

Testaufgaben für die Überprüfung von Rechenprogrammen nach den Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen

TEST-20

Version 2.1

5. März 2021

Überarbeitete Version vom 16. September 2021

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Zweck	5
2 Begriffe.....	5
Referenzeinstellung	5
Prüfeinstellung	5
Referenzergebnis.....	5
Prüfergebnis.....	5
3 Testaufgaben	5
Allgemeines	5
Schallemission	7
Aufgabe E1: Berechnung des Grundwertes	7
Aufgabe E2: Korrektur für Straßendeckschicht	8
Aufgabe E3: Korrektur für Längsneigung	9
Aufgabe E4: Knotenpunktkorrektur	9
Aufgabe E5: Mehrfachreflexionszuschlag	10
Aufgabe E6: Schalleistungspegel eines Fahrzeugs.....	10
Aufgabe E7: Längenbezogener Schalleistungspegel	11
Schallimmission	12
Aufgabe I1: Straße mit freier Schallausbreitung	13
Aufgabe I2: Straße mit einer Lärmschutzwand parallel zur Quelllinie	14
Aufgabe I3: Straße mit einer langen, parallelen Reflexionsfläche.....	15
Aufgabe I4: Straße mit langer, paralleler Abschirmung und Reflexionsfläche.....	16
Aufgabe I5: Straße mit zwei Lärmschutzwänden parallel zur Quelllinie	17
Aufgabe I6: Straße in Tieflage.....	18
Aufgabe I7: Straße in Hochlage	19
Aufgabe I8: Ansteigende Straße	20
Aufgabe I9: Wegführende Straße	21
Aufgabe K1: Lichtzeichengeregelte Kreuzung zweier Straßen	22
Aufgabe K2: Hausfronten parallel zur Straße	23
Aufgabe K3: Zwei parallele Häuser senkrecht zur Straße	24
Aufgabe K4: Hinterhof an einer Straße.....	25
Aufgabe K5: Reflexionsbedingungen	26
4 Literaturverzeichnis	27

1 Zweck

Die vorliegenden Testaufgaben dienen der Beurteilung der Nachbildung der RLS-19 [1] durch ein Programm und wurden entsprechend DIN 45687 [2] erstellt.

Dieses Dokument ist der Anhang der E DIN/TR 8999-1 [3].

2 Begriffe

Referenzeinstellung

Satz von Festlegungen für Berechnungsparameter mit denen qualitätsgesicherte Ergebnisse erzielt werden.

Anmerkung: Die Definition der Referenzeinstellung folgt dabei den in DIN ISO 17534-1 [4] getroffenen Festlegungen.

Prüfeinstellung

Satz von Festlegungen für Berechnungsparameter mit denen Ergebnisse unter speziellen Prüfbedingungen erzielt werden.

Anmerkung: Bezeichnet in diesem Dokument einen Satz von Festlegungen für Berechnungsparameter, der sich von der Referenzeinstellung einzig dadurch unterscheidet, dass die Aufteilung ausgedehnter Quellen in Teilquellen sehr feinteilig erfolgt.

Referenzergebnis

bezeichnet in diesem Dokument das für die jeweilige Testaufgabe in Referenzeinstellung ermittelte und als Toleranzbereich mit einer Nachkommastelle angegebene Rechenergebnis.

Prüfergebnis

bezeichnet in diesem Dokument das für die jeweilige Testaufgabe in Prüfeinstellung ermittelte und mit zwei Nachkommastellen angegebene Rechenergebnis.

3 Testaufgaben

Allgemeines

Die RLS-19 folgen bei der Schallausbreitung im Wesentlichen der DIN ISO 9613-2 [5]. Dabei werden die geometrische Ausbreitung A_{div} nach Gleichung (7), die Luftabsorption A_{atm} nach Gleichung (8), mit einem Luftdämpfungskoeffizienten α bei einer Temperatur von 20 °C und einer relativen Feuchte von 70 % bei einer Referenzfrequenz von 1 kHz mit einem Wert von 5 dB/km, das alternative Verfahren zur Berechnung A-bewerteter Schalldruckpegel für den Bodeneffekt A_{gr} Gleichung (10), das Richtwirkungsmaß D_{Ω} nach Gleichung (11), pauschal mit einem Wert von 3 dB, sowie die Abschirmung A_{bar} mit dem Abschirmmaß D_z für Einfachbeugung nach Gleichung (14), mit den Konstanten $C_2 = 20$ und $C_3 = 20$ und einer Referenzwellenlänge von $\lambda = 0,5$ m (das entspricht einer Frequenz von 686 Hz bei einer Schallgeschwindigkeit von 343 m/s) berechnet. Die

Berechnung der mittleren Höhe h_m ist in den RLS-19 gegenüber der DIN ISO 9613-2 leicht geändert.

Eine Testaufgabe zur Schallemission gilt als richtig gelöst, wenn das erzielte Rechenergebnis gerundet auf zwei Nachkommastellen um nicht mehr als 1/100 dB vom Prüfergebnis abweicht.

ANMERKUNG: Die Unterscheidung zwischen Referenzeinstellung und Prüfeinstellung ist bei den Testaufgaben zur Schallemission nicht relevant.

Der Nachweis der Richtigkeit des Rechenergebnisses erfolgt bei den Testaufgaben zur Schallimmission durch den Vergleich mit dem Toleranzbereich des Referenzergebnisses bzw. dem Prüfergebnis. Die Prüfergebnisse der Testaufgaben sind mit einer Genauigkeit von zwei Dezimalstellen gerundet¹ angegeben. Die Grenzen des Toleranzbereiches des Referenzergebnisses sind mit einer Genauigkeit von einer Dezimalstelle gerundet angegeben.

Eine Testaufgabe zur Schallimmission gilt als richtig gelöst, wenn das erzielte Rechenergebnis

- in Prüfeinstellung gerundet auf zwei Nachkommastellen um nicht mehr als 1/100 dB von dem angegebenen Prüfergebnis abweicht und
- in Referenzeinstellung gerundet auf eine Nachkommastelle im Toleranzbereich des Referenzergebnisses liegt.

In den Testaufgaben sind nur die Zahlenwerte der Größen angegeben und die Einheiten teilweise weggelassen.

¹ Wissenschaftliche Rundung („Round to Even“) nach IEEE 754

Schallemission

Die Aufgaben zur Schallemission richten sich nach den Berechnungsschritten der RLS-19 und werden hier jeweils für einen Fahrstreifen angegeben. Zunächst wird der Grundwert nach Gleichung (6) in Verbindung mit Tabelle 3 für die Fahrzeuggruppen Pkw, Lkw1, Lkw2 und Krad abhängig von der Geschwindigkeit ermittelt. Dann werden die Korrekturen für Straßendeckschichttypen nach Tabelle 4a und 4b bestimmt. Als nächstes werden die Längsneigungskorrektur nach Gleichung (7a) bis (7c), die Knotenpunktkorrektur nach Gleichung (8) und Tabelle 5, sowie der Mehrfachreflexionszuschlag nach Gleichung (9) bestimmt. Zum Schluss werden mit den Korrekturen die Schalleistungspegel der Fahrzeugarten nach Gleichung (5) und daraus schließlich der längenbezogene Schalleistungspegel nach Gleichung (4) für vier Szenarien berechnet.

Für Parkplätze nach Abschnitt 3.4 der RLS-19 gibt es keine Testaufgabe. Bei der Berechnung der Schallemission von Parkplätzen ist in der Regel neben dem flächenbezogenen Schalleistungspegel der Parkflächen auch der linienbezogene Schalleistungspegel der Fahrgassen des Parkplatzes zu berücksichtigen (siehe Vorbemerkungen zum Rechenbaispiel „Parkplatzanlage“ in den RBLärm-92 [6]).

Aufgabe E1: Berechnung des Grundwertes

In Tabelle 1 sind für die drei Fahrzeuggruppen FzG in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der jeweiligen Fahrzeugart v_{FzG} Grundwerte L_{W0} und längenbezogener Schalleistungspegel $L_{W'}$ (für ein Fahrzeug pro Stunde) angegeben.

Tabelle 1: Berechnung des Grundwertes

FzG	v_{FzG}	L_{W0}	$L_{W'}$
-	km/h	dB(A)	dB(A)
Pkw	20	94,49	49,72
	30	94,49	49,72
	50	100,43	53,44
	100	109,42	59,42
	130	112,89	61,75
	o. G. ¹⁾	112,89	61,75
Lkw1	20	101,40	56,63
	30	101,40	56,63
	50	105,90	58,91
	80	113,55	64,51
	90	115,68	66,13
	o. G. ¹⁾	115,68	66,13
Lkw2	20	105,74	60,97
	30	105,74	60,97
	50	108,41	61,42
	80	115,78	66,75
	90	118,10	68,55
	o. G. ¹⁾	118,10	68,55
Krad	20	105,74	60,97
	30	105,74	60,97
	50	108,41	61,42
	100	120,24	70,24
	130	125,69	74,55
	o. G. ¹⁾	125,69	74,55

1) ohne Geschwindigkeitsbegrenzung

Aufgabe E2: Korrektur für Straßendeckschicht

In Tabelle 2 sind die Korrekturwerte D_{SD} für Straßendeckschichten außer Pflaster unterschiedlichen Typs (SDT) für die Fahrzeuggruppen (FzG) Pkw und Lkw (Lkw1 und Lkw2) in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit v_{FzG} angegeben.

Tabelle 2: Korrektur für Straßendeckschichten - außer Pflaster

SDT	FzG	v_{FzG}	D_{SD}	v_{FzG}	D_{SD}
-	-	km/h	dB	km/h	dB
Nicht geriffelter Gussasphalt	Pkw	50	0,00	120	0,00
	Lkw	50	0,00	80	0,00
Splittmastixasphalte SMA 5 und SMA 8 nach ZTV Asphalt-StB 07/13 und Abstumpfung mit Abstreumaterial der Lieferkörnung 1/3	Pkw	50	-2,60	120	n. v. ¹⁾
	Lkw	50	-1,80	80	n. v. ¹⁾
Splittmastixasphalte SMA 8 und SMA 11 nach ZTV Asphalt-StB 07/13 und Abstumpfung mit Abstreumaterial der Lieferkörnung 1/3	Pkw	50	n. v. ¹⁾	120	-1,80
	Lkw	50	n. v. ¹⁾	80	-2,00
Asphaltbetone \leq AC 11 nach ZTV Asphalt-StB 07/13 und Abstumpfung mit Abstreumaterial der Lieferkörnung 1/3	Pkw	50	-2,70	120	-1,90
	Lkw	50	-1,90	80	-2,10
Offenporiger Asphalt OPA 11 nach ZTV Asphalt-StB 07/13	Pkw	50	n. v. ¹⁾	120	-4,50
	Lkw	50	n. v. ¹⁾	80	-4,40
Offenporiger Asphalt OPA 8 nach ZTV Asphalt-StB 07/13	Pkw	50	n. v. ¹⁾	120	-5,50
	Lkw	50	n. v. ¹⁾	80	-5,40
Betone nach ZTV Beton-StB 07 mit Waschbetonoberfläche	Pkw	50	n. v. ¹⁾	120	-1,40
	Lkw	50	n. v. ¹⁾	80	-2,30
Lärmarmer Gussasphalt nach ZTV Asphalt-StB 07, Verfahren B	Pkw	50	n. v. ¹⁾	120	-2,00
	Lkw	50	n. v. ¹⁾	80	-1,50
Lärmtechnisch Optimierter Asphalt aus AC D LOA nach E LA D	Pkw	50	-3,20	120	n. v. ¹⁾
	Lkw	50	-1,00	80	n. v. ¹⁾
Lärmtechnisch Optimierter Asphalt aus SMA LA 8 nach E LA D	Pkw	50	n. v. ¹⁾	120	-2,80
	Lkw	50	n. v. ¹⁾	80	-4,60
Dünne Asphaltdeckschichten in Heißbauweise auf Versiegelung aus DSH-V 5 nach ZTV BEA StB 07/13	Pkw	50	-3,90	120	-2,80
	Lkw	50	-0,90	80	-2,30

1) nicht vorgesehene Kombination von Deckschichttyp und Geschwindigkeit (In den RLS-19 nicht ist für diese Kombination kein DSD-Wert vorgegeben. Der Eingabeversuch durch den Anwender sollte hier einen entsprechenden Warnhinweis ergeben.)

In Tabelle 3 sind die Korrekturwerte D_{SD} für Straßendeckschichten für Pflaster unterschiedlichen Typs (SDT) in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit v_{FzG} angeben.

Tabelle 3: Korrektur für Straßendeckschichten – nur Pflaster

SDT	v_{FzG}	D_{SD}	v_{FzG}	D_{SD}	v_{FzG}	D_{SD}	v_{FzG}	D_{SD}
-	km/h	dB	km/h	dB	km/h	dB	km/h	dB
Pflaster mit ebener Oberfläche	30	1,00	40	2,00	50	3,00	60	3,00
sonstige Pflaster	30	5,00	40	6,00	50	7,00	60	7,00

Aufgabe E3: Korrektur für Längsneigung

In Tabelle 4 sind die Korrekturwerte D_{LN} für Längsneigungen g für die Fahrzeuggruppen Pkw, Lkw1, Lkw2 und Krad in Abhängigkeit von der maßgebenden Geschwindigkeit v_{FzG} angeben.

Tabelle 4: Korrektur für Längsneigung

g	FzG	v_{FzG}	D_{LN}
%	-	km/h	dB
-15	Pkw	50	2,00
		o. G. ¹⁾	1,00
-11	Pkw	50	1,67
		130	0,83
	Lkw1	50	2,62 ²⁾
		90	6,12
	Lkw2	50	4,38
		90	7,88
-2	Pkw	30	0,00
		100	0,00
	Lkw1	30	0,00
		90	0,00
	Lkw2	30	0,00
		90	0,00

g	FzG	v_{FzG}	D_{LN}
%	-	km/h	dB
10	Pkw	50	0,96
		130	1,60
	Lkw1	50	4,00
		90	7,20
Lkw2	50	4,80	
	90	8,00	
Krad	50	4,80	
	100	8,80	
15	Krad	50	6,00
		o. G. ¹⁾	14,00

1) ohne Geschwindigkeitsbegrenzung

2) Hinweis: Der exakte Wert ist $21/8 = 2,625$. Wissenschaftlich wird dieser auf 2,62 abgerundet.

Aufgabe E4: Knotenpunktkorrektur

In Tabelle 5 sind die Korrekturwerte D_K für Entfernungen x für Knotenpunkttypen KT angegeben.

Tabelle 5: Knotenpunktkorrektur

KT	x	D_K
-	m	dB
Lichtzeichengeregelter Knotenpunkt	0	3,00
	50	1,75
	200	0,00
Kreisverkehr	0	2,00
	50	1,17
	200	0,00
Sonstiger Knotenpunkt	0	0,00
	50	0,00
	200	0,00

Aufgabe E5: Mehrfachreflexionszuschlag

In

Tabelle 6 sind die Mehrfachreflexionszuschläge D_{refl} für Höhen der Bebauung h_{Beb} und Abstände der reflektierten Flächen voneinander w angegeben.

Tabelle 6: Mehrfachreflexionszuschlag

h_{Beb}	w	D_{refl}	h_{Beb}	w	D_{refl}
m	m	dB	m	m	dB
1	6	0,33	10	6	1,60
	14	0,14		14	1,43
	55	0,04		55	0,36
	200	0,00		200	0,00
5	6	1,60	20	6	1,60
	14	0,71		14	1,60
	55	0,18		55	0,73
	200	0,00		200	0,00

Aufgabe E6: Schalleistungspegel eines Fahrzeugs

In Tabelle 7 ist der Schalleistungspegel eines Fahrzeugs L_w für vier Szenarien (innerorts 1 und innerorts 2 sowie außerorts 1 und außerorts 2) angegeben.

Tabelle 7: Schalleistungspegel eines Fahrzeugs

Szenario	FzG	v_{FzG}	SDT	g	KT	x	w	h_{Beb}	L_w
-	-	km/h	-	%	-	m	m	m	dB(A)
innerorts 1 innerorts Tempo-30-Zone	Pkw	30	AC ¹⁾	-2	SK ⁶⁾	200	55	1	91,83
	Lkw1	30							99,53
	Lkw2	30							103,88
innerorts 2 innerorts ohne Geschwindigkeitsbegrenzung	Pkw	50	sonst ²⁾	10	LZG ⁷⁾	50	6	10	111,74
	Lkw1	50							120,25
	Lkw2	50							123,56
außerorts 1 Landstraße außerhalb ge- schlossener Ortschaft	Pkw	100	OPA8 ³⁾	-2	SK ⁶⁾	200	200	0	103,92
	Lkw1	80							108,15
	Lkw2	80							110,38
	Krad	100							120,24
außerorts 2 Bundesautobahn ohne Geschwindigkeitsbegrenzung	Pkw	130	Ref ⁴⁾	10	---	---	55	10	114,85
	Lkw1	90							123,24
	Lkw2	90							126,46

- 1) Asphaltbetone \leq AC 11 nach ZTV Asphalt-StB 07/13 und Abstumpfung mit Abstreumaterial der Lieferkörnung 1/3
- 2) sonstige Pflaster
- 3) Offenporiger Asphalt OPA 8 nach ZTV Asphalt-StB 07/13
- 4) Referenzdeckschichttyp: Nicht geriffelter Gussasphalt
- 5) Splittmastixasphalte SMA 8 und SMA 11 nach ZTV Asphalt-StB 07/13 und Abstumpfung mit Abstreumaterial der Lieferkörnung 1/3

- 6) sonstiger Knotenpunkt
- 7) Lichtzeichengeregelter Knotenpunkt

Die Zwischenergebnisse lassen sich den Ergebnissen der Aufgaben E1 bis E5 entnehmen.

Aufgabe E7: Längenbezogener Schalleistungspegel

In Tabelle 8 ist der längenbezogene Schalleistungspegel $L_{W'}$ für die vier Szenarien aus Aufgabe E6 angegeben.

Tabelle 8: Längenbezogener Schalleistungspegel

<i>Szenario</i>	<i>M</i>	<i>p</i> ₁	<i>p</i> ₂	<i>p</i> _M ¹⁾	<i>L</i> _{W'}
-	Kfz/h	%	%	%	dB(A)
innerorts 1 innerorts Tempo-30-Zone	200	0	0	0	70,07
innerorts 2 innerorts ohne Geschwindigkeitsbegrenzung	200	3	4	0	90,19
außerorts 1 Landstraße außerhalb ge- schlossener Ortschaft	1000	3	11	10	91,52
außerorts 2 Bundesautobahn ohne Geschwindigkeitsbegrenzung	10000	10	25	0	112,09

- 1) Anteil der Motorräder am Verkehrsstrom (Dieser Parameter taucht in den Gleichungen der RLS-19 nicht auf.)

Schallimmission

Auch die Aufgaben zur Schallimmission richten sich nach den Berechnungsschritten der RLS-19. Alle Quelllinien haben in den Testaufgaben einen längenbezogenen Schalleistungspegel von 90,00 dB. Das entspricht einem Emissionspegel nach den RLS-90 [7] von 70,82 dB, also einen um 0,82 dB gegenüber den Aufgaben der TEST-94 [8] erhöhten Pegel. Das Ergebnis einer Testaufgabe ist jeweils der Beurteilungspegel nach RLS-19, Gleichung (2), für einen oder zwei Immissionsorte.

Die Aufgaben I1 bis I9 beinhalten jeweils eine einfache Ausbreitungsgeometrie, während die Aufgaben K1 bis K5 eine jeweils komplexe Ausbreitungsgeometrie behandeln. In den Aufgaben K1 bis K5 werden Situationen mit mehr als einer Reflexion und/oder Mehrfachreflexion behandelt. Insgesamt werden damit alle Gleichungen zur Schallausbreitung, Gleichungen (11) bis (17), der Reflexionsverlust für die erste und zweite Spiegelquelle nach Tabelle 8 sowie die Mehrfachreflexion nach Gleichung (9), berücksichtigt.

Entfernungen und Koordinaten sind in Meter (m) angegeben, Pegel in dB. Topografische Punkte sind hier immer in einem kartesischen Koordinatensystem (X, Y, Z) angegeben.

Längen, Entfernungen, Höhen, der Schallumweg z und die Witterungskorrektur K_W sind mit drei, alle anderen Eingangswerte und Zwischenergebnisse mit zwei Nachkommastellen angegeben.

Für jede Aufgabe sind links oben die geometrischen Eingabedaten für die Aufgabe angegeben. Rechts oben ist eine orthographische Parallelprojektion der Ausbreitungssituation dargestellt. Darin bezeichnen „I“ Immissionspunkt(e) in Magenta, „E“ den Emissionsort als 2 m langes Teilstück in Rot, „Q“ die Quelllinie in Blau und ggfls. „Sch“ den Lärmschirm in Schwarz sowie „A“ und „B“ Gebäude in Gelb. Das Gelände ist in Grün dargestellt. Rechts unten sind die Rechenergebnisse für den oder die Fahrstreifen angegeben. Links unten sind für die Aufgaben I1 bis I7 die Rechenergebnisse für das Teilstück mit Zwischenergebnissen dargestellt.

Hinweis: Die Berechnung der hier dokumentierten Ergebnisse (in Prüfeinstellung) erfolgte mit ca. 2 Meter langen Teilstücken, in deren Mittelpunkt jeweils eine Punktschallquelle gesetzt wurde. Diese Einteilung der Fahrstreifen ist so fein, dass eine Unterteilung in noch kleinere Teilstücke keinen wesentlichen Einfluss mehr auf das Ergebnis hat. Das Verhältnis der Entfernung zwischen Teilstückmitte und Immissionsort zur Teilstücklänge ist dabei stets größer als 20. Die hier beschriebene Einteilung der Fahrstreifen in Punktschallquellen ist keine Vorgabe, sondern dient ausschließlich der Transparenz dieser Testaufgaben.

Aufgabe I2: Straße mit einer Lärmschutzwand parallel zur Quelllinie

Geometrische Eingabedaten		Beurteilungspegel Fahrstreifen	
Geländehöhe Z	100	Immissionsort	IO
Anfang Teilstück	(99 50 100)	Prüfergebnis	<u>55,39</u>
Ende Teilstück	(101 50 100)	Referenzergebnis	55,4
Anfang Fahrstreifen	(30 50 100)		
Ende Fahrstreifen	(250 50 100)		
Anfang Wandoberkante	(0 58 102,75)		
Ende Wandoberkante	(250 58 102,75)		
Immissionsort IO	(0 100 105,5)		
L_W'	90,00		
Rechenergebnisse Teilstück			
l	2,000		
s_{gr}	111,803		
s	111,915		
D_{div}	48,96		
D_{atm}	0,56		
h_m	3,000		
D_{gr}	3,74		
A	18,029		
B	93,955		
z	0,069		
K_W	0,558		
D_z	7,85		
D_A	<u>57,37</u>		
L_r	<u>35,64</u>		

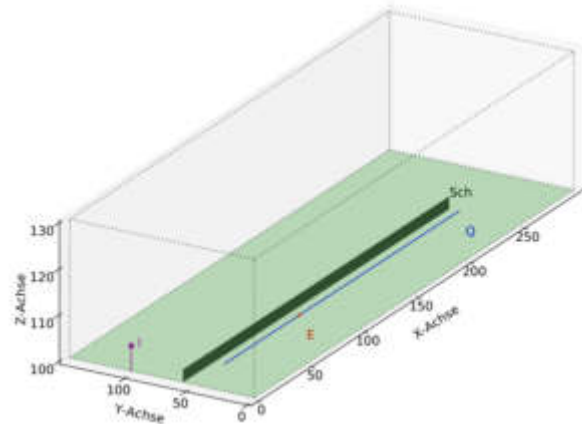


Bild 2 — Straße mit einer Lärmschutzwand parallel zur Quelllinie

Aufgabe I4: Straße mit langer, paralleler Abschirmung und Reflexionsfläche

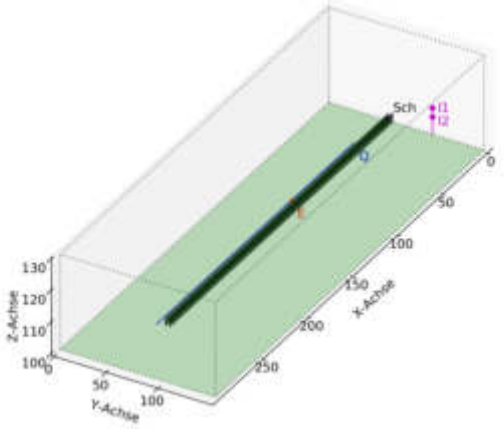
Geometrische Eingabedaten		
Geländehöhe Z		100
Anfang Teilstück	(99 50 100)	
Ende Teilstück	(101 50 100)	
Anfang Fahrstreifen	(30 50 100)	
Ende Fahrstreifen	(250 50 100)	
Anfang Wandoberkante	(0 58 102,75)	
Ende Wandoberkante	(250 58 102,75)	
Anfang 2. Wandoberkante	(0 40 110)	
Ende 2. Wandoberkante	(250 40 110)	
Immissionsort IO	(0 100 105,5)	
L_W'		90,00

Bild 4 — Straße mit langer, paralleler Abschirmung und Reflexionsfläche

Rechenergebnisse Teilstück			Beurteilungspegel Fahrstreifen	
	1. Spiegel-Schallquelle	2. Spiegel-Schallquelle	Immissionsort	IO
D_{refl}	0,31	0,31	L_R 1. Spiegel-Schallquelle	57,49
l	2,000	2,000	L_R 2. Spiegel-Schallquelle ¹⁾	57,00
s_{gr}	122,066	131,894	<u>L_R Direktschall¹⁾</u>	<u>55,70</u>
s	122,168	131,989	Prüfergebnis	<u>61,56</u>
D_{div}	49,72	50,39	Referenzergebnis	61,4 - 61,6
D_{atm}	0,61	0,66		
h_m	3,000	3,000		
D_{gr}	3,84	3,92		
A	48,878			
B	73,291			
z	0,001			
K_W	0,001			
D_z	4,77			
D_A	55,10	54,58		
D_{RV1}	0,50	0,50		
<u>D_{RV2}</u>		<u>0,50</u>		
L_R	37,71	37,34		
<u>L_R Direktschall¹⁾</u>		<u>35,94</u>		
Zusammen L_R		<u><u>41,83</u></u>		

¹⁾ Immissionsort der Aufgabe I2 + D_{refl}

Aufgabe I5: Straße mit zwei Lärmschutzwänden parallel zur Quelllinie

Geometrische Eingabedaten					
Geländehöhe Z	100				
Anfang Teilstück	(99 50 100)				
Ende Teilstück	(101 50 100)				
Anfang Fahrstreifen	(30 50 100)				
Ende Fahrstreifen	(250 50 100)				
Anfang 1. Wandoberkante	(0 58 102,75)				
Ende 1. Wandoberkante	(250 58 102,75)				
Anfang 2. Wandoberkante	(0 62 103,25)				
Ende 2. Wandoberkante	(250 62 103,25)				
Immissionsort I1	(0 100 108,3)				
Immissionsort I2	(0 100 105,5)				
L_W'	90,00				
Rechenergebnisse Teilstück		Beurteilungspegel Fahrstreifen			
Immissionsort	I1	I2	Immissionsort	IO1	IO2
l	2,000	2,000	Prüfergebnis	<u>56,98</u>	<u>55,27</u>
s_{gr}	111,803	111,803	Referenzergebnis	56,9 - 57,0	55,2 - 55,3
s	112,075	111,915			
D_{div}	48,97	48,96			
D_{atm}	0,56	0,56			
h_m	4,400	3,000			
D_{gr}	3,26	3,74			
A	18,029	18,029			
B	94,079	85,000			
C	0,000	8,958			
z	0,033	0,073			
K_W	0,428	0,566			
D_z	6,16	7,99			
D_A	<u>55,69</u>	<u>57,51</u>			
L_r	<u>37,32</u>	<u>35,50</u>			

Anmerkung: Die Lärmschutzwände sind nicht reflektierend.

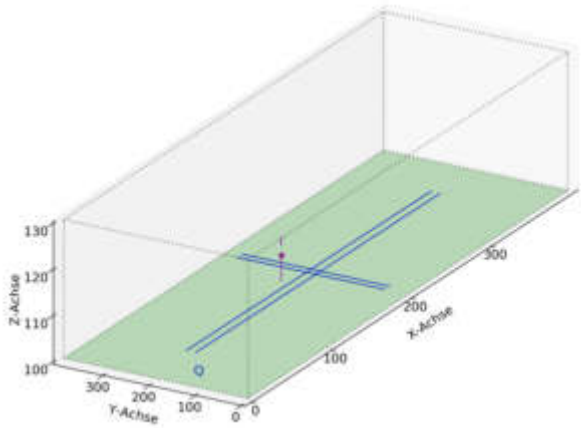
Aufgabe I6: Straße in Tieflage

Geometrische Eingabedaten			
Geländehöhe Z		105,5	
Anfang Teilstück	(99 50 100)		
Ende Teilstück	(101 50 100)		
Anfang Fahrstreifen	(30 50 100)		
Ende Fahrstreifen	(250 50 100)		
Anfang Böschungsfuß	(0 55,3 100)		
Ende Böschungsfuß	(250 55,3 100)		
Anfang Böschungskante	(0 62,8 105,5)		
Ende Böschungskante	(250 62,8 105,5)		
Immissionsort IO1	(0 100 108,3)		
Immissionsort IO2	(0 100 120,5)		
L_W'		90,00	

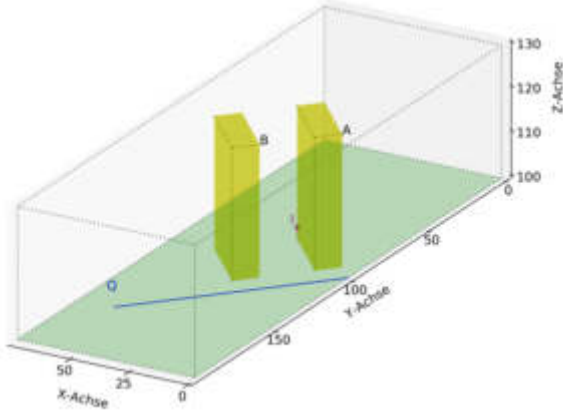
Bild 6 — Straße in Tieflage

Rechenergebnisse Teilstück			Beurteilungspegel Fahrstreifen		
Immissionsort	IO1	IO2	Immissionsort	IO1	IO2
l	2,000	2,000	Prüfergebnis	<u>52,12</u>	<u>61,47</u>
s_{gr}	111,939	111,939	Referenzergebnis	52,1	61,2 - 61,5
s	112,075	113,578			
D_{div}	48,97	49,09			
D_{atm}	0,56	0,57			
h_m	-0,104	5,988			
D_{gr}	4,84	2,73			
A	29,055				
B	83,229				
z	0,209				
K_W	0,668				
D_z	11,51				
D_A	61,04	52,38			
L_r	<u>31,97</u>	<u>40,63</u>			

Aufgabe K1: Lichtzeichengeregelte Kreuzung zweier Straßen

Geometrische Eingabedaten		
Geländehöhe Z	100	
Anfang 1. Fahrstreifen	(50 200 100)	
Ende 1. Fahrstreifen	(356 200 100)	
Anfang 2. Fahrstreifen	(50 220 100)	
Ende 2. Fahrstreifen	(356 220 100)	
Anfang 3. Fahrstreifen	(200 50 100)	
Ende 3. Fahrstreifen	(200 370 100)	
Anfang 4. Fahrstreifen	(206 50 100)	
Ende 4. Fahrstreifen	(206 370 100)	
Immissionsort IO	(180 240 105,5)	
L_W'	90,00	
		Beurteilungspegel Fahrstreifen
		<u>Immissionsort</u> IO
		L_R 1. Fahrstreifen 69,83
		L_R 2. Fahrstreifen 75,00
		L_R 3. Fahrstreifen 75,02
		L_R 4. Fahrstreifen 73,46
		Prüfergebnis <u>79,78</u>
		Referenzergebnis 79,7 - 79,8

Aufgabe K3: Zwei parallele Häuser senkrecht zur Straße

<p>Eingabedaten Gelände und Bebauung:</p> <p>Geländehöhe Z 100</p> <p>Anfang Fahrstreifen (0 100 100)</p> <p>Ende Fahrstreifen (60 160 100)</p> <p>Gebäude A, Ecke W (07,07 92,93 130)</p> <p>Gebäude A, Ecke S (28,28 71,72 130)</p> <p>Gebäude A, Ecke O (35,36 78,79 130)</p> <p>Gebäude A, Ecke N (14,14 100,00 130)</p> <p>Gebäude B, Ecke W (28,28 114,14 130)</p> <p>Gebäude B, Ecke S (49,50 92,92 130)</p> <p>Gebäude B, Ecke O (56,57 100,00 130)</p> <p>Gebäude B, Ecke N (35,36 121,21 130)</p> <p>Immissionsort IO (34,79 79,53 102,8)</p> <p>L_W' 90,00</p>	 <p>Bild 12 — Zwei parallele Häuser senkrecht zur Straße</p>												
	<p>Beurteilungspegel Fahrstreifen</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Immissionsort</td> <td>IO</td> </tr> <tr> <td>L_r Direktschall</td> <td>60,80</td> </tr> <tr> <td>L_r 1. Reflexion</td> <td>56,78</td> </tr> <tr> <td>L_r 2. Reflexion</td> <td>53,38</td> </tr> <tr> <td>Prüfergebnis</td> <td><u>62,78</u></td> </tr> <tr> <td>Referenzergebnis</td> <td>62,7 - 62,8</td> </tr> </tbody> </table>	Immissionsort	IO	L_r Direktschall	60,80	L_r 1. Reflexion	56,78	L_r 2. Reflexion	53,38	Prüfergebnis	<u>62,78</u>	Referenzergebnis	62,7 - 62,8
Immissionsort	IO												
L_r Direktschall	60,80												
L_r 1. Reflexion	56,78												
L_r 2. Reflexion	53,38												
Prüfergebnis	<u>62,78</u>												
Referenzergebnis	62,7 - 62,8												

4 Literaturverzeichnis

- [1] RLS-19 „Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen“, Ausgabe 2019, Korrekturen Stand: Februar 2020, FGSV-Verlag, Köln
- [2] DIN 45687:2006-05 „Akustik – Software-Erzeugnisse zur Berechnung der Geräuschmischung im Freien – Qualitätsanforderungen und Prüfbestimmungen“, Beuth Verlag, Berlin
- [3] DIN/TR 8999-1:2023-xx „Akustik - Regelwerkspezifische Ergänzungen zur Qualitätssicherung von Software für die Berechnung von Schall im Freien — Teil 1: RLS-19“, Beuth Verlag, Berlin
- [4] DIN ISO 17534-1:2015-05 „Acoustics - Software for the calculation of sound outdoors - Part 1: Quality requirements and quality assurance“ Akustik - Software für die Berechnung von Schall im Freien – Teil 1: Qualitätsanforderungen und Qualitätssicherung, Beuth Verlag, Berlin
- [5] DIN ISO 9613-2:1999-10 „Akustik - Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien - Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren“, Beuth Verlag, Berlin
- [6] RBLärm-92: „Rechenbeispiele zu den Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen“, Ausgabe 1992, FGSV-Verlag, Köln
- [7] RLS-90: „Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen“, Ausgabe 1990, Berichtigter Nachdruck Februar 1992, FGSV-Verlag, Köln
- [8] TEST-94: „Testaufgaben für die Überprüfung von Rechenprogrammen nach den Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen“, Ausgabe 1994, FGSV-Verlag, Köln