



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

Strassenverkehrslärm

Konformitätserklärung und Testaufgaben für das Modell StL-86

Version 1.0 - August 2003

Impressum

©2003, Schweizerische Gesellschaft für Akustik SGA

Ausgabe August 2003

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, Grünenmatt (Moderation)

Wolfram Berger, Gruner AG, Basel

Kurt Heutschi, Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA, Dübendorf

Jean Daniel Liengme, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern

Markus Strobel, Planteam GHS, Sempach-Station

Martin Suter, EMIcon GmbH, Basel

Bernhard Totis, Amt für Umweltschutz der Stadt Bern, Bern

Toni Ziegler, Grolimund + Partner AG, Aarau

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
c/o Bereich Akustik SUVA
Postfach 4358
6002 Luzern
Fax 041 419 62 13
Homepage: www.sga-ssa.ch E-mail: info@sga-ssa.ch

Inhaltsverzeichnis

ZWECK	4
GRUNDLAGENDOKUMENTE	4
KONFORMITÄTSEKTLÄRUNG	5
TESTAUFGABEN FÜR DIE ÜBERPRÜFUNG VON RECHENPROGRAMMEN BASIEREND AUF DEM STRASSENVERKEHRSLÄRMMODELL STL-86+	6
Vorbemerkungen	6
Aufgabe 1: Emissionsmodell	7
Aufgabe 2: Langer gerader Fahrstreifen bei freier Schallausbreitung über Grasboden	8
Aufgabe 3: Langer gerader Fahrstreifen bei freier Schallausbreitung über hartem Boden	9
Aufgabe 4: Langer gerader Fahrstreifen mit langer paralleler Häuserfront bei freier Schallausbreitung über Grasboden	10
Aufgabe 5: Langer gerader Fahrstreifen mit langer paralleler Mauer bei freier Schallausbreitung über Grasboden	11
Aufgabe 6: Langer gerader Fahrstreifen mit langer paralleler Mauer auf Böschungskante bei freier Schallausbreitung über Grasboden	12
Aufgabe 7: Langer gerader Fahrstreifen mit langer Abschirmung durch einen Lärmschutzwall	13
Aufgabe 8: Langer gerader Fahrstreifen mit langen beidseits der Strasse verlaufenden Lärmschutzwänden	14
Aufgabe 9: Langer gerader Fahrstreifen mit langer Lärmschutzwand	15
Aufgabe 10: Langer gerader Fahrstreifen in einem Einschnitt	16
Aufgabe 11: Langer gerader Fahrstreifen mit kurzer Abschirmung durch eine Lärmschutzwand	17
Aufgabe 12: Langer gerader Fahrstreifen mit kurzer Abschirmung durch zwei Lärmschutzwände	18

Zweck

Der Zweck des vorliegenden Dokuments besteht in der Bereitstellung einer Konformitätserklärung und von Testaufgaben für das Schweizerische Strassenlärmrechnungsmodell StL-86.

Die Konformitätserklärung ermöglicht Softwareherstellern die Implementierung der geforderten Berechnungselemente zu kontrollieren und zu dokumentieren. Programmanwender können sich anhand der Konformitätserklärung ein Bild machen, welchen Leistungsumfang ein Berechnungsprogramm bietet.

Die 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.

Es ist geplant, das Dokument bei Herausgabe eines neuen Strassenlärmmodells anzupassen und neu aufzulegen.

Grundlagendokumente

- BUS 60: Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 60, Computermodell zur Berechnung von Strassenlärm, Teil 1 Bedienungsanleitung zum Computerprogramm StL-86, Bundesamt für Umweltschutz Bern, März 1987.
- Lärmschutz-Verordnung (LSV) vom 15. Dezember 1986, Stand 3. Juli 2001.
- Mitteilungen zur Lärmschutz-Verordnung Nr. 6, Strassenlärm: Korrekturen zum Strassenlärmrechnungsmodell, BUWAL, 1995.

Konformitätserklärung

	ja	eingeschränkt	nein
In der Referenzeinstellung kann im Programm der Beurteilungspegel von Strassenverkehrslärm an einem oder mehreren Immissionspunkten errechnet werden und zwar			
getrennt für Tag und Nacht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
unter Berücksichtigung von mehreren Quellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
unter Berücksichtigung der verkehrsmengenabhängigen Korrektur K1 (LSV, Anh. 3)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
In der Referenzeinstellung berechnet das Programm den Emissionswert der langen geraden Strasse			
unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit, des Lastwagenanteils und der Verkehrsmenge anhand der Quellenformel (LSV-Mit. 6, S. 1)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
unter Berücksichtigung einer Steigungskorrektur K (BUS 60, S.23)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
unter Berücksichtigung einer Belagskorrektur (BUS 60, S.36)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
In der Referenzeinstellung unterteilt das Programm die Quellenpolygonzüge in Untersegmente			
an den Schnittpunkten mit den Vertikalebene durch den Immissionspunkt und den Hindernis- bzw. Topographiepunkten (BUS 60, S. 29)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
so, dass grosse Segmente weiter unterteilt werden, wenn sie einen Aspektwinkel von mehr als 9° aufspannen (BUS 60, S. 29)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
die Quellenhöhe wird 0.8 m über der Fahrbahn angenommen (LSV, Anh. 2)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
In der Referenzeinstellung berücksichtigt das Programm für die Berechnung der Ausbreitungsdämpfung eines jeden Quellensegmentes			
die geometrische Verdünnung und den Aspektwinkelverlust Δ_{aL} (BUS 60, S.23)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
die Luftdämpfung D_{L} (BUS 60, S.25)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
die Bodendämpfung D_{B} (BUS 60, S.25)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
die Hinderniswirkung H von Einfachhindernissen (BUS 60, S.26) mit dem distanzabhängigen Maximalwert gemäss Abb. 5 (BUS 60, S.28)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
die Hinderniswirkung von Mehrfachhindernissen durch Konstruktion eines Ersatzhindernisses mit nur einer Kante (BUS 60, S. 27)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
In der Referenzeinstellung werden im Programm die Beiträge aller Quellen und aller Teilsegmente energetisch zum Immissionspegel aufaddiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Testaufgaben für die Überprüfung von Rechenprogrammen basierend auf dem Strassenverkehrslärmmodell StL-86+

Vorbemerkungen

Die vorliegenden Testaufgaben dienen der Überprüfung der richtigen Umsetzung des Algorithmus StL-86+, unabhängig von der physikalischen Relevanz der Ergebnisse. StL-86+ entspricht StL-86 mit der generellen Erhöhung des Emissionswerts um 1 dB(A). Die Quellenhöhe ist auf 0.8 m festgelegt.

In einigen Beispielsituationen ergeben sich durch Reflexionen an vertikalen Strukturen zusätzliche Schallausbreitungspfade. Für die Testaufgaben wurden diese Einfachreflexionen in Erweiterung der ursprünglichen StL-86 Implementierung manuell mit einer Spiegelquellenüberlegung in die Rechnung einbezogen. Das Spiegelquellenkonzept basiert auf der Tatsache, dass die reflektierende Wirkung einer grossen, akustisch harten Fläche durch Einführen einer sogenannten Spiegelquelle, entstanden durch Spiegelung der Originalquelle an der reflektierenden Fläche, ersetzt werden kann.

Bei der Spezifikation der Verkehrsmengen wird nebst der Anzahl Fahrzeuge der akustisch wirksame Schwerverkehrsanteil gemäss Definition in der LSV angegeben.

Bei den Ergebnissen der Immissionspegelberechnungen werden auch Zwischenresultate ausgewiesen. Auf Grund von Rundungsfehlern ist es möglich, dass die Berechnung des Immissionspegels aus den Teilergebnissen nicht exakt mit dem angegebenen Immissionspegel übereinstimmt.

Als Folge der Freiheiten bei der Umsetzung der Rechenvorschrift (insbesondere bei der Segmentierung der Strassenabschnitte) können bei unterschiedlichen Implementierungen geringfügige Abweichungen auftreten.

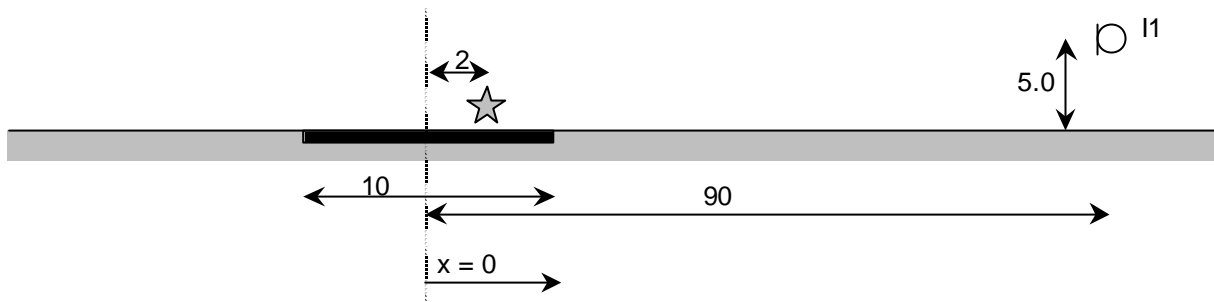
Aufgabe 1: Emissionsmodell

M	SVA	v	Steigung	Belag	LG	LM	Li	LB	K1	Lr,e
[Fz/h]	[%]	[km/h]	[%]		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]
Verkehrsmenge > 100										
3'000	10.0	60	0	Asphalt	50.8	34.8	0.0	0.0	0.0	85.55
1'000	10.0	60	0	Asphalt	50.8	30.0	0.0	0.0	0.0	80.78
500	10.0	60	0	Asphalt	50.8	27.0	0.0	0.0	0.0	77.77
200	10.0	60	0	Asphalt	50.8	23.0	0.0	0.0	0.0	73.79
101	10.0	60	0	Asphalt	50.8	20.0	0.0	0.0	0.0	70.83
Verkehrsmenge <= 100										
100	10.0	60	0	Asphalt	50.8	20.0	0.0	0.0	0.0	70.78
50	10.0	60	0	Asphalt	50.8	17.0	0.0	0.0	-3.0	64.76
31.6	10.0	60	0	Asphalt	50.8	15.0	0.0	0.0	-5.0	60.78
10	10.0	60	0	Asphalt	50.8	10.0	0.0	0.0	-5.0	55.78
5	10.0	60	0	Asphalt	50.8	7.0	0.0	0.0	-5.0	52.77
Verkehrsmengenzusammensetzung										
500	20.0	60	0	Asphalt	52.7	27.0	0.0	0.0	0.0	79.66
500	15.0	60	0	Asphalt	51.8	27.0	0.0	0.0	0.0	78.82
500	10.0	60	0	Asphalt	50.8	27.0	0.0	0.0	0.0	77.77
500	5.0	60	0	Asphalt	49.4	27.0	0.0	0.0	0.0	76.39
500	0.0	60	0	Asphalt	47.4	27.0	0.0	0.0	0.0	74.35
Geschwindigkeit										
500	10.0	120	0	Asphalt	56.2	27.0	0.0	0.0	0.0	83.16
500	10.0	100	0	Asphalt	54.8	27.0	0.0	0.0	0.0	81.75
500	10.0	80	0	Asphalt	52.9	27.0	0.0	0.0	0.0	79.93
500	10.0	60	0	Asphalt	50.8	27.0	0.0	0.0	0.0	77.77
500	10.0	50	0	Asphalt	49.7	27.0	0.0	0.0	0.0	76.68
500	10.0	40	0	Asphalt	48.7	27.0	0.0	0.0	0.0	75.71
Steigung										
500	10.0	60	0	Asphalt	50.8	27.0	0.0	0.0	0.0	77.77
500	10.0	60	3	Asphalt	50.8	27.0	0.0	0.0	0.0	77.77
500	10.0	60	5	Asphalt	50.8	27.0	1.0	0.0	0.0	78.77
500	10.0	60	8	Asphalt	50.8	27.0	2.5	0.0	0.0	80.27
500	10.0	60	10	Asphalt	50.8	27.0	3.5	0.0	0.0	81.27
Belag										
500	10.0	60	0	Asphalt	50.8	27.0	0.0	0.0	0.0	77.77
500	10.0	60	0	SMA	50.8	27.0	0.0	-1.0	0.0	76.77
500	10.0	60	0	Beton	50.8	27.0	0.0	2.0	0.0	79.77
500	10.0	60	0	Pflaster	50.8	27.0	0.0	6.0	0.0	83.77
500	10.0	60	0	Drain	50.8	27.0	0.0	-3.0	0.0	74.77

Aufgabe 2: Langer gerader Fahrstreifen bei freier Schallausbreitung über Grasboden

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit Grasboden (Strömungswiderstand = 300 Rayl)
- 2 spurige, 10 m breite Strasse (Achse bei $x = 0$), die sich von $y = -500$ m bis $y = +500$ m erstreckt, mit hartem, akustisch neutralem Belag (Strömungswiderstand = 20'000 Rayl)
- als Quelle wird die Fahrspur bei $x = 2.0$ m bei einem Verkehr von 1000 Fz/h, 10% akustisch wirksamem Schwerverkehrsanteil und einer Geschwindigkeit von 60 km/h angenommen
- der Immissionspunkt I1 liegt 5.0 m über Boden bei $x = 90.0$ m, $y = 0.0$.



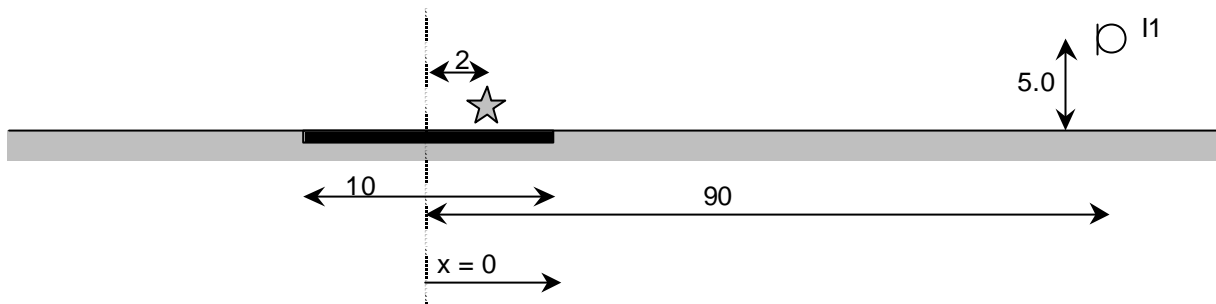
	Immissionspunkt I1
Ergebnisse nach StL-86+	
Emissionspegel L_E [dB(A)]	80.78
Kürzester Abstand Quelle – Immissionspunkt s [m]	88.10
Abstandsdämpfung im kürzesten Abstand [dB(A)]	19.45
Luftdämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_L [dB(A)]	0.44
Mittlere Ausbreitungshöhe über Grund im kürzesten Abstand h [m]	2.90
Bodendämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_B [dB(A)]	1.31
Umweg bzgl. Direktverbindung im kürzesten Abstand w [m]	
Hinderniswirkung im kürzesten Abstand H [dB(A)]	
Totaler Aspektwinkel [°]	160
Immissionspegel L_I [dB(A)]	58.3

Bemerkung: Da StL-86 die Bodenbeschaffenheit ignoriert, ergeben Aufgabe 2 und 3 die gleichen Ergebnisse.

Aufgabe 3: Langer gerader Fahrstreifen bei freier Schallausbreitung über hartem Boden

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit hartem Boden (Strömungswiderstand = 20'000 Rayl)
- 2 spurige, 10 m breite Strasse (Achse bei $x = 0$), die sich von $y = -500$ m bis $y = +500$ m erstreckt, mit hartem, akustisch neutralem Belag (Strömungswiderstand = 20'000 Rayl)
- als Quelle wird die Fahrspur bei $x = 2.0$ m bei einem Verkehr von 1000 Fz/h, 10% akustisch wirksamem Schwerverkehrsanteil und einer Geschwindigkeit von 60 km/h angenommen
- der Immissionspunkt I1 liegt 5.0 m über Boden bei $x = 90.0$ m, $y = 0.0$.



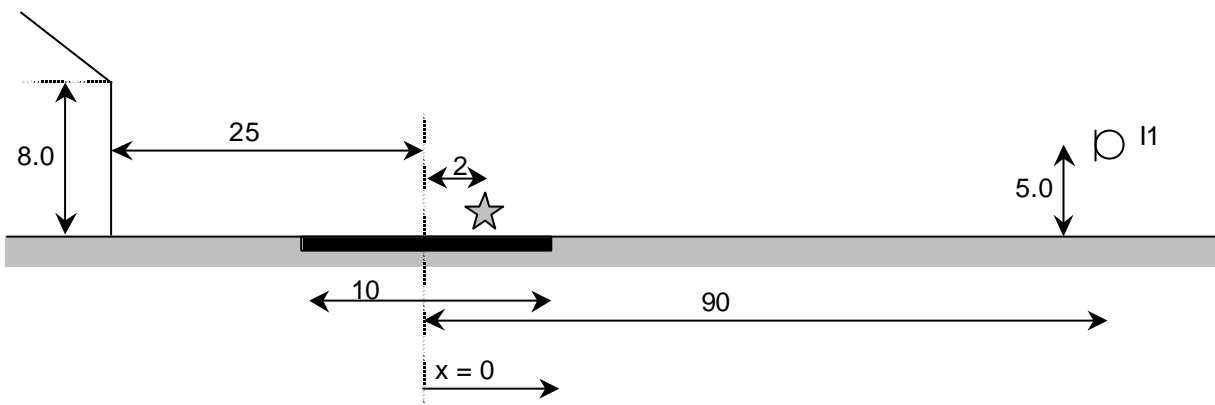
	Immissionspunkt I1
Ergebnisse nach StL-86+	
Emissionspegel L_E [dB(A)]	80.78
Kürzester Abstand Quelle – Immissionspunkt s [m]	88.10
Abstandsdämpfung im kürzesten Abstand [dB(A)]	19.45
Luftdämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_L [dB(A)]	0.44
Mittlere Ausbreitungshöhe über Grund im kürzesten Abstand h [m]	2.90
Bodendämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_B [dB(A)]	1.31
Umweg bzgl. Direktverbindung im kürzesten Abstand w [m]	
Hinderniswirkung im kürzesten Abstand H [dB(A)]	
Totaler Aspektwinkel [°]	160
Immissionspegel L_I [dB(A)]	58.3

Bemerkung: Da StL-86 die Bodenbeschaffenheit ignoriert, ergeben Aufgabe 2 und 3 die gleichen Ergebnisse.

Aufgabe 4: Langer gerader Fahrstreifen mit langer paralleler Häuserfront bei freier Schallausbreitung über Grasboden

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit Grasboden (Strömungswiderstand = 300 Rayl)
- 2 spurige, 10 m breite Strasse (Achse bei $x = 0$), die sich von $y = -500$ m bis $y = +500$ m erstreckt, mit hartem, akustisch neutralem Belag (Strömungswiderstand = 20'000 Rayl)
- als Quelle wird die Fahrspur bei $x = 2.0$ m bei einem Verkehr von 1000 Fz/h, 10% akustisch wirksamem Schwerverkehrsanteil und einer Geschwindigkeit von 60 km/h angenommen
- der Immissionspunkt I1 liegt 5.0 m über Boden bei $x = 90.0$ m, $y = 0.0$
- parallel zur Strasse verlaufende, 8.0 m hohe Hausfront bei $x = -25.0$ m (Reflexionsverlust = 1 dB(A)).

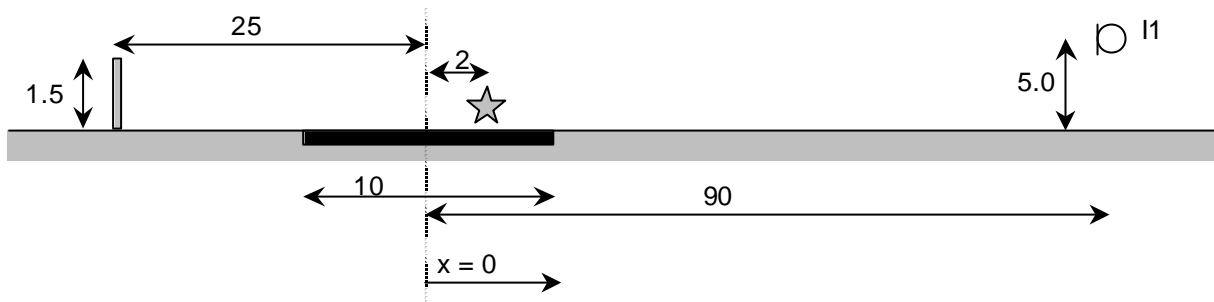


Ergebnisse nach StL-86+	Immissionspunkt I1	
	direkt	Reflexion
Emissionspegel L_E [dB(A)]	80.78	79.78
Kürzester Abstand Fahrspur – Immissionspunkt s [m]	88.10	142.06
Abstandsdämpfung im kürzesten Abstand [dB(A)]	19.45	21.52
Luftdämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_L [dB(A)]	0.44	0.71
Mittlere Ausbreitungshöhe über Grund im kürzesten Abstand h [m]	2.90	2.90
Bodendämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_B [dB(A)]	1.31	1.93
Umweg bzgl. Direktverbindung im kürzesten Abstand w [m]		
Hinderniswirkung im kürzesten Abstand H [dB(A)]		
Totaler Aspektwinkel [°]	160	148
Immissionspegel L_I [dB(A)]	58.3	53.9
Immissionspegel Direktschall und Reflexion L_{tot} [dB(A)]	59.6	

Aufgabe 5: Langer gerader Fahrstreifen mit langer paralleler Mauer bei freier Schallausbreitung über Grasboden

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit Grasboden (Strömungswiderstand = 300 Rayl)
- 2 spurige, 10 m breite Strasse (Achse bei $x = 0$), die sich von $y = -500$ m bis $y = +500$ m erstreckt, mit hartem, akustisch neutralem Belag (Strömungswiderstand = 20'000 Rayl)
- als Quelle wird die Fahrspur bei $x = 2.0$ m bei einem Verkehr von 1000 Fz/h, 10% akustisch wirksamem Schwerverkehrsanteil und einer Geschwindigkeit von 60 km/h angenommen
- der Immissionspunkt I1 liegt 5.0 m über Boden bei $x = 90.0$ m, $y = 0.0$
- parallel zur Strasse verlaufende, 1.5 m hohe Mauer bei $x = -25.0$ m (Reflexionsverlust = 1 dB(A)).



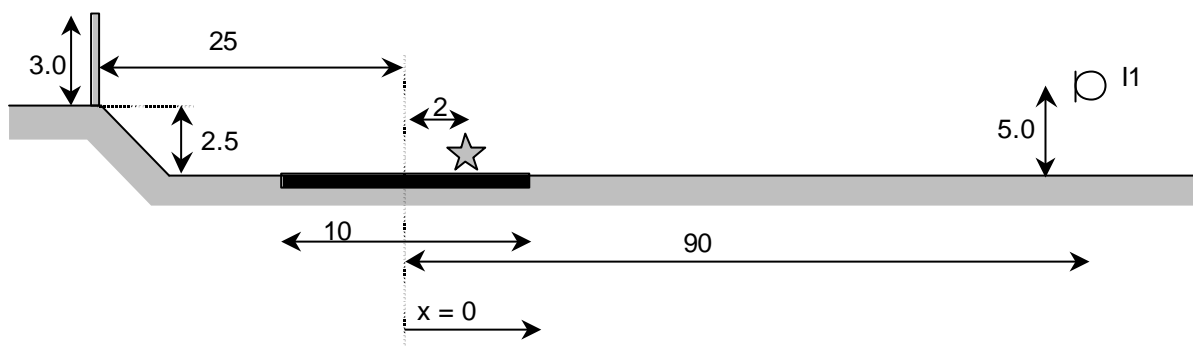
	Immissionspunkt I1
Ergebnisse nach StL-86+	
Emissionspegel L_E [dB(A)]	80.78
Kürzester Abstand Fahrspur – Immissionspunkt s [m]	88.10
Abstandsämpfung im kürzesten Abstand [dB(A)]	19.45
Luftdämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_L [dB(A)]	0.44
Mittlere Ausbreitungshöhe über Grund im kürzesten Abstand h [m]	2.90
Bodendämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_B [dB(A)]	1.31
Umweg bzgl. Direktverbindung im kürzesten Abstand w [m]	
Hinderniswirkung im kürzesten Abstand H [dB(A)]	
Totaler Aspektwinkel [°]	160
Immissionspegel L_I [dB(A)]	58.3

Bemerkung: Der Reflexionspunkt auf der parallel zur Strasse verlaufenden Mauer liegt knapp über deren Oberkante. Deshalb wird gemäss dem Spiegelquellenkonzept keine Reflexion berücksichtigt, obwohl in der Realität ein Reflexionsbeitrag zu erwarten ist.

Aufgabe 6: Langer gerader Fahrstreifen mit langer paralleler Mauer auf Böschungskante bei freier Schallausbreitung über Grasboden

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit Grasboden (Strömungswiderstand = 300 Rayl)
- 2 spurige, 10 m breite Strasse (Achse bei $x = 0$), die sich von $y = -500$ m bis $y = +500$ m erstreckt, mit hartem, akustisch neutralem Belag (Strömungswiderstand = 20'000 Rayl)
- als Quelle wird die Fahrspur bei $x = 2.0$ m bei einem Verkehr von 1000 Fz/h, 10% akustisch wirksamem Schwerverkehrsanteil und einer Geschwindigkeit von 60 km/h angenommen
- der Immissionspunkt I1 liegt 5.0 m über Boden bei $x = 90.0$ m, $y = 0.0$
- parallel zur Strasse verlaufende, 3.0 m hohe Mauer bei $x = -25.0$ m (Reflexionsverlust = 1 dB(A)), die auf einer 2.5 m hohen Böschungskante steht.



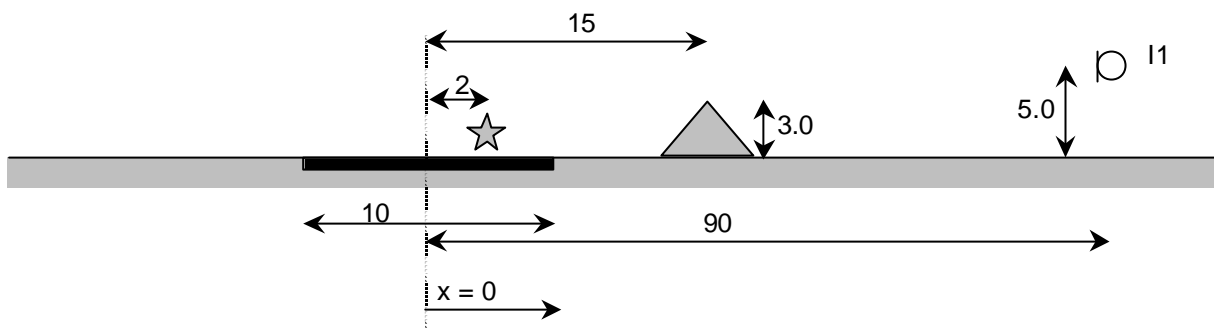
	Immissionspunkt I1
Ergebnisse nach StL-86+	
Emissionspegel L_E [dB(A)]	80.78
Kürzester Abstand Fahrspur – Immissionspunkt s [m]	88.10
Abstandsdämpfung im kürzesten Abstand [dB(A)]	19.45
Luftdämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_L [dB(A)]	0.44
Mittlere Ausbreitungshöhe über Grund im kürzesten Abstand h [m]	2.90
Bodendämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_B [dB(A)]	1.31
Umweg bzgl. Direktverbindung im kürzesten Abstand w [m]	
Hinderniswirkung im kürzesten Abstand H [dB(A)]	
Totaler Aspektwinkel [°]	160
Immissionspegel L_I [dB(A)]	58.3

Bemerkung: Der Reflexionspunkt auf der parallel zur Strasse verlaufenden Mauer liegt unterhalb deren Fusspunktes. Deshalb wird gemäss dem Spiegelquellenkonzept keine Reflexion berücksichtigt, obwohl in der Realität ein Reflexionsbeitrag zu erwarten ist.

Aufgabe 7: Langer gerader Fahrstreifen mit langer Abschirmung durch einen Lärmschutzwall

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit Grasboden (Strömungswiderstand = 300 Rayl)
- 2 spurige, 10 m breite Strasse (Achse bei $x = 0$), die sich von $y = -500$ m bis $y = +500$ m erstreckt, mit hartem, akustisch neutralem Belag (Strömungswiderstand = 20'000 Rayl)
- als Quelle wird die Fahrspur bei $x = 2.0$ m bei einem Verkehr von 1000 Fz/h, 10% akustisch wirksamem Schwerverkehrsanteil und einer Geschwindigkeit von 60 km/h angenommen
- der Immissionspunkt I1 liegt 5.0 m über Boden bei $x = 90.0$ m, $y = 0.0$
- parallel zur Strasse verlaufender, 3.0 m hoher Lärmschutzwall mit der relevanten Hinderniskante bei $x = 15.0$ m.

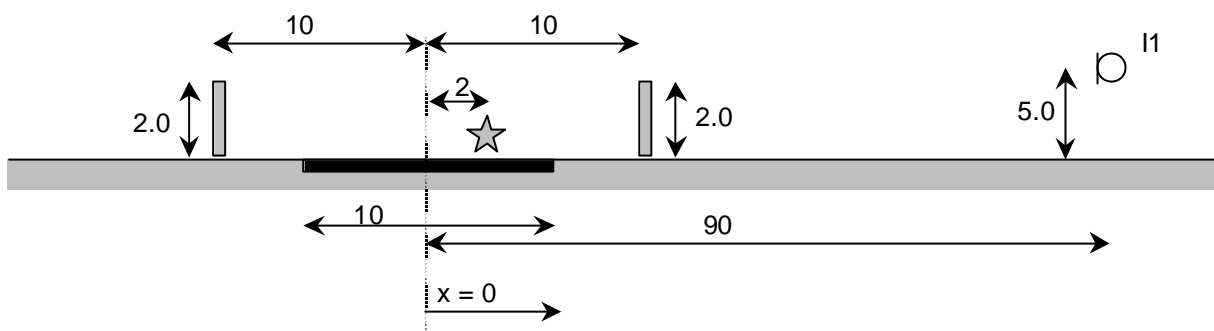


	Immissionspunkt I1
Ergebnisse nach StL-86+	
Emissionspegel L_E [dB(A)]	80.78
Kürzester Abstand Fahrspur – Immissionspunkt s [m]	88.10
Abstandsdämpfung im kürzesten Abstand [dB(A)]	19.45
Luftdämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_L [dB(A)]	0.44
Mittlere Ausbreitungshöhe über Grund im kürzesten Abstand h [m]	3.69
Bodendämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_B [dB(A)]	1.09
Umweg bzgl. Direktverbindung im kürzesten Abstand w [m]	0.11
Hinderniswirkung im kürzesten Abstand H [dB(A)]	11.43
Totaler Aspektwinkel [°]	160
Immissionspegel L_I [dB(A)]	48.0

Aufgabe 8: Langer gerader Fahrstreifen mit langen beidseits der Strasse verlaufenden Lärmschutzwänden

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit Grasboden (Strömungswiderstand = 300 Rayl)
- 2 spurige, 10 m breite Strasse (Achse bei $x = 0$), die sich von $y = -500$ m bis $y = +500$ m erstreckt, mit hartem, akustisch neutralem Belag (Strömungswiderstand = 20'000 Rayl)
- als Quelle wird die Fahrspur bei $x = 2.0$ m bei einem Verkehr von 1000 Fz/h, 10% akustisch wirksamem Schwerverkehrsanteil und einer Geschwindigkeit von 60 km/h angenommen
- der Immissionspunkt I1 liegt 5.0 m über Boden bei $x = 90.0$ m, $y = 0.0$
- parallel zur Strasse verlaufende, 2.0 m hohe Lärmschutzwände bei $x = -10.0$ m und $x = 10.0$ m (Reflexionsverlust = 1 dB(A)).

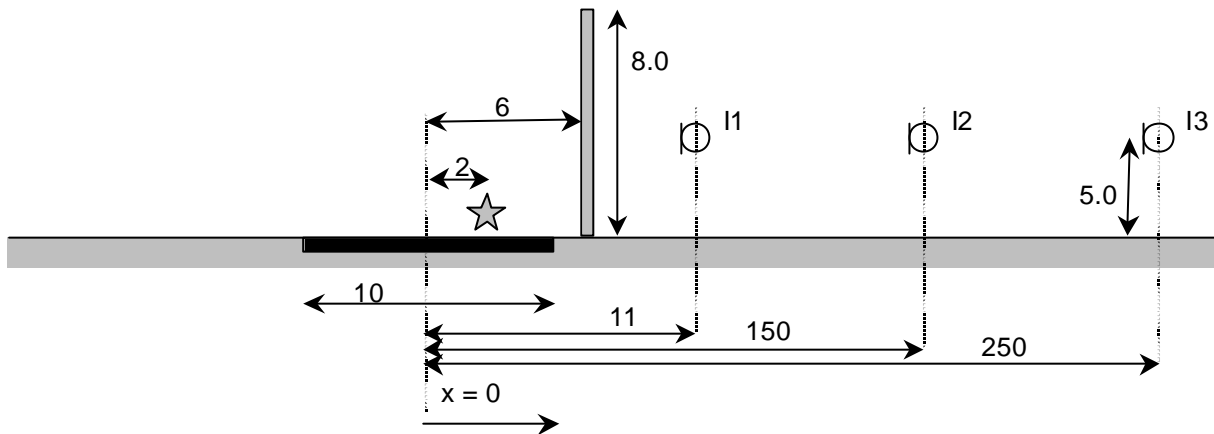


Ergebnisse nach StL-86+	Immissionspunkt I1	
	direkt	Reflexion
Emissionspegel L_E [dB(A)]	80.78	79.78
Kürzester Abstand Fahrspur – Immissionspunkt s [m]	88.10	112.08
Abstandsdämpfung im kürzesten Abstand [dB(A)]	19.45	20.50
Luftdämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_L [dB(A)]	0.44	0.56
Mittlere Ausbreitungshöhe über Grund im kürzesten Abstand h [m]	3.31	2.90
Bodendämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_B [dB(A)]	1.18	1.60
Umweg bzgl. Direktverbindung im kürzesten Abstand w [m]	0.046	0.000
Hinderniswirkung im kürzesten Abstand H [dB(A)]	9.37	4.77
Totaler Aspektwinkel [°]	160	155
Immissionspegel L_I [dB(A)]	49.7	50.8
Immissionspegel Direktschall und Reflexion L_{Itot} [dB(A)]	53.3	

Aufgabe 9: Langer gerader Fahrstreifen mit langer Lärmschutzwand

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit Grasboden (Strömungswiderstand = 300 Rayl)
- 2 spurige, 10 m breite Strasse (Achse bei $x = 0$), die sich von $y = -500$ m bis $y = +500$ m erstreckt, mit hartem, akustisch neutralem Belag (Strömungswiderstand = 20'000 Rayl)
- als Quelle wird die Fahrspur bei $x = 2.0$ m bei einem Verkehr von 1000 Fz/h, 10% akustisch wirksamem Schwerverkehrsanteil und einer Geschwindigkeit von 60 km/h angenommen
- der Immissionspunkt I1 liegt 5.0 m über Boden bei $x = 11.0$ m, $y = 0.0$
- der Immissionspunkt I2 liegt 5.0 m über Boden bei $x = 150.0$ m, $y = 0.0$
- der Immissionspunkt I3 liegt 5.0 m über Boden bei $x = 250.0$ m, $y = 0.0$
- parallel zur Strasse verlaufende, 8.0 m hohe Lärmschutzwand bei $x = 6.0$ m.

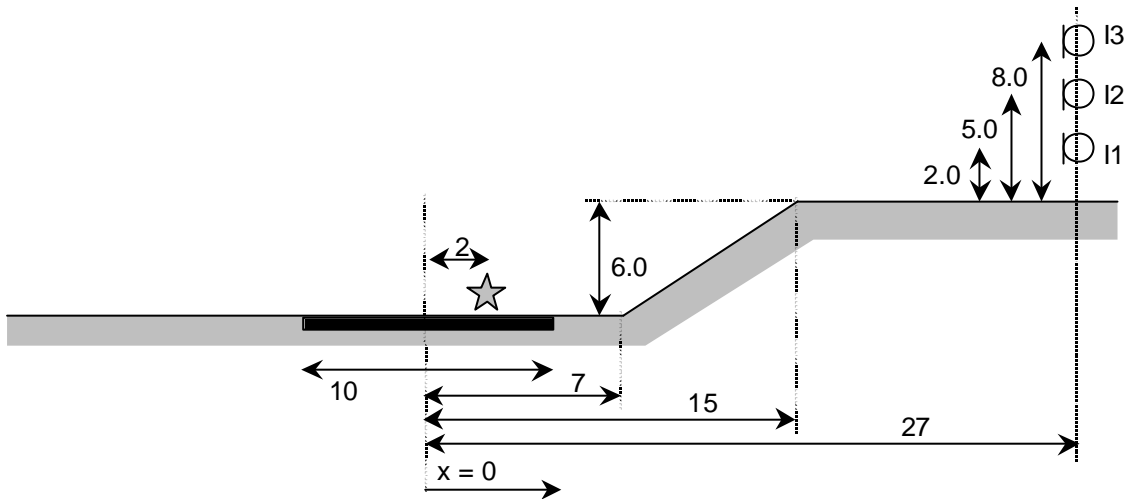


Ergebnisse nach StL-86+	Immissionspunkte		
	I1	I2	I3
Emissionspegel L_E [dB(A)]	80.78	80.78	80.78
Kürzester Abstand Fahrspur – Immissionspunkt s [m]	9.93	148.06	248.04
Abstandsdämpfung im kürzesten Abstand [dB(A)]	9.97	21.70	23.95
Luftdämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_L [dB(A)]	0.05	0.74	1.24
Mittlere Ausbreitungshöhe über Grund im kürzesten Abstand h [m]	5.57	6.44	6.47
Bodendämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_B [dB(A)]	0.10	1.05	1.51
Umweg bzgl. Direktverbindung im kürzesten Abstand w [m]	4.14	4.21	4.22
Hinderniswirkung im kürzesten Abstand H [dB(A)]	25.00	21.37	20.00
Totaler Aspektwinkel [°]	178	147	127
Immissionspegel L_I [dB(A)]	47.7	35.2	32.0

Aufgabe 10: Langer gerader Fahrstreifen in einem Einschnitt

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit Grasboden (Strömungswiderstand = 300 Rayl) und einem 6 m tiefen Einschnitt (Terrainschnitt: $x = 0 \text{ m}, z = -6 \text{ m} // x = 7.0 \text{ m}, z = -6 \text{ m} // x = 15.0 \text{ m}, z = 0 \text{ m} // x = 27.0 \text{ m}, z = 0.0 \text{ m}$)
- 2 spurige, 10 m breite Strasse (Achse bei $x = 0$), die sich von $y = -500 \text{ m}$ bis $y = +500 \text{ m}$ erstreckt, mit hartem, akustisch neutralem Belag (Strömungswiderstand = 20'000 Rayl)
- als Quelle wird die Fahrspur bei $x = 2.0 \text{ m}$ bei einem Verkehr von 1000 Fz/h, 10% akustisch wirksamem Schwerverkehrsanteil und einer Geschwindigkeit von 60 km/h angenommen
- der Immissionspunkt I1 liegt 2.0 m über Boden bei $x = 27.0 \text{ m}, y = 0.0$
- der Immissionspunkt I2 liegt 5.0 m über Boden bei $x = 27.0 \text{ m}, y = 0.0$
- der Immissionspunkt I3 liegt 8.0 m über Boden bei $x = 27.0 \text{ m}, y = 0.0$

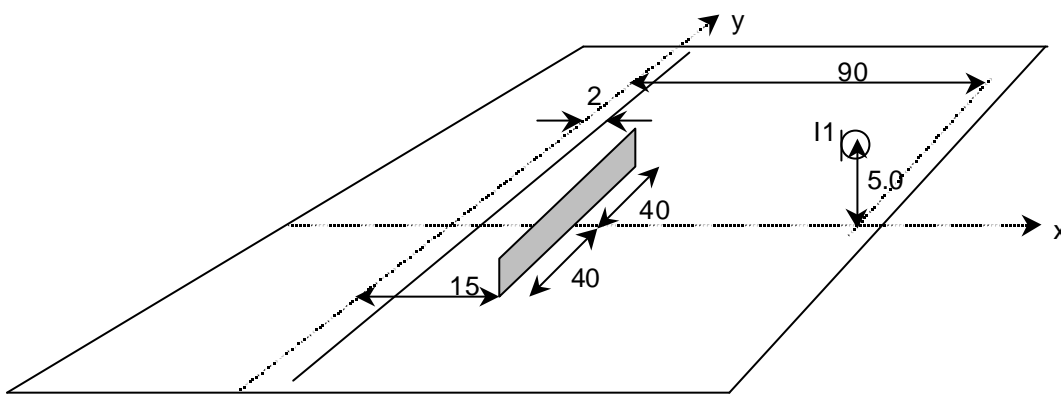


Ergebnisse nach StL-86+	Immissionspunkte		
	I1	I2	I3
Emissionspegel L_E [dB(A)]	80.78	80.78	80.78
Kürzester Abstand Fahrspur – Immissionspunkt s [m]	26.02	27.00	28.27
Abstandsdämpfung im kürzesten Abstand [dB(A)]	14.15	14.31	14.51
Luftdämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_L [dB(A)]	0.13	0.14	0.14
Mittlere Ausbreitungshöhe über Grund im kürzesten Abstand h [m]	1.29	2.01	3.56
Bodendämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_B [dB(A)]	0.73	0.57	0.39
Umweg bzgl. Direktverbindung im kürzesten Abstand w [m]	0.15	-0.0007	-0.153
Hinderniswirkung im kürzesten Abstand H [dB(A)]	12.32	4.61	0.00
Totaler Aspektwinkel [°]	174	174	174
Immissionspegel L_I [dB(A)]	53.7	60.3	65.0

Aufgabe 11: Langer gerader Fahrstreifen mit kurzer Abschirmung durch eine Lärmschutzwand

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit Grasboden (Strömungswiderstand = 300 Rayl)
- 2 spurige, 10 m breite Strasse (Achse bei $x = 0$), die sich von $y = -500$ m bis $y = +500$ m erstreckt, mit hartem, akustisch neutralem Belag (Strömungswiderstand = 20'000 Rayl)
- als Quelle wird die Fahrspur bei $x = 2.0$ m bei einem Verkehr von 1000 Fz/h, 10% akustisch wirksamem Schwerverkehrsanteil und einer Geschwindigkeit von 60 km/h angenommen
- der Immissionspunkt I1 liegt 5.0 m über Boden bei $x = 90.0$ m, $y = 0.0$
- parallel zur Strasse verlaufende, 3.0 m hohe kurze Lärmschutzwand bei $x = 15.0$ m, von $y = -40.0$ m bis $y = 40.0$ m.

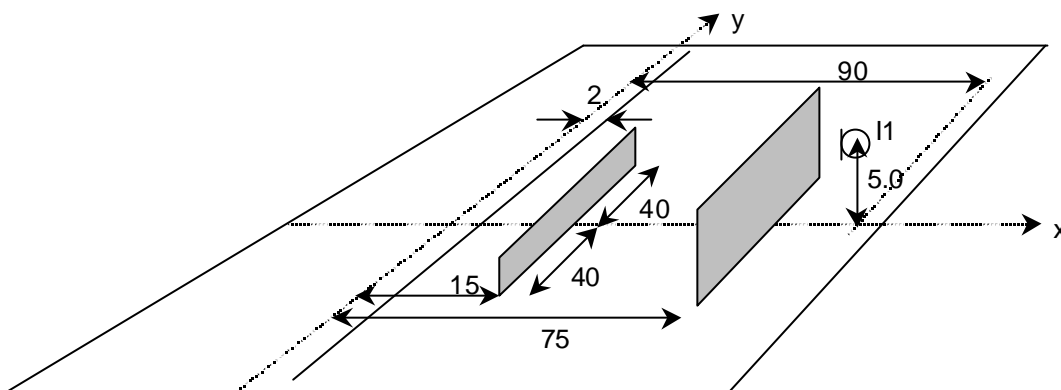


	Immissionspunkt I1
Ergebnisse nach StL-86+	
Emissionspegel L_E [dB(A)]	80.78
Kürzester Abstand Fahrspur – Immissionspunkt s [m]	88.10
Abstandsdämpfung im kürzesten Abstand [dB(A)]	19.45
Luftdämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_L [dB(A)]	0.44
Mittlere Ausbreitungshöhe über Grund im kürzesten Abstand h [m]	3.69
Bodendämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_B [dB(A)]	1.09
Umweg bzgl. Direktverbindung im kürzesten Abstand w [m]	0.111
Hinderniswirkung im kürzesten Abstand H [dB(A)]	11.43
Totaler Aspektwinkel [°]	160
Immissionspegel L_I [dB(A)]	56.2

Aufgabe 12: Langer gerader Fahrstreifen mit kurzer Abschirmung durch zwei Lärmschutzwände

Situation:

- ebenes horizontales Gelände mit Grasboden (Strömungswiderstand = 300 Rayl)
- 2 spurige, 10 m breite Strasse (Achse bei $x = 0$), die sich von $y = -500$ m bis $y = +500$ m erstreckt, mit hartem, akustisch neutralem Belag (Strömungswiderstand = 20'000 Rayl)
- als Quelle wird die Fahrspur bei $x = 2.0$ m bei einem Verkehr von 1000 Fz/h, 10% akustisch wirksamem Schwerverkehrsanteil und einer Geschwindigkeit von 60 km/h angenommen
- der Immissionspunkt I1 liegt 5.0 m über Boden bei $x = 90.0$ m, $y = 0.0$
- parallel zur Strasse verlaufende, 3.0 m hohe kurze Lärmschutzwand bei $x = 15.0$ m, von $y = -40.0$ m bis $y = 40.0$ m.
- parallel zur Strasse verlaufende, 6.0 m hohe kurze Lärmschutzwand bei $x = 75.0$ m, von $y = -40.0$ m bis $y = 40.0$ m.



	Immissionspunkt I1
Ergebnisse nach StL-86+	
Emissionspegel LE [dB(A)]	80.78
Kürzester Abstand Fahrspur – Immissionspunkt s [m]	88.10
Abstandsdämpfung im kürzesten Abstand [dB(A)]	19.45
Luftdämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_L [dB(A)]	0.44
Mittlere Ausbreitungshöhe über Grund im kürzesten Abstand h [m]	5.49
Bodendämpfung im kürzesten Abstand Dämpfung_B [dB(A)]	0.78
Umweg bzgl. Direktverbindung im kürzesten Abstand w [m]	0.61
Hinderniswirkung im kürzesten Abstand H [dB(A)]	17.29
Totaler Aspektwinkel [°]	160
Immissionspegel L_I [dB(A)]	49.5