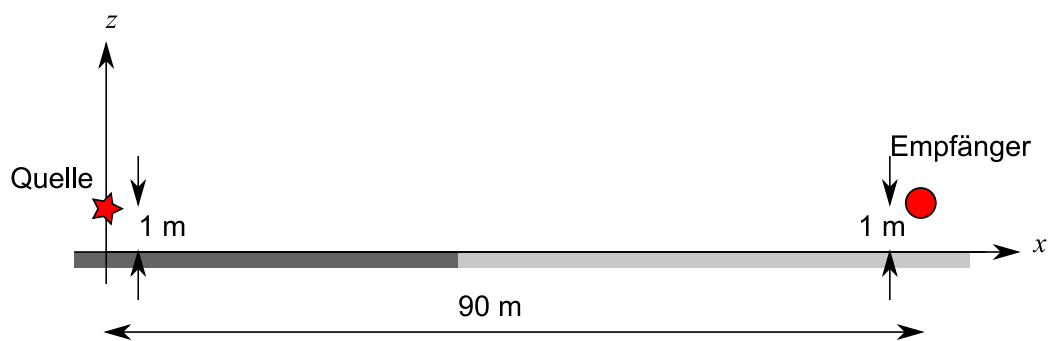
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
LW	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	87.0
Dc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
Adiv	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
Aatm	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.9	3.0	10.5	0.2
Agr	-3.0	2.5	7.7	6.8	1.5	-0.1	-0.1	-0.1	3.7
Abar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Amisc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LT	32.9	27.4	22.2	23.0	28.1	29.2	27.1	19.5	36.1

A-bewerteter Summenpegel der letzten Zeile (LT) ergibt 34.1 dB(A).

Aufgabe 5: Ungehinderte Schallausbreitung über flachem, inhomogenem Boden

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit inhomogenem Boden (ground factor $G = 0$ für $x < 40.0$ m und $G = 1$ für $x \geq 40.0$ m)
- als Quelle wird eine omnidirektional strahlende Punktquelle 1.0 m über Boden ($x = 0.0$ m, $z = 1.0$ m) mit einem unbewerteten Schalleistungsoktavbandpegelspektrum $L_W = (80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0)$ bzw. mit einem A-bewerteten Summenpegel von 87 dB(A) angenommen
- der Immissionspunkt liegt in 90 m Abstand 1 m über Boden ($x = 90.0$ m, $z = 1.0$ m)
- die Lufttemperatur und relative Luftfeuchte betragen 10° und 70%



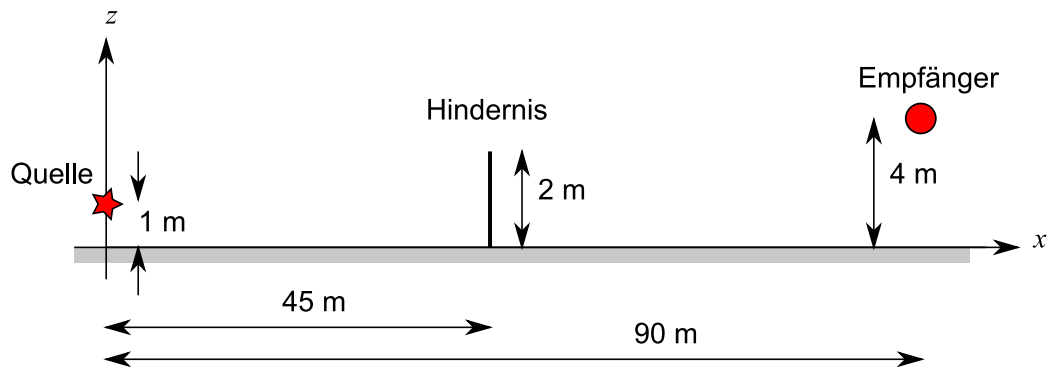
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
LW	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	87.0
Dc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
Adiv	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
Aatm	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.9	3.0	10.5	0.2
Agr	-4.0	-1.4	4.7	5.5	-0.1	-1.8	-1.8	-1.8	4.3
Abar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Amisc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LT	33.9	31.2	25.1	24.2	29.7	30.9	28.8	21.2	35.4

A-bewerteter Summenpegel der letzten Zeile (LT) ergibt 35.8 dB(A).

Aufgabe 6: Knapp einfach abgeschirmte Schallausbreitung über flachem, homogenem und weichem Boden

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit homogenem Boden (ground factor $G = 1$)
- sehr langes (keine Beugung an vertikalen Kanten), 2.0 m hohes, einfaches Hindernis in der Mitte zwischen Quellen- und Immissionspunkt (Hinderniskante bei $x = 45.0$ m, $z = 2.0$ m)
- als Quelle wird eine omnidirektional strahlende Punktquelle 1.0 m über Boden ($x = 0.0$ m, $z = 1.0$ m) mit einem unbewerteten Schalleistungsoktavbandpegelspektrum $L_W = (80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0)$ bzw. mit einem A-bewerteten Summenpegel von 87 dB(A) angenommen
- der Immissionspunkt liegt in 90 m Abstand 4 m über Boden ($x = 90.0$ m, $z = 4.0$ m)
- die Lufttemperatur und relative Luftfeuchte betragen 10° und 70%



	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
LW	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	87.0
Dc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
Adiv	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
Aatm	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.9	3.0	10.5	0.2
Agr	-3.0	2.7	8.3	7.4	1.7	0.0	0.0	0.0	3.7
Abar	7.7	2.0	0.0	0.0	2.6	3.7	2.3	0.0	0.9
Amisc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LT	25.2	25.2	21.6	22.4	25.3	25.3	24.7	19.4	35.2

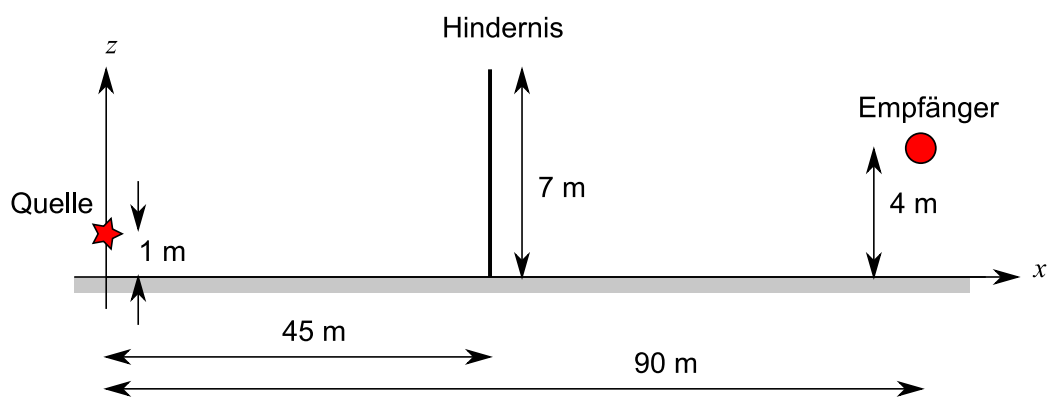
A-bewerteter Summenpegel der letzten Zeile (LT) ergibt 31.3 dB(A).

Bemerkung: das Hindernis unterbricht die Sichtlinie nicht. Die Pfadlängendifferenz z ist daher mit negativem Vorzeichen zu versehen und die Formel für D_z so zu begrenzen, dass keine negativen Werte auftreten.

Aufgabe 7: Deutlich einfach abgeschirmte Schallausbreitung über flachem, homogenem und weichem Boden

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit homogenem Boden (ground factor $G = 1$)
- sehr langes (keine Beugung an vertikalen Kanten), 7.0 m hohes, einfaches Hindernis in der Mitte zwischen Quellen- und Immissionspunkt (Hinderniskante bei $x = 45.0$ m, $z = 7.0$ m)
- als Quelle wird eine omnidirektional strahlende Punktquelle 1.0 m über Boden ($x = 0.0$ m, $z = 1.0$ m) mit einem unbewerteten Schalleistungsoktavbandpegelspektrum $L_W = (80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0)$ bzw. mit einem A-bewerteten Summenpegel von 87 dB(A) angenommen
- der Immissionspunkt liegt in 90 m Abstand 4 m über Boden ($x = 90.0$ m, $z = 4.0$ m)
- die Lufttemperatur und relative Luftfeuchte betragen 10° und 70%



	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
LW	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	87.0
Dc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
Adiv	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
Aatm	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.9	3.0	10.5	0.2
Agr	-3.0	2.7	8.3	7.4	1.7	0.0	0.0	0.0	3.7
Abar	9.4	4.8	0.9	3.9	12.1	16.5	19.4	20.0*	7.6
Amisc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LT	23.6	22.4	20.7	18.4	15.8	12.5	7.6	-0.6	28.4

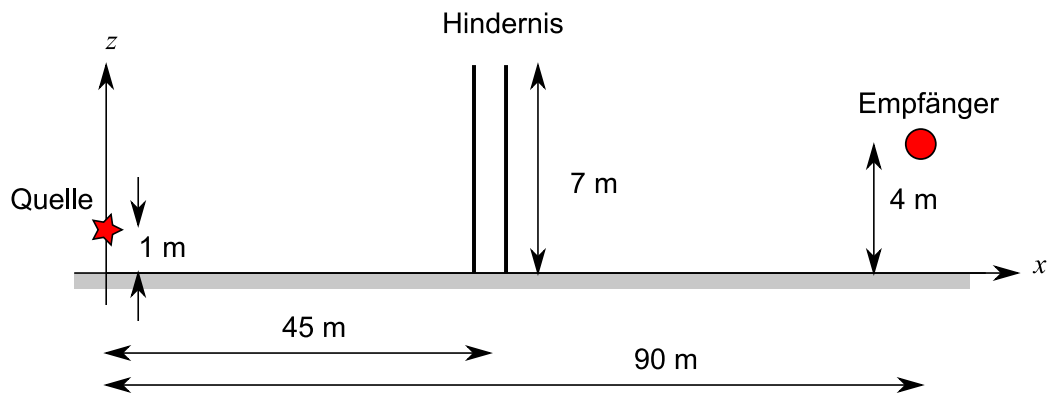
A-bewerteter Summenpegel der letzten Zeile (LT) ergibt 20.9 dB(A).

* die Hinderniswirkung wird bei Einfachabschirmung auf 20 dB limitiert.

Aufgabe 8: Deutlich zweifach abgeschirmte Schallausbreitung über flachem, homogenem und weichem Boden

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit homogenem Boden (ground factor $G = 1$)
- sehr langes (keine Beugung an vertikalen Kanten), 7.0 m hohes, zweifaches Hindernis in der Mitte zwischen Quellen- und Immissionspunkt (Hinderniskante bei $x = 43.0$ m, $z = 7.0$ m und bei $x = 47.0$ m, $z = 7.0$ m)
- als Quelle wird eine omnidirektional strahlende Punktquelle 1.0 m über Boden ($x = 0.0$ m, $z = 1.0$ m) mit einem unbewerteten Schalleistungsoktavbandpegelspektrum $L_W = (80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0)$ bzw. mit einem A-bewerteten Summenpegel von 87 dB(A) angenommen
- der Immissionspunkt liegt in 90 m Abstand 4 m über Boden ($x = 90.0$ m, $z = 4.0$ m)
- die Lufttemperatur und relative Luftfeuchte betragen 10° und 70%



	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
LW	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	87.0
Dc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
Adiv	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
Aatm	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.9	3.0	10.5	0.2
Agr	-3.0	2.7	8.3	7.4	1.7	0.0	0.0	0.0	3.7
Abar	9.5	5.0	1.6	5.9	15.7	21.0	24.3	25.0*	9.6
Amisc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LT	23.5	22.1	19.9	16.5	12.2	8.0	2.7	-5.6	26.5

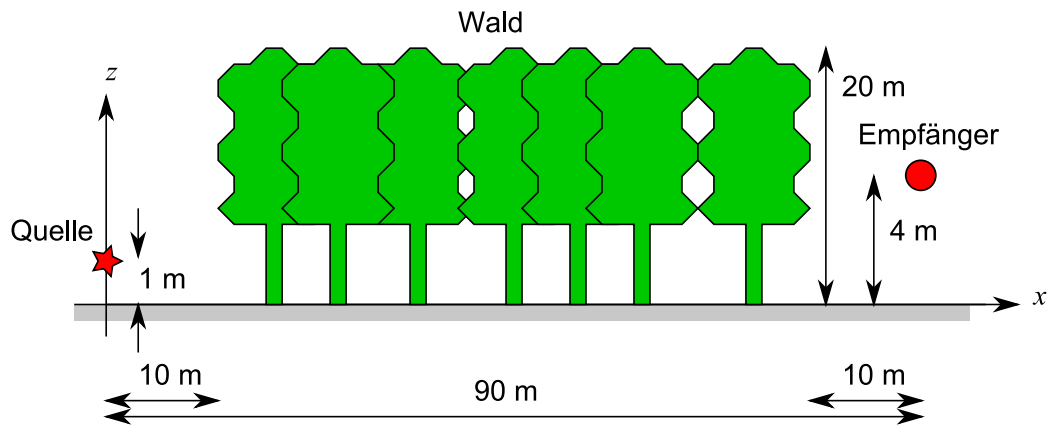
A-bewerteter Summenpegel der letzten Zeile (LT) ergibt 18.3 dB(A).

* die Hinderniswirkung wird bei Zweifachabschirmung auf 25 dB limitiert.

Aufgabe 9: Schallausbreitung über bewaldetem, flachem, homogenem und weichem Boden

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit homogenem Boden (ground factor $G = 1$)
- 70 m langes und 20 m hohes Waldstück zwischen Quelle und Immissionspunkt (linke Kante bei $x = 10.0$ m, rechte Kante bei $x = 80.0$ m)
- als Quelle wird eine omnidirektional strahlende Punktquelle 1.0 m über Boden ($x = 0.0$ m, $z = 1.0$ m) mit einem unbewerteten Schalleistungsoktavbandpegelspektrum $L_W = (80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0)$ bzw. mit einem A-bewerteten Summenpegel von 87 dB(A) angenommen
- der Immissionspunkt liegt in 90 m Abstand 4 m über Boden ($x = 90.0$ m, $z = 4.0$ m)
- die Lufttemperatur und relative Luftfeuchte betragen 10° und 70%



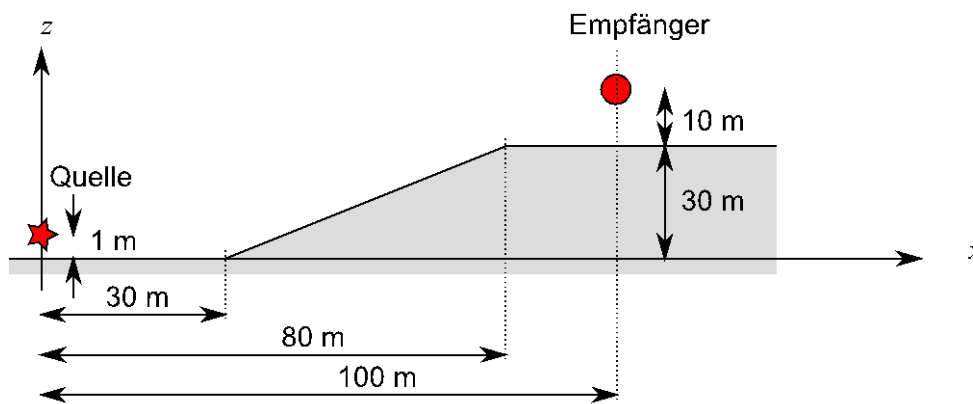
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
LW	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	87.0
Dc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
Adiv	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
Aatm	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.9	3.0	10.5	0.2
Agr	-3.0	2.7	8.3	7.4	1.7	0.0	0.0	0.0	3.7
Abar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Amisc	1.4	2.1	2.8	3.5	4.2	5.6	6.3	8.4	3.5
LT	31.5	25.0	18.8	18.9	23.7	23.4	20.7	11.0	32.6

A-bewerteter Summenpegel der letzten Zeile (LT) ergibt 28.7 dB(A).

Aufgabe 10: Unabgeschirmte Schallausbreitung über nichtflachem, homogenem und weichem Boden, A-Pegelberechnung

Situation:

- geknicktes Gelände mit homogenem und weichem Boden gemäss Abbildung
- als Quelle wird eine omnidirektional strahlende Punktquelle 1.0 m über Boden ($x = 0.0 \text{ m}$, $z = 1.0 \text{ m}$) mit einem A-bewerteten Schallleistungspegel $L_W = 100.0 \text{ dB(A)}$ angenommen
- der Immissionspunkt liegt horizontal in 100 m Abstand und 10 m über Boden ($x = 100.0 \text{ m}$, $z = 40.0 \text{ m}$)
- die Lufttemperatur und relative Luftfeuchte betragen 10° und 70%
- die Berechnung des Bodeneffekts erfolgt mit der alternativen Methode

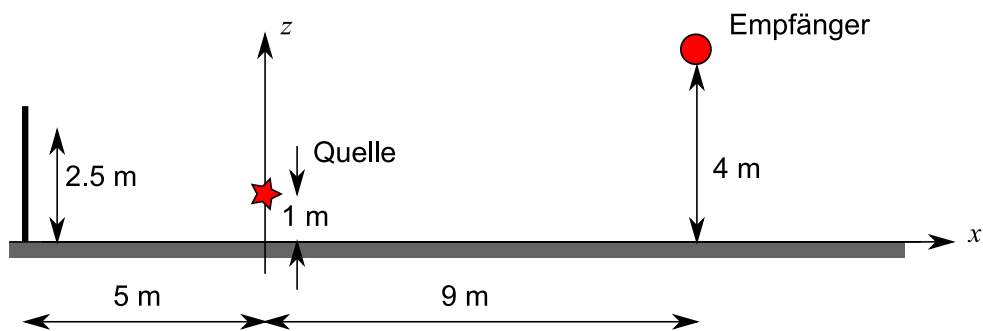


	A
LW	100.0
Dc	3.0
Adiv	51.6
Aatm	0.2
Agr	2.4
Abar	0
Amisc	0
LT	48.8

Aufgabe 11: Ungehinderte Schallausbreitung über flachem, homogenem und hartem Boden mit einer Reflexion

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit homogenem hartem Boden (ground factor $G = 0$)
- als Quelle wird eine omnidirektional strahlende Punktquelle 1.0 m über Boden ($x = 0.0$ m, $z = 1.0$ m) mit einem unbewerteten Schalleistungsoktavbandpegelspektrum $L_W = (80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0)$ angenommen
- der Immissionspunkt liegt in 9 m Abstand 4 m über Boden ($x = 9.0$ m, $z = 4.0$ m)
- 5 m hinter der Quelle befindet sich eine 2.5 m hohe und sehr lange akustisch vollkommen harte, senkrecht stehende Reflektorfläche mit der oberen Kante bei $x = -5.0$ m, $z = 2.5$ m
- die Lufttemperatur und relative Luftfeuchte betragen 10° und 70%



	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
LW	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
Ldirekt	52.5	52.5	52.5	52.4	52.4	52.4	52.2	51.4
Lreflex.	- *	- *	- *	46.3	46.3	46.1	45.7	44.1
LT	52.5	52.5	52.5	53.4	53.4	53.3	53.0	52.1

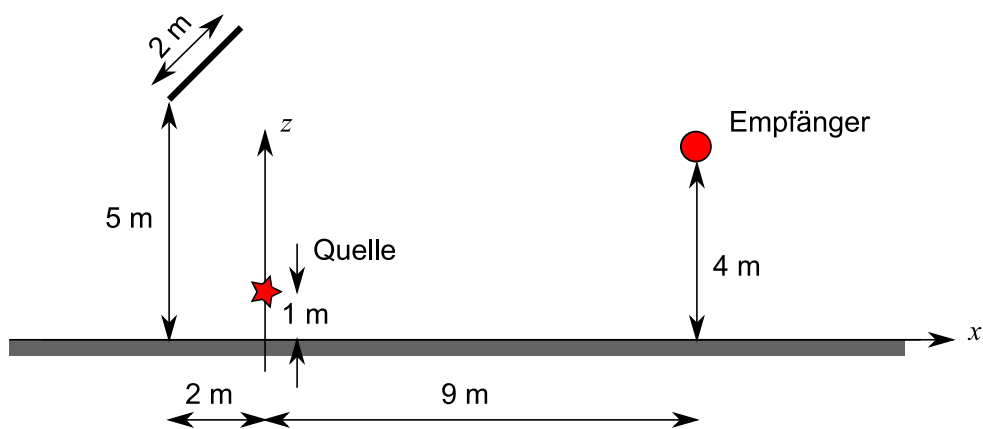
A-bewerteter Summenpegel der letzten Zeile (LT) ergibt 60.1 dB(A).

* für die Oktavbänder 63 bis 250 Hz ist die Reflektorfläche zu klein.

Aufgabe 12: Ungehinderte Schallausbreitung über flachem, homogenem und hartem Boden mit einer Reflexion

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit homogenem hartem Boden (ground factor $G = 0$)
- als Quelle wird eine omnidirektional strahlende Punktquelle 1.0 m über Boden ($x = 0.0 \text{ m}$, $z = 1.0 \text{ m}$) mit einem unbewerteten Schalleistungsoktavbandpegelspektrum $L_W = (80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0)$ angenommen
- der Immissionspunkt liegt in 9 m Abstand 4 m über Boden ($x = 9.0 \text{ m}$, $z = 4.0 \text{ m}$)
- schräg oberhalb der Quelle befindet sich eine 2 m breite und sehr lange akustisch vollkommen harte Reflektorfläche mit der unteren Kante bei $x = -2.0 \text{ m}$, $z = 5.0 \text{ m}$ und der oberen Kante bei $x = -0.59 \text{ m}$, $z = 6.41 \text{ m}$
- die Lufttemperatur und relative Luftfeuchte betragen 10° und 70%



	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
LW	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
Ldirekt	52.5	52.5	52.5	52.4	52.4	52.4	52.2	51.4
Lreflex.	- *	- *	- *	- *	48.3	48.2	47.8	46.5
LT	52.5	52.5	52.5	52.4	53.8	53.8	53.5	52.6

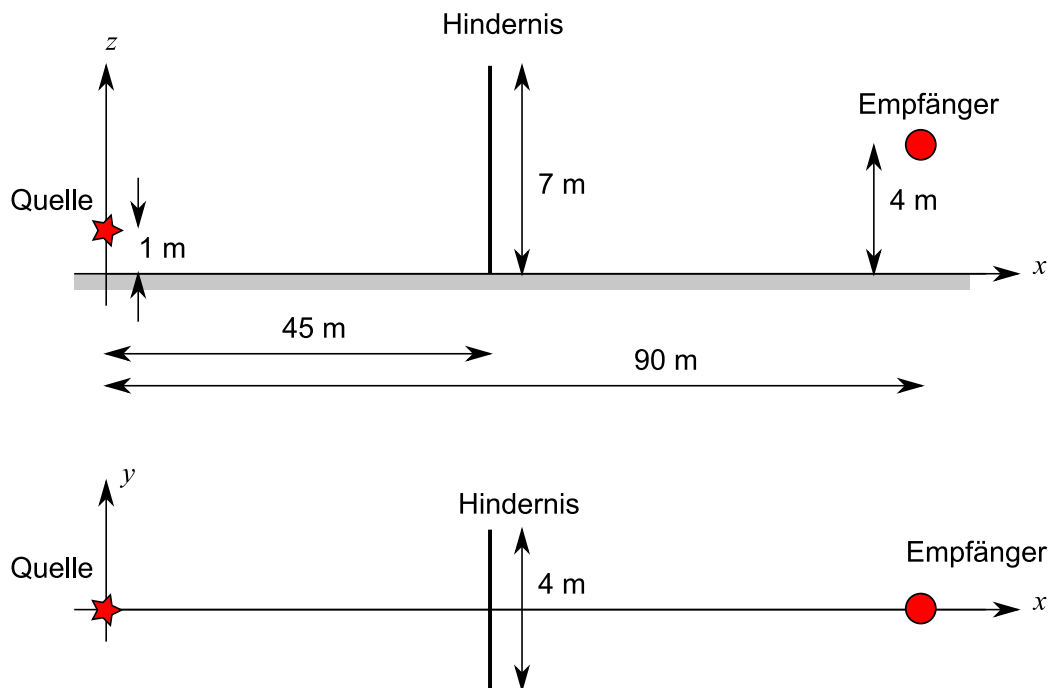
A-bewerteter Summenpegel der letzten Zeile (LT) ergibt 60.4 dB(A).

* für die Oktavbänder 63 bis 500 Hz ist die Reflektorfläche zu klein.

Aufgabe 13: Abgeschirmte Schallausbreitung über flachem, homogenem und weichem Boden mit relevanter Seitenbeugung

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit homogenem Boden (ground factor $G = 1$)
- 4.0 m langes und 7.0 m hohes, einfaches Hindernis in der Mitte zwischen Quellen- und Immissionspunkt (Hinderniskante bei $x = 45.0$ m, $z = 7.0$ m, seitliche Ausdehnung von $y = -2.0$ m bis $y = +2.0$ m)
- als Quelle wird eine omnidirektional strahlende Punktquelle 1.0 m über Boden ($x = 0.0$ m, $z = 1.0$ m) mit einem unbewerteten Schalleistungsoktavbandpegelspektrum $L_W = (80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0)$ bzw. mit einem A-bewerteten Summenpegel von 87 dB(A) angenommen
- der Immissionspunkt liegt in 90 m Abstand 4 m über Boden ($x = 90.0$ m, $z = 4.0$ m)
- die Lufttemperatur und relative Luftfeuchte betragen 10° und 70%



Der Schalldruckpegel am Empfänger bildet sich als Summe über die drei Umwegpfade „oben“, „seitlich links“ und „seitlich rechts“.

Beitrag „oben“:

	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
LW	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	87.0
Dc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
Adiv	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
Aatm	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.9	3.0	10.5	0.2
Agr	-3.0	2.7	8.3	7.4	1.7	0.0	0.0	0.0	3.7
Abar	9.4	4.8	0.9	3.9	12.1	16.5	19.4	20.0*	7.6
Amisc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Loben	23.6	22.4	20.7	18.4	15.8	12.5	7.6	-0.6	28.4

A-bewerteter Summenpegel der letzten Zeile (Loben) ergibt 20.9 dB(A).

Beitrag „seitlich links“:

	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
LW	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	87.0
Dc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
Adiv	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
Aatm	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.9	3.0	10.5	0.2
Agr	-3.0	2.7	8.3	7.4	1.7	0.0	0.0	0.0	3.7
Abar	5.2	5.6	6.3	7.5	9.2	11.3	13.8	16.5	7.5
Amisc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ls.links	27.7	21.6	15.2	14.8	18.7	17.7	13.1	2.9	28.6

A-bewerteter Summenpegel der letzten Zeile (Ls,links) ergibt 23.1 dB(A).

Beitrag „seitlich rechts“:

	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
LW	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	87.0
Dc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
Adiv	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
Aatm	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.9	3.0	10.5	0.2
Agr	-3.0	2.7	8.3	7.4	1.7	0.0	0.0	0.0	3.7
Abar	5.2	5.6	6.3	7.5	9.2	11.3	13.8	16.5	7.5
Amisc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ls.rechts	27.7	21.6	15.2	14.8	18.7	17.7	13.1	2.9	28.6

A-bewerteter Summenpegel der letzten Zeile (Ls,rechts) ergibt 23.1 dB(A).

Totaler Schalldruckpegel

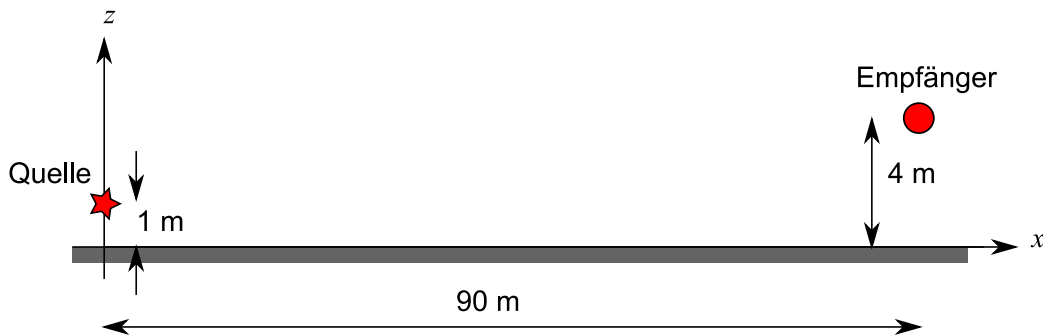
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
LT	31.5	26.7	22.6	21.1	22.7	21.3	16.7	6.8	33.3

A-bewerteter Summenpegel der letzten Zeile (LT) ergibt 27.2 dB(A).

Aufgabe 14: Ungehinderte Schallausbreitung über flachem, homogenem und hartem Boden mit Berücksichtigung der Meteokorrektur Cmet

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit homogenem hartem Boden (ground factor $G = 0$)
- als Quelle wird eine omnidirektional strahlende Punktquelle 1.0 m über Boden ($x = 0.0 \text{ m}$, $z = 1.0 \text{ m}$) mit einem unbewerteten Schalleistungsoktavbandpegelspektrum $L_W = (80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0)$ angenommen
- der Immissionspunkt liegt in 90 m Abstand 4 m über Boden ($x = 90.0 \text{ m}$, $z = 4.0 \text{ m}$)
- die Lufttemperatur und relative Luftfeuchte betragen 10° und 70%
- für die Bestimmung des Langzeitmittelwerts $L_{A, \text{longterm}}$ wird $C_0 = 3 \text{ dB}$ angenommen



	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
LW	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
Dc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Adiv	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
Aatm	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.9	3.0	10.5
Agr	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0
Abar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Amisc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LT	32.9	32.9	32.8	32.7	32.6	32.0	30.0	22.4
A-Bew.	-26.2	-16.1	-8.6	-3.2	0.0	1.2	1.0	-1.1
LT(A)	6.7	16.8	24.2	29.5	32.6	33.2	31	21.3

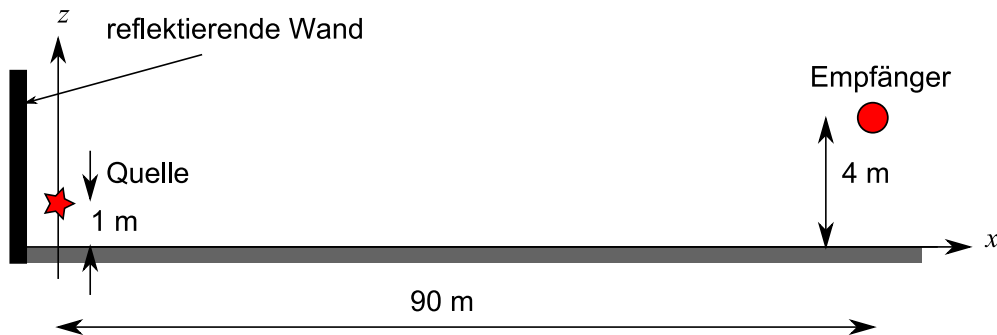
Bemerkung: Die energetische Summe der letzten Zeile ergibt als A-bewerteten Summenpegel $L(A) = 38.1 \text{ dB(A)}$.

	A
LA(downwind)	38.1
Cmet	1.3
LA(longterm)	36.8

Aufgabe 15: Ungehinderte Schallausbreitung über flachem, homogenem und hartem Boden für eine Quelle mit quellennahem Reflektor

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit homogenem hartem Boden (ground factor $G = 0$)
- als Quelle wird eine omnidirektional strahlende Punktquelle 1.0 m über Boden ($x = 0.0$ m, $z = 1.0$ m) 0.5 m vor einer harten Wand mit einem unbewerteten Schalleistungsoktavbandpegelspektrum $L_W = (80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0, 80.0)$ angenommen
- der Immissionspunkt liegt in 90 m Abstand 4 m über Boden ($x = 90.0$ m, $z = 4.0$ m)
- die Lufttemperatur und relative Luftfeuchte betragen 10° und 70%



	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
LW	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
Dc	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Adiv	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
Aatm	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.9	3.0	10.5
Agr	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0
Abar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Amisc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LT	35.9	35.9	35.8	35.7	35.6	35.0	33.0	25.4

A-bewerteter Summenpegel der letzten Zeile (LT) ergibt 41.1 dB(A).

Bemerkung: Die Wirkung der reflektierenden Wand wurde hier als Einschränkung der Abstrahlung auf den halben Raumwinkel durch einsetzen von $D_c = 3.0$ berücksichtigt.