



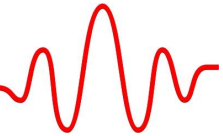
DIPL.-ING. DR.

KIRISITS

INGENIEURKONSULENT FÜR TECHNISCHE PHYSIK

AKUSTIK - LÄRMSCHUTZ


MEDIZINPHYSIK



Ermittlung von Korrekturwerten und Ausarbeitung von Testbeispielen für die nationale Straßenverkehrslärberechnung aufgrund des korrigierten Annex II der EU- Umgebungslärmrichtlinie

Wien, am 25. Februar 2021

im Auftrag

 **Bundesministerium**
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

Inhalt

1. Einleitung.....	3
2. Bestimmung der Korrekturterme für Straßendeckschichten.....	4
2.1. Grundlagen	4
2.2. Ergebnistabellen der Umrechnung RVS 04.02.11 in CNOSSOS-EU Faktoren entsprechend Modifications to Annex II of Directive 2002/49/EC.....	7
3. Testbeispiele.....	27
4. Zusammenfassung.....	28

1. Einleitung

Die europäische Kommission schreibt im aktualisierten Anhang II der europäischen Umgebungslärmrichtlinie (2002/49/EG), welcher 2015 als Richtlinie (EU) 2015/996 veröffentlicht wurde, Berechnungsverfahren zur Ermittlung von Lärmindizes vor. Diese Lärmindizes sind in Zukunft im Rahmen der strategischen Lärmkartierung einzusetzen, um europaweit vergleichbare Angaben über die von Lärm betroffene Bevölkerung zu ermitteln sowie die Wirkung von Lärmaktionsplänen zu beschreiben. Zusätzlich sieht die Richtlinie vor die damit berechneten Lärmindizes zur Beurteilung von Belästigung und Gesundheitsgefährdung zu verwenden. Damit bieten sich diese Methoden auch für nationale Methoden in Genehmigungsverfahren, Sanierungsprojekten und zivilrechtlichen Verfahren an. Für die in Zukunft verpflichtende Lärmkartierung nach der europäischen Umgebungslärmrichtlinie, als auch für jede weitere Anwendung der Berechnungsmethode in Österreich sind nationale Erläuterungen, Definitionen und Anpassungen notwendig

Das Verfahren nach Richtlinie 2015/996 (EU) sieht Korrekturterme zur Berücksichtigung für die unterschiedliche Geräusentwicklung auf verschiedenen Straßendeckschichten vor. Die dazu vorgeschlagenen Deckschichten, niederländischer Bauart, können nicht österreichischen Belagstypen gleichgesetzt werden. Eine „Grundlagenstudie und Vergleichsberechnungen zur Implementierung des Berechnungsverfahrens nach Anhang II der Europäischen Umgebungsrichtlinie (CNOSSOS EU)“ aus dem Jahre 2016 zeigte den Bedarf einer individuellen Anpassung der Korrekturterme an die tatsächlichen österreichischen Gegebenheiten. Andernfalls ist die entsprechende Genauigkeit der Berechnung von Lärmindizes nicht gegeben. Insbesondere darf es zu keiner Unterschätzung der Lärmbelastung Betroffener führen. Die Umsetzung der Richtlinie EU 2015/996 auf österreichische Verhältnisse erfolgte für die Straßenverkehrslärmemissionen mit der RVS 04.02.11 Version Februar 2019 und für die Schallausbreitung mit der ÖAL 28 Version Jänner 2019. Dazu liegen entsprechende Arbeiten zur korrekten Verwendung der EU Richtlinie für österreichische Verhältnisse vor (siehe (Lechner and Kirisits 2016)(Kirisits and Lechner 2015)).

Im Jahr 2020 hat die Europäische Kommission ein Dokument mit Modifikationen zum Anhang II der Umgebungslärmrichtlinie vorgestellt. Diese beinhaltet aktuelle Werte zur Beschreibung der Roll- und Antriebsgeräusche auf einer Referenz-Straßendeckschicht und basieren auf dem RIVM Letter report 2019-0023 (inkl. Erratum vom 22 August 2019) des niederländischen National Institute for Public Health and the Environment (Kok and van Beek 2019). Der Report war Basis für die seitens der Europäischen Kommission vorgeschlagenen Richtlinienänderung (siehe Draft delegated directive - Ares(2020)4118194). Aufgrund dieser aktualisierten Werte ist eine neuerliche Bestimmung der Korrekturterme für österreichische Straßendeckschichten erforderlich. Um die Qualität von Softwareprodukten zu gewährleisten, werden Testbeispiele mit entsprechenden Referenzwerten bestimmt.

2. Bestimmung der Korrekturterme für Straßendeckschichten

2.1. Grundlagen

Die wesentlichen Grundlagen zur Bestimmung der Korrekturterm von österreichischen Straßendeckschichten sind die messtechnisch erhobenen Schalldruckpegel $L_{A,eq}^1$ der österreichischen Berechnungsvorschrift RVS 04.02.11 aus 2006 (Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr 2006), mit deren aktualisierten Werten in der Ausgabe 2009 ("Rvs 04.02.11: Umweltschutz, Lärm Und Luftschadstoffe, Lärmschutz. 2. Abänderung" 2009).

Bezüglich der Definition von Fahrzeugkategorien wird der Richtlinie 2015/996 gefolgt, wie dies bereits in der Version der RVS 04.02.11 aus 2019 definiert wurde. Daher besteht die Aufgabe der vorliegenden Arbeit in der Gegenüberstellung der verfügbaren A-bewerteten längenbezogenen Schalleistungspegel entsprechend RVS 04.02.11 aus 2009 mit den für die empfohlenen Fahrbahnbelägen und Kategorien zutreffenden temperaturkorrigierten Emissionen nach Richtlinie 2015/996 in ihrer aktuellsten Form (siehe Einleitung).

Auf die grundsätzlichen Überlegungen und Ableitungen bzgl. Konversion der längenbezogenen Schalldruckpegel nach RVS 04.02.11 (2019) in längenbezogenen Schalleistungspegel wird auf den ursprünglichen Bericht aus dem Jahr 2016 verwiesen. Darin wurden die wesentlichen Zusammenhänge des Schalleistungspegels L_w gegenüber L_{eq}^1 bestätigt. Wesentlich dabei ist, dass die Schallausbreitung von einer Ersatzschallquelle für ein vorbeifahrendes Fahrzeug auf einer Fahrbahn mit reflektierender Deckschicht zu einem Messpunkt in 7,5 m Abstand zur Straßenachse (1,2 m über Boden) nach ÖAL 28 alt (Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung 1987) und ÖAL 28 neu (Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung 2019) (entspricht Umsetzung der Schallausbreitung nach Richtlinie 2015/996) auf 0,1 dB genau ident ist. Wirksam werden lediglich der konstante Bodeneffekt mit +3 dB und die Luftabsorption, welche in beiden Fällen ISO 9613-1 (International Standard 1993) folgt und sich daher eliminiert. Dies war bedeutend, da für die Umrechnung der vorhandenen Emissionsdaten einem von der europäischen Kommission empfohlenen Leitfaden (Extrium Ltd / EU DG ENV, 2012) gefolgt wurden. Danach kann für die bestehenden Berechnungsverfahren der Schallimmissionspegel in einem definierten Abstand von der Straße bestimmt werden. Dies ist zweckmäßigerweise jener Abstand, in dem auch die tatsächliche messtechnische Erhebung der Emissionsdaten durchgeführt wurde. Die ursprüngliche Reihenfolge der Berechnungsschritte der nationalen Berechnungsmethode müssen danach umgekehrt werden, und mit den Berechnungsschritten der Richtlinie 2015/996 Berechnung vom Empfänger zum Sender wieder rückgerechnet werden. Dabei sind die Positionen der Ersatzschallquellen zu berücksichtigen. Somit können die Emissionsdaten von RVS 04.02.11, welche in einem Meter Abstand um die gedachte Fahrlinienmitte mittels $L_{A,eq}^1$ vorliegen, von einem reflektierenden Boden ausgehen und die absorbierenden Eigenschaften des Fahrbahnbelages bereits beinhalten in einen längenbezogenen Schalleistungspegel $L_{w',A}$ umgerechnet werden. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass die Umrechnung vom Emissionsschallpegel in einen längenbezogenen Schalleistungspegel nicht in der Annahme einer kohärenten Abstrahlung einer Linienquelle erfolgen

darf, sondern eigentlich die Integration einer bewegten Punktschallquelle auf der Linie in Bezug auf den unbeweglichen Empfänger abbildet. Der Zusammenhang ist definiert wie folgt:

$$L_{W',A} = L_{A,eq} + 3 \text{ dB}$$

Dies gilt gleichermaßen für die Oktavbandpegel wie für den A-bewerteten Summenpegel.

Eine weitere Anpassung an das Verfahren nach (Extrium Ltd / EU DG ENV, 2012) ergibt sich aus dem Umstand, dass die Richtlinie 2015/996 zwischen Rollgeräuschen und Antriebsgeräuschen unterscheidet. Dadurch ergibt sich geschwindigkeitsabhängig ein sich jeweils geändertes Emissionsspektrum. Aber nicht nur die Geschwindigkeit beeinflusst das Emissionsspektrum, dies ist weiteres eine Funktion von Fahrzeugkategorie und Fahrbahnbelag. Demgegenüber kennt RVS 04.02.11 nur ein Spektrum, das für alle Geschwindigkeiten Fahrzeugkategorien und Fahrbahnbeläge gilt. Während im Leitfaden vorgeschlagen wird, für jedes Oktavband die Variablen α und β nach obiger Gleichung zu bestimmen, lässt dies die Richtlinie 2015/996 gar nicht zu. Es sind zwar die Variablen α pro Oktavband zu lösen, die Variable β gilt aber für alle Oktavbänder. Das Gleichungssystem ist damit nicht eindeutig lösbar. Am deutlichsten zeigt sich dies in Fahrzeug Kategorie 4 (einspurige Kraftfahrzeuge), welche überhaupt keinen Bezug zur Fahrbahn aufweisen. Hier ist eine Anpassung an das österreichische Emissions-Frequenzspektrum unmöglich. Es galt nun die Frage zu lösen, ob den zulässigen Abweichungen in den Oktavbändern oder die Abweichungen in den geschwindigkeitsabhängigen A-bewerteten Schalleistungspegeln der Vorzug zu geben ist. Ein weiterer möglicher Ansatz ist die Minimierung der Streuung der Variablen α . Gewählt wurde ein sehr ausgewogener Ansatz.

Die Abweichungen der Fehlerquadrate der Variablen α_i und der Variable β und für jedes Oktavband konvergieren daher zu einem Minimum bei einer Fehlertoleranz von wenigen Zehntel Dezibel pro A-bewertetem Schalleistungspegel in jedem pro Fahrzeugkategorie interessierendem Geschwindigkeitsbereich. Geschwindigkeiten wurden für Kategorie 1 mit 50 bis 130 km/h, die Kategorien 2 und 3 mit 50 (in ausgewählten Fällen bei lärmindernden Deckschichten 60) bis 80 km/h gewählt.

Als weitere Rahmenbedingungen wurden für die Ermittlung der Emissionsvariablen berücksichtigt:

Die Anpassung erfolgte ausschließlich für den Betrachtungsfall „lange gerade Straße“ also jenem Fall, für den die Emissionsdaten auch bei messtechnischer Erhebung gewonnen werden. Die Abweichungen bei Kurven ergeben sich in Zukunft ausschließlich aus der Anwendung des Verfahrens CNOSSOS-EU.

Die Anpassung der Emissionsvariablen wird entsprechend dem zitierten Leitfaden für eine unbeschleunigte und unverzögerte, also gleichbleibende Vorbeifahrt auf einer ebenen Fahrbahn ermittelt. Alle Abweichungen, welche sich in Zusammenhang mit hier geänderten Bedingungen ergeben, sind ausschließlich Richtlinie 2015/996 zuzurechnen, eine Anpassung des geänderten Emissionsverhaltens z. B. in Steigungen oder Gefällen bei den vorhandenen RVS Daten erfolgt nicht und wäre weder zulässig noch möglich.

Für die Berechnung der Variablen α (in den 8 Oktavbändern) und β wurde für die Fahrzeuge der Kategorie M3 (schwere LKW) nunmehr von einem Fahrzeugkollektiv mit 100 % lärmarmen LKW ausgegangen. Mit den daraus erhaltenen α - und β -Werten wiederum wurden die Schallleistungspegel nach Richtlinie 2015/996 unter Verwendung der Variablen A und B für die Kategorie M2 eingesetzt und daraus die längenbezogenen Schallleistungspegel berechnet und den korrespondierenden Werten aus RVS 04.02.11 (2009) gegenübergestellt. Dabei wurde für die RVS von einer 50/50 Verteilung von lärmarmen und nicht lärmarmen Fahrzeugen ausgegangen.

Die Emissionen nach RVS aus 2009 unterliegen keiner Einschränkung oder exakten Zuordnung zu einer bestimmten Temperatur. Lediglich aus dem Bereich der Transmissionsberechnung können Vorschlagswerte für Temperatur und Luftfeuchtigkeit abgeleitet werden. Nachdem die RVS 04.02.11 beschreibt, dass sich die Gesetzmäßigkeiten der Schallausbreitung auf ÖAL-Richtlinie Nr. 28 beziehen und bei Verwendung von Programmen diese Richtlinie anzuwenden ist, werden auch die in dieser Richtlinie angegebenen Konditionen verwendet. Für die österreichischen Klimaverhältnisse sind 10°C und 70% Luftfeuchtigkeit der Berechnung zu Grunde zu legen. Daraus folgend wird auch der Umkehrschluss nicht falsch sein, dass die Emissionsschallpegel für 10°C Gültigkeit haben. Für die Rückwärtsrechnung von den aus RVS abgeleiteten Schallleistungspegeln zu den Eingangsvariablen nach CNOSSOS wird von Umgebungsverhältnissen von 10°C ausgegangen.

Genauigkeit:

Für die beschriebenen Referenzbedingungen

- 10°C
- ebene Fahrbahn
- gleichförmige Bewegung (ohne Kreisverkehr, Kreuzung etc)
- lange gerade Straße

stimmen alle Emissionsschallpegel $L_{A,eq}^1$

- in jeder Fahrzeugkategorie
- in jedem optimierten Geschwindigkeitsniveau (in 10 km/h Schritten ab 50 / 60 km/h)
- bei jedem Fahrbahnbelag

in ihren absoluten Abweichungen auf < 0,5 dB genau überein, wobei die Abweichungen der Variablen α zu einem Minimum konvertiert.

Der Qualitätsrahmen in der Richtlinie legt zur Genauigkeit der Eingangswerte fest:

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

Mit dem verwendeten Anpassungsverfahren ist der Qualitätsrahmen mehr als erfüllt.

2.2. Ergebnistabellen der Umrechnung RVS 04.02.11 in CNOSSOS-EU Faktoren entsprechend Modifications to Annex II of Directive 2002/49/EC

PKW – optimierter Geschwindigkeitsbereich 50 – 130 km/h CNOSSOS Referenz M1

Zusammenfassung

PKW	L_f	K_v	α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
Asphaltbeton	48,8	20	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,7	-0,5	-0,1	0,0	-3,3
Offenporiger Asphalt	45,6	20,5	0,0	-0,1	-0,3	-1,3	-4,7	-3,8	-1,0	-0,1	-2,4
Lärmindernder Splittmastixasphalt	46,3	20,2	0,0	-0,1	-0,2	-0,9	-3,8	-3,1	-0,7	-0,1	-2,8
Splittmastixasphalt	49,8	18,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-4,9
Waschbeton	50,3	21,6	0,0	0,0	0,0	0,1	1,3	0,7	0,1	0,0	-1,0
Lärmindernder Waschbeton GK 8	49,1	20,9	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,1	0,0	0,0	-2,3

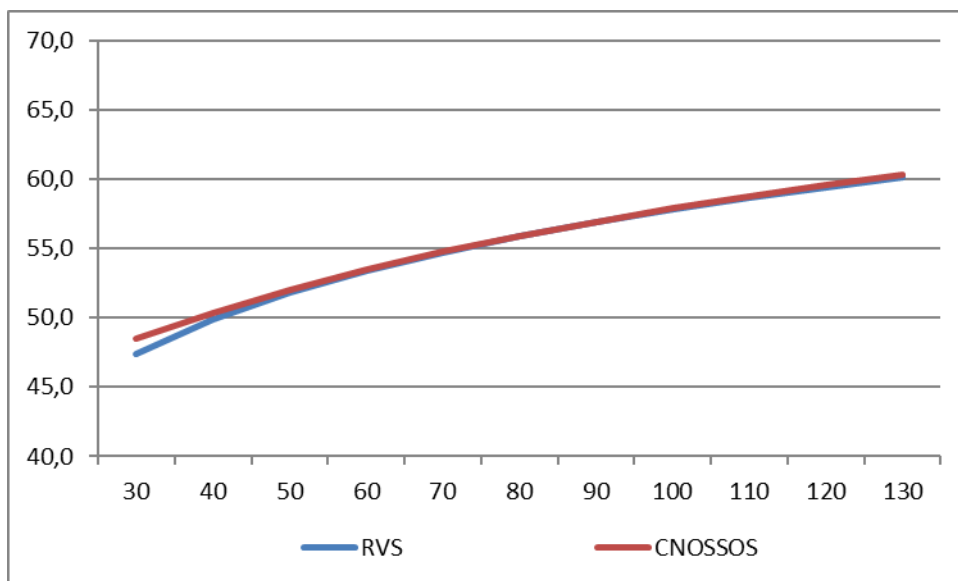
Die durch Optimierungsverfahren gewonnen Spektralkorrekturterme α sind zahlenmäßig klein. Damit ergeben sich Frequenzspektren, die nur wenig von europäischen Referenzwerten wie sie sich durch die A und B Werte für das Roll- und Antriebsgeräusch ergeben, unterscheiden. Die höchsten negativen Werte, welche einer Dämpfung entsprechen, beschränken sich auf die Oktavbänder um 1000 Hz und lärmindernde Beläge. Eine mögliche Dämpfung im niederfrequenten Bereich, die insbesondere im großen Abstand zu Straßen immer stärker ins Gewicht fällt, wird nicht angenommen.

PKW –CNOSSOS Referenz M1 - Asphaltbeton

L_F	K_V	α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
48,8	20	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,7	-0,5	-0,1	0,0	-3,3

v_m [km/h]	RVS	CNOSSOS	ΔL
30	47,4	48,5	-1,1
40	49,9	50,3	-0,5
50	51,8	52,0	-0,2
60	53,4	53,5	-0,1
70	54,7	54,8	0,0
80	55,9	55,9	0,0
90	56,9	56,9	0,0
100	57,8	57,9	-0,1
110	58,6	58,8	-0,1
120	59,4	59,6	-0,2
130	60,1	60,3	-0,2
		im Mittel	-0,2

Alle Pegelwerte in dB

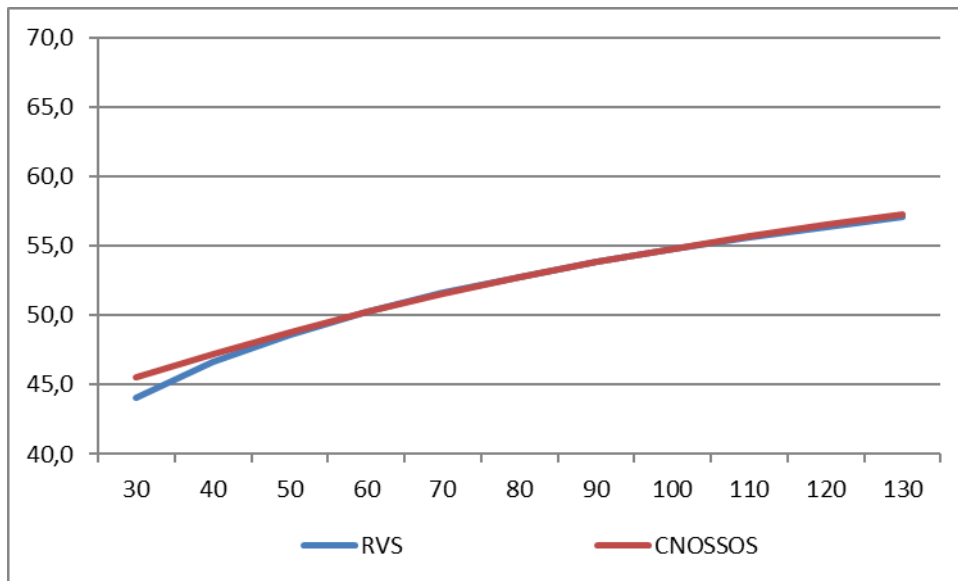


PKW –CNOSSOS Referenz M1 - Offenporiger Asphalt

L_F	K_V	α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
45,6	20,5	0,0	-0,1	-0,3	-1,3	-4,7	-3,8	-1,0	-0,1	-2,4

v_m [km/h]	RVS	CNOSSOS	ΔL
30	44,1	45,5	-1,4
40	46,6	47,2	-0,6
50	48,6	48,8	-0,2
60	50,2	50,3	0,0
70	51,6	51,6	0,0
80	52,8	52,8	0,0
90	53,8	53,8	0,0
100	54,8	54,8	0,0
110	55,6	55,7	-0,1
120	56,4	56,5	-0,1
130	57,1	57,3	-0,2
		im Mittel	-0,2

Alle Pegelwerte in dB

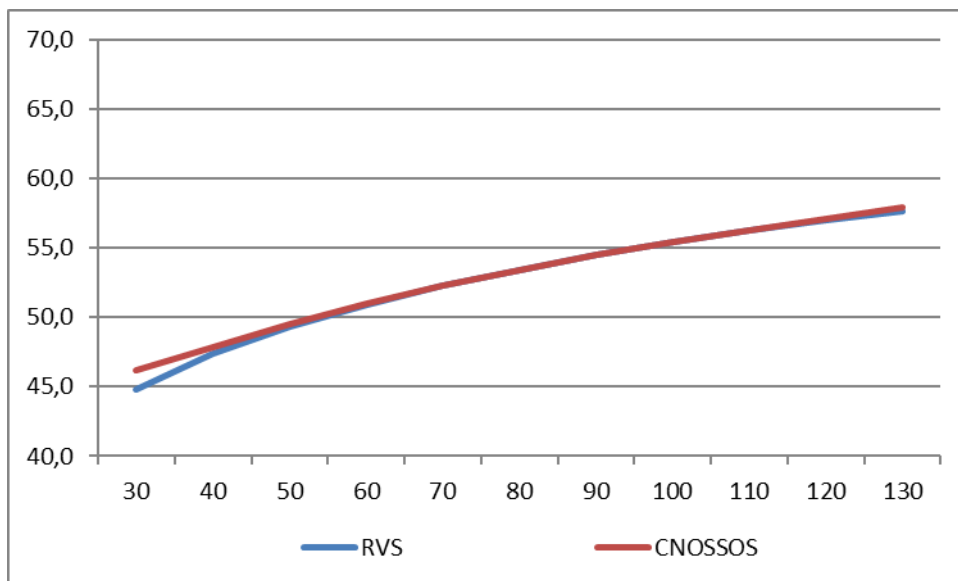


PKW –CNOSSOS Referenz M1 - Lärmindernder Splittmastixasphalt

L_F	K_V	α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
46,3	20,2	0,0	-0,1	-0,2	-0,9	-3,8	-3,1	-0,7	-0,1	-2,8

v_m [km/h]	RVS	CNOSSOS	ΔL
30	44,8	46,2	-1,4
40	47,3	47,9	-0,5
50	49,3	49,5	-0,2
60	50,9	50,9	0,0
70	52,3	52,2	0,0
80	53,4	53,4	0,0
90	54,5	54,5	0,0
100	55,4	55,4	0,0
110	56,2	56,3	-0,1
120	57,0	57,1	-0,1
130	57,7	57,9	-0,2
		im Mittel	-0,2

Alle Pegelwerte in dB

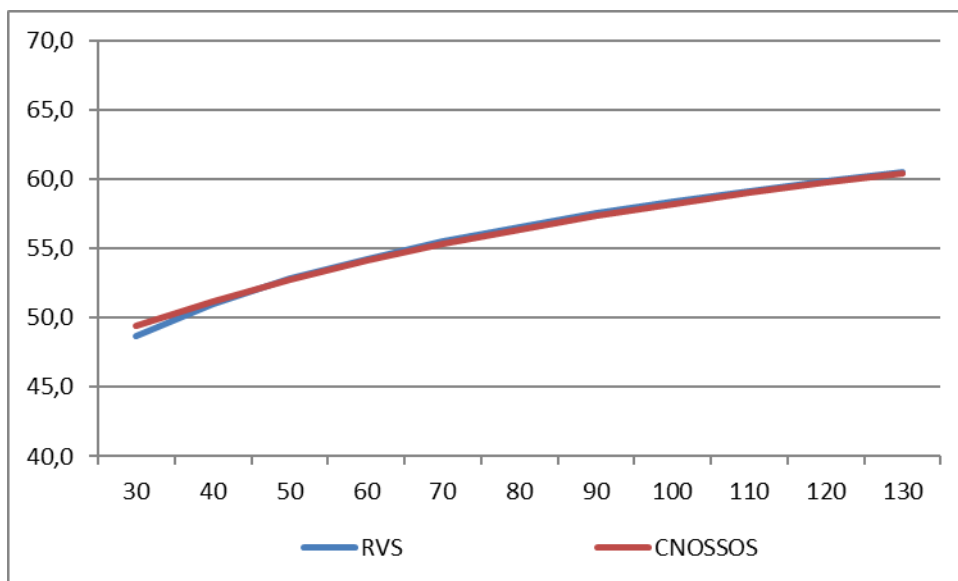


PKW –CNOSSOS Referenz M1 - Splittmastixasphalt

L_F	K_V	α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
49,8	18,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-4,9

v_m [km/h]	RVS	CNOSSOS	ΔL
30	48,7	49,4	-0,7
40	51,0	51,2	-0,2
50	52,8	52,7	0,1
60	54,3	54,1	0,2
70	55,5	55,3	0,2
80	56,6	56,4	0,2
90	57,5	57,3	0,2
100	58,4	58,2	0,2
110	59,1	59,0	0,1
120	59,8	59,8	0,1
130	60,5	60,4	0,0
		im Mittel	0,0

Alle Pegelwerte in dB

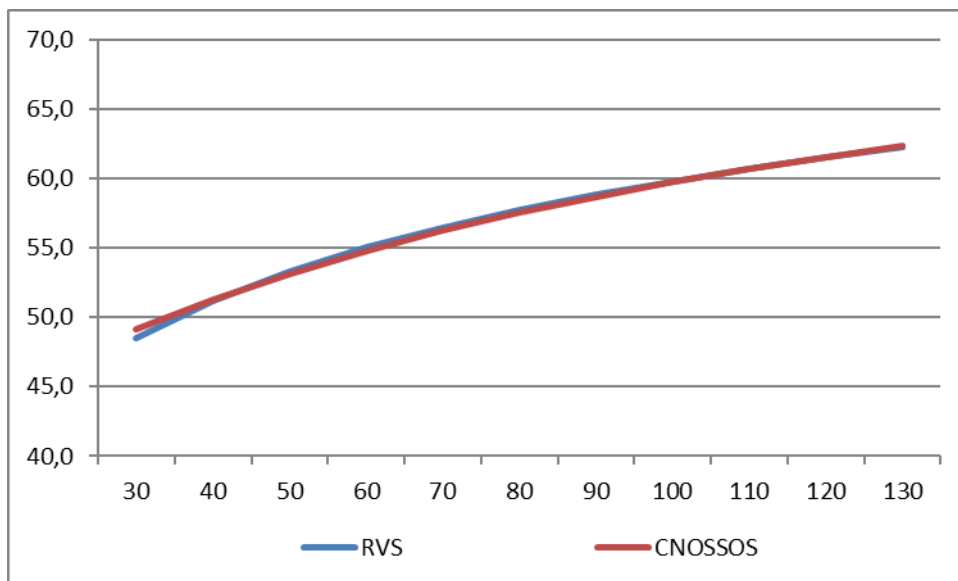


PKW –CNOSSOS Referenz M1 - Waschbeton

L_F	K_V	α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
50,3	21,6	0,0	0,0	0,0	0,1	1,3	0,7	0,1	0,0	-1,0

v_m [km/h]	RVS	CNOSSOS	ΔL
30	48,5	49,1	-0,6
40	51,2	51,3	-0,1
50	53,3	53,2	0,1
60	55,0	54,8	0,2
70	56,5	56,3	0,2
80	57,7	57,5	0,2
90	58,8	58,7	0,1
100	59,8	59,7	0,1
110	60,7	60,7	0,0
120	61,5	61,5	0,0
130	62,3	62,4	-0,1
		im Mittel	0,0

Alle Pegelwerte in dB

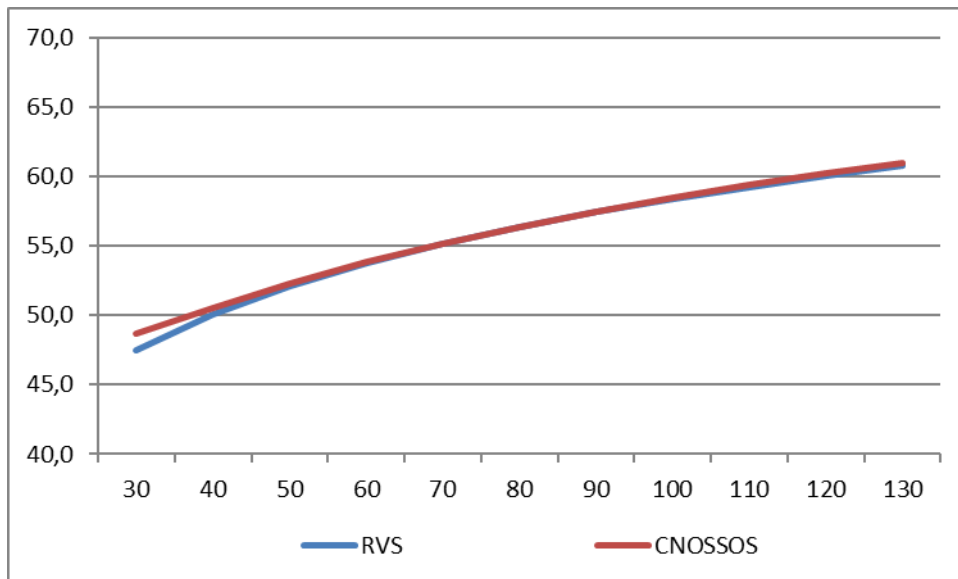


PKW –CNOSSOS Referenz M1 - Lärmindernder Waschbeton GK 8

L_F	K_V	α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
49,1	20,9	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,1	0,0	0,0	-2,3

v_m [km/h]	RVS	CNOSSOS	ΔL
30	47,5	48,6	-1,2
40	50,1	50,6	-0,5
50	52,1	52,3	-0,2
60	53,8	53,8	-0,1
70	55,2	55,2	0,0
80	56,4	56,4	0,0
90	57,4	57,5	0,0
100	58,4	58,5	-0,1
110	59,3	59,4	-0,1
120	60,0	60,2	-0,2
130	60,8	61,0	-0,2
		im Mittel	-0,2

Alle Pegelwerte in dB



LKW schwer– optimierter Geschwindigkeitsbereich bis 80 km/h CNOSSOS Referenz M3**RVS Werte für 100% lärmarme Fahrzeuge****Zusammenfassung**

schwere LKW 100 % lärmarm	L_F	K_V	α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
Asphaltbeton	58,3	15,9	0,0	0,0	0,0	0,9	3,3	0,5	0,1	0,0	0,0
Offenporiger Asphalt	53,2	17,6	-0,6	-1,2	-3,0	-5,4	-3,2	-2,1	-2,0	-0,3	2,1
Lärmmindernder Splittmastixasphalt	55,3	16,9	0,0	0,0	-0,2	-0,9	-1,6	-0,7	-0,2	0,0	0,0
Splittmastixasphalt	57,3	19,7	-0,2	0,0	0,0	-3,6	2,2	4,2	0,4	0,1	1,2
Waschbeton	57,8	16,0	0,0	0,0	0,0	-1,3	2,8	0,9	0,1	0,0	0,3
Lärmmindernder Waschbeton GK 8	56,0	21,4	-0,1	-0,2	-0,8	-2,4	1,0	1,5	0,2	0,0	0,6

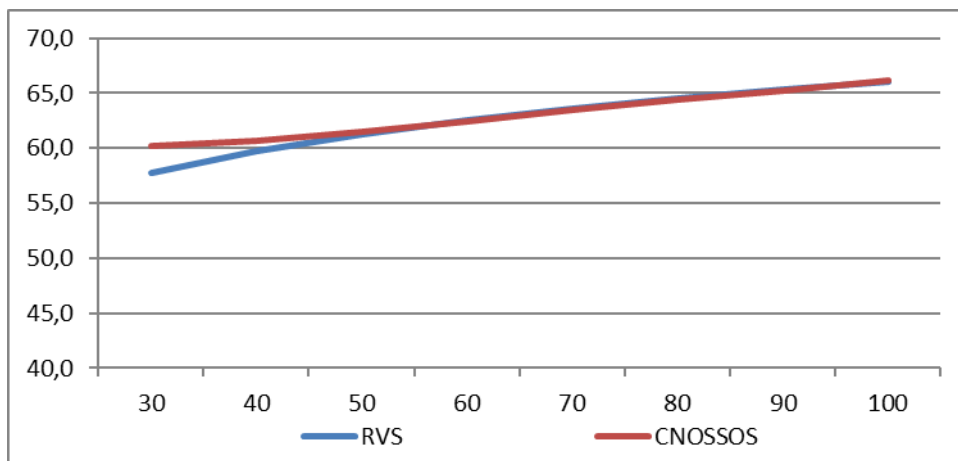
Im Gegensatz zu den PKW sind bei LKW Werten grundsätzlich höher Anpassungen notwendig, um die in Österreich teils höheren Emissionen von LKW auf bestimmten Deckschichten entsprechend genau abzubilden.

LKW schwer-CNOSSOS Referenz M3 - Asphaltbeton

L_F	K_V	α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
58,3	15,9	0,0	0,0	0,0	0,9	3,3	0,5	0,1	0,0	0,0

v_m [km/h]	RVS	CNOSSOS	ΔL
30	57,8	60,2	-2,4
40	59,8	60,7	-0,9
50	61,3	61,5	-0,2
60	62,6	62,4	0,1
70	63,6	63,4	0,2
80	64,5	64,4	0,2
90	65,4	65,3	0,1
100	66,1	66,1	0,0
		im Mittel	-0,4

Alle Pegelwerte in dB

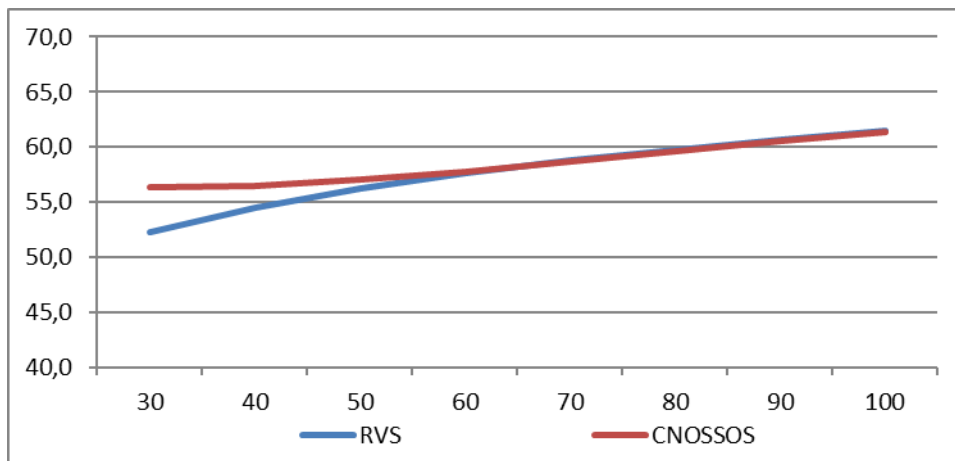


LKW schwer-CNOSSOS Referenz M3 - Offenporiger Asphalt

L_F	K_V	α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
53,2	17,6	-0,6	-1,2	-3,0	-5,4	-3,2	-2,1	-2,0	-0,3	2,1

v_m [km/h]	RVS	CNOSSOS	ΔL
30	52,3	56,4	-4,1
40	54,5	56,5	-2,0
50	56,2	57,0	-0,8
60	57,6	57,8	-0,2
70	58,8	58,7	0,1
80	59,8	59,6	0,2
90	60,7	60,5	0,2
100	61,5	61,4	0,1
		im Mittel	-0,8

Alle Pegelwerte in dB

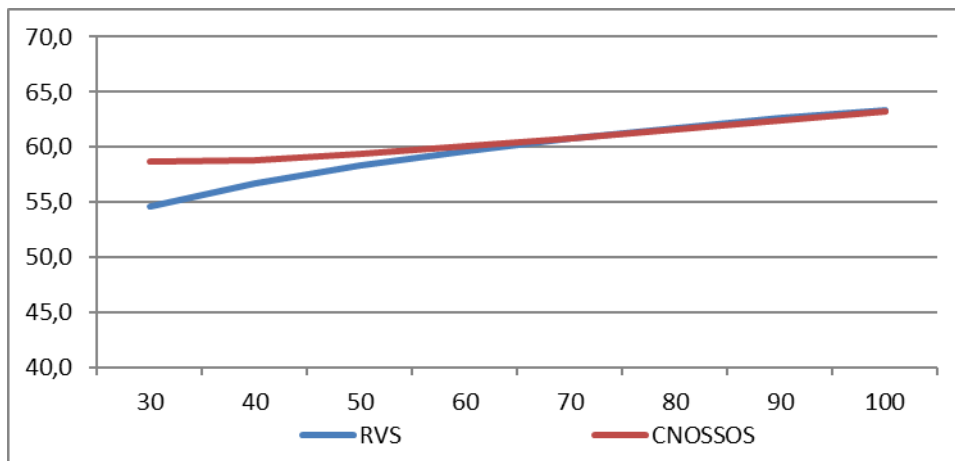


LKW schwer-CNOSSOS Referenz M3 - Lärmindernder Splittmastixasphalt

L_F	K_V	α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
55,3	16,9	0,0	0,0	-0,2	-0,9	-1,6	-0,7	-0,2	0,0	0,0

v_m [km/h]	RVS	CNOSSOS	ΔL
30	54,6	58,7	-4,1
40	56,7	58,8	-2,2
50	58,3	59,3	-1,0
60	59,6	60,0	-0,4
70	60,8	60,8	-0,1
80	61,7	61,6	0,1
90	62,6	62,4	0,2
100	63,4	63,2	0,2
		im Mittel	-0,9

Alle Pegelwerte in dB

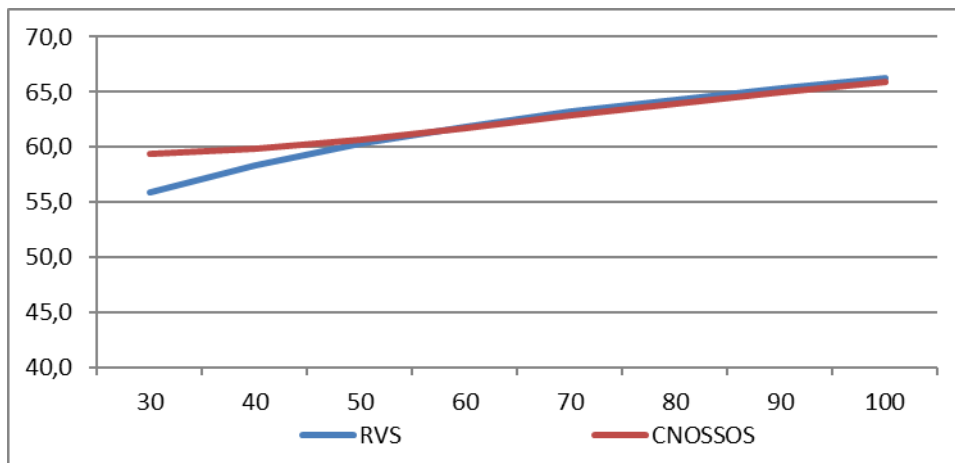


LKW schwer-CNOSSOS Referenz M3 - Splittmastixasphalt

L_F	K_V	α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
57,3	19,7	-0,2	0,0	0,0	-3,6	2,2	4,2	0,4	0,1	1,2

v_m [km/h]	RVS	CNOSSOS	ΔL
30	55,9	59,4	-3,4
40	58,4	59,8	-1,4
50	60,3	60,7	-0,4
60	61,9	61,8	0,1
70	63,2	62,8	0,3
80	64,3	63,9	0,4
90	65,3	64,9	0,4
100	66,2	65,9	0,3
		im Mittel	-0,5

Alle Pegelwerte in dB

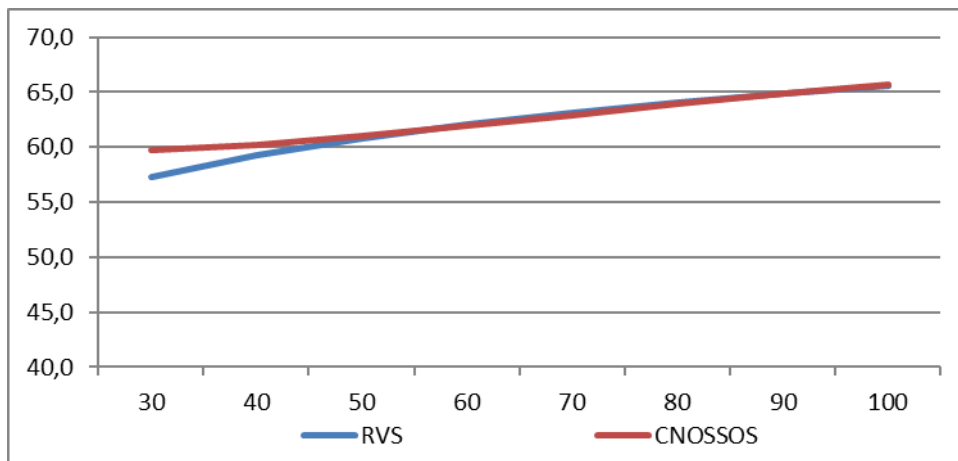


LKW schwer-CNOSSOS Referenz M3 - Waschbeton

L_F	K_V	α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
57,8	16	0,0	0,0	0,0	-1,3	2,8	0,9	0,1	0,0	0,3

v_m [km/h]	RVS	CNOSSOS	ΔL
30	57,3	59,8	-2,5
40	59,2	60,2	-0,9
50	60,8	61,0	-0,2
60	62,1	61,9	0,1
70	63,1	62,9	0,2
80	64,1	63,9	0,2
90	64,9	64,8	0,1
100	65,6	65,7	-0,1
		im Mittel	-0,4

Alle Pegelwerte in dB

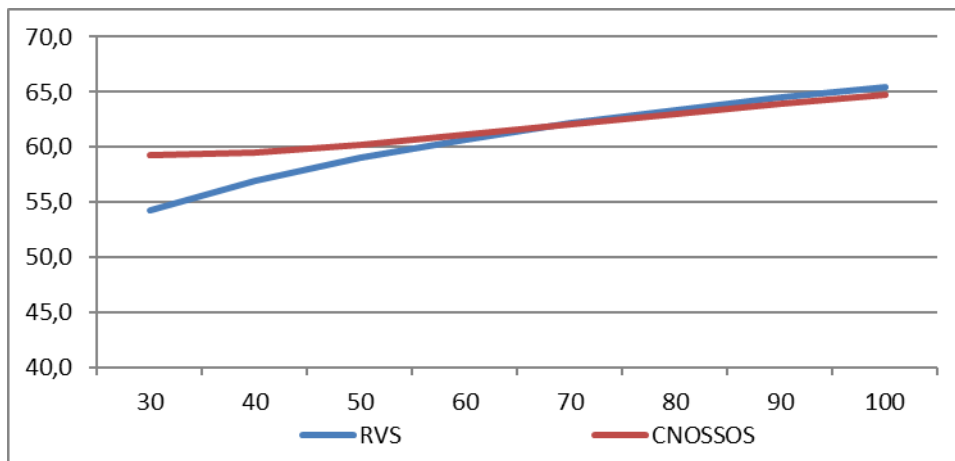


LKW schwer-CNOSSOS Referenz M3 - Lärmindernder Waschbeton GK 8

L_F	K_V	α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
56	21,4	-0,1	-0,2	-0,8	-2,4	1,0	1,5	0,2	0,0	0,6

v_m [km/h]	RVS	CNOSSOS	ΔL
30	54,3	59,3	-5,0
40	56,9	59,6	-2,6
50	59,0	60,2	-1,2
60	60,7	61,1	-0,4
70	62,1	62,0	0,1
80	63,4	63,0	0,4
90	64,5	63,9	0,6
100	65,4	64,8	0,7
		im Mittel	-0,9

Alle Pegelwerte in dB

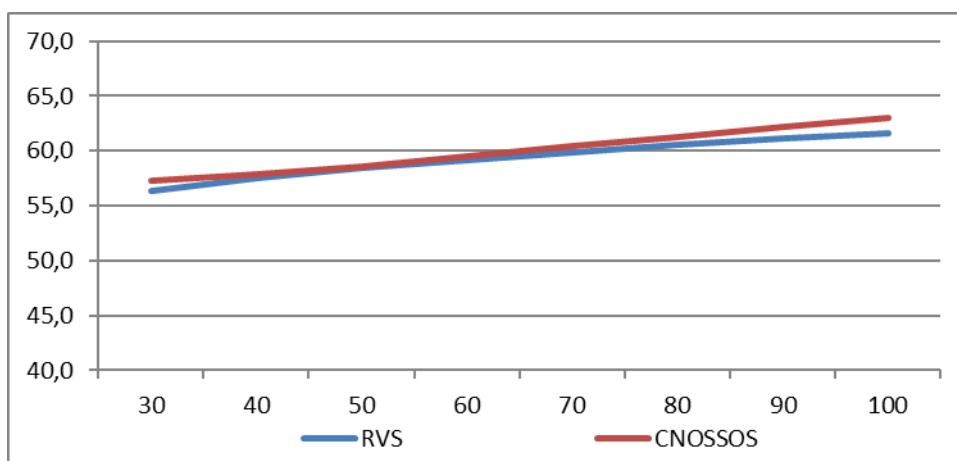


LKW leicht– Referenz M2**RVS Werte für 50/50 lärmarme/nicht lärmarme LKW im Vergleich zu CNOSSOS mit α und β aus M3**

LKW leicht– Referenz M2 - Asphaltbeton

v_m [km/h]	RVS	CNOSSOS	ΔL
30	56,3	57,3	-0,9
40	57,5	57,8	-0,3
50	58,5	58,6	-0,1
60	59,2	59,5	-0,3
70	59,9	60,4	-0,5
80	60,5	61,3	-0,8
90	61,1	62,1	-1,0
100	61,6	62,9	-1,4
		im Mittel	-0,7

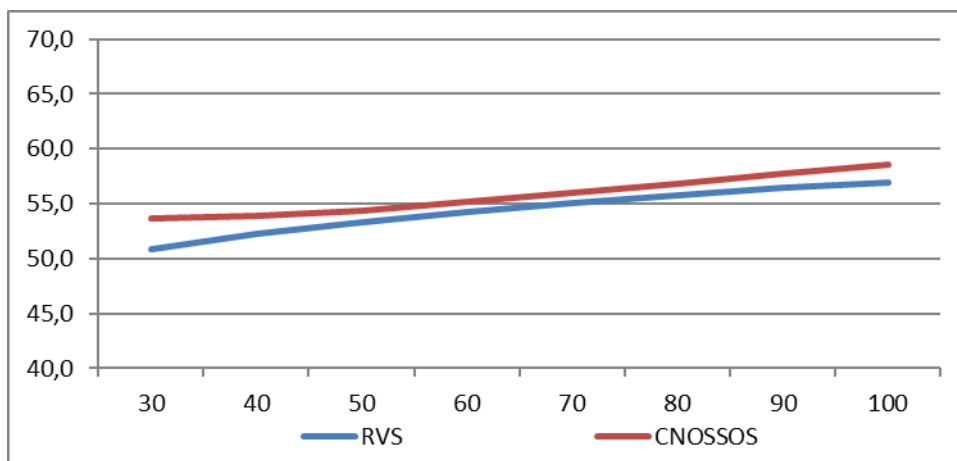
Alle Pegelwerte in dB



LKW leicht– Referenz M2 - Offenporiger Asphalt

v_m [km/h]	RVS	CNOSSOS	ΔL
30	50,9	53,7	-2,8
40	52,2	53,9	-1,7
50	53,4	54,4	-1,1
60	54,2	55,2	-0,9
70	55,1	56,0	-0,9
80	55,7	56,8	-1,1
90	56,4	57,7	-1,3
100	57,0	58,5	-1,6
		im Mittel	-1,4

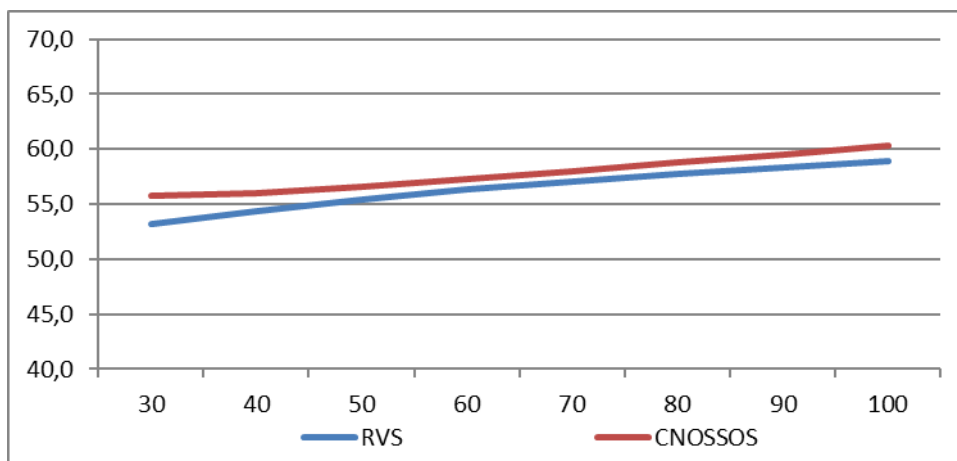
Alle Pegelwerte in dB



LKW leicht– Referenz M2 - Lärmindernder Splittmastixasphalt

v_m [km/h]	RVS	CNOSSOS	ΔL
30	53,1	55,8	-2,6
40	54,4	56,0	-1,6
50	55,5	56,5	-1,1
60	56,3	57,2	-0,9
70	57,1	58,0	-0,9
80	57,7	58,8	-1,0
90	58,4	59,5	-1,2
100	58,9	60,3	-1,4
		im Mittel	-1,3

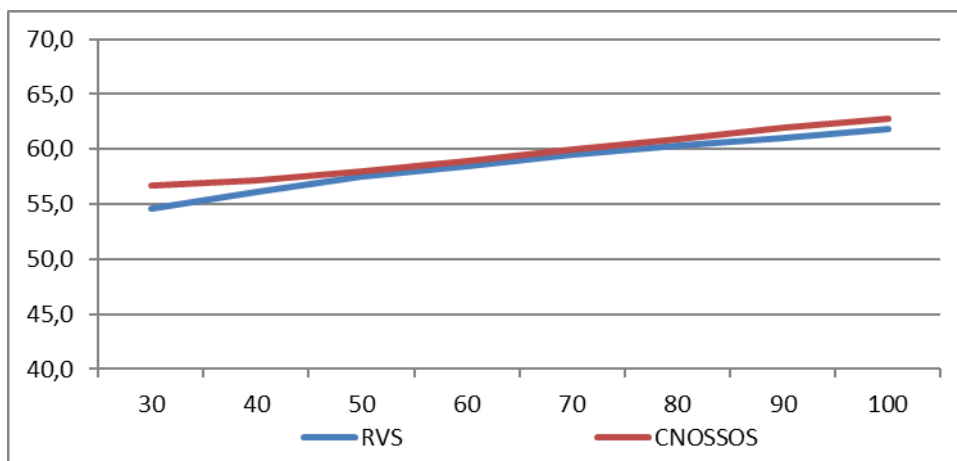
Alle Pegelwerte in dB



LKW leicht– Referenz M2 - Splittmastixasphalt

v_m [km/h]	RVS	CNOSSOS	ΔL
30	54,5	56,7	-2,1
40	56,1	57,2	-1,1
50	57,5	58,0	-0,5
60	58,5	59,0	-0,5
70	59,5	60,0	-0,5
80	60,3	61,0	-0,7
90	61,1	61,9	-0,8
100	61,8	62,8	-1,0
		im Mittel	-0,9

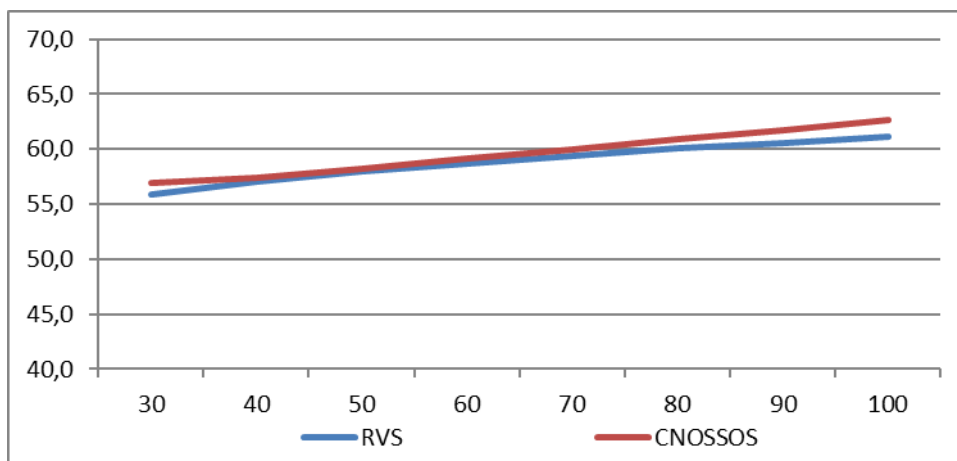
Alle Pegelwerte in dB



LKW leicht– Referenz M2 - Waschbeton

v_m [km/h]	RVS	CNOSSOS	ΔL
30	55,8	57,0	-1,1
40	57,0	57,4	-0,4
50	58,0	58,2	-0,2
60	58,7	59,1	-0,4
70	59,4	60,0	-0,6
80	60,0	60,9	-0,9
90	60,6	61,8	-1,2
100	61,2	62,6	-1,4
		im Mittel	-0,8

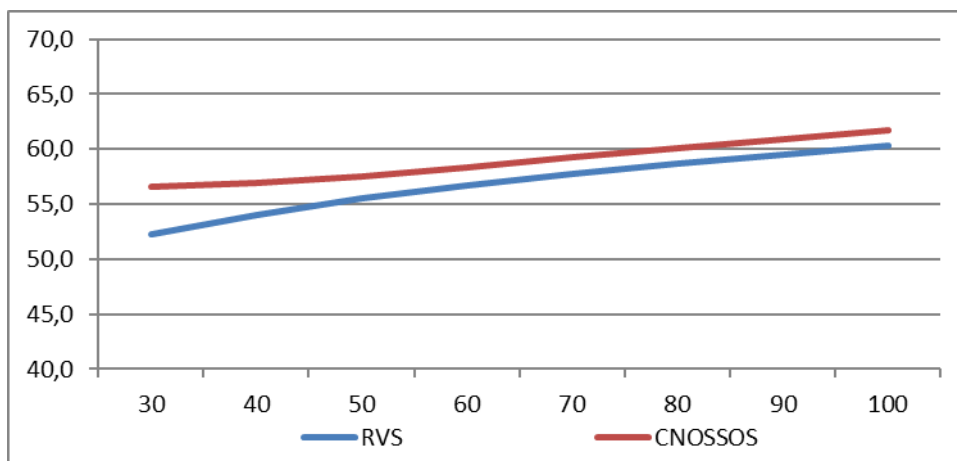
Alle Pegelwerte in dB



LKW leicht– Referenz M2 - Lärmindernder Waschbeton GK 8

v_m [km/h]	RVS	CNOSSOS	ΔL
30	52,2	56,5	-4,3
40	54,0	56,9	-2,9
50	55,5	57,5	-2,0
60	56,7	58,4	-1,7
70	57,8	59,2	-1,5
80	58,7	60,1	-1,4
90	59,6	61,0	-1,4
100	60,3	61,8	-1,5
		im Mittel	-2,1

Alle Pegelwerte in dB



3. Testbeispiele

Basierend auf den Eingangsdaten von Abschnitt 2 wurden die Schalleistungspegel für repräsentative Beispiele berechnet. Dabei wurden grundsätzlich jene Beispiele verwendet, welche bereits im Jahr 2018 für die RVS 04.02.11 Februar 2019 festgelegt wurden. Das Beispiel mit Waschbeton GK 11, für den auftragsgemäß keine Daten optimiert wurden, ist durch eine alternative Kombination ersetzt worden.

Eingabedaten										Ergebnis				
Maßgebende stündliche Verkehrsstärke (Q _m)					Maßgebende Geschwindigkeit (v _m)					Fahrbahndecke	Abstand zum Knoten		Längsneigung s	gerichtete längenbezogene Schalleistungspegel
[Kfz/h]					[km/h]						[m]			
Fahrzeugklassen (m)					Fahrzeugklassen (m)						Lichtzeitengereg. Kreuzung	Kreisverkehr	LW', Aeq, line	
1	2	3	4		1	2 oder 3	4							
			4a	4b			4a	4b						
3 000	50	260	0	20	130	80	-	130	Asphaltbeton	-	-	0	96,0	
3 000	50	260	0	20	100	60	-	100	Splittmastixasphalt	-	-	0	93,8	
3 000	50	260	0	20	130	80	-	130	lärmmindernder Splittmastix	-	-	0	93,6	
3 000	50	260	0	20	130	80	-	130	lärmmind. Waschbeton GK 8	-	-	0	96,4	
3 000	50	260	0	20	130	80	-	130	Splittmastixasphalt	-	-	3	96,3	
3 000	50	260	0	20	130	80	-	130	Waschbeton	-	-	-3	97,7	
2 000	40	180	0	12	100	80	-	100	Asphaltbeton	-	-	3	92,8	
800	30	50	2	15	100	80	45	100	Asphaltbeton	-	-	5	88,9	
800	30	50	2	15	100	80	45	100	Offenporiger Asphalt	-	-	-5	85,0	
500	20	30	1	9	80	80	45	80	Asphaltbeton	-	-	0	84,9	
500	20	30	1	9	80	80	45	80	Asphaltbeton	60	-	0	84,3	
500	20	30	1	9	80	60	45	80	Asphaltbeton	-	80	0	83,8	
500	20	30	7	7	50	50	45	50	Asphaltbeton	-	-	-7	82,0	
1 000	35	5	15	15	30	30	30	30	Asphaltbeton	-	-	6	80,5	

4. Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Anpassung der Spektralkorrekturterme für österreichische Deckschicht zeigen grundsätzlich eine gute Übereinstimmung mit aktuellen Werten nach RVS 04.02.11 aus 2009. Für PKW nach Fahrzeugkategorie M1 liegt die Übereinstimmung für alle Beläge im Geschwindigkeitsbereich von 50 km/h bis 130 km/h im Bereich $\leq 0,2$ dB. Bei Geschwindigkeiten kleiner 50 km/h ist eine Anpassung an die bisherige RVS nicht mehr gänzlich möglich. Hier treten immer stärker Antriebsgeräusche in den Vordergrund, für die zwar mittels optimierter Spektralkorrekturterme eine Dämpfung durch die Deckschicht berücksichtigt werden kann, diese jedoch größtmäßig im Gesamtkontext limitiert ist. Damit steigen die Emissionen von PKW unter 50 km/h gegenüber den bisherigen Berechnungen nach RVS 04.02.11 (2009) an und bleiben darüber innerhalb einer geringen Toleranz ident.

Der idente Effekt tritt grundsätzlich für schwere LKW der Kategorie M3 auf. Für Asphaltbeton bleibt eine Übereinstimmung von $\leq 0,2$ dB zur RVS aus 2009 im Bereich von 50 km/h bis 80 km/h erhalten. Insbesondere bei lärmindernden Belägen ergeben sich jedoch bereits ≤ 50 km/h deutlich höhere Emissionen als bisher prognostiziert wurden. Dies bedeutet letztlich ein geringeres Minderungspotential von lärmindernden Deckschichten im unteren Geschwindigkeitsbereich. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt liegen keine Untersuchungen der lärmindernden Wirkung von Deckschichten < 60 km/h vor, womit sich das ergebende Ergebnis als derzeit sicherste Überführung der bisherigen Emissionsparameter in das neue Verfahren darstellt.

Der Vergleich für mittelschwere Fahrzeuge der Kategorie M2 zeigt bei Verwendung der ermittelten Spektralkorrekturterme eine Erhöhung der Emission gegenüber dem bisherigen Verfahren. Diese ergibt sich unter der Annahme eines identen Deckschichtverhaltens für die Fahrzeugkategorien M2 und M3, aber die entsprechenden Unterschiede im Emissionsverhalten der Fahrzeugkollektive M2 und M3 auf dem Referenzbelag. Auch diese Ergebnisse können nicht durch entsprechende österreichische messtechnische Untersuchungen widerlegt werden, und liegen wiederum für die Ermittlung der Bestimmung von Lärmindizes auf der für Betroffenen sicheren Seite.

Die dargestellten Spektralkorrekturterme ermöglichen die Berechnung der A-bewerteten Langzeit-Dauerschallpegel nach ÖAL Richtlinie 28 zur Darstellung von Lärmindizes nach der europäischen Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG. Sie weisen nach dem vorliegenden Datenmaterial aus der RVS 04.02.11 2. Abänderung 2009 und den Emissionsfaktoren nach Anhang II der europäischen Richtlinie 2021 die höchste erreichbare Genauigkeit für die oktavbandweise Ausbreitungsberechnung nach ÖAL Richtlinie 28 auf. Nicht zulässig ist damit eine Beurteilung des konkreten Frequenzverlaufs von Vorbeifahrtspegeln konkreter Fahrzeugkategorien auf bestimmten Straßendeckschichten.

Literaturverzeichnis

- International Standard. 1993. *ISO 9613-1: Acoustics - Attenuation of Sound during Propagation Outdoors - Part 1: Calculation of the Absorption of Sound by the Atmosphere*. Vol. 1993. 1993-06-01.
- Kirisits, Christian, and Christoph Lechner. 2015. "Variations and Uncertainties Calculating Noise Indices Using the New Annex II Methods of the European Noise Directive." In *INTER-NOISE 2015 - 44th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering*. The Institute of Noise Control Engineering of the USA, Inc. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84947548002&partnerID=tZOtx3y1>.
- Kok, Arnaud, and Anette van Beek. 2019. "Amendments for CNOSSOS-EU, Descriptions of Issues and Proposed Solutions." Bilthoven, The Netherlands. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2019-0023>.
- Lechner, C., and C. Kirisits. 2016. "The Translation of the Austrian National Road Emission Data to the Revision of Annex II of the European Environmental Noise Directive 2002/49/EC." In *Proceedings of the INTER-NOISE 2016 - 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering: Towards a Quieter Future*. Hamburg.
- Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr. 2006. *RVS 04.02.11 Umweltschutz, Lärm Und Luftschadstoffe, Lärmschutz*. 2006-03-01.
- Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung. 1987. *ÖAL-Richtlinie Nr. 28 Schallabstrahlung Und Schallausbreitung*.
- . 2019. "ÖAL-Richtlinie Nr. 28: Berechnung Der Schallausbreitung Im Freien Und Zuweisung von Lärmpegeln Und Bewohnern Zu Gebäuden." Wien.
- "Rvs 04.02.11: Umweltschutz, Lärm Und Luftschadstoffe, Lärmschutz. 2. Abänderung." 2009. Wien.