

Testaufgaben für RLS-19 und BUB

Wolfram Bartolomaeus¹, Lars Schade²

¹ Bundesanstalt für Straßenwesen, 51427 Bergisch Gladbach, Deutschland, Email: bartolomaeus@bast.de

² Umweltbundesamt, 06844 Dessau-Roßlau, Deutschland, Email: lars.schade@uba.de

Einleitung

Am 1. März 2021 sind die „Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen“ (RLS-19) [5] in Kraft getreten. In diesem Jahr noch soll die Datenbank (BUB-D) der „Berechnungsmethode für den Umgebungslärm von bodennahen Quellen (Straße, Schienenwege, Industrie und Gewerbe)“ (BUB) in einer geänderten Fassung veröffentlicht werden. Beide Vorschriften beinhalten u. a. ein Emissionsmodell für Straßen. Die damit berechneten Emissionspegel für die verschiedenen Fahrzeugarten sollten sich sinnvollerweise zwischen beiden Emissionsmodellen möglichst wenig unterscheiden.

In dem Normungsausschuss „Qualitätsanforderung und Prüfbedingungen schalltechnischer Software für den Immissionsschutz“ des „DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik“ (NALS) wurde die DIN/TR 8999-1 erstellt, die regelwerkspezifische Ergänzungen zur Qualitätssicherung von Software für die Berechnung von Schall im Freien für die Anwendung der RLS-19 zur Verfügung stellt. Die Testaufgaben dienen der Qualitätssicherung der Umsetzung der RLS-19 durch ein Programm und wurden entsprechend DIN 45687 erstellt. Für die BUB ist ein ähnliches Dokument mit Testaufgaben zur Qualitätssicherung geplant. Über die Testaufgaben beider Verfahren mit dem Schwerpunkt auf dem jeweiligen Emissionsmodell — Gesamtpegel bei den RLS und Oktavpegel bei der BUB — wird berichtet.

Die Ähnlichkeit der Anwendungsbereiche beider Berechnungsmethoden führt zum Wunsch einer Harmonisierung. Eine spektrale Modellierung der Geräuschemissionen von Fahrzeugen in einer zukünftigen Version der RLS-19 erscheint für eine solche weitreichende Harmonisierung der Vorschriften beim Planungs- und Umweltrecht sinnvoll.

RLS-19

Im Jahr 2009 wurde die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) vom Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) beauftragt, die RLS-90 [1] zu aktualisieren. Die RLS-19 sind seit dem 1. März 2021 neben der Schall 03 für den Lärmschutz an Schienenwegen, Bestandteil der „Verkehrslärmschutzverordnung — 16. BImSchV“ (BGBl 2014). In den Lärmschutz-Richtlinien-StV [2] wird ja weiterhin auf die RLS-90 gebaut.

Rechenvorschrift

Die wesentlichen Änderungen der RLS-19 gegenüber den RLS-90 beziehen sich auf das Emissionsmodell; der Ausbreitungsteil der RLS-90 wurde weitgehend unverändert übernommen. Die RLS-19 kennt drei un-

terschiedliche Fahrzeugarten: Pkw, leichte und schwere Lkw (Lkw1 bzw. Lkw2); Motorräder (Krad) können bzgl. ihrer Geräuschemission wie schwere Lkw zusätzlich berücksichtigt werden.

Der Schalleistungspegel der jeweiligen Quelle wird mit bis zu vier additiven Größen für die Straßendeckschichtkorrektur, die Längsneigungskorrektur, die Knotenpunktkorrektur und den Mehrfachreflexionszuschlag berechnet. Daraus wird der längenbezogene Schalleistungspegel L_W' aller Fahrzeugarten mit deren jeweiligen Verkehrsstärken und Geschwindigkeiten gebildet. Es besteht eine einfache Umrechnung zum Mittelungspegel in 25 m Entfernung $L_m^{(25)}$ der RLS-90 [3, 4]:

$$L_W' = L_m^{(25)} + 19,1 \quad (1)$$

In Abbildung 1 ist der längenbezogene Schalleistungspegel L_W' von RLS-90 und RLS-19 für die Fahrzeugarten dargestellt.

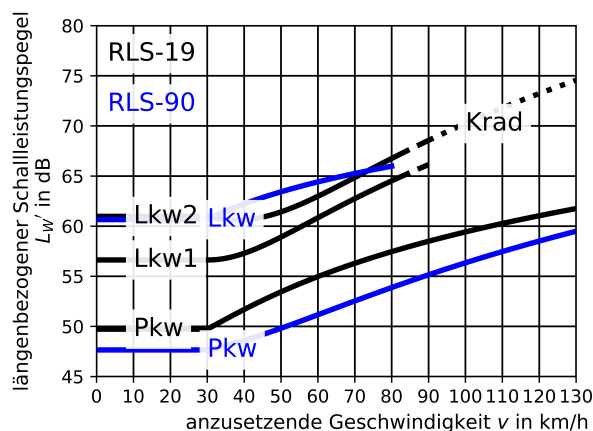


Abbildung 1: Längenbezogener Schalleistungspegel L_W' von RLS-90 und RLS-19

Die Emissionspegel der RLS-19 sind gegenüber denen der RLS-90 für Pkw um ca. 2 bis 3 dB höher, bei Lkw für niedrige Geschwindigkeiten um bis zu 4 dB niedriger angesetzt.

Testaufgaben

Die Testaufgaben der TEST-20 [6] dienen der Beurteilung der Nachbildung der RLS-19 durch ein Programm und wurden entsprechend DIN 45687 [7] erstellt.

Die Aufgaben zur Schallemission werden jeweils für einen Fahrstreifen angegeben. Zunächst wird der Grundwert der Schallemission für die Fahrzeuggruppen Pkw, Lkw1, Lkw2 und Krad abhängig von der Geschwindigkeit ermittelt. Dann werden die Korrekturen für

Straßendeckschichttypen bestimmt. Als nächstes werden die Längsneigungskorrektur, die Knotenpunkt-korrektur, sowie der Mehrfachreflexionszuschlag bestimmt. Zum Schluss werden mit den Korrekturen die Schallleistungspegel der Fahrzeugarten und daraus schließlich der längenbezogene Schallleistungspegel für vier Szenarien berechnet:

- innerorts Tempo-30-Zone,
- innerorts ohne Geschwindigkeitsbegrenzung,
- Landstraße außerhalb geschlossener Ortschaft und
- Bundesautobahn ohne Geschwindigkeitsbegrenzung.

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.

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 gerundet angegeben. Die Grenzen des Toleranzbereiches des Referenzergebnisses sind mit einer Genauigkeit von einer Dezimalstelle gerundet angegeben.

Die Aufgaben zur Schallimmission sind in solche mit einfacher Ausbreitungsgeometrie:

- Straße mit freier Schallausbreitung,
- Straße mit einer Lärmschutzwand parallel zur Quelllinie,
- Straße mit einer langen, parallelen Reflexionsfläche,
- Straße mit langer, paralleler Abschirmung und Reflexionsfläche,
- Straße mit zwei Lärmschutzwänden parallel zur Quelllinie,
- Straße in Tieflage,
- Straße in Hochlage,
- Ansteigende Straße und
- Wegführende Straße

und solche mit komplexer Ausbreitungsgeometrie:

- Lichtzeichengeregelte Kreuzung zweier Straßen,
- Hausfronten parallel zur Straße,
- Zwei parallele Häuser senkrecht zur Straße und
- Hinterhof an einer Straße

unterteilt.

Für jede Aufgabe sind die geometrischen Eingabedaten für die Aufgabe angegeben. Ebenso 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. Die Rechenergebnisse für den oder die Fahrstreifen sind angegeben ebenso für die ersten sieben Aufgaben die Rechenergebnisse für das Teilstück mit Zwischenergebnissen.

In Abbildung 2 ist die Geometrie der ersten Testaufgabe zur Immission „Straße mit freier Schallausbreitung“ dargestellt. Er handelt sich um eine 220 m lange Emis-

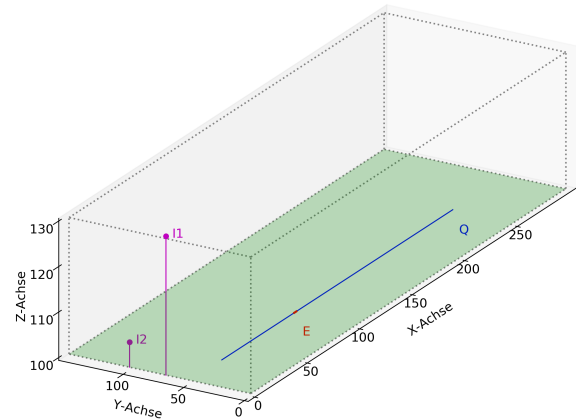


Abbildung 2: Straße mit freier Schallausbreitung

sionslinie und zwei Emissionsorten in 5,5 m bzw. 30,5 m Höhe über Grund. Die Eingabedaten sind in der Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1: Eingabedaten: Straße mit freier Schallausbreitung; xyz-Koordinaten in Metern

Geländehöhe Z	100 m		
Anfang Teilstück	99	50	100
Ende Teilstück	101	50	100
Anfang Fahrstreifen	30	50	100
Ende Fahrstreifen	250	50	100
Immissionsort IO1	0	70	130,5
Immissionsort IO2	0	100	105,5
$L'W$	90,00 dB		

In der Tabelle 2 sind die Rechenergebnisse für ein 2 m langes Teilstück detailliert aufgelistet.

Tabelle 2: Rechenergebnisse Teilstück: Straße mit freier Schallausbreitung; in Metern bzw. dB

Immissionsort	IO1	IO2
l	2,000	2,000
s_{gr}	101,980	111,803
s	106,301	111,915
D_{div}	48,51	48,96
D_{atm}	0,53	0,56
h_m	15,500	3,000
D_z	0,00	0,00
D_{gr}	0,00	3,74
D_A	49,04	53,26
L_r	43,97	39,75

Alle Teilstücke energetisch summiert ergeben schließlich die Beurteilungspegel. Die Prüfergebnisse für IO1 bzw. IO2 lauten **64,45 dB** bzw. **60,35 dB**. Die Referenzergebnisse liegen bei **64,3 – 64,5 dB** bzw. **60,2 – 60,4 dB**.

In Abbildung 3 ist die Geometrie der letzten und damit umfangreichsten Testaufgabe zur Immission „Hinterhof an einer Straße“ dargestellt. Er handelt sich um eine

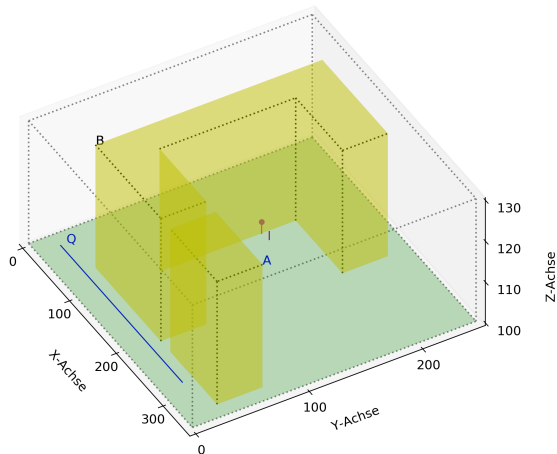


Abbildung 3: Hinterhof an einer Straße

260 m lange Emissionslinie, deren Schall durch die Lücke zwischen zwei Gebäuden in einen ruhigen Hinterhof gelangt. An den im Erdgeschoss gelegenen Immissionsort gelangt im wesentlichen nur der Schall der zweiten Reflexion.

In der Tabelle 3 sind die Beurteilungspegel für den Fahrstreifen am Immissionsort aufgelistet.

Tabelle 3: Beurteilungspegel in dB(A): Hinterhof an einer Straße

Immissionsort	IO
L_r Direktschall	28,26
L_r 1. Reflexion	25,90
L_r 2. Reflexion	43,43
Referenzergebnis	53,63

Anzumerken ist, dass nach den Rechenvorschriften der RLS-19 keine seitliche Beugung vorgesehen ist. Diese würde vermutlich auch ohne zweite Reflexion zu einer realistischen Einschätzung der Schallimmission im Hinterhof führen.

BUB–Straße

In der „Berechnungsmethode für den Umgebungslärm von bodennahen Quellen (Straße, Schienenwege, Industrie und Gewerbe)“ (BUB) ist ein Emissionsmodell enthalten, dass – im Gegensatz zu den RLS-19 – das von der Straße abgestrahlte Gesamtgeräusch in Roll- und Antriebsgeräusche unterteilt

Rechenvorschrift

Zunächst werden die Schallleistungspegel des Roll- und Antriebsgeräuschs berechnet.

Das Rollgeräusch wird logarithmisch mit der Geschwindigkeit v_m der jeweiligen Fahrzeugkategorie m modelliert:

$$L_{WR,i,m} = A_{R,i,m} + B_{R,i,m} \cdot \lg\left(\frac{v_m}{v_{ref}}\right) + \Delta L_{WR,i,m} \quad (2)$$

Die Koeffizienten $A_{R,i,m}$ und $B_{R,i,m}$ sind für die acht Oktavbänder von 63 Hz bis 8 kHz mit Index i in der Tabelle A-1 der ”Datenbank für die Berechnungsmethode für den Umgebungslärm von bodennahen Quellen (Straße, Schienenwege, Industrie und Gewerbe)“ (BUB-D) aufgelistet. Die Referenzgeschwindigkeit v_{ref} beträgt 70 km/h für alle Fahrzeugkategorien.

Der Korrekturwert $\Delta L_{WR,i,m}$ setzt sich aus

- den Korrekturen für den Einfluss der Straßendeckschicht,
- der Berücksichtigung des Einflusses von Knotenpunkten und
- der Korrektur einer Durchschnittstemperatur auf die Referenztemperatur von 20 °C

zusammen.

Das Antriebsgeräusch wird linear mit der Geschwindigkeit v_m der jeweiligen Fahrzeugkategorie m modelliert:

$$L_{WP,i,m} = A_{P,i,m} + B_{P,i,m} \cdot \left(\frac{v_m - v_{ref}}{v_{ref}}\right) + \Delta L_{WP,i,m} \quad (3)$$

Die Koeffizienten $A_{P,i,m}$ und $B_{P,i,m}$ sind für die acht Oktavbänder von 63 Hz bis 8 kHz auch in der Tabelle A-1 der BUB-D aufgelistet.

Der Korrekturwert $\Delta L_{WP,i,m}$ setzt sich zusammen aus

- den Korrekturen für den Einfluss der Straßendeckschicht,
- der Längsneigung der Straße und
- der Berücksichtigung des Einflusses von Knotenpunkten.

Der längenbezogene Schallleistungspegel $L_{W',i,m}$ wird für jede Fahrzeugkategorie m und jedes Oktavband i getrennt aus der energetischen Summe des Schallleistungspegels von Roll- und Antriebsgeräusch $L_{W,i,m}$ der Verkehrsmenge Q_m in Fahrzeugen der Kategorie m je Stunde und der jeweiligen Geschwindigkeit v_m berechnet:

$$L_{W',i,m} = L_{W,i,m} + 10 \lg\left(\frac{Q_m}{1000 v_m}\right) \quad (4)$$

Durch energetische Summierung und A-Bewertung der Teilschallpegel lässt sich der A-bewertete längenbezogene Schallleistungspegel der BUB $L_{W'}$ berechnen.

Testaufgaben

In den Testaufgaben werden die längenbezogenen Schallleistungspegel für vier Szenarien mit Zwischenergebnissen berechnet. Dies sind

- Innerorts bei 30 km/h auf Pflaster ohne Knotenpunkt, ohne Steigung,
- Innerorts bei 50 km/h auf DSH-V mit Kreuzung, ohne Steigung,
- Außerorts bei 70 km/h auf SMA mit Kreisverkehr, ohne Steigung und
- Außerorts bei maximal 130 km/h auf OPA ohne Knotenpunkt, mit Steigung.

Die zu erreichende Genauigkeit ist mit zwei Nachkommastellen angegeben.

Harmonisierung

Ein erster wichtiger Schritt zur Harmonisierung der Berechnungsverfahren von RLS-19 und BUB wurde bei der Festlegung der Korrekturwerte für die Straßendeckschichten der BUB geleistet. Im Rahmen der Ermittlung der Koeffizienten $\alpha_{i,m}$ und β_m zur Berücksichtigung des Einflusses der Straßenoberfläche, die in der Tabelle A-3 der BUB-D angegeben sind, wurden entsprechende Oktavspektren für die Geräuschemission von einigen Straßenoberflächen aus Messungen der Statistischen Vorbeifahrt ermittelt. Mit Hilfe einer zwei-stufigen Anpassung konnten damit die Koeffizienten so bestimmt werden, dass zum Einen für eine festgelegte Geschwindigkeit die Spektren mit denen der BUB übereinstimmen und zum Anderen die Abweichung des A-bewerteten Gesamtpegels zwischen RLS-19 und BUB im betrachteten Geschwindigkeitsbereich minimal ist.

Nicht in allen Fällen ist diese Art der Anpassung einfach möglich. Besonders bei Lkw – hier besonders bei leichten – und bei niedrigen Geschwindigkeiten sind z. T. erhebliche Unterschiede zwischen den Gesamtgeräuschemissionen von RLS-19 und BUB zu verzeichnen. In Abbildung 4 sind die auf Null normierten Spek-

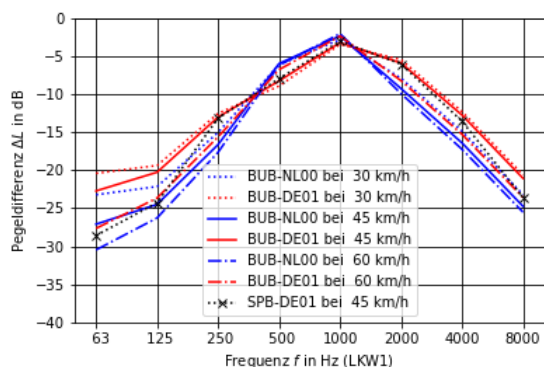


Abbildung 4: Normierte Spektren BUB ohne Korrektur (BUB-NL00) und mit Korrektur (BUB-DE01) sowie gemessenes Spektrum (SPB-DE01) bei verschiedenen Geschwindigkeiten

tren der BUB ohne Korrektur (BUB-NL00) und mit Korrektur (BUB-DE01) für SMA bei 30, 45 und 60 km/h mit dem gemessenen Spektrum (SPB-DE01) bei 45 km/h für Lkw1 dargestellt.

In Abbildung 5 sind die längenbezogenen Schallleistungspegel der BUB ohne Korrektur (BUB-NL00) und mit Korrektur (BUB-DE01) sowie der RLS-19 (RLS-DE01) für SMA bei 30 bis 60 km/h für Lkw1 dargestellt. Ursache

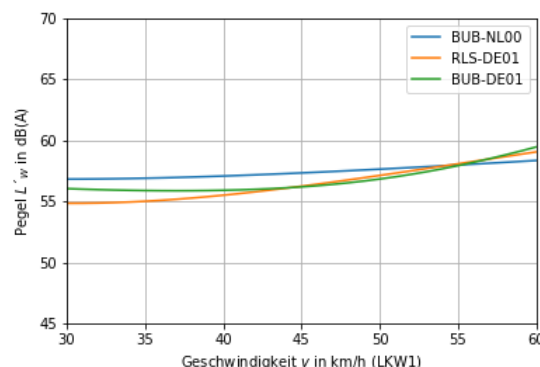


Abbildung 5: Längenbezogenen Schallleistungspegel BUB ohne Korrektur (BUB-NL00) und mit Korrektur (BUB-DE01) sowie der RLS-19 (RLS-DE01) für SMA als Funktionen der Geschwindigkeit für Lkw1

für diese großen Abweichungen könnte in dem nicht gut justieren Emissionsmodell besonders für leichte Lkw bei niedrigen Geschwindigkeiten sein. Für Pkw i. A. und bei hohen Geschwindigkeiten für alle Fahrzeugarten ist die Anpassung wesentlich besser und die Abweichungen betragen für den A-bewerteten längenbezogenen Gesamtschallleistungspegel nur wenige Zehntel dB.

Literatur

- [1] Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen, Ausgabe 1990, berichtigter Nachdruck Februar 1992 (RLS-90). FGSV Verlag, Köln.
- [2] Richtlinien für straßenverkehrsrechtliche Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor Lärm, Ausgabe 2007 (Lärmschutz-Richtlinien-StV). FGSV Verlag, Köln.
- [3] Probst, W.: Vergleich der Schallberechnung nach den Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen mit anderen Europäischen Verfahren. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, 1030, Bonn 2010.
- [4] Popp, Ch.; Bartolomaeus, W. et al.: Lärmschutz in der Verkehrs- und Stadtplanung. Kirschbaum Verlag, Bonn 2016.
- [5] Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen, Ausgabe 2019, Korrekturen Stand Februar 2020 (RLS-19). FGSV Verlag, Köln.
- [6] Testaufgaben für die Überprüfung von Rechenprogrammen nach den Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen, TEST-20, URL: https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Publikationen/Regelwerke/Verkehrstechnik/Downloads/test20-aufgaben.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- [7] DIN 45687:2006-05: Akustik — Software-Erzeugnisse zur Berechnung der Geräuschemission im Freien — Qualitätsanforderungen und Prüfbestimmungen, Beuth-Verlag 2006.