

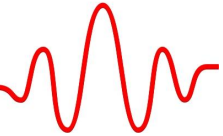


DIPL.-ING. DR.  
**KIRISITS**

INGENIEURKONSULENT FÜR TECHNISCHE PHYSIK

AKUSTIK - LÄRMSCHUTZ

MEDIZINPHYSIK



Technische Universität Wien  
Institut für Verkehrswissenschaften, Forschungsbereich für  
Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen




# Ermittlung von Eingangsparametern anhand des korrigierten Annex II der EU-Umgebungs- lärmrichtlinie zur Ermittlung von Schall- leistungspegeln für Schienenverkehrslärm im österreichischen Schienennetz

Autoren: Christian Kirisits, Thomas Maly

Wien, am 15. Oktober 2021

## Kurzzusammenfassung

im Auftrag

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

# Inhalt

1. Einleitung.....	3
2. Berechnung von Vorbeifahrtspegeln .....	5
3. Ergebnisse.....	7
4. Zusammenfassung.....	10
5. Literaturverzeichnis.....	11

## 1. Einleitung

Die europäische Kommission schreibt im aktualisierten Anhang II der europäischen Umgebungslärmrichtlinie (2002/49/EG) [1], welcher 2015 als Richtlinie (EU) 2015/996 veröffentlicht wurde [2], Berechnungsverfahren zur Ermittlung von Lärmindizes für Schienenverkehrslärm 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 und Bestandslärmsanierungen 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.

Der gegenwärtige Stand der Technik zur Berechnung von Schienenverkehrslärmimmissionen wird im Regelwerk ONR 305011 beschrieben [3]. Dieses enthält oktavbandweise Schalleistungspegel für die Schienenfahrzeuge im österreichischen Netz und für verschiedene Geschwindigkeiten. Die Schallausbreitung wird über die ÖNORM ISO 9613-2 geregelt [4].

Entsprechend der Richtlinie (EU) 2015/996 wurden diese Grundlagen für die Emission von österreichischen Schienenfahrzeugen auf dem österreichischen Schienennetz in ein RVE 04.01.02 Regelwerk übergeführt. Die europäische Richtlinie beinhaltet eine Reihe von Daten für unterschiedliche Oberbautypen, Radrauhheiten und Fahrzeugeigenschaften zur Berechnung von Schienenverkehrslärm. Diese sind nach dem Annex II (Richtlinie 2015/996/EU) der europäischen Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG jedenfalls bei der künftigen Lärmkartierung 2022 zu berücksichtigen und können sich auch zu einem Stand der Technik in Österreich etablieren.

Mit dem RIVM Letter report 2019-0023 (inkl. Erratum vom 22. August 2019) des niederländischen National Institute for Public Health and the Environment wurde eine Vielzahl von Änderungen der ursprünglichen Richtlinie vorgeschlagen [5]. Darauf folgte die delegierte Richtlinie (EU) 2021/1226 der Kommission vom 21. Dezember 2020 [6], mit der sich maßgebliche Eingangsparameter sowie Teile des Berechnungsverfahrens selbst änderten. Somit ist es notwendig, die Anpassung auf die österreichischen Schienenfahrzeuge und das österreichische durchschnittliche Netz neuerlich durchzuführen. Dazu sind insbesondere die tatsächlichen nationalen Verhältnisse der Schienenfahrzeuge, Oberbautypen und Zustände des durchschnittlichen österreichischen Schienennetzes konkret durch Eingangswerte für die Berechnung abzubilden.

Daher waren die vorliegenden Daten der verfügbaren österreichischen Regelwerke ONR 305011 und RVE 04.01.02 (aus 2019, jedoch aufgrund der europäischen Fehlerberichtigung zurückgezogen) mit jenen der neuen europäischen Grundlagendaten zu verknüpfen und mittels Grundlagenberechnungen neues Datenmaterial für die Prognose von Schienenverkehrslärmimmissionen in Österreich zu erarbeiten.

Nachdem sich die Definition von Ersatzschallquellen zwischen der österreichischen und der europäischen Richtlinie maßgeblich unterscheiden, ist ein direkter Vergleich und eine Anpassung der

Schalleistungspegel nicht möglich. Den einzelnen Schalleistungspegeln für Rollgeräusch, Traktion und Aerodynamik in 2 verschiedenen Höhen und mit ihren jeweiligen Abstrahlcharakteristiken steht in der ONR 305011 nur ein einzelner längenbezogener Schalleistungspegel gegenüber. Daher wurde als Referenzpunkt der Punkt A in 7,5 m Entfernung zur Schienenachse, wie er auch nach ÖNORM EN ISO 3095 definiert ist, verwendet [7]. Die Prämisse bestand darin, die in der europäischen Richtlinie tabellierten Eingangsparameter in solcher Art auszuwählen und zu kombinieren, um Emission, dargestellt im Referenzpunkt möglichst nahe zur ONR 305011 zu erhalten.

Die vorliegende Kurzzusammenfassung des vollständigen Ergebnisberichts beschränkt sich auf eine grobe Übersicht der angewandten Methoden und Detailergebnisse.

## 2. Berechnung von Vorbeifahrtspegeln

Die Berechnung von Vorbeifahrtspegeln nach den Regelwerken ON Regel 305011 [3] und ÖNORM ISO 9613-2 [4] erfolgte für verschiedene Zugkategorien und Fahrtgeschwindigkeiten mit dem Programm IMMI 2015 (Firma Wölfel, Würzburg, Deutschland). Beide Regelwerke als auch ihre Umsetzung im Berechnungsprogramm (derzeit IMMI 2021) blieben bis zum heutigen Datum unverändert. Zusätzlich zu Fahrzeugkategorie und Geschwindigkeit ist die jeweilige Fahrzeugs- bzw. Zuglänge von Bedeutung. Bei Zuglängen über 75 m ist nach der ONR 305011 das zugehörige Triebfahrzeug bei der Emissionsberechnung zu vernachlässigen. Die atmosphärische Dämpfung wurde für 10°C Lufttemperatur und 70 % relativer Luftfeuchtigkeit berücksichtigt, alle anderen Dämpfungsterme ergeben sich normgemäß nach ÖNORM ISO 9613-2.

Die Berechnungen zur Ermittlung der Schalleistungspegel und des Schalldruckpegels für eine Fahrzeugvorbeifahrt pro Stunde im identen Referenzpunkt für das neue Verfahren erfolgte mittels eigener Matlab Scripts (The Mathworks Inc, MA, USA). Entsprechend des Rechenmodells für das Rollgeräusch werden dabei in einem ersten Schritt Radrauheiten  $L_{r,veh}$  und Schienenrauheiten  $L_{r,tr}$  bandweise energetisch addiert. Zur Nachbildung der abschwächenden Wirkung kurzweiliger respektive höherfrequenter Anteile durch den Rad-Schiene Kontakt wird die Summenrauheit mit einem radlast- und raddurchmesserabhängigen Kontaktfilter  $A_3$  beaufschlagt, wodurch man die effektive Gesamtrauheit  $L_{r,tot}(\lambda)$  im Wellenlängenbereich erhält. Im Anschluss erfolgt die Transformation in den Frequenzbereich, die im Wesentlichen aus einer geschwindigkeitsabhängigen Umrechnung der Frequenzbänder in den Wellenlängenbereich und einer energieproportionalen Neuaufteilung der Bandpegeln besteht. Die resultierende, frequenzabhängige, effektive Gesamtrauheit  $L_{r,tot}(f)$  ist im Modell letztlich alleinig für die Schwingungsanregung des Rollgeräusches verantwortlich. Konkret ergeben sich die Schalleistungspegel für die verschiedenen Rollgeräuschquellen durch Addition der effektiven Gesamtrauheit in den einzelnen Terzbändern mit den jeweiligen Transferfunktionen für Gleis, Fahrzeug und Aufbauten, sowie der Achszahl der Fahrzeuge. Für Triebfahrzeuge werden die tabellierten Schalleistungspegel für die Quellen, welche das Traktionsgeräusch beschreiben, verwendet. Ab 200 km/h erfolgt die Berücksichtigung von aerodynamischen Geräuschen.

Für die anschließende Transmissionsberechnung erfolgt die Zusammenfassung der Terzbandpegel zu Oktavbandpegel für jede Ersatzschallquelle und die Berücksichtigung aller relevanten Dämpfungsterme entsprechend der Richtlinie. Dem ermittelten Schalldruckpegel im Referenzpunkt kann der bzgl. Pegelzeitstruktur idente Pegel (eine Vorbeifahrt pro Stunde) nach ONR 305011 direkt gegenübergestellt werden, wobei zur Beurteilung der Übereinstimmung Oktavbandspektren und A-bewertete Gesamtpegel herangezogen werden.

Das österreichische Regelwerk ONR 305011 beinhaltet längenbezogene Schalleistungspegel nach Fahrzeug bzw. Zuglänge, während die europäische Richtlinie die Schalleistung nach der Anzahl der Achsen bestimmt. Für die korrekte Überführung der Emissionswerte des längenbezogenen ins achsbezogene System mussten die entsprechenden tatsächlichen Fahrzeuglängen (nach ONR 305011) jenen in der Modellierung nach 2015/996 gegenübergestellt werden. Während dies für konkrete Reisezugwagen, Triebwagengarnituren und Lokomotiven aus den jeweiligen

Baureihenbeschreibungen klar ersichtlich ist, müssen für Güterwagen Annahmen getroffen werden. Die große Variation an Achsen zu Längen Verhältnissen wird durch einen einheitlichen Achsen-pro-Meter Wert (APL-Wert) von 0,21 beschrieben. Dies entspräche einem schalltechnisch definierten Wagen von 19 m Länge mit 4 Achsen.

Die Berechnungen erfolgen für verschiedene Eingangsparameter der europäischen Richtlinie. Die Auswahl jener Eingangsparameter, welche die schlüssigste Übereinstimmung mit den bisherigen Vorbeifahrtspegeln nach ONR 305011 ergeben, erfolgte iterativ. Im ersten Schritt erfolgte eine Berechnung auf Grundlage der Parameterauswahl nach der inzwischen zurückgezogenen RVE 04.01.02 aus 2019. Aufgrund der Änderungen an Kontaktfilter und Schienenrauheit ergaben sich eine allgemeine tendenzielle Senkung der A-bewerteten Gesamtpegel und damit geringere Pegel als nach ONR 305011. Um diesen Umstand zu beheben, können verschiedene Eingangsparameter variiert werden. Geprüft wurde der Einfluss von Schienenrauheit und Schienentransferfunktion für ein angenommenes durchschnittliches Netz in Österreich. Hier zeigte die Wahl von weichen anstelle von mittleren Zwischenlagen eine mögliche Pegelerhöhung. Beispielsweise führt diese Variation für den Zugtyp Railjet (100 kN Kontaktfilter) und 140 km/h zu einer Anhebung von 1,5 dB. Demgegenüber wirkt sich die Wahl der Schienenrauheit, die alternativ zum neuen Vorschlag der europäischen Richtlinie auch für die Grenzkurve nach EN ISO 3095 gewählt werden könnte, geringer aus.

Die Variation und Prüfung des Einflusses von Kontaktfilter und Fahrzeugtransferfunktion ergab einen dominanten Einfluss des Kontaktfilters. Nachdem die geänderte europäische Richtlinie in ihrer englischen Originalversion von Radlasten anstelle von Achslasten ausgeht, war es schlüssig die Kontaktfilterwahl zumindest größenordnungsmäßig an die tatsächlichen Radlasten der Schienenfahrzeuge anzupassen. Dafür scheint die Wahl von 50 kN Radlast plausibler gegenüber der bisherigen Wahl von 100 kN. Damit ergaben sich bereits gute Übereinstimmung mit den Werten nach ONR 305011 bzw. im Falle von Abweichungen schlüssige Zusammenhänge mit aktuellen Fahrzeugtypen. Von der Änderung der Wahl der Schienentransferfunktion von der „mittleren“ auf die „weiche“ Einstellung konnte somit Abstand genommen werden. Damit wird das österreichische Netz im Durchschnitt durch die Auswahl der Schienenrauheit für ein durchschnittliches Netz und „mittlere“ Zwischenlagen definiert. Dies ermöglicht allfällige Abweichungen für begründbare Situationen in einem Detailprojekt außerhalb der strategischen Lärmkartierung.

Die Parameter für Traktion für die österreichischen Fahrzeugtypen nach ONR 305011 erfolgte als Feinabstimmung unter Betrachtung der A-bewerteten Gesamtpegel und der zu vergleichenden Frequenzspektren.

### 3. Ergebnisse

Mithilfe der multidimensionalen manuellen iterativen Optimierung konnte ein eindeutiger Satz von Parametern für Schiene und Fahrzeug gefunden werden. Neben einer guten Übereinstimmung der A-bewerteten Gesamtpegel wurden die Spektren beachtet, sowie bei bekannten Abweichungen von Fahrzeugtypen gegenüber der Annahmen für die ältere ONR 305011 plausible Zusammenhänge hergestellt.

Nach der iterativen Variation der Eingangsparameter für verschiedene Fahrzeuge und Oberbauparameter werden letztere einheitlich wie folgt festgelegt:

- Gleis im Schotterbett
- Monoblock-Schwelle auf mittlerer Zwischenlage (250 to 800 MN/m dynamische Steifheit)
- Durchschnittliche Schienenrauheit
- keine Stoßgeräusche, keine Brückengeräusche, keine Kurvengeräusche

Damit ergeben sich folgende Ergebnisse für die einzelnen Fahrzeugkategorien:

#### **Reisezugwagen mit Klotz- oder kombinierter Bremse und Graugussbremsklotzsohlen**

Die Reisezugwagen mit Klotz- oder kombinierter Bremse und Graugussbremsklotzsohlen wurden zur Vollständigkeit betrachtet. Ein Versuch einer Optimierung ist entfallen, da dieser Zugtyp keine Relevanz im österreichischen Schienennetz aufweist. Mit den gewählten Parametern ergeben sich durchgehend geringere Prognosepegel. Im Falle eines Detailprojekts mit einem tatsächlich hohen Anteil dieser Wagenart sind schlüssige Annahmen und Vergleichsberechnungen evtl. unterstützt durch Messungen anzugeben. Es wird empfohlen diese Zugskategorie in einer künftigen RVE 04.01.02 Version nicht mehr aufzunehmen.

#### **Railjet Reisezüge mit Scheiben- oder kombinierter Bremse und K- oder L-Bremsklotzsohlen**

Für den in Österreich im Fernreiseverkehr bedeutenden Zugtyp Railjet wurde wegen des nicht vernachlässigbaren Anteils der Emission durch die Lokomotive ein gesamter Zug modelliert. Die Baureihe Taurus 1016/1116 (Siemens ES64U2) wird schalltechnisch als elektrische Lokomotive mit Scheibenbremsen, 1200 mm Raddurchmesser, 4 Achsen, 100 kN Kontaktfilter und entsprechender Traktion modelliert. Die daran hängenden 7 Wagen sind schalltechnisch Wagen mit Scheibenbremsen, 4 Achsen, 920 mm Raddurchmesser und zugehörigem 50 kN Kontaktfilter. Die ONR Werte beziehen sich normgemäß allerdings auf die Annahme eines Zuges mit korrekter Gesamtlänge, allerdings ohne explizite Berücksichtigung der Lokomotive und ihres Traktionsgeräusches. Der Vergleich zeigt mit steigender Geschwindigkeit eine schlechtere Übereinstimmung der neuen Werte mit jenen der ONR 305011. Dabei ist zu beachten, dass insbesondere die Werte der ON Regel über 200 km/h auf Extrapolationen beruhen, und daher dem europäischen Berechnungsmodell nicht auf gleicher Evidenzstufe gegenüberstehen. Daher wird die Optimierung im Bereich bis 140 km/h durchgeführt, während sich die Pegel für höhere Geschwindigkeiten dann entsprechend des europäischen Modells ergeben.

### **Nahverkehrstriebwagengarnituren der Baureihe 4020**

Die Schalleistungspegel für die Baureihe 4020 Triebwagengarnitur in den Datensätze der ONR 305011 beziehen sich auf Messungen vor dem Veröffentlichungsdatum. Da danach Veränderungen am Bremssystem erfolgten, ist für dieses Auslaufmodell keine gute Übereinstimmung mit bisherigen Daten zu erwarten. Daher erfolgten hinsichtlich Bauart plausible Annahmen zu Raddurchmesser und Kontaktfiler. Die Traktion wurde nach der in der europäischen Richtlinie verfügbaren Electric Multi Unit gewählt. Um ein zu starkes Absinken der prognostizieren Pegel zu vermeiden, wird für den Triebwagen eine Graugussbremse angenommen. Im Hinblick auf den auslaufenden Einsatz dieser Zugkategorie erfolgten keine weitergehenden Optimierungen.

### **Nahverkehrstriebwagengarnituren der Baureihe 4023**

Für die Nahverkehrstriebwagengarnitur der Baureihe 4023 mit 8 Achsen und Achsmuster B'2'2'B' ergibt sich eine durchgehend gute Übereinstimmung, insbesondere für den häufigen Fall einer nominellen Zuggeschwindigkeit von 100 km/h. Neben der Auswahl der tatsächlich eingebauten Scheibenbremsen erfolgt wieder die Wahl des Kontaktfilters von 50 kN (für 920 mm Raddurchmesser, da nicht für 840 mm verfügbar) aber mit kleinerem Raddurchmesser von 840 mm, um der tatsächlichen Bauart schalltechnisch näher zu kommen. Der Frequenzverlauf folgt grundsätzlich den für die ONR 305011 bestimmten Daten.

### **Dieseltriebwagen der Baureihe 5047**

Die prognostizierten Pegel für Fahrzeuge der Kategorie Diesel-Triebwagengarnituren Baureihe 5047 zeigen um bis zu -2 dB geringere Pegel als nach ONR 305011. Dabei wurde der Modellierung der elektrisch angetriebenen Triebwagengarnituren folgend, ein Kontaktfiler von 50 kN verwendet, da ein Abweichen davon nicht plausibel begründbar ist. Bei Geschwindigkeiten von <90 km/h besteht eine gute Übereinstimmung mit den bisherigen Werten.

### **Güterwagen mit Graugussbremsen**

Für die bisher wesentliche Zuggattung mit graugussgebremsten Güterwagen ergibt die Optimierung eine durchgehende Pegelerhöhung für alle Geschwindigkeiten. Dies ergab sich durch die Wahl eines Kontaktfilters für 50 kN Radlast. Die Annahme einer höheren Last und damit sinkender Pegelwerte ist unschlüssig, da in Österreich keine systematische Überschätzung von Schienenverkehrslärm im Nahbereich von Hochleistungsstrecken mit bisher hohem Anteil an Graugusswagen dokumentiert ist.

### **Güterwagen mit K- oder LL-Bremssklotzsohlen**

Die Datensätze für kombiniert gebremste Güterzüge aus der ONR 305011 bezogen sich auf einen alten technologischen Stand. Diese Daten ergaben gegenüber graugussgebremsten Wagen nur ~4 dB geringere Emissionen. Tatsächlich zeigen Bahnlärmmonitoringberichte [8] weitaus höheres Lärmreduktionspotential, auch wenn man neben den K-Sohlen LL-Sohlen in ein einheitliches Fahrzeugkollektiv „leiser“ Güterwagen inkludiert. Daher wird für die Festlegung zu K- und LL-Sohlen gebremsten Wagen der Kontaktfiler mit 50 kN ident zu Graugusswagen verwendet und die Radrauheit entsprechend der europäischen Vorgaben ausgetauscht. Damit ergeben sich



gegenüber der ON Regel zukünftig geringere Emissionen, aber im Hinblick auf den gegenwärtigen Stand der Technik nunmehr plausible Differenzen zwischen den beiden Güterwagenkategorien.

#### **Niederflurwagen (Rollende Landstraße – ROLA)**

Die Wagenkategorie Niederflurwagen der Rollenden Landstraße (ROLA) konnten innerhalb von 1 dB in das neue europäische System übergeführt werden. Wesentlich war dabei die Berücksichtigung des hohen Achsen zu Längenverhältnisses und scheidengebremsten, gegenüber anderen Fahrzeugen kleineren Rädern (nominal 680 mm).

#### **Elektrische Lokomotiven der Baureihe 1044**

Elektrische Lokomotiven der Baureihe 1044 konnten durch die Auswahl der größeren Raddurchmesser (1200 mm) und der auswählbaren europäischen Vorgabe für die Elektro-Lokomotiven Traktion gut gegenüber den Werten der ONR 305011 abgebildet werden. Für die Radrauheit sind Graugussbremsen angenommen.

#### **Elektrische Lokomotiven der Baureihe 1016**

Elektrische Lokomotiven der Baureihe 1016 lassen sich durch die Auswahl der größeren Raddurchmesser (1200 mm) und der europäischen Vorgabe für Traktion von Elektro-Lokomotiven Traktion ausgezeichnet mit den bisherigen Werten nach ONR 305011 vergleichen.

#### **Diesellokomotive der Baureihe 2016**

Die Herleitung der Eingangsdaten für Diesellokomotiven der Baureihe 2016 benötigt stärkere Abweichungen bei der Wahl der Traktion, als sich gegenüber einer Zuordnung rein nach Bauart ergeben würde. So zeigen sich bei niedrigen Geschwindigkeiten, mit einer Dominanz des Traktionsgeräusches, starke gegenüber der ONR 305011 erhöhte Werte. Letztlich zeigt die Wahl des Traktionsgeräusches nach der europäischen Vorgabe für Diesel Multi Unit die im A-Pegel als auch im Frequenzspektrum beste Übereinstimmung.

## 4. Zusammenfassung

Der Anhang II der europäischen Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG, veröffentlicht als europäische Richtlinie (EU) 2015/996 wurde durch die delegierte Richtlinie (EU) 2021/1226 weiter angepasst. Der Anhang II beinhaltet ein Verfahren zur Bestimmung von Emissionswerten für Schienenverkehrslärm, der in weiterer Folge zur Berechnung von Lärmindizes nach der Umgebungslärmrichtlinie verwendet werden kann. Durch die Auswahl aus einem in der Richtlinie tabellierten Satz an Eingangsparametern, können nationale Schienenfahrzeuge und Schienennetze definiert werden. Die Auswahl für Österreich erfolgte auf Basis der bisher bekannten, messtechnisch ermittelten Emissionen nach dem österreichischen Regelwerk ONR 305011 in Zusammenschau mit seit derer Veröffentlichung bekannten bautechnischen Veränderungen.

Für die aktuellen Baureihen von Fernreisezügen und Nahverkehrstriebwagengarnituren gelang eine gute Ableitung von Eingangsparametern des neuen Verfahrens und damit Vergleichbarkeit mit den bisher prognostizierten Emissionen nach ONR 305011.

Für graugussgebremste Güterwagen wird mit dem festgelegten Eingangswerten eine Pegelerhöhung, für Güterwagen mit K- oder LL-Bremsklotzsohlen eine Pegelreduktion gegenüber den bisherigen ON Regel Werten akzeptiert. Damit werden „laute“ graugussgebremste Güterwagen jedenfalls im Sinne des Lärmschutzes in ihrer Emission nicht vermindert, und die für den aktuellen Stand der Technik hinsichtlich „leisen“ Bremssystem bekannten Pegeldifferenzen auch im Prognoseverfahren umgesetzt. Durch die Wahl einer mit 50 kN plausiblen Radlast für Güterwagen ist auch eine Annahme getroffen worden, die den verschiedenen Ladungszuständen Rechnung trägt.

Für spezielle Typen von Lokomotiven oder in ihrer Bauart veränderte Fahrzeuge war eine Überführung der österreichischen Werte mit den Standarddatensätzen der europäischen Richtlinie nicht genau möglich. Hierzu wären zukünftig auch Messreihen notwendig, um die einzelnen Geräuschquellen, insbesondere Rollgeräusch und Antriebsgeräusch getrennt zu ermitteln.

Die Qualität der getroffenen Parameterauswahl hinsichtlich Prognosegenauigkeit genügt jedenfalls den Ansprüchen der Richtlinie 2015/996 für die strategische Lärmkartierung. In Weiterentwicklung der bisherigen ONR 305011 können damit Schallemissionen für ein durchschnittliches österreichisches Schienennetz und Schienenfahrzeuge ermittelt werden, die den Anforderungen zur darauf aufbauenden Berechnung von Lärmindizes nach RL 2002/49/EG genügen. Damit kann auch ein neuer Stand der Technik bzgl. Detaillärmschutzuntersuchungen und dafür zu berechnenden Beurteilungspegel von Schienenverkehrslärm definiert werden. Insbesondere für akustische Fahrzeug- oder Oberbaueigenschaften, die von den Standardeigenschaften signifikant abweichen (neue/geänderte Fahrzeugkategorien, Änderung der Oberbaukomponenten, zusätzliche Lärmschutzmaßnahmen an der Quelle, usw.), sind als Folge des gewählten Ansatzes zur Bestimmung der Eingangsparameter durch Anpassung an die Emissionen der ON Regel, keine gesicherten Aussagen erzielbar. Gerade für die Aufrechterhaltung eines aktuellen Stands der Technik bei Detaillärmschutzuntersuchungen bedarf es daher einer fortwährenden Weiterentwicklung und Adaption für Rechenverfahrens und der Eingangsparameter.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften. Richtlinie 2002/49/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm. 2002.
- [2] Richtlinie (EU) 2015/996 der Kommission vom 19. Mai 2015 zur Festlegung gemeinsamer Lärmbewertungsmethoden gemäß der Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates; Amtsblatt der Europäischen Union L 168/1. n.d.
- [3] ONR 305011: Berechnung der Schallimmission durch Schienenverkehr — Zugverkehr, Verschub- und Umschlagbetrieb. 2009-11-15; 2009.
- [4] ÖNORM. ISO 9613-2: Akustik — Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren. vol. 12. 2008-07-01; 2008.
- [5] Kok A, van Beek A. Amendments for CNOSSOS-EU, Descriptions of issues and proposed solutions. Bilthoven, The Netherlands: 2019. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2019-0023>.
- [6] Delegierte Richtlinie (EU) 2021/1226 der Kommission vom 21. Dezember 2020 zur Änderung des Anhangs II der Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich gemeinsamer Methoden zur Lärmbewertung zwecks Anpassung an den wissenschaftl. 2021.
- [7] ÖNORM EN ISO 3095: Akustik - Bahnanwendungen - Messung der Geräuschemission von spurgebundenen Fahrzeugen. 2014-12-15; 2014.
- [8] Bundesamt für Verkehr BAV. Monitoring Eisenbahnlärm. Bern: 2019.