

TEXTE

19/2017

Strategien zur effektiven Minderung des Schienengüter- verkehrslärms

Endbericht

TEXTE 19/2017

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl 3712 54 100
UBA-FB 002409

Strategien zur effektiven Minderung des Schienengüterverkehrslärms

von

Kay Mitusch, Christoph Gipp, Andreas Brenck
IGES Institut GmbH

Markus Hecht, Gernoth Götz; Sascha Liebing
Technische Universität Berlin, Fachgebiet Schienenfahrzeuge

Thomas Siefer, Christina Jakob, Matthias Jelinski
IVE Ingenieurgesellschaft für Verkehrs- und Eisenbahnwesen mbH

Eckhard Pache, Maike Richtert

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de
 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

IGES Institut GmbH
Friedrichstraße 180
10117 Berlin

TU Berlin, Fachgebiet Schienenfahrzeuge
Schr. SG 14
Salzufer 17 – 19
10587 Berlin

Ingenieurgesellschaft für Verkehrs- und Eisenbahnwesen mbH (IVE mbH)
Lützerodestraße 10
30161 Hannover

Abschlussdatum:

Juli 2016

Redaktion:

Fachgebiet I 3.3 Lärminderung im Verkehr
Percy Appel

Publikationen als pdf:
<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, März 2017

Das diesem Bericht zu Grunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit unter der Forschungskennzahl 3712 54 100 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Zur Minderung des Schienengüterverkehrslärms bildet zurzeit die Beseitigung der GG-Bremssohlen von in Deutschland verkehrenden Eisenbahngüterwagen einen Schwerpunkt. Bis 2020 soll diese wichtige Maßnahme abgeschlossen sein. Doch auch danach wird es noch weitere Notwendigkeit zur Lärm-minderung geben. Die vorliegende Studie untersucht daher weitergehende technische Maßnahmen zur Lärmreduzierung und politische Instrumente zur Durchsetzung solcher Maßnahmen. Hierzu werden Maßnahmen an der Infrastruktur, an den Lokomotiven und – im Fokus der Studie – weitere Maßnahmen am Wagen vorgestellt. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die Politik nach der Beseitigung der GG-Sohle (Ziel A) insbesondere beim Wagenaltbestand die Umsetzung einer Vielzahl kleinerer technischer Maßnahmen mit moderatem Lärm-minderungspotenzial verfolgen sollte (Ziel B). Für Neuwagen sollte die Ausstattung mit Scheibenbremsen und lärm-mindernden Radbauformen zum Standard werden (Ziel C). Das Instrument zur Erreichung dieser Ziele sollte ein fortgeführtes und nach Stärke der Lärmemission ausdifferenziertes lärmabhängiges Trassenpreissystem sein, grundsätzlich in einer unsubventionierten Form. Zusätzliche finanzielle Förderung könnte der Bund in Form der Wagenhalterboni für neue scheibengebremsste Wagen oder einer „Abwrackprämie“ zur Verfügung stellen. Daneben ist zur Ergebnisüberwachung ein unabhängiges Lärm-Monitoring-System aufzubauen, welches in der Studie in seinen Grundsätzen entworfen wird.

Abstract

A major instrument of German noise policy towards rail freight is the substitution of cast-iron brake blocks by composite brake blocks. This is expected to be finished by 2020. But even then, rail freight noise will remain on the political agenda. Accordingly, this study concentrates on additional technical measures to further reduce rail freight noise and policies to promote their adoption: solutions for infrastructure, locomotives and – in the focus of this study - freight waggons. The study indicates that, when cast-iron brake blocks have been removed (political goal A), a number of technical measures - often with a smaller reduction potential but also with lower costs - should be used to retrofit the existing freight fleet (goal B). New wagons should be equipped with disc brakes and new wheel profile designs (goal C). To encourage the adoption of the multiple technical measures, the study recommends to continue the use of noise-differentiated track access charges and to base differentiations on emission classes. While the access charges system should primarily not entail public subsidies, financial support could be implemented in form of bonus payments or a car-scraping scheme. Additionally, an independent noise monitoring system - as outlined in this study - is a necessary prerequisite.

Inhaltsübersicht

1	Zusammenfassung.....	1
2	Summary	15
3	Einleitung.....	24
Teil 1: Schienengüterverkehr, Lärm und Optionen der Lärminderung aus technischer und kostenorientierter Sicht.....		
		26
4	Schienengüterverkehr – Entwicklung und Organisation	27
5	Lärmbelastung durch Schienengüterverkehr	55
6	Technische Maßnahmen zur Lärminderung: Nutzen und Kosten	70
7	Lärmindernde Maßnahmen und Instandhaltungsprozesse	129
8	Kosten des Schienengüterverkehrs und lärmindernder Maßnahmen.....	146
Teil 2: Politische Handlungsalternativen zur Lärminderung.....		
		163
9	Monitoring des Schienenverkehrslärms in Deutschland	164
10	Nationale und internationale politische Instrumente und Initiativen zur Minderung des SGV-Lärms	193
11	Politische Ziele und Instrumente der Lärminderung: Diskussion aus ökonomischer Sicht.....	209
12	Rechtliche Vorgaben und Möglichkeiten zur effektiven Minderung des Schienengüterverkehrslärms	250
13	Empfehlungen	289
14	Fazit.....	304
15	Quellenverzeichnis.....	307
16	Anhang	323

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Abkürzungen

1	Zusammenfassung.....	1
2	Summary	15
3	Einleitung.....	24
Teil 1: Schienengüterverkehr, Lärm und Optionen der Lärminderung aus technischer und kostenorientierter Sicht.....		26
4	Schienengüterverkehr – Entwicklung und Organisation.....	27
4.1	Schienengüterverkehr in Deutschland	27
4.1.1	Transportaufkommen und –leistung 1998-2014.....	27
4.1.2	Prognosen zur Entwicklung des SGV	34
4.1.3	Räumliche Verteilung.....	38
4.1.4	Der Schienengüterverkehrsmarkt	44
4.2	Organisation und Statistik des Güterwagenmarktes	48
4.2.1	Organisation.....	48
4.2.2	Daten und Fakten zum Güterwagenmarkt	51
5	Lärmbelastung durch Schienengüterverkehr.....	55
5.1	Grundlagen der Lärmentstehung und Lärmmessung	55
5.2	Schienengüterverkehrslärm in Deutschland	65
6	Technische Maßnahmen zur Lärminderung: Nutzen und Kosten	70
6.1	Überblick: Ansatzpunkte.....	70
6.2	Schadhafte Stellen an Rad und Schiene.....	71
6.3	Technische Maßnahmen am Wagen.....	72
6.3.1	Radschallabsorber	74
6.3.2	Hypno@damping System	76
6.3.3	Schallschürzen am Drehgestell, ggf. mit niedrigen Schallschutzwänden	77
6.3.4	Schallschürzen am Radsatz.....	80
6.3.5	Beschichtete Radsätze	82
6.3.6	Beschichtete Drehgestelle	83
6.3.7	Viskoelastische Federung.....	85
6.3.8	Kunststoffbuchsen im Bremsgestänge.....	86

6.3.9	Kleinere Räder für Güterwagendrehgestelle.....	87
6.3.10	Kompakte Klotzbremseinheit (CFCB)	89
6.3.11	Scheibenbremsen.....	92
6.3.12	Lärmoptimierte Radbauformen.....	95
6.4	Technische Maßnahmen an der Lokomotive.....	98
6.4.1	Absorberjalousien am Kühlluft einlass und -auslass	99
6.4.2	Schraubenkompressor.....	100
6.4.3	Optimierte Schaufelform des Kühlerlüfters.....	101
6.4.4	Spiralschalldämpfer.....	101
6.4.5	Lärmoptimierte Getriebe.....	102
6.4.6	Optimierung der Umrichterlagerung.....	103
6.5	Technische Maßnahmen an der Infrastruktur	103
6.5.1	Besonders überwacht es Gleis.....	104
6.5.2	Hochgeschwindigkeitsschleifen.....	105
6.5.3	Schwellenbesohlung.....	106
6.5.4	Schallschutzwand, Beton, 6 m hoch	108
6.5.5	Gabionenwand	109
6.5.6	Niedrige Schallschutzwand.....	110
6.5.7	Schienenstegdämpfer.....	113
6.5.8	Schienenstegabschirmung	114
6.5.9	Schienenschmieranlagen.....	115
6.5.10	Reibmodifikation.....	116
6.6	Zusammenschau und Bewertung der Einzelmaßnahmen.....	117
6.7	Kombination von Maßnahmen	123
7	Lärmmindernde Maßnahmen und Instandhaltungsprozesse	129
7.1	Begriffliche Definitionen der Instandhaltung.....	129
7.2	Die Güterwageninstandhaltung.....	131
7.3	Analyse des Instandhaltungsleitfadens des VPI	133
7.3.1	Vollständige und einfache Revision nach VPI-Leitfaden	133
7.3.2	Prozess und Zeitbedarf der vollständigen Revision	136
7.4	Durchführung von Lärmminderungsmaßnahmen im Rahmen der regelmäßigen Instandhaltung.....	140
7.4.1	Nachrüstung Radsätze (vollständige Revision)	140

7.4.2	Nachrüstung Drehgestellrahmen (vollständige Revision)	142
7.4.3	Nachrüstungen am Güterwagen (einfache Revision)	144
7.5	Zwischenfazit	145
8	Kosten des Schienengüterverkehrs und lärmmindernder Maßnahmen	146
8.1	Überblick zu den Kosten des SGV	146
8.2	Kosten unterschiedlicher Produktionssysteme im SGV	148
8.3	Kosteneffekte von Maßnahmen zur Lärminderung	158
8.4	Konsequenzen für die Wettbewerbsposition	161
Teil 2: Politische Handlungsalternativen zur Lärminderung		163
9	Monitoring des Schienenverkehrslärms in Deutschland	164
9.1	Monitoringstationen in der Schweiz	164
9.1.1	Konzept und Finanzierung der Monitoringstationen	164
9.1.2	Datenerfassung	166
9.2	Monitoringstationen in Österreich	172
9.2.1	Messparameter	172
9.2.2	Konfiguration des Messsystems	173
9.2.3	Fahrzeugerkennung	174
9.3	Messungen und Monitoring des Schienenverkehrslärms in Deutschland	174
9.4	Konzept-Bausteine für ein Monitoringsystem in Deutschland	178
9.4.1	Mögliche Zielsetzungen und rechtlicher Rahmen	179
9.4.2	Technische Randbedingungen	182
9.4.3	Verfahren und Organisation	182
9.4.4	Ableitung technischer Anforderungen	183
9.5	Grobkonzeption für ein fahrwegseitiges Monitoringsystem	187
9.5.1	Erforderliche Messstellen im Eisenbahnnetz	187
9.5.2	Kostenhochrechnung für das Monitoringsystem	190
10	Nationale und internationale politische Instrumente und Initiativen zur Minderung des SGV-Lärms	193
10.1	Überblick über bisherige politische Instrumente zur Lärminderung in Deutschland	193
10.2	Das deutsche Anreizsystem aus lärmabhängigem Trassenpreissystem und Wagenhalterboni	197
10.3	Die Übereinkunft zwischen Bund, Bahnbranche und Bürgerinitiativen vom März 2016	200
10.4	Entwicklungen im europäischen Ausland	203

10.5	Entwicklungen auf EU-Ebene	205
11	Politische Ziele und Instrumente der Lärminderung: Diskussion aus ökonomischer Sicht.....	209
11.1	Politische Ziele der Lärminderung angesichts der technischen Möglichkeiten.....	209
11.2	Anforderungen an die politischen Instrumente zur Erreichung der unterschiedlichen politischen Ziele.....	213
11.2.1	Anforderungen an politische Instrumente zum Ersatz der GG-Sohlen am Wagenaltbestand	213
11.2.2	Anforderungen an politische Instrumente für weitere technische Maßnahmen am Wagenbestand	214
11.2.3	Anforderungen an politische Instrumente zur Durchsetzung der Scheibenbremse und lärmoptimierter Radbauformen bei Wagenneubeschaffungen	216
11.2.4	Zusammenfassung der Anforderungen an die politischen Instrumente.....	216
11.3	Eignung der unterschiedlichen politischen Instrumente aus ökonomischer Sicht	220
11.3.1	Potenziale und Probleme einer pauschalen Direktförderung.....	221
11.3.2	Potenziale und Probleme lärmabhängiger Trassenpreissysteme und laufleistungsabhängiger Boni.....	224
11.3.3	Potenziale und Probleme ordnungsrechtlicher Instrumente.....	239
12	Rechtliche Vorgaben und Möglichkeiten zur effektiven Minderung des Schienengüterverkehrslärms	250
12.1	Durchsetzung der Umrüstung der Bestandsgüterwagen auf die LL-Sohle	251
12.1.1	Finanzielle Förderung der Umrüstung auf LL-Sohle.....	251
12.1.2	Änderung der lärmbezogenen technischen Anforderungen an Güterwagen	271
12.1.3	Ordnungsrechtliche Instrumente.....	273
12.1.4	Generelles Verbot des Netzzugangs für nicht auf LL-Sohlen umgerüstete Güterwagen.....	280
12.2	Weitergehende Lärmreduktion.....	280
12.2.1	Finanzielle Förderung einer weitergehenden Lärmreduktion	281
12.2.2	Änderung der lärmbezogenen technischen Anforderungen an Güterwagen	283
12.2.3	Künftiger Einsatz ordnungsrechtlicher Instrumente.....	283
12.2.4	Verbot des Netzzugangs.....	284
12.3	Ergebnis: Kombination unterschiedlich gearteter und auf unterschiedliche Ziele ausgerichteter Ansätze und Instrumente.....	285
12.3.1	Unmittelbare finanzielle Förderung	285
12.3.2	Förderung im Rahmen eines lärmabhängigen Trassenpreissystems.....	286
12.3.3	Änderung der lärmbezogenen technischen Anforderungen an Güterwagen	286

12.3.4	Ordnungsrecht	287
12.3.5	Verbot des Netzzugangs.....	287
13	Empfehlungen	289
13.1	Empfehlungen zu den politischen Zielen und Instrumenten zur Durchsetzung lärmreduzierender Maßnahmen am Wagen.....	290
13.2	Empfehlungen zur Weiterentwicklung des laTPS und der EU Durchführungsverordnung 2015/429	297
13.3	Empfehlungen für ein Monitoringsystem	303
14	Fazit.....	304
15	Quellenverzeichnis.....	307
16	Anhang	323
16.1	Schätzungen zu den Kosten und dem Lärminderungspotenzial der technischen Maßnahmen	323
16.2	Laufleistungsabhängige LCC für CFCB, Scheibenbremse und K-Sohle.....	328
16.3	Grafische Darstellung der Instandhaltungsprozesse.....	331
16.4	Daten zu Kosten und Wettbewerbseffekten.....	334
16.5	Berechnung des Aufschlags für die Umrüstkosten und der Boni pro Achs-km zur Ersetzung der GG-Sohle	338

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Binnenländisches Güterverkehrsaufkommen (ohne Nahverkehr dt. Lastkraftfahrzeuge), 1998-2014 (in Mio. t)	28
Abb. 2:	Binnenländische Güterverkehrsleistung (ohne Nahverkehr dt. Lastkraftfahrzeuge), 1998-2014 (in Mrd. Tonnen-Kilometern, tkm)	29
Abb. 3:	Betriebsleistungen auf dem deutschen Schienennetz 2005-2014	34
Abb. 4:	Prognosen zur Entwicklung der SGV-Leistung bis 2050 (in Mrd. tkm)	37
Abb. 5:	Güterströme innerhalb und zwischen europäischen Regionen im Jahr 2010 (Entfernung größer 200 km).....	42
Abb. 6:	Belastung des Schienennetzes der Eisenbahnen durch Güterzüge 2010	43
Abb. 7:	Verkehrsleistung der DB AG und der Wettbewerber im SGV 1993-2015 (in Mrd. tkm).....	44
Abb. 8:	Organisationsmodelle des Wagenmarktes im SGV	49
Abb. 9:	Schalldrücke und Schalldruckpegel verschiedener Quellen	57
Abb. 10:	A-Bewertungskurve	58
Abb. 11:	Vom Schienenverkehr ausgehender Körper- und Luftschall.....	59
Abb. 12:	Entstehung von Luftschall	59
Abb. 13:	Rollgeräuscentstehung und -abstrahlung von Rad, Schiene und Schwelle.....	60
Abb. 14:	Wirkungskette der Rollgeräuschbildung nach sonRAIL.....	61
Abb. 15:	Frequenzbereiche, in denen das Rollgeräusch durch Rad, Schiene oder Schwelle dominiert wird.....	62
Abb. 16:	Lärmquellen an Diesellokomotiven.....	62
Abb. 17:	Lärmquellen an Dieselmotrfahrzeugen	63
Abb. 18:	Beispiel für das Geschwindigkeits-Lärmverhalten eines Triebfahrzeugs.....	63
Abb. 19:	Geschwindigkeits-Lärmverhalten für ein Triebfahrzeug mit verringertem Antriebsgeräusch	64
Abb. 20:	Betroffenenzahlen verschiedener Lärmquellen 2014.....	66
Abb. 21:	Geräuschbelastung nachts in Deutschland.....	67
Abb. 22:	Lärmbelastung durch den Schienenverkehr nachts im Jahr 2002 (berechnet nach Schall 03 (1990)).....	68
Abb. 23:	Lärmbelastung durch den Schienenverkehr nachts im Jahr 2012 (berechnet nach Schall 03 (1990)).....	69
Abb. 24:	Lärmminderung durch LL- und K-Sohle in Abhängigkeit der Schienenrauheit	71
Abb. 25:	Radschallabsorber	75
Abb. 26:	Schallschürzen für Drehgestelle	77

Abb. 27:	Schallschürze am Radsatz.....	80
Abb. 28:	Schallschürze mit Entdröhnungsmaterial	81
Abb. 29:	Beschichteter Radsatz	82
Abb. 30:	Beschichtetes Güterwagendrehgestell	84
Abb. 31:	Kunststoffbuchsen für den Einsatz im Y25 Drehgestell.....	86
Abb. 32:	Güterwagen in der Vorbeifahrt gemessen (BAV, Schweiz)	88
Abb. 33:	Kompakte Klotzbremseinheit CFCB	90
Abb. 34:	Wirkungsgrad der CFCB im Vergleich zur konventionellen Güterwagenbremse	90
Abb. 35:	Laufleistungsabhängige LCC für CFCB und K-Sohle für eine Laufzeit von 25 Jahren.....	92
Abb. 36:	Radscheibenbremse.....	93
Abb. 37:	Laufleistungsabhängige LCC für Scheibenbremse und K-Sohle für eine Laufzeit von 25 Jahren.....	95
Abb. 38:	Radprofil, gerader Steg	96
Abb. 39:	Schalloptimiertes Rad	96
Abb. 40:	Messung im Rahmen des Pilotprojektes „Leiser Rhein“ in Bingen.....	98
Abb. 41:	Absorberjalousien an der BlueTiger	100
Abb. 42:	Spiralschalldämpfer der Weihe GmbH.....	102
Abb. 43:	Schienenerschleifen.....	104
Abb. 44:	Hochgeschwindigkeitsschleifzug.....	105
Abb. 45:	Schwellenbesohlung	107
Abb. 46:	Betonwand, 6,20 m hoch.....	109
Abb. 47:	Gabionenwand.....	110
Abb. 48:	Niedrige Gabionenwand.....	112
Abb. 49:	Schienenstegdämpfer	113
Abb. 50:	Schienenstegabschirmung.....	114
Abb. 51:	Spurkranzschmieranlage	115
Abb. 52:	Schienenkopf – Konditionierung	116
Abb. 53:	Laufleistungsabhängige LCC für CFCB, Scheibenbremse und K-Sohle für eine Laufzeit von 25 Jahren	122
Abb. 54:	Kombinierbarkeit von Maßnahmen und Ausschluss von Maßnahmen am Wagen	125
Abb. 55:	Kombinierbarkeit von Maßnahmen und Ausschluss von Maßnahmen an der Infrastruktur	126
Abb. 56:	Begriffe der Instandhaltung.....	130

Abb. 57:	Nach VPI bewährte zeitabhängige Instandhaltungspläne (exemplarisch)	134
Abb. 58:	Darstellung der vollständigen Revision G4.0 (rot, D3) im Vergleich zur einfachen Revision G4.2/G4.8 (grün, D2) am Beispiel der Komponente Drehgestell D.....	136
Abb. 59:	Maßnahmen am Radsatz im Rahmen der vollständigen Revision G4.0	141
Abb. 60:	Maßnahmen am Radsatz im Rahmen der vollständigen Revision G4.0 (inkl. Nachrüstung von Anti-Dröhnbeschichtung und Radschallabsorbern)	142
Abb. 61:	Maßnahmen am Drehgestell im Rahmen der vollständigen Revision G4.0.....	142
Abb. 62:	Maßnahmen am Drehgestell im Rahmen der vollständigen Revision G4.0 (inkl. Nachrüstung von Lärminderungsmaßnahmen).....	143
Abb. 63:	Kostenanteile des Musterzugs 1 (in %)	157
Abb. 64:	Kostenanteile des Musterzugs 2 (in %)	157
Abb. 65:	Kostenanteile des Musterzugs 3 (in %)	158
Abb. 66:	Messungsquerschnitt in Mikrofonebene.....	168
Abb. 67:	Container mit Messtechnik an der Strecke bei Wichtrach.....	169
Abb. 68:	Blick in den Messcontainer	170
Abb. 69:	Messkette der akustischen Messung.....	171
Abb. 70:	Statistik der erfassten Messdaten für die Monitoringstation Lindau im Jahr 2011.....	171
Abb. 71:	Übersicht der derzeit betriebenen Schall-Messstellen im Rheintal.....	177
Abb. 72:	Konzept-Bausteine und Entwicklungsrichtungen.....	179
Abb. 73:	Verteilung der Messstellen im Hinblick auf den Zustand des Schienenlärms 2012.....	188
Abb. 74:	Verteilung der Messstellen und erfasster Anteil an der Verkehrsleistung	189
Abb. 75:	Lärmvorsorge an Schienenwegen - Prüfschema.....	195
Abb. 76:	Lärmprognose mit sonRAIL für den Schalldruckpegel über alle Wagen in der Nacht.....	204
Abb. 77:	Vollständige Darstellung der Güterwagen Revision G4.0.....	332
Abb. 78:	Integration ausgewählter Lärminderungsmaßnahmen in die vollständige Güterwagenrevision 4.0	333

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Überblick über die ausgewerteten Maßnahmen.....	3
Tab. 2:	Übersicht Entwicklung des Güterverkehrs 1998-2011	30
Tab. 3:	Anteil der Gütergruppen am Schienengüterverkehr und mittlere Transportweite (Durchschnitt der Jahre 2010 bis 2013)	31
Tab. 4:	Durchschnittliche Wachstumsraten des SGV in Verkehrsprognosen	35
Tab. 5:	Aufkommen und Leistung des SGV in Verkehrsprognosen.....	36
Tab. 6:	Aufkommen und Leistung des SGV nach Hauptverkehrsbeziehungen 1998 und 2014.....	39
Tab. 7:	Wichtigste Relationen im Transitverkehr auf der Schiene 2014	40
Tab. 8:	Statistisch ausgewiesene Relationen im grenzüberschreitenden Schienengüterverkehr 2014.....	41
Tab. 9:	In Deutschland registrierte Privatgüterwagen nach Wagengattung (ohne DB AG als Fahrzeughalter).....	52
Tab. 10:	Wagenbestand der DB AG, 2009-2015	53
Tab. 11:	Entwicklung des Wagenbestands der DB AG und des VPI nach Bremssohle, 2011-2015.....	53
Tab. 12:	Laufleistungsabhängige Abschätzung der Kosten von einem CFCB- und K-Sohlen gebremsten Wagen	91
Tab. 13:	Laufleistungsabhängige Abschätzung der Kosten eines Scheiben- (S-Bremse) und K-Sohlen gebremsten Wagens.....	94
Tab. 14:	Kosten der Lärminderung durch technische Maßnahmen am Güterwagen (Kosten pro dB(A) Lärminderung und Jahr und Wagen) (Scheibenbremse und CFCB-Kompaktbremse sind nicht berücksichtigt).....	120
Tab. 15:	Kosten der Lärminderung durch technische Maßnahmen an der Lokomotive (Kosten pro dB(A) Lärminderung und Jahr und Lokomotive).....	120
Tab. 16:	Kosten der Lärminderung durch technische Maßnahmen an der Infrastruktur (Kosten pro dB(A) Lärminderung und Jahr und Infrastruktur- km)	121
Tab. 17:	Scheibenbremse, kombiniert mit geradem Radsteg, und Kompaktbremse (CFCB): Laufleistungsabhängige Kosten der Lärminderung pro dB(A) und Jahr und Wagen.....	122
Tab. 18:	Scheibenbremse, kombiniert mit geradem Radsteg, und Kompaktbremse (CFCB): Laufleistungsabhängige Kosten der Lärminderung pro Jahr und Wagen und 1.000 km.....	123
Tab. 19:	Musterzüge	149
Tab. 20:	Kosten des Rollenden Materials für die Fahrten der Musterzüge (in Euro)	151

Tab. 21:	Kosten für die Schieneninfrastrukturnutzung für die Fahrten der Musterzüge (in Euro).....	151
Tab. 22:	Energieaufwand und -kosten für die Fahrten der Musterzüge (in Euro).....	151
Tab. 23:	Personalkosten für die Fahrten der Musterzüge (nur Fahrzeit, in Euro).....	153
Tab. 24:	Kosten für Ladevorgänge und Rangieren (in Euro).....	154
Tab. 25:	Kosten für Vor- und Nachläufe (in Euro)	155
Tab. 26:	Kosten des Musterzugs 1 (in Euro)	155
Tab. 27:	Kosten des Musterzugs 2 (in Euro)	156
Tab. 28:	Kosten des Musterzugs 3 (in Euro)	156
Tab. 29:	Kosten des Musterzugs 1 ohne / mit Hochgeschwindigkeitsschleifen.....	159
Tab. 30:	Kosten des Musterzugs 2 ohne / mit Hochgeschwindigkeitsschleifen.....	159
Tab. 31:	Kosten des Musterzugs 3 ohne / mit Hochgeschwindigkeitsschleifen.....	160
Tab. 32:	Beispiele für (direkte) Preiselastizitäten im SGV	162
Tab. 33:	Nachfrageeffekte auf die verwendeten Musterzüge.....	162
Tab. 34:	Aufgezeichnete Messgrößen durch Monitoringstationen des BAV	167
Tab. 35:	Vergleich der derzeit vorhandenen Messstellen im Mittelrheintal und in der Schweiz.....	176
Tab. 36:	Kostenhochrechnung für eine Messstelle	191
Tab. 37:	Kostenhochrechnung für Netzwerk-Umgebung und Einmalkosten für mehrere Messstellen	192
Tab. 38:	Einzel- und Kombinationsmaßnahmen mit großem Potenzial der Lärmreduktion	210
Tab. 39:	Einzelmaßnahmen am Wagen mit moderatem Potenzial der Lärmreduktion	212
Tab. 40:	Kostenschätzungen – technische Maßnahmen – Güterwagen	324
Tab. 41:	Kostenschätzungen – technische Maßnahmen – Lokomotiven.....	325
Tab. 42:	Kostenschätzungen – technische Maßnahmen – Infrastruktur	326
Tab. 43:	Anschaffungskosten und Lebensdauer Bremssysteme.....	328
Tab. 44:	Anschaffungskosten und Lebensdauer Bremssystem-Komponenten	328
Tab. 45:	Laufleistungsabhängige LCC für CFCB und K-Sohle für eine Laufzeit von 25 Jahren.....	329
Tab. 46:	Laufleistungsabhängige LCC für Scheibenbremse und K-Sohle für eine Laufzeit von 25 Jahren.....	330
Tab. 47:	Kosten der EVU. Zentrale Kostenannahmen.....	334
Tab. 48:	Streckenverlauf Musterzug 1	335
Tab. 49:	Streckenverlauf Musterzug 2	336

Tab. 50:	Streckenverlauf Musterzug 3	337
Tab. 51:	Annuitätsfaktor und Annuität der Umrüstung auf LL-Sohle (in Euro pro Achse)	339
Tab. 52:	Boni für Umrüstanreize auf LL-Sohle	340

Abkürzungen

AEГ	Allgemeines Eisenbahngesetz
AEUV	Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
APL	Anzahl der Radsätze geteilt durch die über Puffer gemessene Länge des Wagens
AVV	Allgemeinen Vertrag für die Verwendung von Güterwagen
BAV	Bundesamt für Verkehr (Schweiz)
BE	Betrachtungseinheit
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BIP	Brutto-Inlandsprodukt
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BSchwAG	Bundesschienenwegeausbaugesetz
BüG	Besonders überwachtes Gleis
CAGR	Compounded annual growth rate
CBM	Condition Based Maintenance
CEF	Fazilität „Connecting Europe“
CER	Community of European Railway and Infrastructure Companies
CFCB	Kompakte Klotzbremseinheit
CHF	Schweizer Franken
DB AG	Deutsche Bahn AG
dB	Dezibel
dB(A)	Dezibel mit Bewertung der Tonfrequenzen (A-Bewertung)
DFLD	Deutscher Fluglärmdienst e.V.
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
ECM	Entity in Charge of Maintenance
EIBV	Eisenbahninfrastruktur-Benutzungsverordnung
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
ERA	European Railway Agency
EVIC	Europäischer Sichtprüfungskatalog
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
EWV	Einzelwagenverkehr

FIS	Forschungs-Informationen-System
HGS	Hochgeschwindigkeitsschleifen
Hz	Hertz
INEA	Exekutivagentur Innovation und Netzwerke der CEF
JSSG	Joint Sector Support Group
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
KV	Kombinierter Verkehr
LaTPS	Lärmabhängiges Trassenpreissystem
LäGIV	Verbundprojekt „Lärmreduzierter Güterverkehr durch innovative Verbundstoff-Bremsklotzsohlen“
LCC	Life Cycle Costs
L_p	Lautstärkepegel
LuFV	Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung
NDTAC	noise differentiated Track Access Charging
NE-EVU	Nicht-bundeseigene Bahnen
nSSW	niedrige Schallschutzwand
NST	Güterverzeichnis für die Verkehrsstatistik
NST/R	Einheitliches Güterverzeichnis für die Verkehrsstatistik
ÖBB	Österreichische Bundesbahn
p_0	Referenzschalldruck
Pa	Pascal
RL	Richtlinie
ROLA	Rollende Landstraße
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SGV	Schienengüterverkehr
SNB	Schienennetzbenutzungsbedingungen
SNCF	Société Nationale des Chemins de fer Français
SOK	Schienenoberkante
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
SSW	Schallschutzwand
t	Tonne
Tfz	Triebfahrzeug

tkm	Tonnen-Kilometer
tr-km	Trassenkilometer
TPS	Trassenpreissystem
TRW	Société Belge de transport par le système combiné route-wagon
TSI	Technische Spezifikation für die Interoperabilität
UBA	Umweltbundesamt
UIC	Internationaler Eisenbahnverband
UIP	Internationale Privatgüterwagen-Union
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
VDB	Verband der Bahnindustrie
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.
VPI	Vereinigung der Privatgüterwagen-Interessenten
VPI-LF	VPI Instandhaltungsleitfaden
VTG	VTG Aktiengesellschaft

1 Zusammenfassung

Die Beendigung der Nutzung von GG-Bremssohlen durch in Deutschland verkehrende Eisenbahngüterwagen stellt gegenwärtig einen Schwerpunkt der verkehrsbezogenen Lärmpolitik dar. Doch auch nach der für 2020 angestrebten Umrüstung wird es noch weiterhin die Notwendigkeit zur Lärminderung geben.

Die vorliegende Studie untersucht **über die Beseitigung der GG-Sohle hinausgehende technische Maßnahmen zur Lärmreduzierung** und **politische Instrumente zur Durchsetzung solcher Maßnahmen**. Im Fokus stehen dabei **Maßnahmen am Wagen**. Ein Überblick wird aber auch über mögliche Maßnahmen an der Infrastruktur und an Lokomotiven gegeben. Außerdem werden Möglichkeiten für den Aufbau eines **Lärm-Monitoring-Systems** zur Ergebnisüberwachung und -steuerung skizziert und die Instrumente zur Umsetzung diskutiert.

Die gegenwärtige Organisation des Schienengüterverkehrs (SGV) und seine erwartete Entwicklung (Kapitel 4) stellen wichtige marktliche Rahmenbedingungen der Lärmpolitik dar. Insbesondere das erwartete Wachstum des SGV und die komplexe Organisation des Marktes erschweren die politische Aufgabe der Anreizsetzung für eine Lärminderung der Wagenflotte.

Die **derzeit noch dominierende Hauptursache des SGV-Lärms** (Kapitel 5) ist die durch Bremsungen entstehende **Radrauheit**, da fast alle Güterwagen noch mit der althergebrachten **Klotzbremse** ausgestattet sind, welche mittels einer Bremssohle direkt auf die Laufflächen des Rades angreift, und da am Wagenaltbestand immer noch die althergebrachte **GG-Bremssohle** verwendet wird, die bei Bremsvorgängen das Rad aufraut. Die Radrauheit regt dann bei normaler Fahrt Rad und Schienenkörper an, welche den Schall sodann in weitere verbundene Objekte und in die Umwelt abstrahlen.

Einen grundsätzlich ähnlichen Effekt haben Schienenrauheiten. Schadhafte Stellen am Rad (Flachstellen) und an der Schiene (Stoßstellen) erzeugen ebenfalls Lärm, ebenso wie verschiedene Lärmquellen am Wagen und an den Lokomotiven.

Die **Belastung der Bevölkerung mit SGV-Lärm** ist in Deutschland in den letzten Jahrzehnten aufgrund der Zunahme der Transportleistung des SGV und ihrer räumlichen Konzentration deutlich angestiegen. Maßnahmen zur Lärminderung kamen bis vor wenigen Jahren nur langsam voran. In regelmäßigen Umfragen des Umweltbundesamtes (UBA) zur Lärmbelästigung der Bevölkerung wird der Schienenverkehr inzwischen regelmäßig als eine signifikante Quelle von Lärmbelästigung genannt. Betrachtet man den Grenzwert für Neubaustrecken nach der Verkehrslärmschutzverordnung (16. Bundes-Immissionsschutzverordnung) – nämlich 49 Dezibel mit Bewertung der Tonfrequenzen (A-Bewertung), dB(A), nachts – als Maß des Erträglichen für die Anwohner, dann liegen die Grenzwertüberschreitung nachts in Deutschland mit einem Delta von bis zu 25 dB(A) weit darüber. Die Lärmbelastung ist dabei räumlich stark konzentriert, entsprechend den Hauptstrecken des SGV in Deutschland. An einigen neuralgischen Punkten, wie im Rheintal oder auf der Strecke Hamburg-Hannover, treten Belastungen über 75 dB(A) auf.

Für die Verringerung der Belastungen ist die Beseitigung der GG-Bremssohlen von zentraler Bedeutung. Bei Neubeschaffungen von Wagen darf die GG-Sohle schon seit einigen Jahren nicht mehr eingesetzt werden, da sie die Grenzwerte der Technischen Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) Noise nicht einhält. Stattdessen werden Neuwagen derzeit überwiegend zwar weiterhin mit Klotzbremssystemen, aber in Verbindung mit **Verbundstoffbremssohlen des Typs K-Sohle** ausgestattet. Verbundstoffsohlen haben im Gegensatz zur GG-Sohle nicht die Eigenschaft, die Räder aufzurauen, sondern

schleifen sie sogar glatt (was allerdings mit einem stärkeren Radverschleiß verbunden ist und damit die Betriebskosten erhöht). Für die Umrüstung von Altwagen erschien die K-Sohlen-Technologie jedoch zu teuer, da sie ein anderes Bremsverhalten hat und daher mit weitergehenden Umbauten des Bremssystems verbunden wäre. Zum Zweck der Umrüstung von Altwagen wurde deshalb die **LL-Sohle** entwickelt, die ein der GG-Sohle ähnlicheres Bremsverhalten aufweist und daher mit geringeren Umbauten an Altwagen eingesetzt werden kann. Jedoch hat die LL-Sohle bei der heutigen Bremssteuerung und Bremshäufigkeit denselben starken Verschleißeffekt auf die Räder wie die K-Sohle.

Die Verbundstoffsohlen versprechen eine Lärmreduktion von bis zu 10 dB(A) – was einer Halbierung des Lärms entspricht – im Vergleich zu mit GG-Sohlen gebremsten Wagen. Dies allerdings nur, wenn sich zugleich das Gleis in einem guten Zustand befindet, d.h. insbesondere glatte Fahrfläche und ausreichende Strukturdämpfung aufweist.

Damit verbliebe jedoch auch nach dem vollständigen Ersatz der GG-Sohlen durch Verbundstoffsohlen ein Bedarf für weitere Lärmreduktionen um 10 dB(A), teilweise sogar um 15 dB(A) in dicht besiedelten Gebieten, wenn man den Wert von 49 dB(A) nachts nicht überschreiten möchte.

Der durch GG-Sohlen verursachte Schall der Räder übertönt derzeit viele andere Lärmquellen oder lässt sie jedenfalls als zweitrangig erscheinen. **Nach dem Ersatz der GG-Sohlen und der Abnahme der Radrauheit wird eine Vielzahl anderer Lärmquellen in den Vordergrund der Wahrnehmung und Beachtung treten:**

- Weitere Lärmquellen am Wagen (z.B. klappernde Bremsgestänge)
- Lärmquellen an der Infrastruktur (insb. Schienenrauheiten)
- Kurven- und Bremskreischen
- Schadhafte Stellen am Wagen (insb. Flachstellen am Rad) oder am Gleis (z.B. schadhafte Schienenstoßstellen)
- Lärmquellen an der Lokomotive, da die Loks dann wesentlich lauter sein werden als die Wagen.

Um diese Lärmquellen einzudämmen, müssen weitere Maßnahmen ergriffen werden. Die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten werden in Kapitel 6 „Technische Maßnahmen zur Lärminderung: Nutzen und Kosten“ untersucht. Dabei werden sowohl die Lärminderungspotenziale in dB(A) als auch die Kosten der technischen Maßnahmen abgeschätzt. Als Maß der Kosten wird ein vereinfachtes Konzept der Life Cycle Costs (LCC) verwendet. Bei den Kosten wird zwischen dem Fall der Auf- oder Umrüstung und dem Fall einer Wagenneuanschaffung unterschieden. Bei einigen Maßnahmen ist eine Umrüstung prohibitiv teuer, so dass nur der Fall der Neuanschaffung realistisch erscheint. Besonders im Fall der Neuanschaffung werden die Kosten als „Differenzkosten“ im Vergleich zur Neuanschaffung mit K-Sohle, doch ohne weitere lärmmindernde technische Maßnahmen betrachtet. Bei Altwagen wird als Vergleich für die Lärminderung vorausgesetzt, dass die Wagen bereits mit Verbundstoffsohlen ausgestattet sind; die Maßnahmen am Wagen sind also solche, die über die Ersetzung der GG-Sohle hinausgehen.

Die folgende Tab. 1 listet die **technische Maßnahmen am Wagen, an der Lokomotive und der Infrastruktur auf, die ausführlicher beschrieben** werden (Abschnitte 6.3-6.5).

Tab. 1: Überblick über die ausgewerteten Maßnahmen

Maßnahmen am Güterwagen
Radschallabsorber
Hypno®damping System
Schallschürzen am Drehgestell
Schallschürzen am Radsatz
Beschichtete Radsätze
Beschichtete Drehgestelle
Viskoelastische Federung
Kunststoffbuchsen im Bremsgestänge
Kleinere Räder für Güterwagendrehgestelle
Kompakte Klotzbremseinheit
Scheibenbremsen
Radscheibe mit geradem Steg oder andere lärmoptimierte Radbauformen
Maßnahmen an der Lokomotive
Absorberjalousien am Kühlluft einlass und -auslass
Schraubenkompressor
Optimierte Schaufelform des Kühlerlüfters
Spiralschalldämpfer
Lärmoptimierte Getriebe
Optimierung der Umrichterlagerung
Maßnahmen an der Infrastruktur
Besonders überwachtes Gleis
Hochgeschwindigkeitsschleifen
Schwellenbesohlung
Schallschutzwand
Gabionenwand
Niedrige Schallschutzwand
Schienenstegdämpfer
Schienenstegabschirmung
Schienenschmieranlagen
Reibmodifikation

Quelle: Eigene Darstellung.

Abschnitt 6.6 gibt eine Zusammenschau und Bewertung dieser Einzelmaßnahmen, wobei die jährlichen LCC-Kosten pro dB(A) Lärminderung (bei normaler Fahrt) angegeben werden können. Innerhalb einer Kategorie, z.B. Maßnahmen am Wagen, sollten im Prinzip die kostengünstigsten Maßnahmen pro dB(A) Lärminderung zuerst in Angriff genommen werden; siehe dazu

Tab. 13, Tab. 14 und Tab. 15. Allerdings sind viele Besonderheiten zu beachten. So gilt z.B.:

- Lärmindernde Radbauformen, die für sich gesehen sogar kostengünstiger als bisherige Standard-Radbauformen sind (daher haben sie negative LCC-Kosten), sind nur in Verbindung mit Scheibenbremsen einsetzbar.
- Der Einsatz kleinerer Räder schränkt die Einsatzfähigkeit des Wagens ein.
- Radschallabsorber, die relativ hohe LCC-Kosten pro dB(A) Lärminderung *bei normaler Fahrt* aufweisen, haben ihren größten Lärminderungseffekt eben nicht bei normaler Fahrt, sondern bei der Minderung des Bremskreischens.

Insofern liefert das Kriterium jährliche LCC-Kosten pro dB(A) Lärminderung nur eine erste, aber interessante Indikation zur relativen Vorteilhaftigkeit der Maßnahmen.

Bei Beschaffungen von Neuwagen gibt es die Möglichkeit, anstelle des althergebrachten Klotzbremssystems modernere und leisere Bremssysteme zu verwenden. Hier werden Kompakte Klotzbremseinheiten (CFCB) sowie die Scheibenbremse betrachtet. Beide Bremssysteme sind im Vergleich zu Klotzbremssystemen teurer in der Anschaffung, aber günstiger im Verbrauch. Daher sind in diesen Fällen die Differenzkosten im Vergleich zum Klotzbremssystem laufleistungsabhängig fallend und werden bei hohen Laufleistungen sogar negativ.

Es zeigt sich, dass **die Scheibenbremse** in Kombination mit einem Rad mit geradem Steg aus Sicht der Lärminderung die einzig interessante Option ist. Für Laufleistungen von über 60.000 km pro Jahr ist sie günstiger als die CFCB und ab einer Laufleistung von ca. 65.000 km pro Jahr ist sie auch günstiger als die Klotzbremse mit K-Sohle. Bei 70.000 km pro Jahr spart ein Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) fast 1.000 Euro pro Jahr LCC im Vergleich zum K-Sohlen-Wagen und fährt dabei noch deutlich leiser. In der Realität absolvieren Güterwagen höchst unterschiedliche Laufleistungen, die von 0 bis 200.000 km pro Jahr variieren. Die 70.000 liegen nur wenig über der durchschnittlichen Laufleistung eines Wagens.

Allen drei Alternativen – K-Sohle, CFCB-Kompaktbremse und Scheibenbremse – ist gemein, dass sie durch den Ersatz der radaufrauenden GG-Sohlen ca. 10 dB(A) Lärminderung nach sich ziehen. Zusätzlich fällt bei der CFCB-Klotzbremse und bei der Scheibenbremse das Klappern der Bremsgestänge weg; dies veranschlagen wir mit weiteren 2 dB(A) Lärminderung. Im Fall der Scheibenbremse können außerdem lärmoptimierte Radbauformen eingesetzt werden (die zudem eher günstiger sind als eine herkömmliche Radbauform); dies reduziert die Lärmemission um weitere 4 dB(A).

Die **Kombination von technischen Maßnahmen** wird aufgrund der zu beachtenden Besonderheiten explizit diskutiert (Abschnitt 6.7). Aus rein technischen Gründen sind nicht alle Maßnahmen kombinierbar; allerdings gibt es Ausschlüsse nur *innerhalb* der Gruppen von Maßnahmen am Wagen, an der Lokomotive und an der Infrastruktur, nicht zwischen Maßnahmen verschiedener Gruppen. Schwieriger ist die Frage der Lärmwirkung einer Kombination von Maßnahmen. Nur im Idealfall entspricht sie der Summe der Lärminderungen der Einzelmaßnahmen.

Festzustellen ist ein **beträchtlicher Forschungsbedarf** hinsichtlich der Lärminderungseffekte einzelner technischer Maßnahmen und insbesondere von Kombinationen von Maßnahmen.

Indikativ können folgende Kombinationen von Maßnahmen empfohlen werden (Abschnitt 6.7):

1. Maßnahmen am Wagen (Altbestand)

Nach Ersetzung der GG-Bremssohlen durch Verbundstoffsohlen bieten sich als weitere lärmindernde Maßnahmen an: Beschichtungen an Drehgestell und Radsatz und Kunststoffbuchsen im Bremsgestänge, die alle kombinierbar sind. Hierauf aufbauend sollte eine viskoelastische Federung oder (ausschließend) Hypno@damping vorgesehen werden. Da alle diese Maßnahmen an unterschiedlichen Schallquellen ansetzen, sind ihre lärmindernden Effekte näherungsweise addierbar (modulo Interferenzeffekte). Diese Maßnahmen weisen moderate Kosten und moderate Lärminderungseffekte von 2 bis 4 dB(A) auf.

2. Maßnahmen an der Lokomotive (Altbestand und Neuanschaffung)

Da Lokomotiven eine wesentlich höhere Laufleistung als Wagen aufweisen (typisch 10 fach), nach Abschluss der Umrüstung auf Verbundsohlen sie die lautesten Teile des Zuges sein werden und lärmindernde Maßnahmen bei ihnen besonders kostengünstig sind, sollten bei Neuanschaffungen umgesetzt werden: lärmoptimierte Schaufelform des Lüfters, Spiralschalldämpfer, lärmoptimiertes Getriebe, Lärmoptimierung der Umrichterlagerung, Schraubenkompressor sowie Absorberjalousien am Kühleinlass und -auslass. Mit Ausnahme des lärmoptimierten Getriebes gilt dies auch für Lokomotiven des Altbestandes. Diese Maßnahmen sind alle sinnvoll miteinander kombinierbar und ergänzen sich akustisch sowohl hinsichtlich unterschiedlicher Lärmemissionsquellen an der Lokomotive als auch unterschiedlicher Frequenzbereiche.

3. Maßnahmen an der Infrastruktur

Die wichtigste Maßnahme an der Infrastruktur ist die Herstellung und Erhaltung des „guten Zustandes“ des Gleises, um ein lärmarmes Zusammenwirken von Fahrzeug und Infrastruktur zu ermöglichen. Insgesamt sind Maßnahmen direkt am Gleis zu bevorzugen. Diese können bei Bedarf und Eignung durch Schallschutzwände ergänzt werden.

4. Maßnahmen am Wagen (Neuanschaffung)

Bei der Beschaffung von Neuwagen sollte unbedingt geprüft werden, ob der Einsatz von Scheibenbremsen ökonomisch sinnvoll ist. Bei einer erwarteten Laufleistung von 70.000 km pro Jahr oder mehr müsste dies der Fall sein. In diesem Fall sollte eine Scheibenbremse in Kombination mit einer lärmoptimierten Radbauform (z.B. Rad mit geradem Steg) eingesetzt werden. Das resultierende Lärminderungspotenzial von 6 dB(A) gegenüber einem mit K- oder LL-Sohle gebremsten Wagen ist substanziell.

Bis auf Spezialwagen sollten Wagen-Neuanschaffungen für eine erwartete Laufleistung von weniger als 70.000 km pro Jahr eigentlich überhaupt nicht getätigt werden, da es genug Wagen im Altbestand für einen solchen Zwecke gibt. Da diese nicht mehr auf Scheibenbremse umgerüstet werden können, sollten im Segment hoher Laufleistungen die Altbestandswagen nach und nach durch Neuzugänge von Wagen mit Scheibenbremse verdrängt werden. Dies ergibt sich allein aufgrund des rein wirtschaftlichen komparativen Vorteils der Scheibenbremsen.

Die vorgeschlagene Umrüstung des Altbestands kann auf verschiedene Hemmnisse stoßen. Insbesondere werden immer wieder Hemmnisse, die aus den **Instandhaltungsprozessen** resultieren, betont. Tatsächlich müssen neuartige Komponenten oder Verfahren, die mit einigen der technischen Maßnahmen verbunden sind, in die Instandhaltungsprozesse und die Lagerhaltung natürlich zunächst integriert werden. Zudem sollten die Um- oder Aufrüstungsmaßnahmen selbst kostengünstig im Rahmen der regelmäßigen Instandhaltung (großen Revision) der Wagen vorgenommen werden. In dieser Studie wird beispielhaft dargelegt, dass die Umrüstkosten durch eine geschickte Einbindung der Umrüstungsmaßnahmen in den Instandhaltungsprozess minimal gehalten werden können.

Zur Abschätzung der Bedeutung der **Kosten lärmindernder Maßnahmen** werden diese **in Relation zu den Gesamtkosten** der EVU des SGV gesetzt und die Effekte der entsprechenden Kostensteigerung auf die **intermodale Wettbewerbsfähigkeit der Bahn** untersucht (Kapitel 8). Zur Analyse der Gesamtkosten des SGV wurden beispielhaft **drei realistische Musterzüge** betrachtet: ein mit Containern beladener Ganzzug, ein mit Schüttgut beladener Ganzzug und ein Zug des Einzelwagenverkehrs (EWW). Die Musterzüge wurden in Hinblick auf ihre Gesamtkosten und ihre Kostenzusammensetzung analysiert. Sodann wurde beispielhaft eine sehr teure lärmindernde Maßnahme an der Infrastruktur, nämlich das Hochgeschwindigkeitsschleifen im gesamten Kernnetz der Deutschen Bahn AG (DB AG), betrachtet und unterstellt, dass die Kosten dieser Maßnahme voll auf die Infrastrukturentgelte der jeweiligen Strecken der Musterzüge aufgeschlagen werden. Für das Hochgeschwindigkeitsschleifen im Kernnetz von 12.000 km Länge wurden Kosten von 115 Mio. Euro pro Jahr angesetzt.

Im Ergebnis führt diese Maßnahme bei den Musterzügen zu sehr moderaten Kostensteigerungen zwischen 0,5 und 1 Prozent. Auch die Steigerung der Kosten für die Trassennutzung selbst hält sich im Rahmen; sie liegt zwischen 3,5 und 4,6 Prozent. Um den Effekt der Maßnahme auf den intermodalen Wettbewerb zu ermitteln, wurden der Literatur Preiselastizitäten zwischen -0,7 und -2 entnommen; es ergeben sich relative Nachfragerückgänge in der Größenordnung von -0,4% bis -0,74% für den Container-Ganzzug und von -1,86% für den Zug des Einzelwagenverkehrs (mit dem Schüttgut-Ganzzug dazwischen). Auch dies sind überschaubare Effekte für diese verhältnismäßig teure Maßnahme. Für andere technische Maßnahmen der Lärminderung, die deutlich günstiger sind, erübrigen sich daher solche Rechnungen. Allerdings sei auch auf die extrem niedrigen Margen des SGV hingewiesen, die derzeit bei etwa 0% liegen. Selbst eine Kostensteigerung zwischen 0,5 und 1 Prozent kann in dieser Situation Züge des SGV in die Verlustzone drängen – welches durchaus ein Motiv für den Staat sein kann, die Branche von den Kosten der Lärminderung wenigstens teilweise zu entlasten.

Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass **ein flächendeckendes Lärm-Monitoring** in Deutschland erforderlich ist. So steht neben dem Ziel „Erfassung der Lärmsituation“ auch das Ziel „Identifikation lauter Züge oder Wagen“, und dieses wieder unterschieden nach dem eigentlichen Zweck der Identifikation:

- Zuordnung der Messergebnisse zu einzelnen Wagen oder Wagenklassen zur weiteren Forschung und Entwicklung lärmreduzierter Eisenbahnfahrzeuge und Regelwerke.
- Information der Wagenhalter und EVU: Die Wagenhalter können die Informationen nutzen, um laute Güterwagen der Fahrzeuginstandhaltung zuzuführen.
- Überwachung und Sanktionsregime: Die Überwachung im laufenden Eisenbahnbetrieb findet Eingang in Sanktionsregime.

Je weitergehend die Zielsetzung ist, desto höher sind auch die technischen Anforderungen an das System. Während die dahinterstehende Software des Systems von Schritt zu Schritt anspruchsvoller wird, zeigt sich, dass für alle Schritte außer dem letzten (Überwachung und Sanktionsregime) eine Gesamtzahl von 15 Messstellen, die geschickt über das deutsche Eisenbahnnetz verteilt werden, ausreichend ist. Eine **Kostenabschätzung** für die anspruchsvollste Variante des Lärm-Monitorings kommt auf unter 4 Mio. Euro für die Errichtung und weitere 1,5 Mio. Euro jährlich für den Betrieb. Dies sind überschaubare Beträge.

Zu den politischen Instrumenten, die aktuell zur Minderung des SGV-Lärms eingesetzt werden, gehören Maßnahmen des passiven Lärmschutzes, rechtliche Regelungen sowie finanzielle und planerische Instrumente (Kapitel 10). Seit 2012 besteht insbesondere ein **Anreizsystem aus lärmabhängigem Trassenpreissystem (laTPS) und Wagenhalterboni**, mit dem Anreize zur Umrüstung von GG- auf LL-Sohle gesetzt werden. In der daran anschließenden **Übereinkunft zwischen Bund, Bahnbranche und Bürgerinitiativen vom März 2016** sagten erstmals wichtige Branchenvertreter die umfassende Sanierung ihrer Wagenflotten bis zum Fahrplanwechsel 2020 / 2021 zu, so dass sie danach keine Wagen mit GG-Sohlen mehr betreiben werden. Der Bund sagte weitere finanzielle Hilfen zu sowie, dass er sich bei der EU für ein zeitnahes Verbot der GG-Sohle einsetzen werde. Dieses angestrebte zukünftige Verbot wird damit zum Eckpunkt der Übereinkunft.

Sollte es international nicht realisiert werden können, weil andere europäische Staaten sich dagegen sperren, so würden die auf LL-Sohlen umgerüsteten Wagen aufgrund des höheren Radverschleißes einen Kostennachteil gegenüber europäischen Konkurrenten aufweisen. Die Umrüstung kann daher ein wichtiges Thema bleiben.

Aus den betrachteten möglichen technischen Maßnahmen zur Lärmreduzierung am Wagen, ihren Reduktionspotenzialen und ihren Kosten werden daher drei relevante politische Zielsetzungen zur Erreichung einer Lärmreduktion des Schienengüterverkehrs identifiziert:

- A) Der Ersatz der GG-Sohlen am Wagenaltbestand – Dies würde zu einer starken Lärmreduktion führen. Aus Kostengründen sollten die Wagen vorwiegend auf LL-Sohlen umgerüstet werden, unter Beibehaltung der Klotzbremssysteme.
- B) Darüber hinausgehende technische Maßnahmen zur Lärmreduktion am Wagenbestand – Hiermit sind eine Reihe von relativ kostengünstigen Maßnahmen gemeint, die nach Beseitigung der GG-Sohlen zu weiteren moderaten Lärmreduktionen führen. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurden u.a. folgende Maßnahmen betrachtet (siehe ausführlich Tab. 39 in Abschnitt 11.1): lärm mindernde Beschichtungen, Kunststoffbuchsen im Bremsgestänge, das systematische Beseitigen von schlagenden Flachstellen an Rädern (d. h. schon deutlich unter der sicherheitsrelevanten Länge von 6 cm) usw.

- C) Durchsetzung der Scheibenbremse und lärmoptimierter Radbauformen als Standardausrüstung bei Wagenneubeschaffungen – Gerade im Verbund mit neuartigen Radbauformen führt die Scheibenbremse zu weiteren, deutlichen Lärmreduktionen im Vergleich zu einem Wagen, der mit Klotzbremse und K- oder LL-Sohlen ausgerüstet ist. Zudem ist die Scheibenbremse bei hoher Laufleistung sogar kostengünstiger als die Klotzbremse. Da der europäische Bestandsmarkt überreichlich mit Wagen, die mit Klotzbremse ausgestattet sind, versorgt ist, sollten daher möglichst alle Neuwagen mit Scheibenbremse ausgestattet und für hohe Laufleistungen vorgesehen werden. In diesem Sinne sollte die Scheibenbremse bis auf Weiteres zur Standardausrüstung für Neuwagen gehören.¹

Die Um- oder Aufrüstungsmaßnahmen für die Ziele A) und B) sollten kostengünstig im Rahmen der regelmäßigen Instandhaltung (großen Revision) der Wagen vorgenommen werden.

Die Ziele A), B) und C) beziehen sich auf die Umsetzung technischer Maßnahmen der Lärmreduktion an den Wagen durch die Wagenhalter. Die Ziele beinhalten aber auch, dass die lärmreduzierten Wagen durch die EVU auch *eingesetzt* werden und zwar vorrangig in Deutschland und an lärmbelasteten Strecken und lärmempfindlichen Zeiträumen.

Dabei können folgende Anforderungen an die Gestaltung von politischen Instrumenten zur Umsetzung der Ziele A), B) und C) festgehalten werden:

- **Es bedarf eines gestuften Systems von Lärmklassen von Wagen, das als Ansatzpunkt der politischen Instrumente für alle drei Ziele dienen kann.**

Hierbei würden Wagen mit GG-Sohle die lauteste Klasse darstellen, gefolgt von Wagen mit Verbundstoffsohlen-Klotzbremsen, an denen sonst keine weitere lärmmindernde Maßnahme umgesetzt wurde. Dann würden verschiedene Lärmklassen solcher Wagen, bei denen Verbundstoffsohlen-Klotzbremsen mit weiteren lärmmindernden Maßnahmen kombiniert sind, folgen. Die höchste (leiseste) Lärmklasse würden Wagen mit Scheibenbremse und lärmoptimierten Radbauformen darstellen.

- **Innerhalb jeder Lärmklasse sollte nach Achsenzahl differenziert werden.**

Ein Blick auf die technischen Maßnahmen über alle Ziele A), B) und C) zeigt, dass in fast allen Fällen sowohl die lärmmindernde Wirkung als auch die Kosten der Maßnahme proportional zur Zahl der Achsen eines Wagens sind. Politische Anreizinstrumente, die auf einer Messung der gefahrenen km eines Wagens basieren, sollten daher auf gefahrene Achs-km (statt Wagen-km) bezogen werden.

- **Wenn überhaupt Anreizinstrumente (und nicht nur Verbote) eine Rolle spielen sollen, dann müssen diese auch *laufleistungsabhängige* Anreize setzen.**

Ginge es nur darum, Anreize für eine einmalige Investition oder Umrüstung zu setzen, dann wäre die spezielle Form der Anreizsetzung nicht so wichtig. Es käme allein darauf an, dass das politische Instrument dazu führt, dass der Gegenwartswert der Investition den Gegenwarts-

¹ Langfristig müssen allerdings auch Wagen für geringe Laufleistungen neu beschafft werden. Diese könnten mit Klotzbremsen und Verbundstoffsohlen ausgestattet werden.

wert der Kosten übersteigt. Bei dem Ziel A - Ersatz von GG- durch Verbundstoffsohlen bei Altwagen – geht es jedoch nicht nur um die Umrüstung selbst, sondern auch um den vorrangigen *Einsatz* der umgerüsteten Wagen. Da Wagen mit Verbundstoffsohlen höhere Betriebskosten aufweisen als Wagen mit GG-Sohlen (Hauptgrund ist der höhere Radverschleiß durch Verbundstoffsohlen, hinzu kommt ein höherer Wertverschleiß an den Sohlen selbst), würden EVU die leiseren Wagen möglichst wenig, die noch vorhandenen lauten Wagen möglichst viel einsetzen. Um dem entgegenzuwirken bedarf es laufleistungsabhängiger Anreize für den Einsatz leiser Wagen.

Zudem geht es bei Ziel A) und Ziel B) – weitere lärmindernde Maßnahmen am Wagenbestand - auch darum, Anreize für den Einsatz der leiseren Wagen vorzugsweise in Deutschland und dort möglichst an lärmbelasteten Strecken und lärmempfindlichen Zeiträumen zu setzen. Dies kann nicht durch eine pauschale Förderung erreicht werden, sondern nur durch einen laufleistungsabhängigen Anreiz.

Lediglich in Hinblick auf das Ziel C) – Durchsetzung der Scheibenbremse und lärmoptimierter Radbauformen – ist es egal, ob Anreize in pauschaler oder laufleistungsabhängiger Form gesetzt werden. Denn Scheibenbremsen lohnen sich ohnehin nur bei hohen Laufleistungen und haben dort ihren Kostenvorteil. Die hohen Laufleistungen sind aber nur auf den zentralen europäischen Korridoren erreichbar; diese verlaufen durch Deutschland und beinhalten die lärmbelasteten Strecken.

- **Im Zuge einer fortgeschrittenen Politik der Lärminderung wird es unerlässlich sein, dass die Eisenbahnverkehrsunternehmen ihre Fähigkeit zur zeitlich-räumlichen Einsatzsteuerung leiser Wagen verbessern.**

Nur dann können sie auf laufleistungsabhängige Anreizinstrumente adäquat reagieren. Auch Scheibenbremsen können nur dann attraktiv werden, wenn es im Betrieb gelingt, die Verwendung und den Verbleib der scheibengebremsen Wagen auf den Korridoren zu halten.

Die Verbesserung der Fähigkeit der EVU zur zeitlich-räumlichen Einsatzsteuerung einzelner Wagen ist auch von Bedeutung für die überfällige technologische Erneuerung des Wagenmaterials aus rein wirtschaftlichen Gründen. Es ist daher gut möglich, dass der politische Zwang zur Lärminderung die Branche aus ihrer technologischen Erstarrung befreien und für weitere Innovationen öffnen wird.

Folgende **politische Instrumente** zur Erreichung der Ziele stehen insbesondere zur Verfügung:

A) Laufleistungsunabhängige finanzielle Anreize

1. Pauschale staatliche Direktförderung der Umsetzung technischer Maßnahmen

B) Laufleistungsabhängige finanzielle Anreize

2. Lärmabhängiges Trassenpreissystem mit Boni für leise und Mali für laute Wagen oder Züge
3. Wagenhalterbonus: Staatliche Boni für leise Wagen oder Züge²

C) Ordnungsrechtliche Instrumente

4. Verbote: Vorgaben zum technischen Mindeststandard (Emissionsgrenzwerte) und damit Verbote technischer Lösungen, die diese Standards nicht einhalten, da sie mit zu hohen Lärmemissionen verbunden sind.
5. Räumlich / zeitlich definierte Betriebsbeschränkungen für laute Wagen, unterhalb des Verbots. Insbesondere Geschwindigkeitsbegrenzungen oder Nachtfahrverbote.
6. Lärmkontingente für das Infrastrukturunternehmen, die von diesem in unterschiedlicher Form als Anreizsetzung oder Vorgaben an die EVU und ggf. Wagenhalter weiter zu leiten sind

Die Eigenschaften dieser Instrumente und ihre Eignung für die Erreichung der drei Ziele A), B) und C) werden ausführlich diskutiert.

Eine **pauschale Direktförderung**, auf nationaler Ebene eingeführt, hat eine geringe Treffsicherheit, da sie die Nachteile hat, (i) nicht laufleistungsabhängig zu sein und (ii) die Umrüstung vieler Wagen mit nationalen Steuergeldern zu fördern, die dann gar nicht in Deutschland eingesetzt werden. Förderung auf EU-Ebene (z.B. die CEF-Fazilitäten) mindert an sich das Problem, doch bleibt der Nachteil (i) teilweise bestehen: mit Fördermitteln umgerüstete Wagen werden ggf. wegen erhöhter Betriebskosten nicht prioritär eingesetzt.

Die Potenziale und Probleme **lärmabhängiger Trassenpreissysteme (laTPS) und laufleistungsabhängiger Boni** werden in Abschnitt 11.3.2 ausführlich diskutiert. Das grundlegende finanzielle Anreizsystem ist ein selbstfinanzierendes, d.h. ohne Subventionen auskommendes **laTPS**. Es belohnt den Einsatz leiser Wagen durch einen laTPS-Bonus (Abschlag vom normalen Trassenpreis) und sanktioniert den Einsatz lauter Wagen durch einen laTPS-Malus (Aufschlag auf den normalen Trassenpreis). Dabei ist es immer möglich, das System so zu kalibrieren, dass die Summe der laTPS-Boni der Summe der laTPS-Mali entspricht (Erlösneutralität). Ein laTPS kann in nationaler Regie eingerichtet und zur Förderung aller drei Ziele A), B) und C) eingesetzt werden.

² Der Wagenhalterbonus ist eine nicht pauschale, sondern laufleistungsabhängige Form der Direktförderung. Beide Instrumente werden im Folgenden auch als „finanzielle Förderung“ (durch den Staat) bezeichnet. Ein laTPS setzt zwar ebenso wie diese „finanzielle Anreize“, doch enthält es – wenn es aufkommensneutral ist – keine „finanzielle Förderung“ durch den Staat. Ordnungspolitische Instrumente setzen hingegen keine „finanziellen Anreize“ (und enthalten schon gar keine „finanzielle Förderung“), können aber durchaus auch „ökonomische Anreize“ setzen.

Ein Anreizsystem muss sowohl die Wagenhalter, die über die Aus- und Umrüstung von Wagen entscheiden, **als auch die EVU**, die den größten Einfluss auf den Wageneinsatz haben, **erreichen**.

Ein laTPS erreicht die EVU unmittelbar. Wenn jedoch Wagenhalter und EVU nicht identisch sind, erreicht es die Wagenhalter nur mittelbar, auf dem Weg über eine differenzielle Mietpreisbildung für laute / leise Wagen. Die **These des Wirkungsbruchs** besagt, dass diese Weitergabe des Anreizimpulses über die Mietpreisbildung am Markt nur sehr unvollkommen geschieht, so dass ein laTPS die Wagenhalter nur sehr schwer erreichen kann. Das größte EVU Deutschlands, die DB Cargo, besitzt viele Wagen selbst, so dass das Problem des Wirkungsbruchs dort abgemildert ist. Andererseits tritt gerade dort das **Problem der Neutralität von Trassenpreisen innerhalb eines integrierten Konzerns** auf. Dieses Problem kann allerdings politisch abgefangen werden, da der Bund als Finanzier der Bahn besonderen Einfluss auf die DB AG nehmen kann.

Insgesamt ist festzuhalten, dass **die Anreizstärke oder Spreizung eines laTPS³ deutlich erhöht werden muss**, um die Wirkungsbrüche (bzw. den Neutralitätseffekt innerhalb der DB) zu überwinden. Solange das System erlösneutral bleibt, ist gegen eine stärkere Spreizung aber wenig einzuwenden, so dass dieser Weg gangbar ist.

Wenn der Bund bereit ist, die Branche finanziell zu fördern – wozu es aufgrund der problematischen wirtschaftlichen Gesamtsituation durchaus Anlass gibt – dann sollte er weiterhin das Instrument der **Wagenhalterboni** einsetzen, keine pauschale Direktförderung.

Die **ordnungsrechtlichen Instrumente** werden in Abschnitt 11.3.3 aus ökonomischer (und bahnbetrieblicher) Sicht ausführlich diskutiert. Ein **pauschales Verbot einer Technologie** ist nur in Hinblick auf das Ziel A) – die Beseitigung der GG-Sohle – sinnvoll einsetzbar. Da Neuwagen mit GG-Sohlen bereits heute EU-weit nicht mehr zugelassen sind, geht es „nur“ noch um ein vorgezogenes, also zeitnahe Verbot auch für die Altbestandswagen. Aus deutscher Sicht wäre ein Verbot der GG-Sohle bereits ab 2022 wünschbar. Die Frage eines Verbots ist aber auf EU-Ebene zu entscheiden, wo sich die Interessenlage zwischen verschiedenen Mitgliedstaaten recht stark unterscheidet. Zu befürchten ist daher, dass auf EU-Ebene ein Verbot der GG-Sohle bei Altwagen erst für einen recht späten Zeitpunkt erreicht werden kann, der aus deutscher Sicht zu spät ist.

Für die Ziele B) und C) sind Verbote von Technologien im Allgemeinen nicht sinnvoll einsetzbar. Denkbare Ausnahmen z. B. hinsichtlich Flachstellen am Rad oder leiserer Kunststoffbuchsen im Bremsgestänge werden im Text angesprochen.

Im Gegensatz zu pauschalen Verboten können lokale **Geschwindigkeitsbeschränkungen oder Nachtfahrverbote** für „laute Wagen“ in nationaler Regie verhängt werden. Ihr Hauptproblem besteht darin, dass sie negative Auswirkungen auch auf „leise“ Wagen oder Züge und sogar auf Personenzüge und die ganze Infrastrukturkapazität haben können. Durch geschickte Ausgestaltung können diese negativen Effekte gering gehalten werden, doch erweist sich dieses Instrumentarium insgesamt als problematischer und inflexibler als ein laTPS. Insbesondere zur Förderung der Ziele B) und C) sind sie ungeeignet. Für das Ziel A) könnte man sich einen sparsamen unterstützenden Einsatz durch diese Instrumente vorstellen.

³ Mit „Spreizung“ ist die Summe aus laTPS-Boni und laTPS-Mali gemeint.

Neben der ökonomischen und bahnbetrieblichen Dimension müssen insbesondere die aktuellen rechtlichen Möglichkeiten zur Beseitigung der GG-Sohlen und für weitergehende Lärmreduktionen beachtet werden (Kapitel 12).

Eine **unmittelbare finanzielle Förderung** der Umrüstung ist auf EU-Ebene grundsätzlich auf Basis der **CEF-Fazilitäten** möglich. Die Förderung geschieht im Rahmen von zu beantragenden konkreten Projekten. Der Bund muss mitfinanzieren, und der gesamte Zuschuss zu einem geförderten Projekt darf aus beihilferechtlichen Gründen nicht mehr als 50% der Gesamtkosten des Projektes betragen. Zur Finanzierung der Umrüstung von GG- auf LL-Sohlen wurde dieses Instrument in der Vergangenheit bereits eingesetzt, und der Bund sollte darauf hinwirken, dass hierfür auch künftig CEF-Fazilitäten eingerichtet werden. Auch zur Finanzierung weitergehender Lärmreduktionen ist dieses Instrument grundsätzlich einsetzbar. Wenn der Bund dies wünscht, sollte er sich auch für entsprechende weitergehende Programme einsetzen.

Die **nationale finanzielle Förderung der Umrüstung von LL- auf GG-Sohlen durch Wagenhalterboni** wird auf Basis der Förderrichtlinie laTPS von 2013 gewährt. Aus beihilferechtlichen Gründen übersteigt sie nicht 50% der Gesamtkosten der Umrüstung. Dieses Förderprogramm ist von der EU bis 2017 genehmigt worden, und eine Verlängerung um weitere drei Jahre wurde von der Bundesregierung beantragt. Für die Zukunft besteht sicherlich die Option, das Förderprogramm noch für zwei weitere Jahre bis 2022 genehmigen zu lassen. Schwieriger wäre es, wenn der Förderzweck über die Finanzierung der Umrüstungen, die als Investition betrachtet werden können, hinausgehen soll und auch eine Kompensation der erhöhten Betriebskosten (aufgrund des erhöhten Radverschleißes durch Verbundstoffsohlen) beinhalten sollte. Da dies mit den relevanten europäischen Leitlinien schwer in Einklang zu bringen wäre, ist dieser Versuch nicht zu empfehlen. Wenn ein Versuch zur Ausweitung der Förderung gewünscht ist, dann sollte der Bund eher versuchen, die Investitionsbeihilfen der Umrüstung von 50% auf 60% zu erhöhen, was bei Nachweis der Notwendigkeit und Verhältnismäßigkeit unter Umständen genehmigt werden könnte. Auch zur finanziellen Förderung weitergehender Maßnahmen kommt das Instrument der Wagenhalterboni grundsätzlich in Frage, wiederum bis zur Höhe von 50% der Investitionskosten. Es müsste dann aber erneut von der EU genehmigt werden.

Finanzielle Vorteile für Wagen, die von GG- auf LL-Sohle umgerüstet werden, können auch im Rahmen eines **lärmabhängigen Trassenpreissystems** gewährt werden. Die rechtliche Prüfung ergibt, dass ein laTPS sowohl aus EU-rechtlicher Perspektive (insbesondere Richtlinie (RL) 2012/34/EU und Durchführungsverordnung 2015/429/EU) als auch aus nationalstaatlicher Perspektive (Allgemeines Eisenbahngesetz und Eisenbahninfrastruktur-Benutzungsverordnung) als politisches Instrument zur Förderung der Umrüstung eingesetzt werden kann. Das in Deutschland eingesetzte laTPS erfüllt diesen Rechtsrahmen und könnte auch noch gestärkt und räumlich ausdifferenziert werden, ohne ihn zu verlassen. Für die detaillierte Diskussion der Rechtslage kann hier nur auf die entsprechenden Parteien in Abschnitt 12.1 verwiesen werden. Hier sei lediglich hervorgehoben, dass die rechtlichen Vorgaben der EU praktisch keine Höchstgrenze für die Boni vorgeben, sondern den Spielraum nach oben offen gestalten. Das gleiche gilt analog für die Mali, sofern das Gebot der Erlösneutralität des ganzen Systems eingehalten wird.

Auch zur Förderung weitergehender Maßnahmen kann das laTPS eingesetzt werden. Hierzu sieht die Durchführungsverordnung 2015/429/EU bereits jetzt die Möglichkeit zusätzlicher Boni für „sehr leise Wagen oder Lokomotiven“ vor, von denen im deutschen laTPS noch kein Gebrauch gemacht wird.

Auch der Einsatz **ordnungsrechtlicher Instrumente** zur Förderung bzw. Erzwingung einer Umrüstung von Bestandswagen von GG- auf LL-Sohle wird aus rechtlicher Sicht diskutiert. **Ein Verbot der**

GG-Sohle auch für Bestandswagen kann nur auf EU-Ebene ausgesprochen werden. Das Arbeitspapier „Rail freight noise reduction“ der EU-Kommission vom Dezember 2015 zeigt, dass dort solche Überlegungen – neben anderen – durchaus angestellt werden. Wenn sie in eine Rechtssetzung münden, würde dies als Anpassung der TSI Noise geschehen. Ohne eine solche Änderung der TSI Noise würden hingegen alle Bestrebungen auf nationaler Ebene, ein formales oder auch „nur“ faktisches nationales Verbot der GG-Sohle zu erreichen, mit der aktuellen TSI Noise kollidieren und wären daher nicht durchzuhalten. Soll wegen der absehbaren politischen Schwierigkeiten der zeitnahen Erreichung eines entsprechenden Verbots auf der Ebene der EU das Verbot zunächst auf nationaler deutscher Ebene eingeführt werden, müsste vorher eine entsprechende Ermächtigung zu einem nationalen Alleingang (oder Voranschreiten) im Recht der EU erreicht werden.

Dies gilt nicht für **selektive, lokale Betriebsbeschränkungen für laute Güterwagen**. Diese kollidieren nicht grundsätzlich mit EU Recht.

Als rechtliche Grundlage kommen entweder § 5 a Absatz 1 und 2 Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG) oder eine neu zu erlassende entsprechende Ermächtigungsnorm, die entweder im Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) oder im AEG angesiedelt oder als eigenständiges Eisenbahnverkehrslärmschutzgesetz erlassen werden könnte, in Betracht. Sowohl diese Ermächtigungsnorm generell als auch ihre Anwendung im Einzelfall müssen auf den Schutz der Gesundheit der Bevölkerung vor einer Beeinträchtigung durch den durch laute Güterwagen verursachten Güterverkehrslärm gerichtet sein. Als ordnungsrechtliche Maßnahmen, die auf der Grundlage dieser neu zu schaffenden Ermächtigungsnorm erlassen werden können, kommen rechtlich sowohl Nachtfahrverbote als auch die vollständige oder die zeitweise Sperrung besonders lärmbelasteter Strecken für laute, nicht umgerüstete Güterwagen sowie ebenso die Anordnung von sonstigen Beschränkungen wie etwa Geschwindigkeitsbegrenzungen in Betracht. Die eingesetzten ordnungsrechtlichen Instrumente dürfen es allerdings nicht völlig unmöglich machen, das deutsche Schienennetz mit Fahrzeugen zu nutzen, für die wegen Einhaltung der Vorgaben der TSI Noise ein unionsrechtliches Netzzugangsrecht besteht, da ansonsten ein Verstoß gegen das vorrangig anwendbare Unionsrecht anzunehmen wäre.

In Hinblick auf weitergehende Maßnahmen zur Lärmreduktion gelten die gleichen grundsätzlichen Überlegungen, doch mit der zusätzlichen Implikation, dass der Einsatz von Verboten und Betriebsbeschränkungen zur Förderung dieser weitergehenden Maßnahmen schwieriger sein wird. Ein Verbot von Wagen, welche die aktuellen Grenzwerte der TSI Noise einhalten, wird auf EU-Ebene derzeit gar nicht diskutiert, daher wird es auch auf nationaler Ebene nicht umsetzbar sein. Lokale Betriebsbeschränkungen sind eher möglich, doch kann der dafür notwendige Verweis auf den Schutz der Gesundheit der Bevölkerung vor Verkehrslärm etwas schwerer fallen, wenn die Wagen schon die Grenzwerte der TSI Noise einhalten.

Zusammenfassend ist daher zu empfehlen, **das laTPS** über das Jahr 2021 hinaus zu bewahren, zu reformieren, in seiner Anreizwirkung zu stärken und hinsichtlich der technischen Maßnahmen, die es in unterschiedlichem Maße fördern soll, zu verbreitern und auszudifferenzieren.

Ebenso höchste Priorität sollte der Versuch haben, ein **zeitnahes EU-weites Verbot der GG-Sohle** zu erreichen. Wenn dies nicht gelingt, können zusätzlich zum laTPS auch **selektive Betriebsbeschränkungen** erwogen werden.

Um den wirtschaftlichen Schwierigkeiten der Branche zu begegnen, kann der Bund auch über weitere **finanzielle Förderungen** nachdenken, die aber mit dem EU-Beihilferecht verträglich sein müssen. Eine nationale finanzielle Förderung hinsichtlich der Ziele A) und B) sollte dabei nicht in Form einer

pauschalen Direktförderung von Maßnahmen, sondern in der Form von Wagenhalterboni gestaltet werden.

Lediglich für das Ziel C) – die Förderung der Scheibenbremse bei Neuwagen – ist die pauschale Direktförderung adäquat. Eine „Abwrackprämie“ für die Beschaffung eines „sehr leise Wagens“ in Verbindung mit der Pflicht zur Verschrottung eines lauten Altwagens wäre eine besonders attraktive Form der pauschalen Direktförderung der Scheibenbremse. Eine EU-weite Förderung, etwa in Form der CEF-Fazilität, kann grundsätzlich eher in Form einer *pauschalen* Direktförderung vorgenommen werden als eine nationale Förderung. Jede finanzielle Förderung kann aber nur Anschub und Teilfinanzierung darstellen. Die notwendigen langfristigen Anreize müssen von einem erlösneutralen laTPS ausgehen.

Außerdem ist ein flächendeckendes, unabhängiges **Lärm-Monitoring** nötig. Man kann mit bundesweit 15 Messstellen auskommen, sollte aber für Zwecke der Auswertung eine wagenscharfe Zuordnung der Messergebnisse ermöglichen. Aggregierte Ergebnisse sollten im Internet allgemein zugänglich gemacht werden. Eine direkte Einbeziehung des Monitorings in ein Sanktionsregime empfehlen wir jedoch nicht.

2 Summary

A major instrument of German policies towards a reduction of rail freight noise consists of the substitution of cast-iron brake blocks by composite brake blocks. This is expected to be finished by 2020. But even then, rail freight noise will remain on the political agenda; especially if the sector grows as expected and politically desired.

Accordingly, this study deals with additional technical measures to further reduce rail freight noise and with policies to promote their adoption. The study focuses on solutions for freight waggons, but also surveys measures for the infrastructure and locomotives. Additionally, a noise monitoring system is discussed.

The current organization of the rail freight sector and its expected development are important determinants for rail noise policies and are thus reviewed in detail (chapter 4). Especially the expected future growth of rail freight and the complex organization of freight waggons (ownership, contractual relationships between owners and train operating companies etc.) pose significant challenges for significant noise reductions.

Currently, wheel roughness is the most important cause for noise emissions: Most waggons are equipped with traditional block brakes and use cast-iron brake blocks that increase wheels' roughness. The ensuing wheel roughness results in vibrations of the wheel and the track and thus in noise. Similarly, track roughness can also contribute to noise, as can wheel flats and defective track joints which all result in a non-smooth rail-wheel contact. Further sources for noise are engines, bogies, and aerodynamics. Currently, these sources are usually obscured by the dominant rolling noise.

The general result is growing noise exposure. Surveys show the growing public's concerns about rail noise. Noise mappings indicate that acceptable noise levels drastically exceeded in some parts of the network, especially at night. Extreme levels are reached next to north-south corridors (along the Rhine or along the Hamburg-Frankfurt-Munich corridor) because of the high population density and the volume of traffic.

Therefore, it is of vital importance to substitute cast-iron brake blocks by composite brake blocks. Wheels remain smooth when composite brake blocks are used, resulting in significant noise reductions of up to 10 decibel (dB)(A) - if the tracks are in good condition.

New freight waggons already have to use composite brake blocks to meet the requirements of TSI Noise for new vehicles. However, in order to realise significant noise reductions on an acceptable time frame, retrofitting of the existing freight fleet with composite brake blocks is a key priority.

Currently two types of composite brake blocks are available, namely, the K- and the LL-block. K-blocks require an adaptation of the braking system (they have a higher coefficient of friction than cast-iron blocks). They are mainly used for new waggons. LL-blocks simulate the braking performance of cast-iron brake blocks and therefore only minor adaptations of the braking system are necessary; so, they are of special importance for retrofitting.

Nevertheless, even a noise reduction of up to 10 dB(A) will not suffice to meet acceptable immission limits (especially at night) in highly densified areas. A further reduction of 10 to 15 dB(A) seems necessary.

Additionally, while reducing wheels' roughness will result in a lower noise level, other sources of noise, that are at the moment dominated by rolling noise, will become more important for the perception of noise:

- sources at the waggon (as, e.g., clapping brake riggings)
- sources at the infrastructure (as, e.g., rough tracks)
- squeal noise and brake screeching
- defective parts of the waggon (as, e.g., flat spots) or the infrastructure (as, e.g., track joints)
- sources at the locomotives (e.g., the engine).

To reduce the emissions of these sources, further measures have to be taken. In chapter 6 the study lists and analyses the technical options to deal with these sources, i.e. their capability to reduce noise and their costs (using a simplified LCC-approach). In doing so, we differentiate between retrofitting and new acquisition of rolling stock; in both cases we look at additional costs, i.e. we assume that composite brake blocks are already in use.

The following table 1 lists all measures the study analyses (see chapters 6.3 to 6.5).

Chapter 6.6 discusses the results and cost-effectiveness (annual LCC per dB(A) noise reduction, assuming normal conditions). Within a category (waggon, locomotive, infrastructure) the most cost-effective measures should be realised first, although several restrictions have to be taken into account (see especially tables 13, 14 and 15). Examples for restrictions are, e.g.:

- Wheels with noise-optimized webs result in lower LCC, but they require the use of disc brakes.
- Smaller wheels restrict the scope of use of waggons.
- Wheel noise absorbers have a low cost-effectiveness under normal conditions, but they reduce brake screeching considerably.

Therefore, cost-effectiveness under normal conditions is just one indicator that has to be used in comparing technical measures, but an important one.

Concerning new waggons, the study looks especially at modern breaking systems, i.e. Compact Freight Car Brakes (CFCB) and disc brakes. Compared with traditional breaking systems, both systems have higher purchase prices but lower usage costs. Therefore, additional costs - compared to block-brakes - depend on the kilometeric performance of the waggon. In case of high performance, additional costs can even become negative.

Disc brakes in combination with wheels with noise-optimised webs currently seem to be the most interesting option. In case of a yearly performance of at least 60,000 their annual LCC are lower than that of CFCB. For more than 65,000 kilometers, they are cheaper than block-brakes with K-blocks. The performance of waggons differs markedly between almost 0 and 200,000 km per year, with the average at about 70.000 km.

Table 1 Technical measures, overview

Measures for waggons
Wheel noise absorber
Hypno damping system
Bogie skirts
Wheelset skirts
Coated wheelsets
Coated bogies
Visco-elastic suspension
Plastic bushings for brake linkages of bogies for freight waggons
Smaller wheels for freight waggon bogie
Compact tread brake unit
Disk brake
Wheels with straight web
Measures for locomotives
Absorbing louvers on cooling air intakes and –outlets
Screw compressor
Optimised cooling fan wade shapes
Spiral sound absorber
Noise-optimised gearbox
Optimisation of converter mounting
Measures for the infrastructure
Roughness controlled track
Acoustical grinding // high speed grinding
Under sleeper pad
Noise barrier
Gabion wall
Low noise barrier
Rail web damper
Rail web shielding
Rail lubrication system
Friction modification

Quelle: Own presentation.

All three systems, K-blocks, CFCB and disc brakes, can substitute cast-iron brake blocks and thus realise a noise reduction of ca. 10 dB(A). Additionally, clattering brake linkages do not apply with CFCB and disc brakes; we estimate a noise reduction of ca. 2 dB(A) for this effect. Furthermore, wheels with noise-optimised webs in combination with disc brakes can reduce noise further by ca. 4 dB(A).

Whether different technical measures can be combined at all, and what their combined effect on noise levels would be, are intricate issues (see chapter 6.7). The effects of combinations are not analysed sufficiently; therefore, further research is urgently needed.

Currently, the following combinations can be recommended, based on their noise effects and their costs (chapter 6.7):

1. Measures for the existing waggon fleet

When the substitution of cast-iron brake blocks has been accomplished, the following measures are suitable for further noise reductions: A combination of noise absorbing coating material for bogie frames and wheel-sets and of plastic brake leverage bushings. Additionally, we recommend the use of viscoelastic suspension or Hypno@damping (mutually exclusive). Since these measures tackle different sources of noise, their combined effect should (almost) add up. Additionally, the costs are low and a noise reduction of 2 to 4 dB(A) can be expected.

2. Measures for locomotives (existing and new rolling stock)

Since locomotives have significantly higher yearly performances than waggons and noise-reducing measures are even less costly, the following measures should be taken for new locomotives: optimised cooling fan wade shapes, spiral sound absorber, noise-optimised gearbox, optimisation of converter mounting, screw compressor and absorbing louvers on cooling air intakes and -outlets. All measures - except the noise-optimised gearbox - are also appropriate for used locomotives. The measures complement each other since they tackle different sources and frequency ranges of noise.

3. Measures for the infrastructure

The most important measures are the realisation of a smooth track with sufficient structural damping to achieve smooth running surfaces. Additionally, while measures „at the source“ are preferable, passive solutions such as barriers are also indispensable.

4. Measures for new waggons

Disc brakes in combination with wheels with noise optimized webs can lead to a substantial noise reduction of approx. 6 dB(A) - compared with K- or LL-blocks. Therefore, this measure should be used for any waggon with a high yearly performance (with 70,000 km or more, this measure becomes self-financing). With the exception of specialized cars, demand for waggons with an expected performance of less than 70,000 km should focus on existing cars. In other words, no conventional cars with K-blocks should be newly acquired at all for quite some time.

Concerning the proposed retrofitting, several obstacles are discussed. Beside the risk of cost increases, e.g., problems to integrate retrofitting in maintenance processes are a major point of concern. However, as a detailed analysis shows, retrofitting can be integrated in overhaul processes according to G levels (4.0/4.2/4.3) and partly according to R levels. Consequently, the integration of retrofitting in maintenance processes can result in considerable cost-savings.

In order to improve the understanding of the total costs of noise reduction, the (additional) cost burden for the rail freight sector and its effect on transport markets, three typical freight services have been defined and analysed: a block-train in the container segment, a block-train in the bulk good segment, and a single waggon load train. For these trains, the effect of one of the most expensive measures, high-speed grinding in the German core network (approx. 12,000 track km), on the costs of train operating companies has been estimated. Total cost of this measure amount to ca. 115 million Euro per year and it was assumed that the infrastructure owner passes the additional costs completely to train operating companies.

Ultimately, total costs of train operating companies increase moderately by 0.5 to 1 percent, while track access charges increase by 3.5 to 4.6 percent. To estimate demand effects, we used actual elasticity-estimations and found negative demand effects between -0.4% to -0.74% in the segment block-train / container and -1.86% in the segment single waggon load train. The block-train / bulk good falls between these extremes. Given that a very expensive measure has been assumed, these effects are still moderate, though noticeable.

High-speed grinding covers the upper range of values. Nevertheless, even the resulting moderate cost increases of high-speed grinding can have detrimental effects due to the difficult financial situation of freight train companies which we observe currently (operative margins are close to zero). Therefore, public support remains a topic if measures to reduce rail freight noise are discussed.

The first and basic policy measure that has been analysed is the monitoring of rail freight noise. This study argues that a comprehensive noise monitoring is indispensable, first, to assess the current degree of noise exposure and, second, to identify noise emissions of single trains or vehicles. The latter aspect, the need for identification, depends on the ultimate goal, i.e. its use for either (i) Research and Development and updates of technical codes, or (ii) giving waggon owners / freight train operators information about noise emissions of their vehicles, or (iii) control and sanctioning.

The more ambitious the goal, the higher the technical requirements and - at least partly - the need for a denser network of monitoring stations. For the first two identification goals, approx. 15 monitoring stations are required in Germany. For an even more ambitious monitoring network, investments of ca. 4 Million Euros and operating costs of ca. 1.5 Million Euros per year should suffice.

In order to reduce rail freight noise, the German government uses several policy instruments.

One set of instrument concerns **government financing** of passive measures, i.e. acoustic enclosures and barriers, and financial support of Research and Development, planning policy and others (chap. 10).

Since 2012, Germany has also introduced a system of noise-differentiated track access charges, which also includes bonus-payments from the Government to waggon keepers (laTPS). The system intends to incentivise keepers to substitute iron-cast breaking blocks by LL-blocks. In March 2016, an agreement between the Federal Government, the rail sector and civic groups has been reached. This agreement entails inter alia the commitment of car owners to retrofit their fleets comprehensively until the end of 2020. The Government agreed on further financial support and announced an initiative for a timely ban of iron-cast breaking blocks on the EU level. Therefore, the ban of iron-cast breaking blocks has become a cornerstone of the rail noise policy; if the European Member States do not follow this initiative, users of LL-blocks will realise a cost disadvantage since LL-Blocks result in higher profile wear. In this case, retrofitting could remain an important issue in Germany.

Therefore, the study identifies three major political goals:

- A) Achievement of a comprehensive retrofitting of GG-brake blocks - The existing fleet should be completely equipped with LL- blocks (retaining block brakes).
- B) Adoption of further technical measures for the existing waggon fleet - Measures that result in a moderate noise reduction at low additional costs should be adopted. Examples include coated wheel sets and bogies, plastic bushings for brake linkages of bogies, precocious maintenance of wheel flats (i.e. before safety relevant length of 6 cm) and others.
- C) Introduction of disc brakes and wheels with straight web as a new standard for new waggons - Since this measure results in a significant noise reduction, it should become the norm at least for all new waggons with a high estimated yearly performance.

To economise on costs, retrofitting (goals A and B) should be performed during overhaul processes according to G levels.

While the goals A), B) and C) target the adoption of technical measures, they also include the need to use quiet waggons more intensively, especially in Germany and especially on heavily used relations and at night.

The design of instruments therefore has to fulfill the following requirements to meet the goals mentioned:

- **As a bases for a differentiated system of policy instruments one needs to have a differentiated system of noise emission classes by different types of wagons.**

Waggons with iron-cast breaking blocks would fall in the lowest class, followed by K- and LL- blocks. A combination of composite blocks with further measures would constitute further classes. Disc brakes in combination with wheels with noise-optimised webs would currently represent the highest class.

- **Within each class, the number of axles has to be regarded.**

Noise emissions and costs of most measures to be applied to wagons depend in a proportional way on the number of axles. Therefore, incentive oriented policy instruments should target axle-km, not train or wagon-km.

- **If incentive-oriented instruments are to be used at all (and not only bans), then they have to be performance-oriented.**

If retrofitting with given technology were the only relevant issue, incentives would not be that important. However, according to goal A, the intense use of retrofitted waggons is of major importance. Since waggons with composite brake blocks are characterised by higher operating costs (due to profile wear of the wheel and wear and tear of the breaking block), owners do not have an incentive to use them as intensively as possible. Therefore, performance-oriented incentives are important.

Additionally, performance-oriented incentives can influence the decision - emphasised by goals A and B - where and when to use quiet waggons.

Only goal C - introduction of disc brakes and wheels with straight web - is independent of performance. Disc brakes are only cost-efficient if waggons have a high performance per year. In Germany, this performance can almost exclusively be rendered on the most important corridors only - and these corridors cross densely populated areas.

- **Train operating companies will have to increase their ability in operations planning for cars (planning the use of quiet waggons in terms of time and space).**

Only with an efficient disposition, companies can adequately react to performance-based incentive systems. Additionally, improved planning could also create general incentives to invest in modern rolling stock - a process that is long overdue.

The most important political instruments are:

- A) Financial support, without performance-oriented incentives
 - 1. Direct support of retrofitting
- B) Financial support, with performance-oriented incentives
 - 2. Noise-differentiated track access charges with bonus-malus system for quiet / loud waggons or trains
 - 3. Bonus-system for car owners
- C) Regulatory law
 - 4. Bans, e.g. ambitious emission standards
 - 5. Operating restrictions for certain areas / time of day, i.e. speed restrictions or ban on night-time driving
 - 6. Noise quotas for infrastructure manager.

The study discusses the suitability of these instruments and their legal admissibility in detail.

Direct support of retrofitting is not very effective if it is done on a national level (no performance-oriented incentives, no incentive for using quiet material on relations that cross densely populated areas). Direct support on the European level, e.g. CEF-Facility, can reduce the problems, but cannot establish incentives to use quiet rolling stock more intensively.

The pros and cons of **noise-differentiated track access charges (laTPS)** and **performance-based bonus-malus-payments** are discussed in detail in chap. 11.3.2. The basic incentive system laTPS is self-financing, i.e. does not require any public support. The intense use of quiet (loud) rolling stock is positively (negatively) sanctioned by bonus-malus-payments. It is always possible to calibrate boni and mali in such a way, that the sum of in- and out-payments is zero (principle of revenue neutrality for the infrastructure manager). The system can be established on a national basis effectively.

Every incentive-oriented system has to target owners of rolling stock and train operating companies as well. The first group is decisive for investment decisions, the second one for operational planning of the use of rolling stock. If the groups do not coincide, LaTPS directly affects train operating companies, only. Waggon keepers are only indirectly affected by differentiated rental charges for quiet / loud material.

A common argument states that this indirect effect dilutes the incentives for waggon keepers, mainly due to complexities and imperfections of the market for rolling stock. Another potentially relevant effect stems from the fact that Deutsche Bahn corporation, as the most important rail company and wagon keeper in Germany, is vertically integrated, i.e. also the owner of the infrastructure. This entails a problem of access charge neutrality within the integrated company.

Therefore, the incentive intensity, i.e. the spread between boni and mali, should be increased in order to counteract diluted incentives for waggon keepers (while still realising the principle of revenue neutrality).

If, on the other hand, Government is ready to support the sector, performance-oriented **boni for waggon keepers** are the most efficient instrument. The sector's currently difficult financial situation could be an argument in favour of public support.

Instruments of **regulatory law** can play an important complementary role. However, a **general ban** only makes sense to realise goal A - the removal of iron-cast breaking blocks. Since new waggons already have to be equipped with K- or LL-blocks, a general ban could "only" support a timely (e.g., until 2022) and comprehensive retrofitting of the existing fleet. The decision has to be taken on EU level. Due to different interests of the Member States, a difficult negotiation process can be expected. Therefore, while Germany would prefer a timely ban (e.g., until 2022), one can expect that a ban on European level will only be possible considerably later.

Bans are usually not appropriate for targeting goals B and C. The study discusses possible exemptions, as for wheel flats.

Operating restrictions, i.e. speed restrictions or ban on nighttime driving, can be used on a national level - contrary to bans. The effectiveness and costs of these instruments depend crucially on the details of the restrictions, e.g., their effect on intermodal competitiveness of the sector, efficiency of infrastructure capacity utilization.

Generally, these instruments are more inflexible and imprecise as laTPS. However, they can play a complementary role in supporting goal A and in solving hot spot problems.

Turning to legal admissibility (chapter 12), **direct support by the EU** of retrofitting is realised within the Connecting Europe Facility (CEF-Facility). Supported are projects that are proposed by market participants. A national co-financing has to take place and the support cannot exceed 50% of the total project costs. The German government could appeal at the EU for an extension, an increase or the implementation of a similar funding programme.

National direct support for retrofitting does also already exist (boni for waggon keepers as part of laTPS). The programme, that also respects the ceiling of 50% of the total costs, will run until 2017, and the government already applied for an extension for further three years.

In future, it would be difficult to expand the support objectives, e.g. to compensate for higher operating costs. The European Guidelines currently do not apply for considerations like this. If further support were deemed necessary, it would be more promising to try to increase the allowed investment aid up to 60%. Such an increase could be legally acceptable, if the government can demonstrate its necessity and proportionality.

Public support for further technical measures could also use boni for waggon keepers. Again, the instrument would require an approval by the European Commission.

LaTPS of course also results in financial advantages for retrofitted waggons. From a legal point of view, a system of **noise-differentiated track access charges** can be used to support retrofitting according to European law (especially Directive 2012/34/EU and Commission Implementing Regulation (EU) 2015/429) and German law (Allgemeines Eisenbahngesetz and Eisenbahninfrastruktur-Benutzungsverordnung). The current German laTPS is placed within this legal framework and could be

extended and spatially differentiated. The spread between boni and mali is not limited - as long as revenue neutrality is realised. Additionally, further technical measures can be handled within laTPS. Commission Implementing Regulation (EU) 2015/429, e.g., already allows additional boni for 'silent' trains and 'very quiet' rolling stock.

In Germany, it is also discussed whether **regulatory law** can support retrofitting. Banning iron-cast breaking blocks is only possible on the European level. The Commissions' staff working paper „Rail freight noise reduction“ (December 2015) indicates that this approach is considered. In that case it would have to result in a revision of TSI Noise.

Nevertheless, selective, local restrictions for noisy waggons are possible on the national level. Such restrictions would not conflict with European law. The legal basis could be § 5 a I and II AEG or a new enabling rule as part of BImSchG or AEG or of a new Rail Noise Protection Law.

The enabling rule as well as the concrete restrictions have to be targeted on protecting human health. Operating restrictions such as speed restrictions, bans on night-time driving, bans of noisy trains on highly concerned railway sections and so on are in principle possible. Several legal restrictions have to be obeyed, e.g. undue restrictions that make it in practice impossible to use the German network with approved waggons violate European law.

The use of **regulatory law** in order to promote the adoption of further measures is even more difficult. E.g., it would be extremely difficult to ban waggons that comply with current threshold values of the TSI Noise but not with threshold value that can be realised by use of disc brakes.

In summary, the study recommends to keep the system of **noise-differentiated track access charges** beyond 2021 and to reform it in order to improve its incentive effects.

Additionally, initiatives to realise a **timely ban of iron-cast breaking blocks on the European level** should have the highest priority. If this proves impossible, **selective restrictions** based on regulatory law should be considered.

Concerning public **financial support**, the study recommends the use of boni for waggon keepers in order to create appropriate incentives (goals A und B). Only goal C - adoption of disc brakes - justifies direct support. A scrapping premium would be the most efficient form of direct support in this case.

Lastly, a comprehensive, independently managed noise monitoring system is indispensable. The system should allow assigning noise levels to single waggons and the locomotives. Results should be publicly available, but should not be used to sanction waggon keepers.

3 Einleitung

Die Lärmbelastung der Bevölkerung durch den Schienengüterverkehr stellt ein erhebliches Umweltproblem dar. Zentrale Ansatzpunkte der Lärminderung sind - neben infrastrukturellen Maßnahmen - insbesondere die Umrüstung von Bestandsfahrzeugen mit lärm mindernden Technologien sowie die Entwicklung innovativer Technologien für Neu- und Bestandsfahrzeuge.

Mit der Durchführung lärm mindernder Projekte (Pilot- und Innovationsprogramm „Leiser Güterverkehr“, Lärmsanierungsprogramm des Bundes u.a.) sowie der Einführung lärm abhängiger Trassenpreise sind in Deutschland positive Entwicklungen in Gang gesetzt worden, die insbesondere den Ersatz der herkömmlichen, lärm intensiven GG-Bremssohlen am Güterwagen zum Ziel haben. Zusätzlich werden lärm mindernde Maßnahmen am und um das Gleis vorgenommen (Schleifen, Errichtung von Lärmschutzwänden u.a.).

In einer im März 2016 erzielten Übereinkunft zwischen Bund, Bahnbranche und Bürgerinitiativen sagten erstmals wichtige Branchenvertreter die umfassende Sanierung ihrer Wagenflotten bis zum Fahrplanwechsel 2020 / 2021 zu, so dass sie danach keine Wagen mit GG-Sohlen mehr betreiben werden. Der Bund sagte weitere finanzielle Hilfen zu sowie, dass er sich bei der EU für ein zeitnahes Verbot der GG-Sohle einsetzen werde. Dieses angestrebte zukünftige Verbot wird damit zum Eckpunkt der Übereinkunft. Sollte der Bund es nicht einhalten können, weil andere europäische Staaten sich dagegen sperren, so könnten auch andere Elemente der Übereinkunft in Frage gestellt werden.

Ob die derzeitigen Bemühungen ausreichen werden, das gesetzte Ziel einer Lärminderung um ca. 10 dB(A) bis 2021 zu erreichen, ist daher noch nicht ganz sicher. Damit verbliebe jedoch auch nach dem vollständigen Ersatz der GG-Sohlen durch Verbundstoffsohlen ein Bedarf für weitere Lärmreduktionen um 10 dB(A), teilweise sogar um 15 dB(A) in dicht besiedelten Gebieten, wenn man den Wert von 49 dB(A) nachts nicht überschreiten möchte. Dies gilt aber insbesondere, wenn die erwartete und aus umwelt- und verkehrspolitischer Sicht anzustrebende Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene gelingt. Die Zunahme des Schienengüterverkehrs ist auch einer der zentralen Gründe, warum jetzt Ziele und Maßnahmen formuliert werden sollten, die deutlich über das Reduktionsziel von 10 dB(A) bis 2021 hinaus gehen.

Derzeit ist zu beobachten, dass innovative lärm mindernde Entwicklungen nur begrenzt stattfinden bzw. unter den gegebenen Randbedingungen kaum im Markt Verbreitung finden.

Die vorliegende Studie „Strategien zur effektiven Minderung des Schienengüterverkehrslärms“ hat zum Gegenstand, über die Beseitigung der GG-Sohle hinausgehende technische Maßnahmen zur Lärmreduzierung und politische Instrumente zur Durchsetzung solcher Maßnahmen zu untersuchen.

Die Studie besteht aus 14 Kapiteln. Nach den drei einleitenden Kapiteln bilden die Kapitel 4 bis 8 den „Teil 1: Schienengüterverkehr, Lärm und Optionen der Lärminderung aus technischer und kostenorientierter Sicht“. Ihm folgt „Teil 2: Politische Handlungsalternativen zur Lärminderung“ mit den Kapiteln 9 bis 14, wobei das Kapitel 14 „Fazit“ sich auf beide Teile bezieht. Das Kapitel 13 „Empfehlungen“ formuliert die politischen Handlungsempfehlungen; zugleich bietet dieses Kapitel durch eine Vielzahl von Rückbezügen eine Übersicht über die gesamte Studie.

Teil 1: Schienengüterverkehr, Lärm und Optionen der Lärminderung aus technischer und kostenorientierter Sicht

Kapitel 4 „Schienengüterverkehr – Entwicklung und Organisation“ gibt einen Überblick über den Schienengüterverkehr (SGV) und den Güterwagenmarkt in Deutschland, wobei auch ein Blick auf die europäische (EU) Ebene geworfen wird. Kapitel 5 „Lärmbelastung durch Schienengüterverkehr“ schildert zunächst die Grundlagen der Lärmentstehung und Lärmmessung im Kontext des SGV und sodann die Belastung der Bevölkerung mit SGV-Lärm in Deutschland. Die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten werden in Kapitel 6 „Technische Maßnahmen zur Lärminderung: Nutzen und Kosten“ untersucht. In Kapitel 7 werden Instandhaltungsprozesse daraufhin untersucht, ob sie generell ein Hemmnis zur Umsetzung lärmmindernder Maßnahmen darstellen, und auch daraufhin, wie sie zur kostensparenden Implementierung lärmmindernder Maßnahmen angepasst werden können. In Kapitel 8 werden die Kosten lärmmindernder Maßnahmen in Relation zu den Gesamtkosten der Unternehmen des Schienengüterverkehrs gesetzt und die Effekte der entsprechenden Kostensteigerung auf die intermodale Wettbewerbsfähigkeit der Bahn untersucht.

Teil 2: Politische Handlungsalternativen zur Lärminderung

In Kapitel 9 werden die Möglichkeiten eines flächendeckenden Lärm-Monitorings in Deutschland untersucht. Die politischen Instrumente, die aktuell zur Minderung des SGV-Lärms eingesetzt werden, werden in Kapitel 10 dargestellt. Sodann folgt in Kapitel 11 eine Diskussion der politischen Instrumente aus ökonomischer und teils bahnbetrieblicher Sicht. Eine geschlossene rechtliche Diskussion der politischen Instrumente findet sich in Kapitel 12. Die Darstellung der politischen Instrumente mündet schließlich in Kapitel 13 „Empfehlungen“, dem mit Kapitel 14 noch ein Fazit folgt.

Teil 1: Schienengüterverkehr, Lärm und Optionen der Lärminderung aus technischer und kostenorientierter Sicht

4 Schienengüterverkehr – Entwicklung und Organisation

4.1 Schienengüterverkehr in Deutschland

4.1.1 Transportaufkommen und –leistung 1998-2014

In gesamtwirtschaftlicher Perspektive ist der Güterverkehr zwischen 1998 und 2013 von 1,8 Mrd. Tonnen auf ca. 2,4 Mrd. Tonnen angestiegen.⁴ Wie die folgende Abb. 1 zeigt, führte dieser Anstieg von über 32% insbesondere zu einer starken Zunahme des Aufkommens auf dem Verkehrsträger Straße, das um fast 44% angestiegen ist (durchschnittliches jährliches Wachstum von 2,5%), wobei hier nur Transporte mit einer Entfernung von über 50 km betrachtet werden.

Aber auch die Schiene konnte ihr Aufkommen um über 60 Mio. Tonnen (t) und damit um 21,1% steigern (durchschnittliches jährliches Wachstum von 1,3%).

Die anderen Verkehrsarten haben dagegen entweder an Bedeutung abgenommen, z.B. die Binnenschifffahrt und Rohrfernleitungen, oder sind mengenmäßig bedeutungslos, wie z.B. die Luftfracht.

Im Jahr 2014 hat das Güterverkehrsaufkommen weiterhin zugenommen. Das Statistische Bundesamt⁵ weist eine Zunahme um ca. 2,9% auf - wobei in diesem Wert auch die Entwicklung des Straßennahverkehrs (bis 50 km) enthalten ist. Das Aufkommen auf der Schiene ist dabei um über 2,4% zurückgegangen, während die Straße eine Zunahme von fast 3,9% verzeichnete. Das Statistische Bundesamt führt die negative Entwicklung des Schienengüterverkehrs darauf zurück, dass die transportierte Menge aufgrund des Bahnstreiks im Oktober 2014 um 6,6% und im November 2014 um 9,6% niedriger war als im entsprechenden Vorjahresmonat.⁶

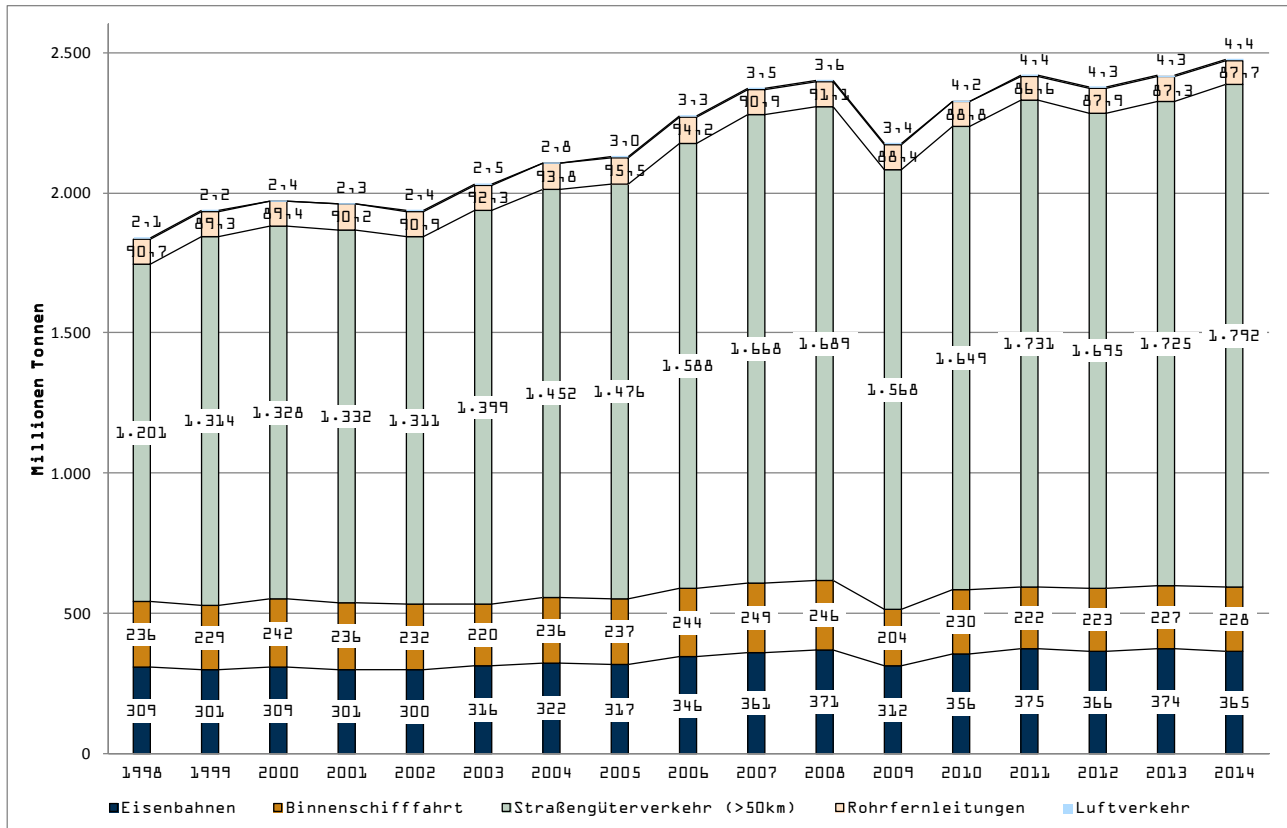
Wie man Abb. 1 auch entnehmen kann, ist der Güterverkehr stark konjunkturabhängig: In den Rezessionen 2001-2002 und 2009 weist das Aufkommen im Güterverkehr - parallel zum realen BIP (Brutto-Inlandsprodukt) - einen deutlichen Rückgang auf. Der Rückgang des Aufkommens bei der Binnenschifffahrt und den Rohrfernleitungen scheint ebenfalls eher ein konjunktureller Effekt zu sein; vor der Wirtschaftskrise 2009 stieg das Aufkommen bei beiden Verkehrsarten noch moderat an.

⁴ Vgl. DIW (2014), S. 240f. Dabei ist der Nahverkehr auf der Straße nicht berücksichtigt.

⁵ Vgl. zu den folgenden Daten Statistisches Bundesamt (2015a).

⁶ Vgl. Statistisches Bundesamt (2015b).

Abb. 1: Binnenländisches Güterverkehrsaufkommen (ohne Nahverkehr dt. Lastkraftfahrzeuge), 1998-2014 (in Mio. t)



Anm.: 2013, 2014: Laut Quelle zum Teil vorläufige Werte.

Quelle: DIW (2015), S. 240f.

In Abb. 2 ist die Schätzung der Entwicklung der Verkehrsleistung in Milliarden Tonnenkilometern für den gleichen Zeitraum, 1998 bis 2013, dargestellt. Man erkennt eine deutlich parallele Entwicklung im Vergleich zum Güteraufkommen: Geringes Wachstum in der Phase 1998-2003; ein kontinuierliches Wachstum bis 2008 und die Konjunkturkrise 2008/09. Die Wirtschafts- und Finanzkrise führte 2009 zu einem Absinken der Verkehrsleistung um mehr als 11%. Besonders betroffen davon waren die konjunkturabhängigen (Massen-) Güter und somit die Verkehrsleistungen von Schiene (-17%) und Binnenschifffahrt (-11%).⁷

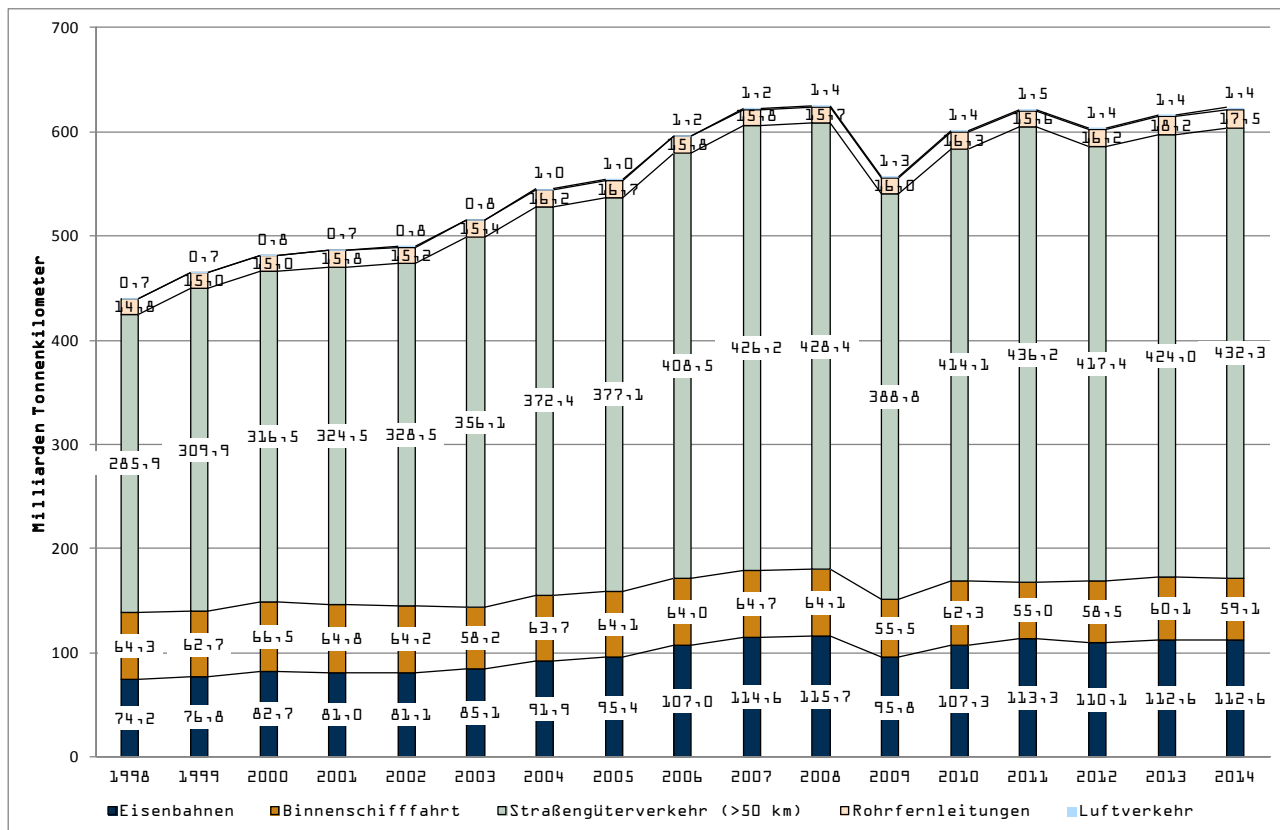
Bereits die Jahre 2010 und 2011 zeigten jedoch wieder eine deutliche Erholung; das Güteraufkommen auf der Straße erreichte bereits wieder das Leistungsniveau des Jahres 2008. Der Schienengüterverkehr konnte ebenfalls aufholen, hat aber bis 2014 nicht die Verkehrsleistung des Jahres 2008 erreicht. Die Binnenschifffahrt zeigt ein deutlich reduziertes Leistungsniveau. Seitdem ist nur eine geringe Entwicklung zu beobachten. Über den gesamten Betrachtungszeitraum, 1998-2013, hat die Verkehrsleistung mit etwa 40% stärker zugenommen als das Aufkommen in diesem Zeitraum erwarten ließ. Zusätzlich zum Aufkommen sind daher die Transportweiten gestiegen, insbesondere aufgrund des überproportional gewachsenen internationalen Verkehrs. Die Verkehrsleistung der Schiene ist mit fast

⁷ Vgl. Dennisen, Rommerskirchen, Stefan (2011), S. 217.

58% überdurchschnittlich stark gestiegen und damit stärker als die Verkehrsleistung der Straße (+48,3%).

Die Verkehrsleistung der Binnenschifffahrt ist um 6,5% gesunken. Die Rohrfernleitungen konnten ihre Verkehrsleistung deutlich steigern (+5%), bleiben aber auf einem niedrigen Niveau. Der Luftverkehr weist zwar wiederum die größte Wachstumsrate auf (+114,5%), bleibt aber mengenmäßig vernachlässigbar.

Abb. 2: Binnenländische Güterverkehrsleistung (ohne Nahverkehr dt. Lastkraftfahrzeuge), 1998-2014 (in Mrd. Tonnen-Kilometern, tkm)



Anm.: 2013, 2014: Laut Quelle zum Teil vorläufige Werte.

Quelle: DIW (2015), S. 244f.

Die folgende Tabelle zeigt die Entwicklung 1998 bis 2013 noch einmal im Überblick.

Tab. 2: Übersicht Entwicklung des Güterverkehrs 1998-2011

	1998	2013	Änderung 1998-2013			Modal split	
			Absolut	Relativ	CAGR ^b	1998	2011
Güterverkehrsaufkommen (in Mio. t)							
Eisenbahn	308,7	373,7	65,0	21,1%	1,3%	16,8%	15,5%
Binnenschiff	236,4	226,9	-9,5	-4,0%	-0,3%	12,9%	9,4%
Straße ^a	1.200,6	1.725,3	524,7	43,7%	2,4%	65,3%	71,4%
Rohrfernlei- tung	90,7	87,3	-3,4	-3,7%	-0,3%	4,9%	3,6%
Luft	2,1	4,3	2,2	106,7%	5,0%	0,1%	0,2%
Gesamt	1.838,5	2.417,5	578,6	31,5%	1,8%	100,0%	100,0%
Güterverkehrsleistung (in Mrd. tkm)							
Eisenbahn	74,2	112,6	38,4	51,8%	2,8%	16,9%	18,3%
Binnenschiff	64,3	60,1	-4,2	-6,5%	-0,4%	14,6%	9,8%
Straße ^a	285,9	424,0	138,1	48,3%	2,7%	65,0%	68,8%
Rohrfernlei- tung	14,8	18,2	3,4	23,0%	1,4%	3,4%	3,0%
Luft	0,7	1,4	0,8	114,5%	5,2%	0,1%	0,2%
Gesamt	439,9	616,3	176,5	40,1%	2,3%	100,0%	100,0%

Anm.: 2012, 2013: Zum Teil vorläufige Werte. ^a Straßengüterverkehr ohne Nahverkehr (bis 50 km).

^b Compounded annual growth rate (durchschnittliche jährliche Wachstumsrate).

Quelle: DIW (2014), S. 240f und S. 244f.; eigene Berechnungen.

Charakteristisch für den Schienengüterverkehr (SGV) ist die Zusammensetzung der beförderten Güter. Auf der Schiene werden Güter über große Distanzen transportiert, im Mittel etwa 300 km. Zudem spielen Massengüter eine wichtige Rolle (vgl. Tab. 3). Fast 80% der Verkehrsleistung im SGV sind fünf Gütergruppen zuzuordnen (in absteigender Bedeutung):

- sonstige Produkte, unter diese Sammelgruppe fallen Fahrzeuge, Maschinen, sonstige Halb- und Fertigwaren sowie besondere Transportgüter (dies sind insbesondere Container),
- Metalle und Metallerzeugnisse,
- Erze, Steine und Erden, Bergbau,
- Chemische und Mineralerzeugnisse,
- Kokerei- und Mineralölerzeugnisse.

Das Binnenschiff⁸ ist ebenfalls ein klassisches Verkehrsmittel für Massengüter über mittlere bis lange Distanzen. Die wichtigsten Gütergruppen (über 60% der Gesamtleistung) sind

- Erze, Steine und Erden, Bergbau,
- Kokerei- und Mineralölerzeugnisse,
- Chemische und Mineralerzeugnisse,
- Kohle, Rohöl, Erdgas.

Die mittlere Transportweite betrug in den letzten Jahren rund 265 km.

Tab. 3: Anteil der Gütergruppen am Schienengüterverkehr und mittlere Transportweite (Durchschnitt der Jahre 2010 bis 2013)

Gütergruppen ^a	Anteil in %		Mittlere Transportweite (km)
	Aufkommen	Leistung	
Land- und forstwirtschaftl. Erzeugnisse	1,4%	2,1%	443
Kohle, Rohöl, Erdgas	10,3%	5,6%	164
Erze, Steine und Erden, Bergbau	14,4%	11,2%	234
Konsumgüter zum kurzfr. Verbrauch, Holzwaren	3,3%	5,9%	535
Kokerei- und Mineralölerzeugnisse	13,1%	10,0%	231
Chemische und Mineralerzeugnisse	11,4%	10,9%	289
Metalle und Metallerzeugnisse	17,4%	12,4%	216
Maschinen/Ausrüstungen, langlebige Konsumgüter	3,4%	4,7%	420
Sekundärrohstoffe, Abfälle	4,2%	2,5%	180
Sonstige Produkte	21,1%	34,8%	499
Insgesamt	100,0%	100,2%	302

Anm.: ^a Zusammenfassende Gliederung Güterverzeichnis für die Verkehrstatistik (NST)-2007

Quelle: DIW (2014), S. 249 und S. 251; eigene Berechnungen.

Im Straßengüterverkehr⁹ entfallen fast 60% der Verkehrsleistung auf nur drei Gütergruppen, nämlich

- Konsumgüter zum kurzfristigen Verbrauch, Holzwaren,
- Chemische und Mineralerzeugnisse,
- Sonstige Produkte.

⁸ Vgl. zum Folgenden DIW (2014), S. 252ff.

⁹ Nur deutsche Lastkraftfahrzeuge über 3,5 t Nutzlast; vgl. DIW (2012), S. 256 und den „Exkurs: Statistische Grundlagen“. Die folgenden Angaben entstammen DIW (2014), S. 256ff.

Beim Straßengüterverkehr zeigen sich starke Unterschiede in der relativen Bedeutung der Gütergruppen zwischen Aufkommen und Leistung: Fast 40% des Aufkommens gehen auf die Gütergruppe Erze, Steine und Erden, Bergbau zurück; aufgrund der geringen mittleren Transportweite von 31 km – der Durchschnitt beträgt im Straßengüterverkehr 115 km – aber nur 8% der Verkehrsleistung.

Exkurs: Statistische Grundlagen

Bei Verwendung und Interpretation der amtlichen Güterverkehrsstatistik sollten die erheblichen Probleme dieser Statistik berücksichtigt werden.¹⁰

Einschränkungen aufgrund der Datenerhebung

Schienen-, Luft- und Binnenschiffgüterverkehr: Bei den Verkehrsarten findet eine Vollerhebung der in der Bundesrepublik durchgeführten Verkehre („Territorialitätsprinzip“) statt. In der Binnenschiffahrt werden nur Schiffe mit einer Tragfähigkeit von mindestens 50 Tonnen erfasst.

Rohrfernleitungen: Nachgewiesen werden die in Raffinerien eingegangenen Rohöllieferungen, die dem Statistischen Bundesamt vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle in monatlicher und jährlicher Periodizität übermittelt werden. Der Transit und andere Beförderungsmengen, die nicht zu Raffinerien befördert werden, bleiben unberücksichtigt.

Straßengüterverkehr: Die Statistik basiert auf einer repräsentativen Stichprobenerhebung des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA). Erfasst werden die von inländischen Lastkraftfahrzeugen im In- und Ausland erbrachten Beförderungsmengen bzw. Beförderungsleistungen („Inländerprinzip“). Nicht einbezogen wird die Beförderung von Gütern mit Lastkraftfahrzeugen mit einer Nutzlast von weniger als 3,5 t.

Der Verkehr ausländischer Lkw in Deutschland wurde 1994-2003 vom KBA fortgeschrieben; seit 2004 basiert er auf den Erhebungen anderer EU-Staaten für ihre jeweilige Lkw-Flotte.

Vermutlich hat die Verwendung des Inländerprinzips eine erhebliche Überschätzung der in Deutschland erbrachten Verkehrsleistungen zur Folge. Drewitz und Rommerskirchen¹¹ schätzen die Straßengüterverkehrsleistung 2008 (2004) um nahezu 54 Mrd. tkm bzw. knapp 12% (35 Mrd. tkm bzw. knapp 9%) niedriger als das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW); für den Zeitraum 2004 bis 2008 hätte die Verkehrsleistung damit nicht um fast 19%, sondern um 15% zugenommen.

¹⁰ Vgl. generell Statistisches Bundesamt (2012a), S. 163ff.; speziell zur Gliederung nach Gütern vgl. Statistisches Bundesamt (2008).

¹¹ Vgl. Drewitz und Rommerskirchen (2011), S. 12.

Einschränkungen bei Zeitreihen

Zeitreihen der Güterverkehrsstatistik unterliegen ebenfalls erheblichen Einschränkungen, da sich Erhebungsverfahren und Abgrenzungen im Zeitablauf geändert haben. Insbesondere folgende Änderungen schränken die zeitliche Vergleichbarkeit ein:

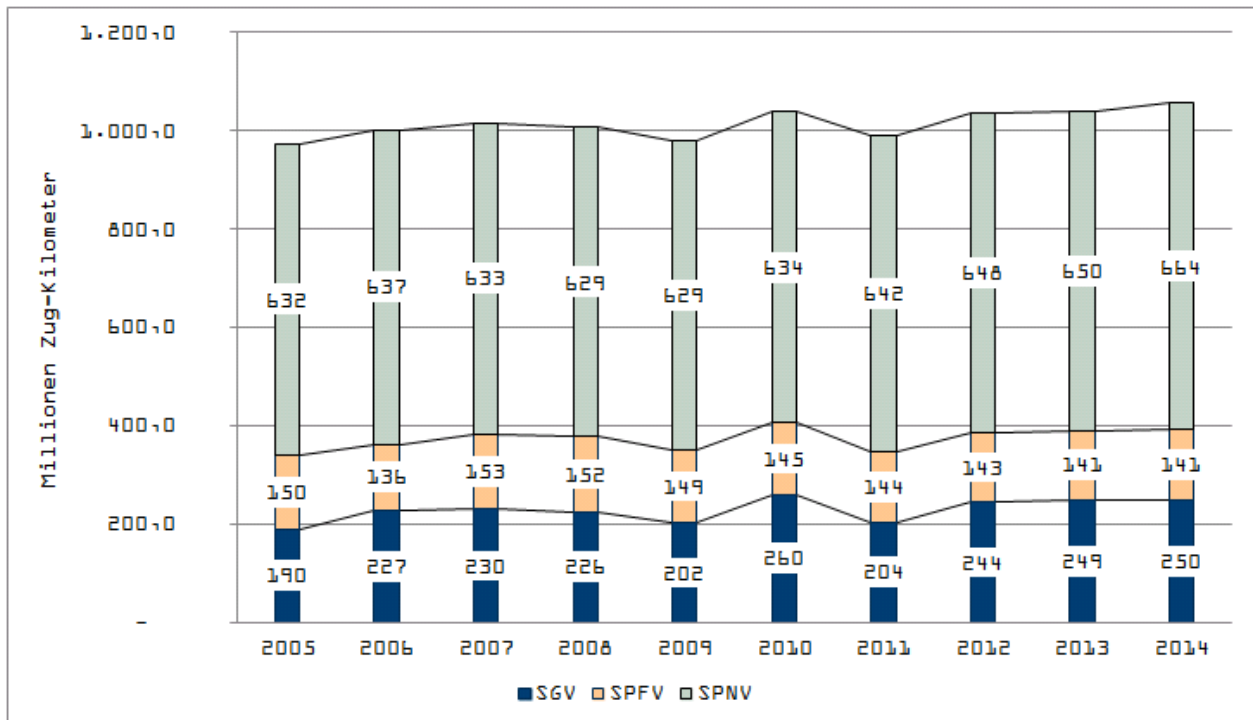
Im *kombinierten Verkehr* des Eisenbahngüterverkehrs erfolgte bis einschließlich 2005 eine Brutto-Erfassung des Gewichts (ohne Behältergewicht der beladenen Container). Seit 2006 erfolgt eine Erfassung der Brutto-Brutto-Gewichte (einschl. Behältergewichte der beladenen Container, Wechselbehälter und unbegleiteten Sattelaufleger). Den Statistiken der Binnenschifffahrt und des Straßengüterverkehrs liegt durchgängig die Erfassung der Brutto-Brutto-Gewichte zugrunde.

Grundlage der *Gliederung nach Gütern* ist die europäische Güterklassifikation (NST, „Nomenclature uniforme des marchandises pour les statistiques de transport“). Bis einschließlich 2007 wurde das „Einheitliche Güterverzeichnis für die Verkehrsstatistik“ (NST/R) von 1968 verwendet, die 10 Gütergruppen, 52 Güterhauptgruppen und 175 Gütergruppen verwendete. Ab 2008 wurde auf EU-Ebene zeitgleich für alle Verkehrsarten die NST-2007 eingeführt. Die neue NST-2007 enthält insgesamt 20 Gütergruppen und 81 Gruppen. Im Vergleich der NST/R mit der NST-2007 ist insgesamt die NST-2007 auf ihrer obersten Ebene detaillierter, auf der untersten Ebene gibt es dagegen wesentlich weniger Gliederungspositionen.

Von den 175 Gütergruppen der NST/R sind 101 Positionen 1:1 in NST-2007-Gruppen umsetzbar; 74 NST/R Gütergruppen verteilen sich auf mehrere NST-2007 Gruppen. Eine Zuordnung kann daher nur mit statistischen Methoden erfolgen.

Die dargestellten Leistungen des Schienengüterverkehrs resultieren in entsprechenden Zugbewegungen auf dem Netz. Die folgende Abbildung zeigt die sogenannte Betriebsleistung (zurückgelegte Strecke in Mio. Zug-Kilometern) des SGV sowie des Schienenpersonennah- und Schienenpersonenfernverkehrs (SPNV, SPFV).

Abb. 3: Betriebsleistungen auf dem deutschen Schienennetz 2005-2014



Quelle: Eigene Darstellung nach Statistisches Bundesamt (2015c); DB AG (Wettbewerbsbericht, versch. Jg.), Mofair e.V./ NEE (2015).

4.1.2 Prognosen zur Entwicklung des SGV

Zur Beurteilung der Dringlichkeit von Lärmschutzmaßnahmen sowie ihrer Bewertung sind neben den Ist-Werten insbesondere auch Prognosen zur zukünftigen Entwicklung des SGV von Bedeutung. Neben der Mittelfristprognose¹², die die kurzfristige Entwicklung aufzeigt und laufend aktualisiert wird, sind insbesondere die Prognosen zum Bundesverkehrswegeplan, sowie die im Auftrage des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) erstellten Langfristprognose relevant.

Die Ergebnisse dieser Langfristprognosen sowie die Ergebnisse der aktuellsten Prognose der ProgTrans AG – die wie die aktuelle Prognose zum Bundesverkehrswegeplan nach der Wirtschafts- und Finanzkrise 2008/09 erstellt wurde – werden im Folgenden dargestellt.

Die folgende Abb. 4 zeigt in zusammengefasster Form

- (a) die Ist-Werte der Verkehrsleistung 1995-2013,
- (b) die Prognose 2004-2025¹³ für den Bundesverkehrswegeplan 2015,
- (c) die Langfristprognose 2005-2050¹⁴,

¹² Vgl. ITP u.a. (2012).

¹³ Vgl. ITP/BVU (2007).

¹⁴ Vgl. ProgTrans (2007).

(d) die Prognose 2011-2030¹⁵ sowie

(e) die Prognose zum aktuellen Bundesverkehrswegeplan 2030¹⁶.

Die Prognose 2004-2025 kommt für die Periode 2004 bis 2025 auf durchschnittliche jährliche Wachstumsraten (CAGR) von 1,4% für das Aufkommen und 2,4% für die SGV-Leistung. Die Langfristprognose 2005-2050 prognostizierte für einen annähernd gleichen Zeitraum (2005-2030) vergleichbare Wachstumsraten. Nach 2030 schätzt die Langfristprognose die Wachstumsraten eher geringer; vgl. Tab. 4.

Tab. 4: Durchschnittliche Wachstumsraten des SGV in Verkehrsprognosen

Datenbasis und Quelle	Zeiträume	CAGR	
		Aufkommen	Leistung
Ist DIW (2015)	1995-2013	0,78%	3,01%
Prognose 2004-2025 ITP/BVU (2007)	2004-2025	1,40%	2,42%
Prognose 2005-2050 (Gesamtzeitraum) ProgTrans (2007)	2005-2050	1,36%	1,95%
Prognose 2005-2050 (einzelne Zeiträume) ProgTrans (2007)	2005-2010	2,06%	3,90%
	2010-2020	1,37%	2,20%
	2020-2030	1,31%	1,74%
	2030-2040	1,18%	1,48%
	2040-2050	1,25%	1,43%
Prognose 2011-2030 ProgTrans (2012)	2011-2020	k.A.	2,28%
	2020-2025		2,39%
	2025-2030		2,34%
Prognose 2010-2030 Intraplan/BVU (2014), S. 286ff.		1,10%	1,80%

Quelle: Eigene Darstellung nach DIW (2014), S. 245; ITP/BVU (2007); ProgTrans (2007); ProgTrans (2012), S. 94; ITP/BVU (2014), S. 286ff.

Insgesamt sehen die Prognosen ein deutliches Wachstum des SGV; ProgTrans und Intraplan/BVU (2014) prognostizieren sogar ein durchgängig überproportionales Wachstum im Vergleich zu den anderen Verkehrsarten, sodass der Modal split-Anteil des SGV steigen würde (vgl. Tab. 5). Den zentralen Treiber des zukünftigen Wachstums sieht Intraplan/BVU (2014) in der Entwicklung des kombinierten Verkehrs. Laut Prognose wird die Leistung des kombinierten Verkehrs per Bahn und Binnenschiff

¹⁵ Vgl. ProgTrans (2012).

¹⁶ Vgl. ITP/BVU (2014).

2010 bis 2030 um etwa 73% ansteigen. „Insbesondere der mit dem Seehafenhinterlandverkehr in Verbindung stehende kombinierte Verkehr (KV) wird mit 86% (Aufkommen) deutlich stärker ansteigen, als der restliche KV.“¹⁷

Tab. 5: Aufkommen und Leistung des SGV in Verkehrsprognosen

Datenbasis und Quelle	Zeitpunkt	Aufkommen (Mio. t)	Leistung (Mrd. tkm)	Modal split (Leistung)
Ist-Werte DIW (2015), S. 241ff.	2013	373,7	112,6	17,5%*
Prognose 2004-2025 ITP/BVU (2007)	2025	430,8	151,9	16,2%
Prognose 2005-2050 ProgTrans (2007)	2020	402,0	143,0	17,0%
	2030	458,0	170,0	17,3%
	2040	515,0	197,0	18,0%
	2050	583,0	227,0	18,6%
Prognose 2011-2030 ProgTrans (2012), S. 94	2020	k.A.	138,7	19,2%
	2025	k.A.	156,1	20,0%
	2030	k.A.	175,2	21,0%
Prognose 2010-2030 Intraplan/BVU (2014), S. 286ff.	2030	443,7	153,7	18,4%

Anm.: * inkl. Straßengüterverkehr.

Quelle: Eigene Darstellung nach DIW (2014), S. 245; ITP/BVU (2007); ProgTrans (2007); ProgTrans (2012), S. 94; ITP/BVU (2014), S. 286ff.

Bei der Interpretation der Prognosen sollte man berücksichtigen, dass sie im Wesentlichen von der Nachfrageseite bestimmt werden. Ob das Verkehrssystem Schiene die prognostizierten Mengen und Leistungen tatsächlich produzieren kann, wird dagegen kaum diskutiert. So verwendet die Langfristprognose explizit die Annahme: „Aus- und Neubaumaßnahmen werden in erster Linie bei akuten Infrastrukturengpässen ausgeführt, darüber hinaus wird die Effizienz bei Infrastrukturen vor allem durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik gesteigert, sodass es keine signifikanten Kapazitätsengpässe geben wird.“¹⁸ Diese Annahme – die aus methodischen Gründen durchaus sinnvoll ist – bedeutet natürlich auch, dass die realisierten Mengen und Leistungen nur erbracht werden können, wenn entsprechende Infrastrukturmaßnahmen tatsächlich umgesetzt werden. In einer Studie für das Umweltbundesamt geht Holzhey¹⁹ davon aus, dass neben den ca. 116 Mrd. tkm, die bereits auf dem deutschen Netz bewältigt wurden, im Status quo noch eine Kapazitätsreserve für etwa

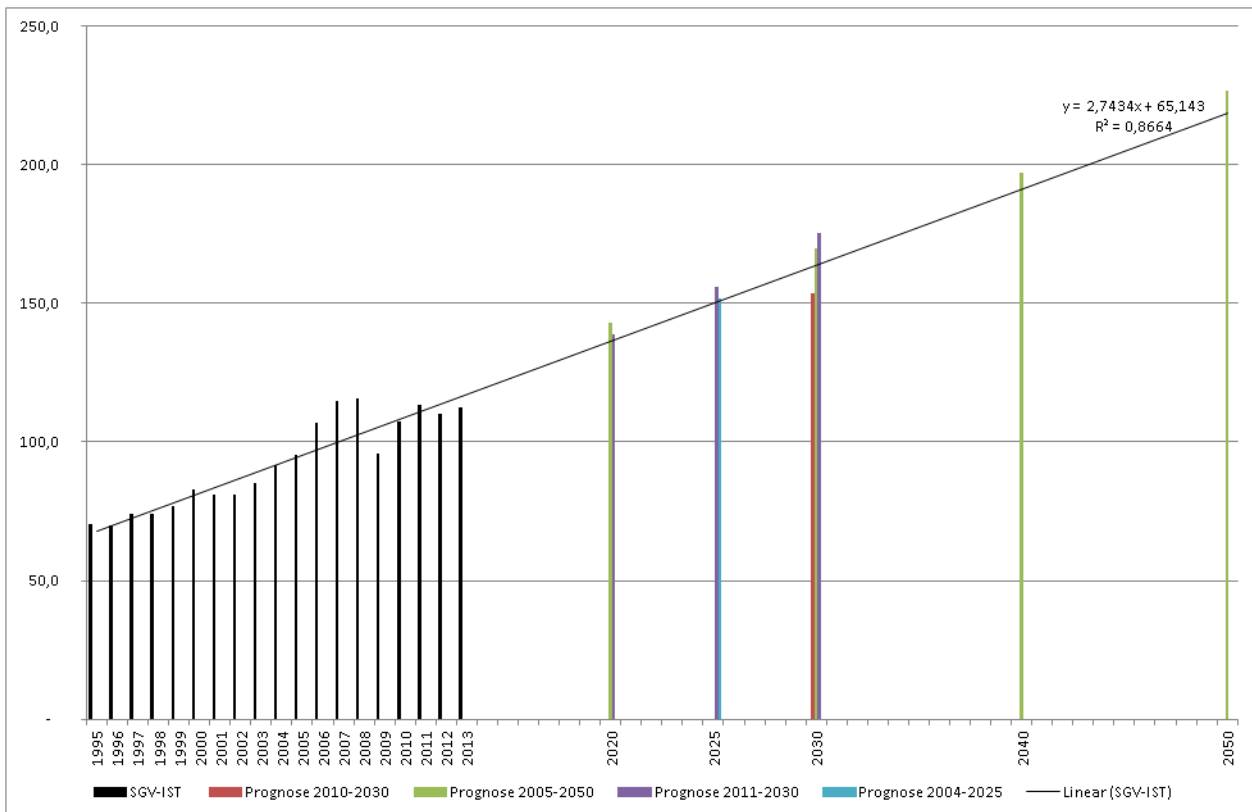
¹⁷ ITP/BVU (2014), S. 289.

¹⁸ ProgTrans (2007), S. 55.

¹⁹ Vgl. Holzhey (2010), S. 31ff.

14 Mrd. tkm besteht. Die Kapazität für weitere 35 Mrd. tkm könne aus betrieblichen Maßnahmen (insbesondere Optimierung der Leit- und Sicherungstechnik, einer Harmonisierung der Geschwindigkeiten, einer aktiven Planung und Vermarktung von SGV-Trassen sowie einer stärkeren IT-Unterstützung der Planung²⁰) gewonnen werden. Darüber hinaus seien Neu- und Ausbaumaßnahmen erforderlich.

Abb. 4: Prognosen zur Entwicklung der SGV-Leistung bis 2050 (in Mrd. tkm)



Quelle: Eigene Darstellung nach DIW (2014), S. 245; ITP/BVU (2007); ProgTrans (2007); ProgTrans (2012), S. 94; ITP/BVU (2014), S. 286ff.

Gegenwärtig gehen Beobachter in Folge der Wirtschafts- und Finanzkrise generell nicht nur von einem Niveauschock aus, sondern auch von insgesamt geringeren Wachstumsraten für die Zukunft.²¹ Der Unterschied zwischen Prognosen, die vor und nach der Krise erstellt wurden, zeigt dies. Betrachtet man in Abb. 4 die Trendgerade (Stützzeitraum 1995 bis 2013), so wurde vor der Krise generell ein zukünftig höheres Wachstum prognostiziert, während spätere Studien wie ProgTrans (2012) und Intra-plan/BVU (2014), Werte unter der reinen Trendextrapolation prognostizieren.²²

²⁰ Darunter wird die Rechnerunterstützung bei Netzplanung, Trassenplanung, Trassenvergabe und Zugdisposition im Fern- und Ballungsnetz verstanden. Vgl. Holzhey (2010), S. 33.

²¹ Vgl. Drewitz, Rommerskirchen (2011).

²² Die zitierten Prognosen sind keine einfachen Trendfortschreibungen; in den Stützperioden, die den 2007 veröffentlichten Gutachten zugrunde liegen, lag ein deutlich flacher verlaufender Trend vor.

Die dargestellten Prognosen sind sogenannte Status quo-Prognosen, d.h. sie berücksichtigen weder Maßnahmen zur Verringerung des Güterverkehrs noch die aktive Verlagerungspolitik zugunsten der ökologisch vorteilhaften Verkehrsarten Schiene und Binnenschiff. Die Konsequenzen einer aktiven, auf Vermeidung und Verlagerung abzielenden Politik werden in einer im Herbst 2009 vom Umweltbundesamt veröffentlichten Studie abgeschätzt.²³

In dieser Studie werden zahlreiche Maßnahmen berücksichtigt und ihre Wirkung – anhand jeweils vorliegender Studien - sequenziell abgeschätzt. Zentrale Maßnahmen sind insbesondere der Ausbau und die Modernisierung des Schienennetzes, Fördermaßnahmen für die Schiene sowie die Weiterentwicklung der Lkw-Maut zu einem Lenkungsinstrument. Das in der Studie des Umweltbundesamts (UBA)unterstellte Szenario geht davon aus, dass sich die Güterverkehrsleistung auf der Schiene auf 213 Mrd. tkm bis 2025 erhöhen kann bzw. aus umweltpolitischer Sicht erhöhen muss.²⁴ Im Vergleich zu den Status quo-Prognosen, die für 2025 bei etwa 150 bis 157 Mrd. tkm liegen, sieht das „umweltpolitisch aktive Szenario“ eine um über 35% höhere Verkehrsleistung auf der Schiene vor.

4.1.3 Räumliche Verteilung

Die räumliche Verteilung des Schienengüterverkehrs und damit auch die räumliche Verteilung der Güterströme sind für die lokal wirkenden Lärmbelastungen von hoher Bedeutung. Im Folgenden wird zunächst die räumliche Verteilung der Güterströme dargestellt. Anschließend wird die räumliche Belastung durch den SGV beschrieben. In der Bahnstatistik finden sich zunächst hoch aggregierte Güterströme nach den sogenannten Hauptverkehrsbeziehungen, d.h. nach Binnenverkehr, grenzüberschreitendem Verkehr und Transit- bzw. Durchgangsverkehr.

Wie die folgende Tabelle zeigt, war und ist der Binnenverkehr für den SGV zwar die wichtigste Relation,

- dies gilt aber insbesondere für das Aufkommen. Da der grenzüberschreitende und der Transitverkehr längere Transportweiten aufweisen, hat der Binnenverkehr bei der Leistung nur einen Anteil von etwa 50%;
- dabei muss zudem berücksichtigt werden, dass der Binnenverkehr des SGV auch den Hafen-hinterlandverkehr der deutschen Seehäfen beinhaltet, sofern Ziel oder Quelle des Transports in Deutschland liegen.

²³ Vgl. zur folgenden Darstellung UBA (2009).

²⁴ Vgl. Lambrecht u.a. (2009), S. 105.

Tab. 6: Aufkommen und Leistung des SGV nach Hauptverkehrsbeziehungen 1998 und 2014

Jahr	Gesamt	Binnen- verkehr	Grenzüberschreitender Verkehr			Transit
			Gesamt	Versand	Empfang	
Aufkommen in 1.000 t						
SGV: 1998	308.704	214.304	84.500	40.200	44.300	9.900
	100,0%	69,4%	27,4%	13,0%	14,4%	3,2%
SGV: 2014	365.003	238.687	107.777	45.888	61.889	18.538
	100,0%	65,4%	29,5%	12,6%	17,0%	5,1%
SGV: rel. Änder- ung 1998-2014	18,2%	11,4%	27,5%	14,1%	39,7%	87,3%
Modal split SGV 1998 ^a	8,6%	6,7%	22,0%	31,9%	23,3%	31,1%
Modal split SGV 2014 ^a	10,0%	7,4%	28,6%	28,1%	29,0%	48,8%
Leistung in Mio. tkm						
SGV: 1998	74.200	36.404	30.108	15.786	14.322	7.688
	100,0%	49,1%	40,6%	21,3%	19,3%	10,4%
SGV: 2014	112.629	56.387	44.223	20.337	23.887	12.018
	100,0%	50,1%	39,3%	18,1%	21,2%	10,7%
SGV: rel. Ände- rung 1998-2014	51,8%	54,9%	46,9%	28,8%	66,8%	56,3%
Modal split SGV 1998 ^a	18,1%	13,7%	25,2%	31,8%	24,1%	34,9%
Modal split SGV 2014 ^a	23,4%	17,1%	36,4%	35,8%	36,9%	47,6%

Quelle: Eigene Darstellung nach Statistisches Bundesamt (2015a). ^a Alle Modal split-Berechnungen ohne Seeverkehr; Straßengüterverkehr ohne ausländische Lkw.

Die wichtigsten Transitrelationen sind die Verbindungen der europäischen Staaten von und zu den Seehäfen in Belgien und den Niederlanden (vgl. Tab. 6). Rund 70% der Transitverkehre sind dabei Nord-Süd-Verkehre.

Ein ähnliches Bild zeigen auch der grenzüberschreitende Verkehr (vgl. Tab. 7). Ca. 75% des grenzüberschreitenden Verkehrs wird im Nord-Süd-Verkehr abgewickelt, d.h. insbesondere mit Italien, den Niederlanden, Österreich, Belgien und der Schweiz.

Dabei entfallen über 80% des Verkehrs mit Belgien und den Niederlanden auf Transporte von und zu den Seehäfen Amsterdam, Antwerpen und Rotterdam. Gleichzeitig weisen die deutschen Seehäfen einen hohen Anteil am Transportaufkommen mit Österreich (über 17%), Italien (fast 9%) und der Schweiz (fast 15%), aber auch mit der Tschechischen Republik (über 50%) auf.²⁵

Tab. 7: Wichtigste Relationen im Transitverkehr auf der Schiene 2014

Staat	Staat	Aufkommen (1.000 t)	Anteil	Anteil kumuliert
Belgien	Italien	5.656	30,8%	30,8%
Italien	Niederlande	4.006	21,8%	52,6%
Dänemark	Italien	1.055	5,7%	58,4%
Niederlande	Schweiz	935	5,1%	63,5%
Niederlande	Österreich	671	3,7%	67,1%
Österreich	Österreich	547	3,0%	70,1%
Niederlande	Polen	499	2,7%	72,8%
Belgien	Österreich	456	2,5%	75,3%
Belgien	Schweden	438	2,4%	77,7%
Belgien	Schweiz	377	2,1%	79,7%
Belgien	Tschechische Republik	259	1,4%	81,1%

Quelle: Eigene Darstellung nach Statistisches Bundesamt (2015c).

Der Binnenverkehr in Deutschland ist ausgesprochen heterogen. Aber auch hier sorgen die Transporte zu und von den deutschen Seehäfen für eine hohe Bedeutung der Nord-Süd-Verkehre. Neben diesem außenwirtschaftlichen Effekt (Lage der Seehäfen) spielt generell sicherlich die Lage der Metropol- und z.T. Wachstumsregionen in Deutschland und Europa („Blaue Banane“) eine wichtige Rolle für die hohe Bedeutung der Nord-Süd-Verkehre im deutschen SGV.

Mitusch u.a.²⁶ zeigen beispielsweise, dass die räumliche Verteilung der europäischen Güterströme (über alle Verkehrsträger) sehr stark auf einige Regionen konzentriert ist, und zwar die „blaue Banane“ sowie die an diese angrenzenden Regionen im Osten (Deutschland, Österreich, Nordost-Italien) und im Westen (der Osten Frankreichs und Teile Belgiens). Dies gilt insbesondere für Güterströme über 200 km, die für den Schienengüterverkehr besonders relevant sind. Die folgende Abb. 5 gibt einen Einblick in die großräumige Verteilung der Güterströme in Europa im Jahr 2010.

²⁵ Vgl. Statistisches Bundesamt (2015c).

²⁶ Vgl. Mitusch u.a. (2014).

Abb. 6 zeigt die resultierende Belastung des deutschen Schienennetzes durch den SGV (in Güterzügen pro Jahr). Man erkennt die hohe Belastung der beiden Nord-Süd-Korridore, Hamburg/Bremen-Hannover-Nürnberg/München und der Rheinstrecke, aber auch der Ost-West-Korridore Ruhrgebiet-Hannover und Mainz-Frankfurt-Fulda.

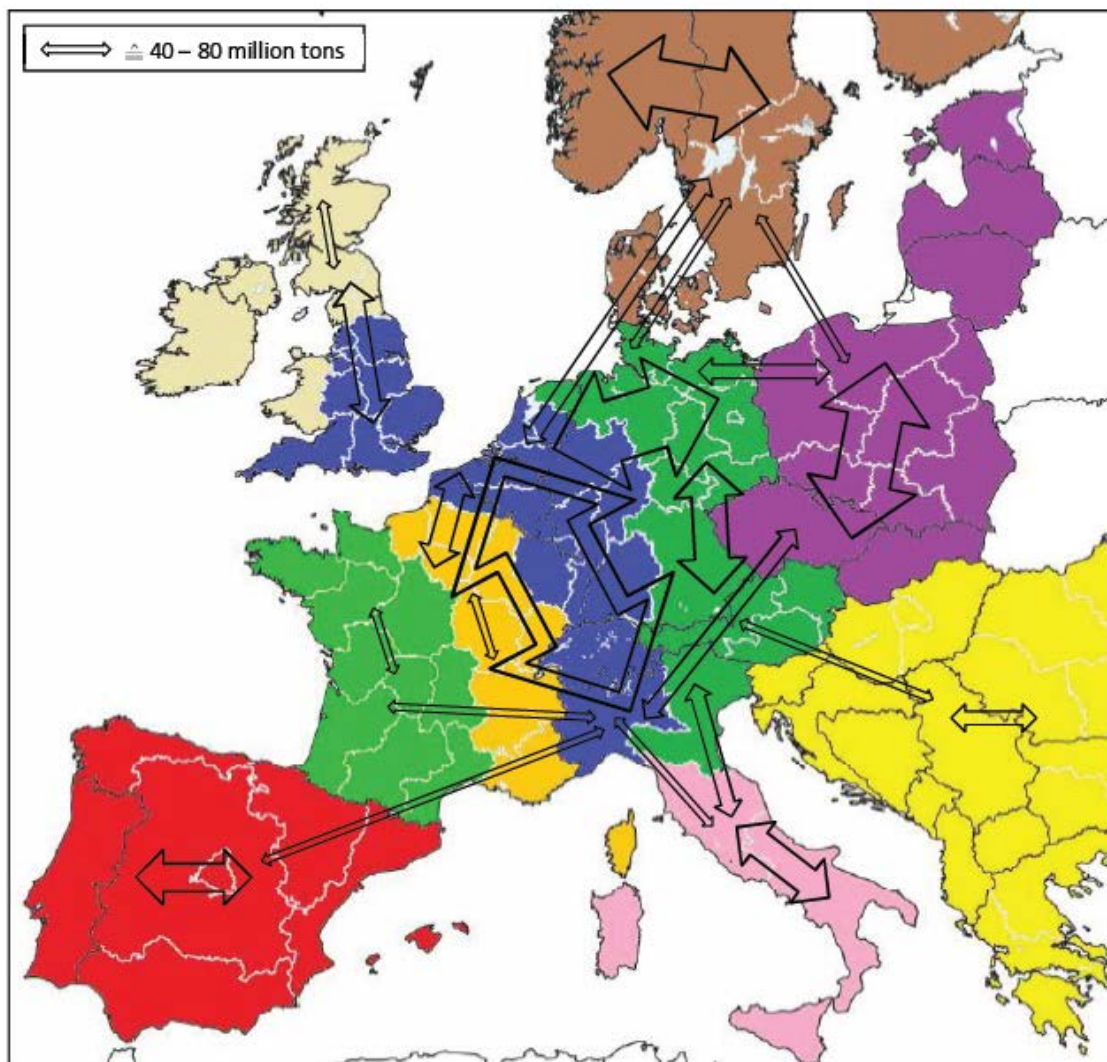
Tab. 8: Statistisch ausgewiesene Relationen im grenzüberschreitenden Schienengüterverkehr 2014

Staat	Grenzüberschreitender Verkehr (1.000 t)			Anteil	Anteil kumuliert
	Empfang	Versand	Gesamt		
Italien	11.188	13.792	24.980	23,4%	23,4%
Niederlande	19.301	3.154	22.455	21,0%	44,4%
Österreich	6.898	7.504	14.402	13,5%	57,9%
Tschechische Republik	4.743	3.754	8.497	8,0%	65,9%
Polen	5.163	2.244	7.407	6,9%	72,8%
Belgien	4.872	2.306	7.178	6,7%	79,6%
Schweiz	1.765	4.979	6.744	6,3%	85,9%
Schweden	2.025	1.664	3.689	3,5%	89,3%
Frankreich	1.428	1.931	3.359	3,1%	92,5%
Slowakei	1.755	323	2.078	1,9%	94,4%
Ungarn	885	900	1.785	1,7%	96,1%
Spanien	788	824	1.612	1,5%	97,6%
Luxemburg	232	909	1.141	1,1%	98,7%
Dänemark	127	656	783	0,7%	99,4%
Slowenien	165	462	627	0,6%	100,0%
Litauen	9	1	10	0,0%	100,0%

Quelle: Eigene Darstellung nach Statistisches Bundesamt (2015c).

Da die genannten Korridore auch für den Schienenpersonenverkehr von zentraler Bedeutung sind – entweder als Fernverkehrs-Verbindung der Metropolregionen oder als Nahverkehr in den Metropolregionen –, wird die Auslastung dieser Strecken noch einmal deutlich erhöht.

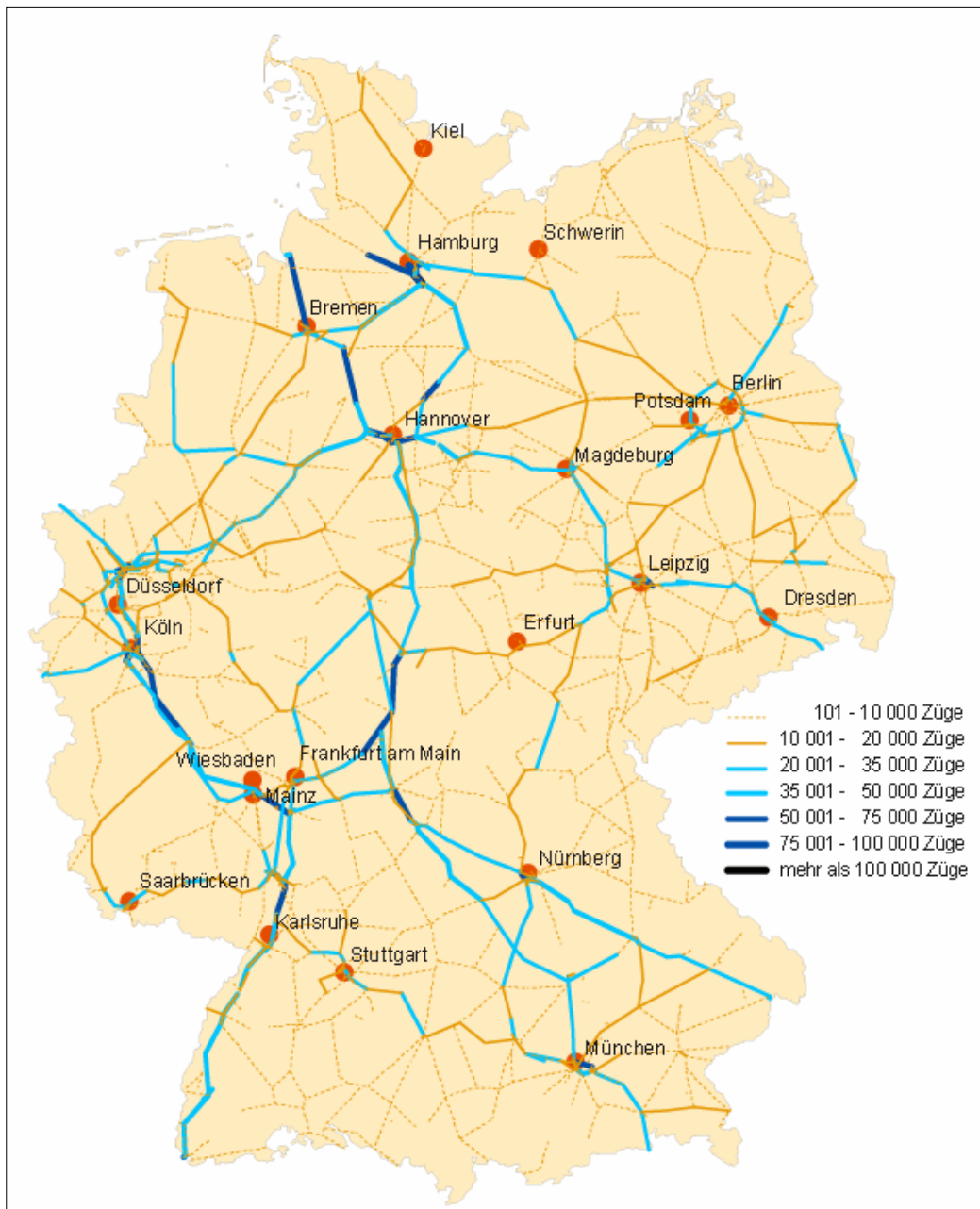
Abb. 5: Güterströme innerhalb und zwischen europäischen Regionen im Jahr 2010 (Entfernung größer 200 km)



Anm.: Die Daten wurden im EU Forschungsprojekt ETISPlus generiert. Pfeile, die um ein Vielfaches dicker sind als der in der Legende angegebene schmalste Pfeil stehen für ein entsprechendes Vielfaches der Menge (also doppelt so dick für 80 bis 120 Millionen Tonnen, dreifach so dick für 120 bis 160 Millionen Tonnen usw.). Güterströme, die nicht eingezeichnet sind, liegen unter 40 Millionen Tonnen (zum Beispiel zwischen West- und Ostfrankreich oder zwischen Westfrankreich und der iberischen Halbinsel). Innerhalb der blauen Banane steht der äußere Pfeil für die gesamte Menge in dieser Region, der innere für den Anteil der Güterströme, deren Quelle und Ziel auf dem Kontinent lag,

Quelle: Mitusch u.a. (2014).

Abb. 6: Belastung des Schienennetzes der Eisenbahnen durch Güterzüge 2010



Quelle: Statistisches Bundesamt (2012c), Karte 3, o.S.

4.1.4 Der Schienengüterverkehrsmarkt

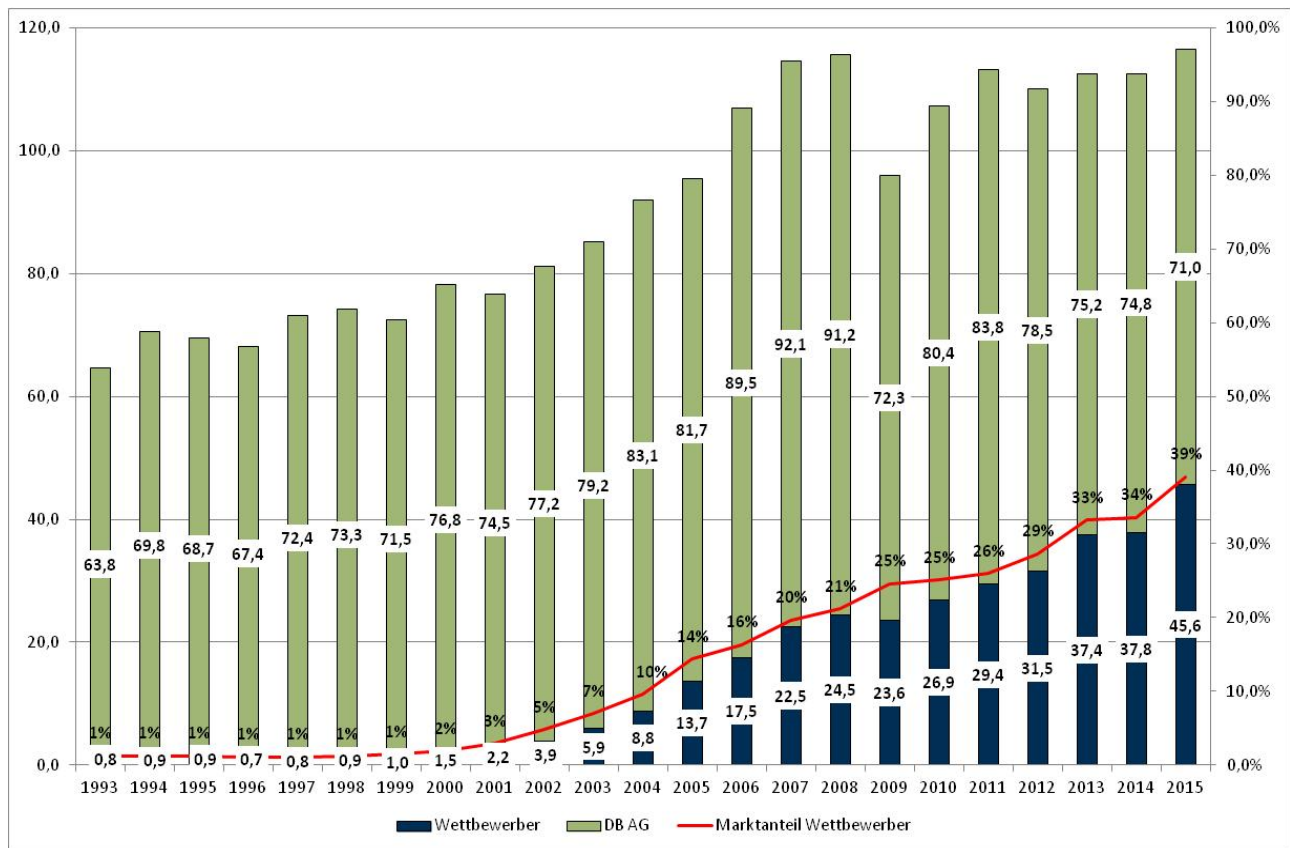
Gesamtentwicklung

Der Markt für Schienengüterverkehrsleistungen ist sowohl auf europäischer Ebene als auch auf nationaler Ebene nach wie vor hoch konzentriert und wird von (ehemaligen) Staatsbahnen dominiert.

Dies gilt trotz der in Deutschland und der EU betriebenen Marktöffnungspolitik. In Deutschland können faktisch seit der Bahnreform Neuanbieter in den Markt eintreten. Auf europäischer Ebene wurden die Märkte für den grenzüberschreitenden Schienengüterverkehr 2006 vollständig geöffnet; zu Beginn des Jahres 2007 fielen auch die Beschränkungen für den Kabotageverkehr, ausländische Unternehmen können nun auch innerhalb dritter Staaten Güterverkehre anbieten.

In Deutschland konnten die nicht-bundeseigenen Bahnen (NE-EVU) etwa seit 2000 - beginnend von einem sehr niedrigen Niveau – ihre Verkehrsleistung deutlich steigern. Im Jahr 2015 erreichten sie einen Anteil von 39% an der SGV-Verkehrsleistung; vgl. Abb. 7.

Abb. 7: Verkehrsleistung der DB AG und der Wettbewerber im SGV 1993-2015 (in Mrd. tkm)



Quelle: Eigene Darstellung nach Deutsche Bahn AG (Wettbewerbsberichte, versch. Jg.); Mofair e.V./NEE (2015).

Anfang 2016 besaßen 21 ausländische Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) sowie 366 nationale EVU eine Genehmigung zur Durchführung von Schienengüterverkehren in Deutschland.²⁷ Bereinigt man dies um nicht aktive Bahnen, Museumsbahnen usw. erhält man über 200 aktive Wettbewerbsbahnen.²⁸ Die wichtigsten Konkurrenten der DB AG – gemessen am Aufkommen bzw. der Leistung – sind dabei Tochterunternehmen europäischer Staatsbahnen, z.B. TX Logistik (Trenitalia), Captrain (Société Nationale des Chemins de fer Français, SNCF) und die SBB Cargo International.

Größter Konkurrent ist TX Logistik mit 2014 ca. 7,2 Mrd. tkm - im Vergleich zu etwa 74,8 Mrd. tkm der DB Schenker Rail.²⁹ Das Unternehmen ist ein Tochterunternehmen der italienischen Trenitalia und verfügt selbst über zahlreiche Beteiligungen an weiteren Schienengüterverkehrsunternehmen in Europa.³⁰

Die Captrain Deutschland GmbH ist ein Unternehmen der französischen SNCF-Geodis-Gruppe. Die Geodis-Gruppe ist europaweit aufgestellt. In Deutschland hat Captrain mehrere Tochterunternehmen und hat 2014 eine Verkehrsleistung von 6,6 Mrd. tkm erbracht.³¹ Die Captrain-Fahrzeugflotte umfasst in Deutschland über 180 Lokomotiven und mehr als 2.500 Waggons.

Die SBB Cargo International, ein Gemeinschaftsunternehmen von SBB Cargo und Hupac, hat 2014 eine Verkehrsleistung von 6 Mrd. tkm erbracht.³²

Entwicklung in einzelnen Marktsegmenten

Die nach wie vor gegebene dominante Marktposition der Deutschen Bahn AG gilt nicht in allen **Marktsegmenten** in gleichem Umfang. Typischerweise unterscheidet man im SGV - als ersten Schritt - die Produktionskonzepte

- Einzelwagenverkehre,
- Ganzzugverkehre,
- Kombinierte Verkehr.

²⁷ EBA (2016). Nicht erfasst sind dabei nicht-öffentliche EVU, die z.B. ausschließlich Werkverkehr betreiben.

²⁸ Vgl. hierzu und zu den im Folgenden genannten einzelnen Anbietern Mofair e.V./ NEE (2015), S. 80f.

²⁹ Vgl. zu Zahlenangaben zu den einzelnen Wettbewerbern Mofair e.V./ NEE (2015).

³⁰ Darunter TXLOGISTIK GmbH, Schweiz, (100%), TXLOGISTIK Austria GmbH (100%), TXLOGISTIK A/S, Dänemark, (100%), TXLOGISTIK AB Schweden (100%), boxXpress.de GmbH (15%). In Klammern ist der Beteiligungsanteil ausgewiesen. Vgl. TX Logistik (2016).

³¹ Vgl. Mofair e.V., NEE (2015). Neben Captrain Deutschland besitzt die Geodis-Gruppe die Tochterunternehmen Captrain Benelux, Captrain Italia, Captrain UK und Captrain Romania. Zu Captrain Deutschland gehören: Bayerische CargoBahn GmbH, Dortmunder Eisenbahn GmbH, Farge-Vegesacker Eisenbahn-Gesellschaft mbH, Hansebahn Bremen GmbH, Hörseltalbahn GmbH, IGB Industriebahn-Gesellschaft Berlin mbH, ITL Eisenbahngesellschaft mbH, ITL Polska Sp. z o.o., ITL-Železniční společnost Praha s.r.o., Rail4Captrain GmbH, Regiobahn Bitterfeld Berlin GmbH, Transalpin Eisenbahn AG, Teutoburger Wald-Eisenbahn-AG, Teutoburger Wald-Bahnbetriebs GmbH. Vgl. Captrain (2013).

³² Vgl. SBB Cargo Deutschland GmbH (2012). Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein Teil der Leistung nicht innerhalb Deutschlands erbracht wurde, sondern in der Schweiz und den Niederlanden.

Beim **Einzelwagen- oder auch Wagenladungsverkehr** werden einzelne Wagen oder Wagengruppen transportiert. Um Größenvorteile zu nutzen, werden die Wagen aus einer Region zu Zügen zusammengefasst und auf den sogenannten Hauptlauf geschickt; danach werden die Wagen wieder getrennt und zu den einzelnen Empfängern gebracht.

Aufgrund der erforderlichen Zusammenstellung / Trennung basiert das Konzept auf einem System von Bahnhöfen, dem sogenannten Knotenpunktsystem.³³ Satellitenbahnhöfe verfügen dabei in aller Regel über Ladestellen für die Be- oder Entladung der Wagen sowie Verbindungsgleise zu den Gleisanschlüssen der Verlader / Empfänger. Sie dienen der Bedienung der Ladestellen / Gleisanschlüsse sowie dem Bilden von Zügen im Nahbereich. Mehrere Satelliten sind an einen Knotenpunktbahnhof angeschlossen; zwischen Satelliten und Knotenpunktbahnhöfen verkehren Übergabezüge. In Knotenpunktbahnhöfen findet eine weitere Sortierung der Wagen statt, die dann idealerweise von Nahgüterzügen zu Zugbildungsanlagen gebracht und anschließend – wiederum neu sortiert und zusammengestellt – im Fernverkehr zu einer Zugbildungsanlage in der Zielregion gebracht werden. Dort werden die Wagen – völlig analog – getrennt und an die Empfänger verteilt. Die großen Zugbildungsanlagen sind untereinander mit etwa 1.000 Zügen je Tag verbunden. Seit 2006 praktiziert DB Schenker Rail das System 200X, eine Modifizierung des Knotenpunktsystems (Konzentration auf nur noch neun große Zugbildungsanlagen, zusätzliche Direktverbindungen). Das Hauptproblem des Produktionssystems Einzelwagenverkehr besteht in den hohen Kosten und Zeitaufwänden der Zugbildung und –umbildung.

Im **Ganzzugverkehr** wird dagegen idealerweise ein kompletter Zugverband von der Quelle bis zum Ziel in unveränderter Zusammenstellung gefahren (Eingruppenzug). Voraussetzung ist ein entsprechendes Frachtaufkommen von Punkt zu Punkt. Bei Mehrgruppenzügen bestehen zwar wieder mehrere verschiedene Waggongruppen, die nacheinander oder über einen Knotenpunkt zum Ziel gebracht werden, der Rangieraufwand ist aber gering und eine „Feinverteilung“, wie im Einzelwagenverkehr üblich, findet nicht statt.

Zunehmend werden auch Ladungsgrößen zwischen Wagengruppen und Ganzzügen transportiert. Diese Miniganzzüge verkehren auf einem Teil des Weges gemeinsam mit anderen Miniganzzügen. In Unterwegsbahnhöfen steigen sie auf Anschlusszüge um und fahren von dort gemeinsam mit anderen Miniganzzügen weiter in Richtung Ziel. Diese Systeme werden insbesondere im internationalen Verkehr angeboten.³⁴

Der **Kombinierte Verkehr**, der Transport von Containern, Wechselbehältern oder Trailern, kann durchaus als Teilmenge des Ganzzugverkehrs interpretiert werden, da er faktisch nur noch zwischen Terminals bzw. Seehäfen mit ganzen Zügen stattfindet. Wobei auch in diesem Segment Ein- und Mehrgruppenzüge eingesetzt werden. Als eigenständiges Produktionssystem kann er interpretiert werden, da in aller Regel spezialisierte Terminals erforderlich sind, Shuttle-Verkehre (Züge mit festen Wagengarnituren, die zwischen Terminals pendeln) und fahrplanbasierte Angebotssysteme eine größere Rolle spielen.

³³ Zur folgenden Darstellung vgl. Siegmann (2012).

³⁴ Vgl. VDV (2013).

Wettbewerber der Deutschen Bahn AG sind fast ausschließlich in den Bereichen Ganzzugverkehr und Kombierter Verkehr (KV) tätig. Die Systeme sind produktionstechnisch vergleichsweise wenig komplex – was insbesondere in der Phase des Marktzutritts wichtig ist, Loks und Wagen können auf wettbewerblichen Märkten gemietet werden – sie weisen geringe Eintrittskosten auf, und der Zugangsanspruch zu Häfen und Terminals ist reguliert.

Der Bereich des Einzelwagenverkehrs liegt dagegen de facto ausschließlich bei der DB AG. Die wenigen Neuanbieter in diesem Markt (z.B. ONE und RSE in Nordrhein-Westfalen und Ecco-Cargo) kooperieren im Wesentlichen mit der DB AG und übernehmen den Zu- und Ablauf zum Produktionssystem der DB AG. Neben der höheren Komplexität des Produktionssystems sprachen und sprechen insbesondere die hohen Fixkosten der Systemvorhaltung – und die daraus resultierende Mindestgröße der Systemanbieter – gegen einen Markteintritt. Zudem ist nach wie vor umstritten, ob dieses System überhaupt wirtschaftlich betrieben werden kann.

Betrachtet man die einzelnen Gütergruppen, konzentrierten sich die Aktivitäten der Neuanbieter anfänglich auf die „wettbewerbsaffinen“ Gütergruppen: chemische Erzeugnisse, Mineralölerzeugnisse, Eisen und NE-Metalle, Düngemittel sowie Containerverkehre. Gegenwärtig bestehen wohl nur noch wenige Marktsegmente, in denen die Markteintrittsbedingungen als schwierig eingeschätzt werden.³⁵

Auch auf grenzüberschreitenden Verbindungen ist die zunehmende Konkurrenz wahrnehmbar. Dies gilt schon seit einigen Jahren für die aufkommensstarken Nord-Süd-Achsen von den ARA-Häfen (Antwerpen - Rotterdam - Amsterdam) bzw. Hamburg und Bremerhaven in die Schweiz und nach Italien. Neben DB Schenker Rail verfügen auch die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) sowie – über Tochterunternehmen bzw. Beteiligungen – Trenitalia entlang des Rheins über einen sehr hohen Marktanteil. Eine zunehmende Bedeutung erhalten auch Osteuropaverkehre.

Die Chancen der Wettbewerber sind abhängig von den rechtlichen Rahmenbedingungen. Gute Wettbewerbsbedingungen erfordern insbesondere einen diskriminierungsfreien Zugang zur Schieneninfrastruktur, zu Stationen und zu weiteren Serviceeinrichtungen. Alle staatlichen Eingriffe, die bei der Bekämpfung des SGV-Lärms durchgeführt werden, müssen ebenfalls auf ihre Diskriminierungsfreiheit untersucht werden. Es ist zu erwarten, dass die Marktanteile der Wettbewerber in jedem Fall weiter steigen werden.

³⁵ Vgl. KCW (2011a), S. 95.

4.2 Organisation und Statistik des Güterwagenmarktes

4.2.1 Organisation

Um lärm mindernden Maßnahmen zum Durchbruch zu verhelfen, ist die Kenntnis über die verschiedenen Geschäftsbeziehungen im Güterwagenmarkt unerlässlich. Erst so kann z.B. eine Aussage über die effektive Anreizwirkung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems auf den Fahrzeugbesitzer („Wagenhalter“) gemacht werden.

Während im Fall des Personenverkehrs das ausführende EVU in der Regel identisch mit dem Wagenhalter ist, zeigt sich die Situation beim Güterverkehr komplizierter. Häufig gehören die Güterwagen nicht dem ausführenden EVU, sondern stammen von Privatwagenbesitzern und Wagenvermietungsgeellschaften oder werden im Rahmen des internationalen Kooperationsverkehrs von anderen EVU übernommen. Es lassen sich dabei vier verschiedene Grundtypen von Kundenbeziehungen unterscheiden (siehe Abb. 8), wobei im Wagenladungsverkehr auch Kombinationen dieser Fälle existieren.

Im Fall 1 ist das ausführende EVU analog zum Personenverkehr identisch mit dem Wagenhalter. Darunter fallen beispielsweise alle Verkehre, die die DB AG mit ihrer eigenen Güterwagenflotte durchführt.

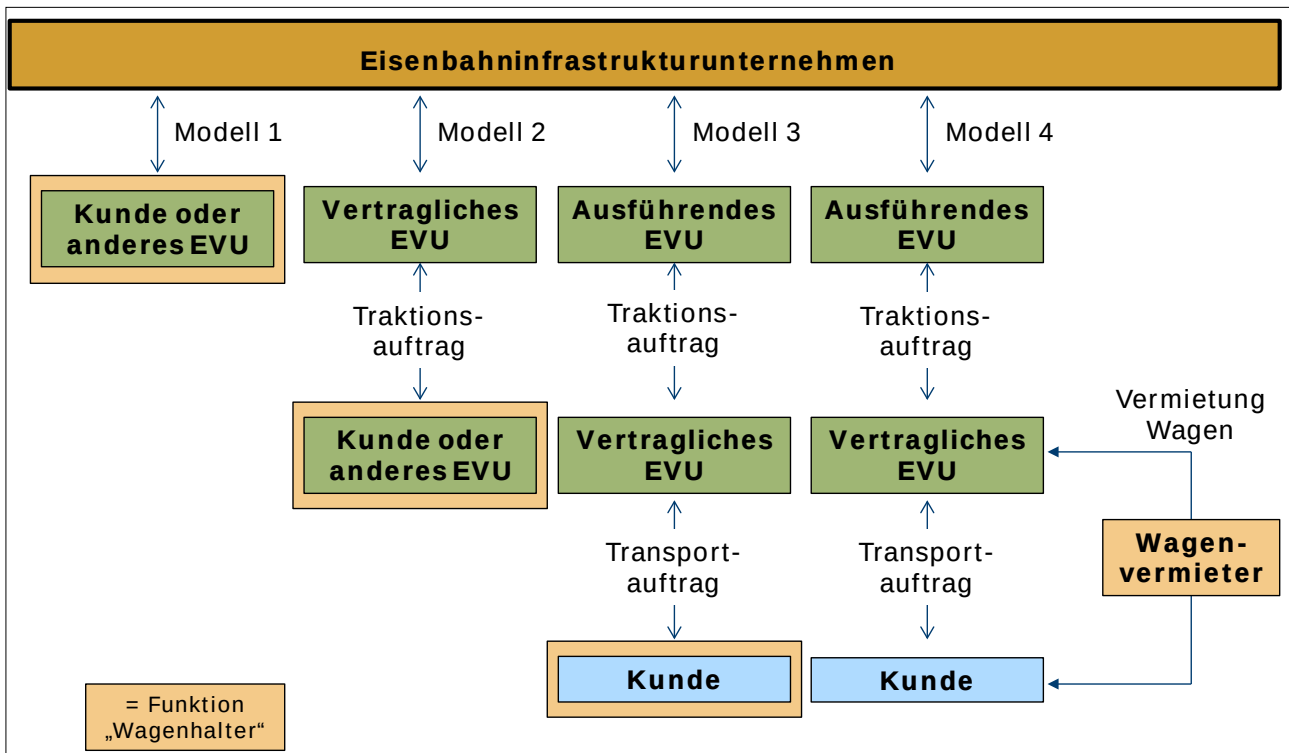
Im Fall 2 besitzt der Kunde die zu transportierenden Wagen und steht in einem direkten Vertragsverhältnis zum ausführenden EVU (wobei auch ein anderes EVU als Kunde auftreten kann). Dieser Fall tritt beispielsweise ein, wenn ein Operateur im Kombinierten Verkehr seine eigenen Wagen von einem Traktionär wie der DB AG transportieren lässt.

Im Fall 3 beauftragt ein Kunde eine Güterbahn („vertragliches EVU“) zum Transport seiner eigenen Güterwagen. Dieses wiederum vergibt die Traktion für eine bestimmte Teilstrecke einem weiteren EVU („ausführendes EVU“). Diese Konstellation kommt im internationalen Güterverkehr häufig vor.

Es ist dabei zwischen dem internationalen Ganzzug- und Wagenladungsverkehr zu unterscheiden. Denn bei den Ganzzugverkehren bestellt ein Kunde einen ganzen Zug für eine bestimmte Relation, während sich beim internationalen Wagenladungsverkehr der Zug aus Wagen von mehreren Kunden zusammensetzt.

Fall 4 unterscheidet sich schließlich von den ersten drei Fällen dadurch, dass eine Gesellschaft ihre Güterwagen zur freien Verfügung einem Kunden oder EVU vermietet. Dieser Fall ist bedeutend, da europaweit bereits über 100.000 Güterwagen vermietet werden.

Abb. 8: Organisationsmodelle des Wagenmarktes im SGV



Quelle: Eigene Darstellung nach Weidmann, Moll, Schmidt (2009), S. 16.

An Entscheidungen über lärm mindernde Maßnahmen können alle Akteursgruppen beteiligt sein: EVU, Wagenvermieter, Traktionäre, Verloader und Operateure und Bahnspediteure.³⁶

In Deutschland gibt es eine lange Tradition am Markt tätiger privater **Wagenvermieter**. Das veränderte Marktumfeld im SGV hat die Entwicklung von Vermietungsgesellschaften für Güterwagen in den vergangenen Jahren zusätzlich positiv beeinflusst. Der zunehmende Wettbewerb zwischen den Eisenbahnverkehrsunternehmen hat die Dynamik im Mietmarkt befördert, in dem heute über einhundert Unternehmen tätig sind.

Grundsätzlich sind diese Unternehmen europaweit aktiv. Oftmals wissen sie zwar über die Einsatzrelationen ihrer Wagenflotte in Grundzügen Bescheid, allerdings nicht, wo ihre Güterwagen im konkreten Einzelfall fahren. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Mietkunde kein EVU ist, sondern z.B. ein Verloader, der diese Wagen einem EVU zum Transport übergibt.

Die Gruppe der Wagenvermieter ist ausgesprochen heterogen: Die von der Wagenanzahl her größte Gruppe der Vermieter umfasst nur fünf Unternehmen, die zum Teil mehrere zehntausend Wagen halten. Diese Großvermieter decken damit einen beträchtlichen Teil des Vermietungsmarktes ab.

Aufgrund ihrer Größe ist ihr Kundenspektrum mit mehreren hundert Kunden (EVU, Operateure, Bahnspediteure, Verloader) besonders hoch. Die Vermietung von Wagen kann dabei kurz- (ggf. auch für einzelne Fahrten) oder langfristig erfolgen, d.h. von wenigen Monaten bis hin zu mehrjährigen Vermietungen dauern. In Einzelfällen wird bei langfristigen Vermietungen sogar die Wagenhalterschaft an

³⁶ Zum Folgenden vgl. KCW (2011b); IMP (2011).

den Mieter abgetreten. Ebenfalls kommt es vielfach dazu, dass der Mietkunde für vertraglich vereinbarte Instandsetzungsmaßnahmen verantwortlich ist (z.B. verschleißbedingter Austausch der Bremssohlen).

Beispiele sind die großen Vermietungsgesellschaften VTG Aktiengesellschaft (VTG) (49.300 Güterwagen), AAE (23.000 Güterwagen), Ermewa (21.000 Güterwagen) oder Transwaggon (12.000 Güterwagen). 2015 wurde die AAE von der VTG-Gruppe, übernommen; VTG ist mit aktuell ca. 80.000 Güterwagen der größte europäische Vermieter von Eisenbahngüterwagen.³⁷

Die Situation unterscheidet sich zwischen den einzelnen Marktsegmenten. Für Kesselwagen gibt es in Europa zehn namhafte Vermieter sowie weitere ca. 20 Unternehmen mittlerer und kleinerer Größe. Die drei größten europäischen Vermieter halten ca. 65% der gesamten privaten Eisenbahngüterwagen aller Wagenvermieter; allein die VTG AG hält einen Anteil von ca. 40% der gesamten privaten Flotte.³⁸

Neben den großen Unternehmen gibt es eine Reihe mittelgroßer Vermieter mit im Schnitt ca. 1.300 Wagen. Abgesehen davon ähneln deren Geschäftsmodelle relativ stark denen der Unternehmen in den anderen Größenklassen. Das betrifft sowohl die Art der Kunden als auch die Vertragsgestaltung.

Die zahlenmäßig größte Gruppe besteht aus einer Vielzahl kleinerer Unternehmen. Oftmals sind es Vermieter von Spezialwagen oder regional tätige Unternehmen. Da diese Unternehmen über eine geringe Anzahl von Wagen (ca. 50) verfügen, ist ihr Kundenkreis dementsprechend geringer.

In Mietverträgen zwischen Wagenvermieter und Wagenmieter (EVU/Verlader/Operateur) wird u.a. geregelt, wer für welche Instandhaltungsaufgaben zuständig ist. In den meisten Fällen werden diese vom Vermieter selbst durchgeführt, in Einzelfällen können das EVU oder andere Anmieter jedoch Teile davon (i.d.R. betriebsnahe Instandsetzungen) selbst übernehmen, vor allem, wenn der Mieter eigene Werkstattkapazitäten vorhält.

Gemäß dem Allgemeinen Vertrag für die Verwendung von Güterwagen (Allgemeiner Vertrag für die Verwendung von Güterwagen)³⁹ ist jedes EVU, welches diesem Vertragswerk beigetreten ist, zur Übermittlung der Laufleistung an den Wagenhalter verpflichtet. Die Umsetzung dieses Vertrages läuft zwischen den großen Playern im Markt weitgehend problemlos. Da sich die Regeln im Rahmen der Bestimmungen zur „Entity in charge of maintenance“ verschärft haben, wird erwartet, dass sich die Laufleistungsübermittlung bei den kleineren EVU erheblich bessert.⁴⁰

EVU können nicht nur als ausführendes EVU (also das EVU, das die Trasse anmeldet und die Fahrt selbst durchführt) auftreten, sondern auch als vorgelagerte Akteure für ein anderes, ausführendes

³⁷ Vgl. AAE (2015).

³⁸ Vgl. Aretz & Co (2011).

³⁹ Der AVV bietet EVU (Wagenbetreibern) und Wagenhaltern einen multilateralen vertraglichen Rahmen, der auf den einheitlichen Rechtsvorschriften für den Einsatz von Güterwagen aller Wagenhalter im internationalen Güterverkehr beruht. In ihm werden alle relevanten gegenseitigen Rechte und Pflichten von EVU und Wagenhaltern geregelt. In vielen Fällen brauchen die Vertragsparteien dank des AVV keine bilateralen Abkommen mehr auszuhandeln, was zur Interoperabilität von Güterwagen beiträgt. Seit dem 1. Oktober 2006 sind 474 Unternehmen dem AVV beigetreten, was etwa 90% des europäischen Wagenparks entspricht; Vgl. DHV BV, TU Berlin, IGES, Universität Würzburg (2007).

⁴⁰ Vgl. KCW (2011b), S. 50.

EVU fungieren. So kommt es einerseits vor, dass ein EVU, das den Frachtvertrag mit dem eigentlichen Kunden hat, die Transportdurchführung einem anderen EVU als **Traktionär** überträgt. Andererseits ist es möglich, dass ein ausländisches EVU bei einer grenzüberschreitenden Kooperation zwar den Transport hinsichtlich Kundenbetreuung und Wagengestellung organisiert, diesen Zug jedoch am Grenzbahnhof einem anderen ausführenden EVU in Deutschland übergibt.

Das ausführende EVU hat in solchen Konstellationen wenig Einfluss auf die Konfiguration des Zuges und keine unmittelbare Geschäftsbeziehung mit den Wagenhaltern. Gegenüber dem ausführenden EVU erfolgt in der Regel eine Vergütung im Rahmen einer Gesamtvereinbarung mit dem vertraglichen EVU (z.B. Kilometertarife oder pauschale Vereinbarungen).

Verlader beauftragen ein EVU oder einen Operator/Spediteur mit dem Transport bzw. der Organisation des Transports und beschäftigen sich nicht mit transportbetrieblichen Fragen. In einigen Fällen sind Verlader jedoch selbst Wagenhalter. Dann stellen sie eigene Wagen dem beauftragten Transporteur zur Verfügung.

Operateure und Bahnspediteure organisieren Transporte, ohne sie zwingend selbst durchzuführen. Eine Reihe der Unternehmen ist verkehrsträgerübergreifend als Spediteur tätig, andere haben sich speziell auf die Schiene fokussiert. Die Logistikorganisation im Auftrag des Verladers beginnt bei der Auswahl des ausführenden EVU, der Bereitstellung der Wagen (sofern der Verlader diese nicht selbst stellt) und kann auch die Bündelung von Transporten verschiedener Verlader in einzelnen Zügen umfassen. Hierbei kommt den Operateuren eine Rolle als Dispositions-Verantwortliche zu, was sie zum Erhalt des dispositiven Bonus berechtigt. Zugleich verfügen die Operateure in der Regel auch über eigene Wagenparks – wie z.B. die Hupac.

4.2.2 Daten und Fakten zum Güterwagenmarkt

Im Folgenden werden die vorliegenden Informationen zum Güterwagenmarkt zusammengefasst. Im Vordergrund stehen dabei die Fragen, in wessen Eigentum die Wagen sind und ob sie bereits umgerüstet sind.

Informationen zu Güterwagen werden europaweit in den jeweiligen nationalen Fahrzeugeinstellungsregistern (National Vehicle Register) erfasst. Die Informationen zu Güterwagen umfassen

- den Halter des Wagens,
- die für die Instandhaltung verantwortliche Stelle,
- Wagengattung usw.

Man muss dabei aber noch einmal betonen, dass zwischen der Registrierung in einem Land und dem Einsatz der Güterwagen keine 1:1-Beziehung besteht. Gegenwärtig sind im Fahrzeugeinstellungsregister insgesamt über 200.000 Fahrzeuge registriert.⁴¹

In Deutschland waren zu Beginn 2015 (2010) 109.432 (97.713) Güterwagen registriert, bei denen nicht als Fahrzeughalter die Deutsche Bahn angegeben war (

⁴¹ Vgl. EBA, 2012.

Tab. 9).⁴²

Die DB AG weist für 2014 einen Güterwagenbestand von 78.841 Einheiten aus. Unterstellt man, dass die DB AG ihre Wagen in Deutschland registrieren lässt, erhält man für 2014 einen Gesamtbestand aller Wagenhalter von ca. 188.000 Wagen.

Tab. 9: In Deutschland registrierte Privatgüterwagen nach Wagengattung (ohne DB AG als Fahrzeughalter)

Privatgüterwagen nach Wagengattung	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Gepäckwagen (D)						2
Offener Güterwagen der Regelbauart (E)	3.047	3.245	3.177	3.397	3.447	3.840
Offener Güterwagen in Sonderbauart (F)	4.720	5.159	5.264	5.358	5.423	5.793
Gedeckter Güterwagen der Regelbauart (G)	361	449	450	453	451	448
Gedeckter Güterwagen in Sonderbauart (H)	10.236	10.783	10.972	10.877	11.496	11.611
Kühlwagen (I)	10	58	58	58	58	58
Flachwagen in Regelbauart (K)	386	474	482	492	316	308
Flachwagen in Sonderbauart (L)	9.226	9.551	9.914	10.250	9.241	8.889
Offener Mehrzweckwagen (O)	5	0	0			4
Flachwagen mit Drehgestellen in Regelbauart (R)	4.209	4.220	4.044	4.345	4.759	4.776
Flachwagen mit Drehgestellen in Sonderbauart (S)	18.659	19.884	21.111	21.075	22.323	21.811
Güterwagen mitöffnungsfähigem Dach (T)	1.305	1.511	2.039	2.071	2.264	2.479
Sonderwagen (U)	4.312	4.627	5.387	5.461	5.420	5.227
Kesselwagen (Z)	41.237	42.373	44.930	45.653	44.346	44.186
Summe	97.713	102.334	107.828	109.490	109.544	109.432

Quelle: VPI (Jahresbericht, versch. Jg.).

⁴² Laut VPI (Jahresbericht, versch. Jg.) handelt es sich um Sonderauswertungen des nationalen Verkehrsregisters für wechselnde Stichtage. Die Bestandsangaben des VPI weisen bei der Gesamtzahl der Wagen und der Summe über die Wagengattungen geringe Abweichungen aus (weniger als 25 Wagen). In der Tabelle ist die Summe über die Wagengattungen angegeben.

Während die DB AG dabei ihren Wagenbestand in den letzten zehn Jahren deutlich reduziert hat – er betrug 2001 noch über 128.000 Wagen, haben die übrigen Halter ihren Wagenbestand dagegen deutlich ausgebaut. Bei den Mitgliedern der Vereinigung der Privatgüterwagen-Interessenten (VPI) ist der Bestand zwischen 2006 und 2011 um ca. 30% gestiegen.

Es zeigt sich eine gewisse Arbeitsteilung; ca. 60% der Privatgüterwagen sind Kesselwagen; die DB AG besitzt von dieser Wagengattung dagegen „nur“ ca. 2.000 Stück. Generell zeigt sich bei Privatgüterwagen auch ein besonders hoher Anteil von Sonderbauarten, insb. Flachwagen in Sonderbauart. Sowohl die DB AG als auch der VPI weisen zudem die Anzahl der Güterwagen nach der verwendeten Bremssohle aus. Die folgende Tabelle zeigt die Entwicklung der Jahre 2011 bis 2015.⁴³

Tab. 10: Wagenbestand der DB AG, 2009-2015

Wagengattung	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Gedeckte Wagen	20.691	19.815	19.149	17.684	16.869	15.778	15.315
Offene Wagen	35.706	34.683	33.907	34.029	27.873	26.106	24.378
Flachwagen	42.693	40.838	40.395	35.916	37.639	36.045	36.991
Behälterwagen	2.057	1.997	1.794	1.453	1.193	912	567
Summe (Eigentumsbestand)	101.147	97.333	95.245	89.082	83.574	78.841	77.251
Zusatzinformationen:							
Geleaste Wagen	4.139	6.031	3.919	248	250	236	3.092
Angemietete Wagen	19.054	9.237	10.726	574	636	465	8.095
Vermietete Wagen	10.683	3.761	3.163	102	457	23	1.174

Quelle: DB Mobility Logistics AG (Daten & Fakten, versch. Jg.).

Tab. 11: Entwicklung des Wagenbestands der DB AG und des VPI nach Bremssohle, 2011-2015

Bremssohle	2011	2012	2013	2014	2015
DB AG					
K-/LL-Sohle	6.885	7.624	8.400	14.503	20.885
VPI					
D					264
K	6.039	7.277	7.500	13.512	15.350
L					144
LL	60	61	61	144	50

Quelle: DB Mobility Logistics AG (Daten & Fakten, versch. Jg.); Deutsche Bahn AG (2016); VPI (Jahresbericht, versch. Jg.).

⁴³ Umrüstungszahlen der DB AG gelten für den 31.12.2015; die Daten des VPI für den Stichtag 16.02.2015.

Insgesamt ist der Bestand an mit K- oder LL-Sohlen ausgerüsteten Güterwagen von 2011 (12.984 Wagen) bis 2015 (36.693 Wagen) um mehr als 24.000 Wagen angestiegen. Der Anteil der Wagen mit Verbundstoffbremssohlen betrug 2015 etwa 20%.

Laut Verkehrsministerium waren Ende Februar 2016 mehr als 163.000 weitere Bestandsgüterwagen beim Eisenbahn-Bundesamt zur Umrüstung auf LL-Sohlen angemeldet worden.⁴⁴

⁴⁴ Vgl. BMVI (2016).

5 Lärmbelastung durch Schienengüterverkehr

Schall wird zu Lärm, wenn er als störend empfunden wird. Das Gehör kann direkt geschädigt werden, wenn es durch zu hohe Schalldruckpegel langfristig oder auch für kurze Zeiträume stark belastet wird. Darüber hinaus hat Lärm bei Langzeiteinwirkung von niedrigen Schalldruckpegeln einen schädigenden Einfluss auf den gesamten Organismus, insbesondere durch Stressreaktionen.⁴⁵

Vor allem nachts besteht bei mittleren Immissionspegeln über 45 dB(A) ein erhöhtes Gesundheitsrisiko.⁴⁶ Im Unterbewusstsein können Schallereignisse während des Schlafes, auch wenn sie nicht direkt wahrgenommen werden, zu kurzen Aufwachreaktionen führen. Dadurch wird der Regenerationsprozess während des Schlafes gestört und Stress verursacht. Weiterhin führt Lärm zu Konzentrationsstörungen bei komplexen Aufgaben am Arbeitsplatz. Wie schädlich Lärm ist, hängt neben dem Schalldruckpegel auch von der Häufigkeit und Dauer der Ereignisse, der Frequenz und der Impulshaltigkeit des Schalls ab. Die derzeitigen Dauerschalldruckpegel an Bahnlinien können 75 dB(A) und mehr betragen und sind somit weit über dem zumutbaren Bereich.

Die Auswirkungen von Lärm auf die betroffene Bevölkerung werden oft unterschätzt. Bürgerinitiativen wehren sich jedoch zunehmend gegen den Schienenlärm, dem ihre Mitglieder täglich ausgesetzt sind.

5.1 Grundlagen der Lärmentstehung und Lärmmessung

Schall ist eine Luftdruckänderung.⁴⁷ Das menschliche Ohr nimmt Änderungen der Druckwellenfrequenz und der Druckschwankungsamplitude, auch Schalldruck genannt, wahr. Die Wahrnehmung der Lautstärke hängt vor allem von der Frequenz und dem Schalldruck ab. Bei einer Frequenz von 1.000 Hertz (Hz) ist der sogenannte Lautstärkepegel (in Phon ausgedrückt) gleich dem Lautstärkepegel (L_p), der in Dezibel (dB)⁴⁸ beschrieben wird.

Für die Angabe des Schalldruckpegels in dB wird der in Pascal (Pa) gemessene Schalldruck durch einen definierten Referenzschalldruck p_0 von 20 μ Pa, die Hörschwelle, dividiert und das Ergebnis logarithmiert.⁴⁹ Der wesentliche Grund für die Logarithmierung ist der, dass die menschliche Wahrnehmung des Schalls als näherungsweise logarithmisch beschrieben werden kann: Eine Vergrößerung des Schalldrucks (Druckschwankungsamplitude) um den Faktor 10 (10 dB) wird durch den Menschen als eine Verdopplung der Lautstärke empfunden.

⁴⁵ Vgl. UBA (2016).

⁴⁶ Vgl. Gross (2012).

⁴⁷ Vgl. Müller, Möser (2004). Weitere Ausführungen zu den Grundlagen der Akustik finden sich in Cremer, Möser (2007). Speziell zur Bahnakustik vgl. Lübke u.a. (2008).

⁴⁸ Das Maß dB ist keine physikalische Größeneinheit.

⁴⁹ $L_p = 20 \log(p/p_0)$ [dB] – Eine Feldgröße p wird in Verhältnis mit einem festen Bezugswert p_0 gesetzt und der Quotient logarithmiert. Das Ergebnis wird mit dem Faktor 20 multipliziert.

Für die Bestimmung des Gesamtschalldruckpegels von zwei oder mehr Schallquellen werden nicht die Schalldruckpegel addiert, sondern die jeweiligen Schalldrücke. Anschließend wird das Ergebnis wieder logarithmiert.⁵⁰ So ergibt sich bei zwei gleichlauten Schallquellen ein um 3dB höherer Gesamtschalldruckpegel.⁵¹

Die folgende Abb. 9 zeigt typische Schalldruckpegel des Schienenlärms im Vergleich zu anderen Lärmquellen des Alltags (diese sind A-bewertet; die A-Bewertung wird im Weiteren erklärt).

Schallereignisse unter 30 dB(A) werden als sehr leise empfunden und sind hier irrelevant. Eine Unterhaltung findet typischerweise zwischen 40 bis 60 dB(A) statt. Vorbeifahrtpegel von Zügen können 100 dB(A) oder mehr betragen, und direkt am Ausgang von Typhonen (druckluftbetriebene Schallsignalgeräte, die zur Warnung durch den Triebfahrzeugführer betätigt werden) sind bis 140 dB(A) möglich.

Der hörbare Frequenzbereich erstreckt sich von etwa 20 Hz bis 20.000 Hz, mit der größten Empfindlichkeit des Ohres um 1.000 Hz. Bei Lärminderungsmaßnahmen von Eisenbahnlärm (an der Quelle und am Ausbreitungsweg) wird fast immer der hochfrequente Anteil stärker gemindert als der tieffrequente. Die Frequenzmaxima werden so meist von mehr als 1.000 Hz zu 500 Hz und weniger verschoben.

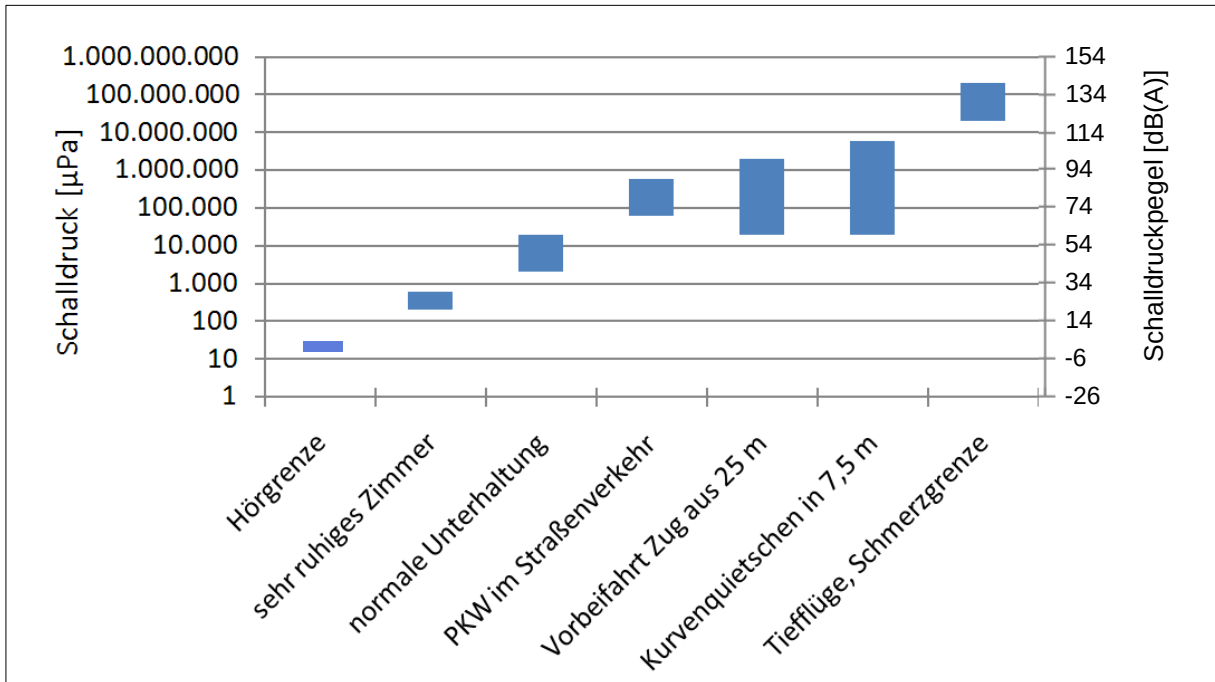
Bei der Fahrt können auch höhere Frequenzen bis 10.000 Hz auftreten, z.B. beim Kurvenkreischen oder Makroschlupfpfeifen.⁵²

⁵⁰ $L_{\text{Gesamt}} = 10 * \log \left(\sum_N 10^{\frac{L_{p,N}}{10}} \right) [\text{dB}]$ – N ist die Anzahl der zu addierenden Schalldruckpegel.

⁵¹ Von dieser Regel gibt es nur eine Ausnahme, die hier nicht weiter von Interesse ist (sog. „kohärenten“ Schallquellen).

⁵² Zwischen der Rad-Schiene-Berührfläche entsteht während der Kraftübertragung - aufgrund der elastischen Verformung des Materials - eine Geschwindigkeitsdifferenz (Mikroschlupf). In Funktion des Kraftanstiegs steigt der Schlupf an und es entsteht ein Gleitzustand (Makroschlupf). Während des kurzfristig auftretenden Makroschlupfes kann das Makroschlupfpfeifen entstehen.

Abb. 9: Schalldrücke und Schalldruckpegel verschiedener Quellen



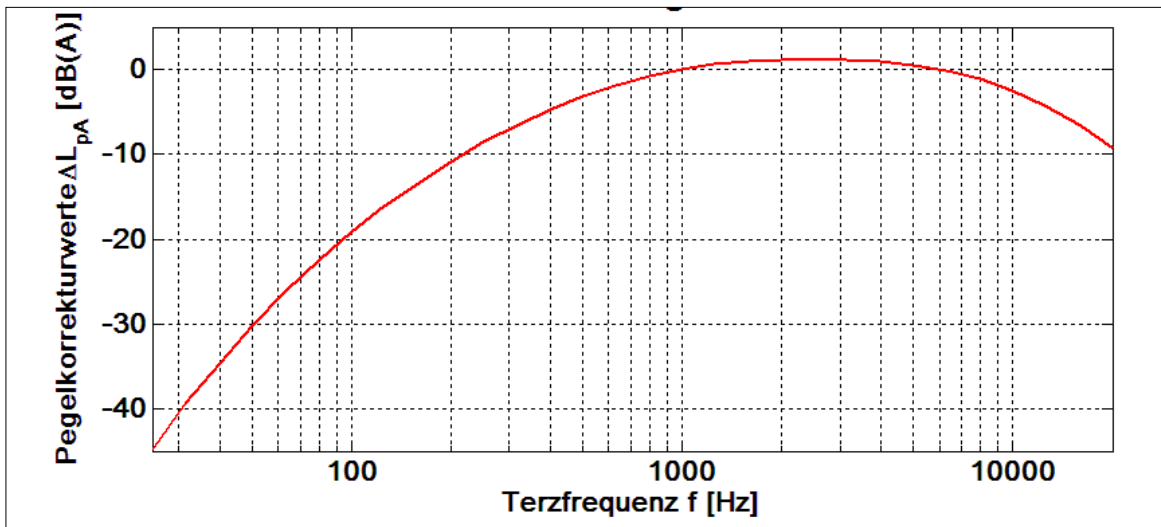
Quelle: Hecht, Nesterow (2014), S. 12.

Die Empfindlichkeit des menschlichen Ohres ist für verschiedene Frequenzbereiche unterschiedlich. Um das Schalldruckverhältnis einer Schallquelle in seiner Wirkung an das menschliche Ohr anzupassen, wurde die sogenannte A-Bewertungskurve eingeführt, die in Abb. 10 beschrieben wird. Die Pegelkorrekturkurve in Abb. 10 zeigt, dass tiefe Frequenzen deutlich gedämpft wahrgenommen werden, z.B. 50 Hz um 30 dB niedriger oder 100 Hz noch um fast 20 dB niedriger.

Die A-Bewertungskurve hat sich seit langem international durchgesetzt. Inzwischen ist man in der Forschung der Auffassung, dass durch die A-Bewertung die Empfindlichkeit des menschlichen Ohres insbesondere für mittlere Schalldruckpegel zwischen 50 dB(A) und 60 dB(A) sehr gut nachgebildet wird. Für größere Schalldruckpegel ist die Dämpfung niedriger Frequenzen durch die A-Bewertung tendenziell etwas zu stark.

Daher sollte man sich bewusst sein, dass im tieffrequenten Bereich Pegelüberschreitungen von 30 bis 40 dB(A) über die als erträglich eingestuften Belastungen eigentlich noch höher zu bewerten wären.

Abb. 10: A-Bewertungskurve



Quelle: DIN EN 61672-1 (2010).

Zur Beurteilung des von einem Schienenfahrzeug emittierten Lärms wird nach TSI (Technische Spezifikation für die Interoperabilität) Lärm der sogenannte A-gewichtete, (energie-) äquivalente Dauerschallpegel $L_{pAeq,T}$ verwendet, der meist über die Vorbeifahrdauer T_p dargestellt wird.⁵³ Gemessen wird über ein längeres Zeitintervall $T > T_p$ und dann auf T_p bezogen. Das Zeitintervall T muss lang genug sein, um die gesamte akustische Energie des Ereignisses zu erfassen.

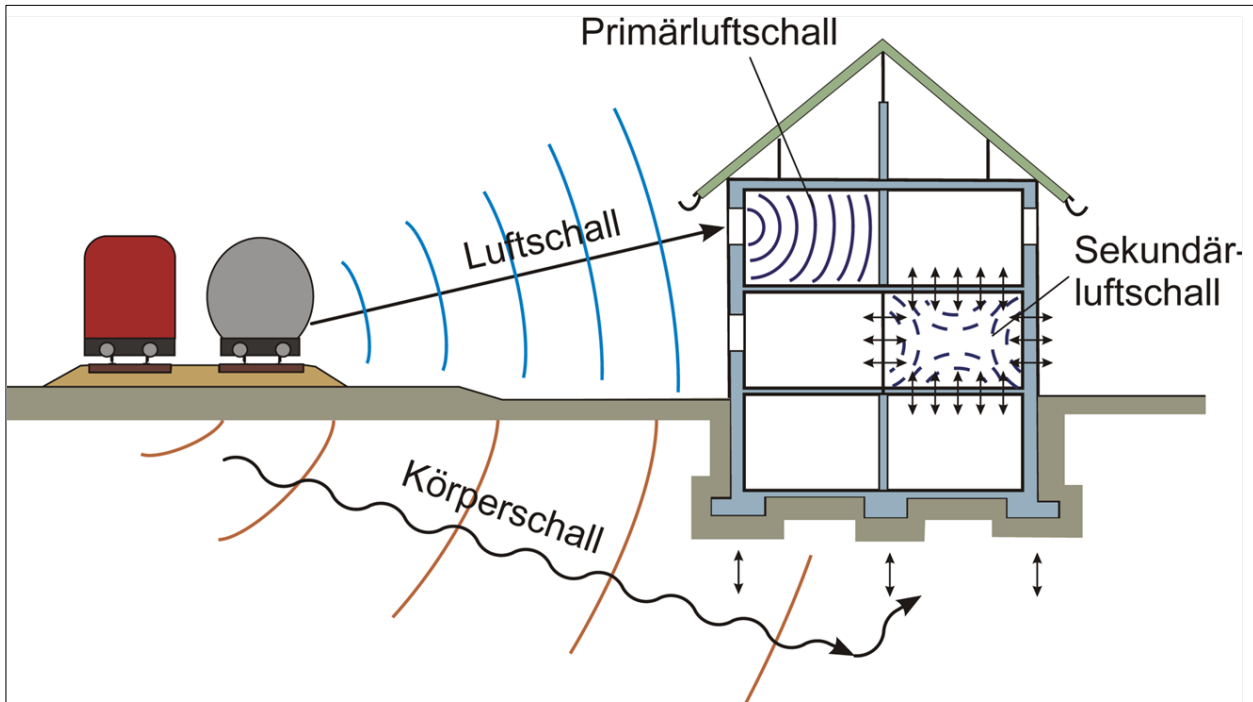
Bei der Entstehung von Geräuschen am Fahrzeug oder Fahrweg wird zwischen direkter (Luftschall) und indirekter Geräuschenstehung (Körperschall) unterschieden. Bei direkter Geräuschenstehung handelt es sich um reine Luftdruckschwankungen, die durch einen Anregungsmechanismus primär erzeugt werden (direkte Geräuschquellen sind z.B. Lüfter oder die Umströmung des Stromabnehmers im Hochgeschwindigkeitsverkehr).⁵⁴ Bei indirekter Geräuschenstehung handelt es sich um elastische Schwingungen, die sich z.B. durch Betriebskräfte in der Fahrzeugstruktur entwickeln. Diese können als Körperschall weiter geleitet werden und an Oberflächen als sekundärer Luftschall abgestrahlt werden (typisches Beispiel sind Zahnradgetriebe).

Abb. 11 zeigt beispielhaft die Unterschiede zwischen der primären und sekundären Luftschallentstehung bei der Vorbeifahrt eines Zuges.

⁵³ $L_{pAeq,T} = 10 \log \left(\frac{1}{T_p} \cdot \int_0^T [p_A(t)/p_0]^2 dt \right)$, wobei $p_A(t)$ der A-bewertete Schalldruckpegel in Pascal zum Zeitpunkt t ist; für jeden Zeitpunkt der Messung von 0 bis T .

⁵⁴ Vgl. Wunderli (2008).

Abb. 11: Vom Schienenverkehr ausgehender Körper- und Luftschall



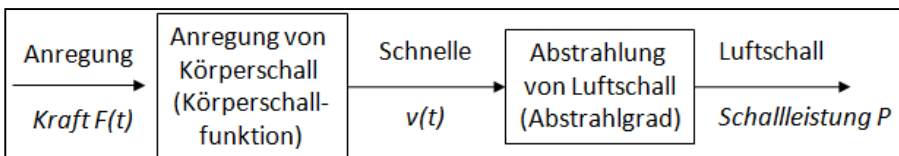
Quelle: Hecht, Nesterow (2014), S. 13.

Abb. 12 liefert einen Überblick über die auftretenden physikalischen Mechanismen der indirekten Luftschallentstehung: Anregung (Entstehung von Körperschall), Übertragung von Körperschall in der Struktur, Abstrahlung von Luftschall (Umwandlung von Körperschall in Sekundärluftschall).

Maßnahmen zur Reduzierung der Geräuscentstehung bestehen darin, die Anregungen oder die Übertragung in dieser Wirkungskette zu reduzieren.

In der Regel sind die Lärmquellen akustisch unabhängig, d.h. jede Lärmquelle besitzt eine andere Wellenlänge (und damit Frequenz). Nur in Sonderfällen können mehrere ähnliche Teilquellen vorhanden sein, z.B. die verschiedenen Fahrmotorlüfter einer Elektrolokomotive oder die Zylinder eines Verbrennungsmotors. Je nach Phasenlage beeinflussen sich dann die entstehenden Wellenlängen (Frequenzen) gegenseitig. Nur selten können sie auch gezielt zur gegenseitigen Auslöschung verwendet werden, z.B. durch geeignete Zündfolge und Abgasrohrführung bei Verbrennungsmotoren.

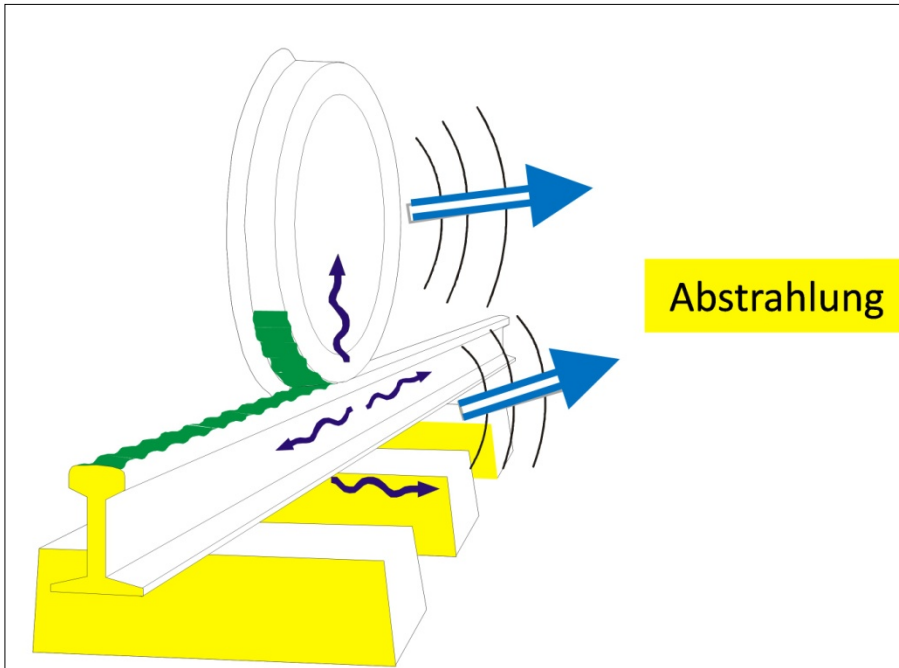
Abb. 12: Entstehung von Luftschall



Quelle: Grote, Feldhusen (2012), S. O 30.

Schienenfahrzeuge können eine Vielzahl von verschiedenen Schallquellen besitzen. Eine wesentliche Lärmquelle ist das Rollgeräusch, dessen Entstehung in Abb. 13 illustriert wird.

Abb. 13: Rollgeräuschenstehung und -abstrahlung von Rad, Schiene und Schwelle



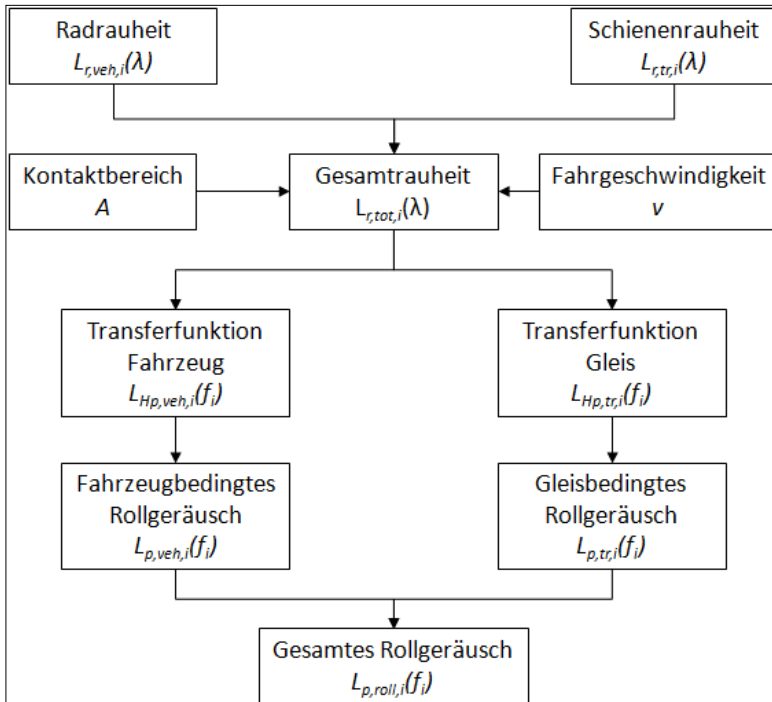
Quelle: Thompson, Janssens, Ditttrich (1997).

Abb. 14 zeigt die Wirkungskette der Rollgeräuschbildung auf. Die Rauheitspegel von Rad und Schiene werden energetisch addiert. Über die Fahrgeschwindigkeit und die Masse beider Komponenten entsteht eine Anregungskraft entsprechend Abb. 12. Die Ausdehnung und Form der Kontaktfläche zwischen Rad und Schiene filtert kleine Anregungswellenlängen heraus. Die Transferfunktion beinhaltet die Einflüsse der Massen und der Steifigkeiten von Rad, Schiene und Schwelle und auch deren Dämpfungsverhalten, einschließlich der Schienenbefestigung. Alles zusammen bestimmt das Körperschallverhalten.

Die Geometrie und die Größen der Oberflächen beeinflussen dann die Umwandlung der Oberflächenbewegungen der Körper in Druckschwankungen, die sich als Luftschall ausbreiten können (in Abb. 12 durch den Abstrahlgrad gekennzeichnet). Grundsätzlich gilt: je größer der Körper, desto größer ist die Abstrahlungsfähigkeit.

So weisen große Räder, große Schienen (z.B. UIC60) und große Schwellen (z.B. Betonmonoblockschwellen) immer einen größeren Lärmbeitrag auf als kleinere (z.B. Schiene S49 bzw. Bi-Block-Schwelle).

Abb. 14: Wirkungskette der Rollgeräuschbildung nach sonRAIL



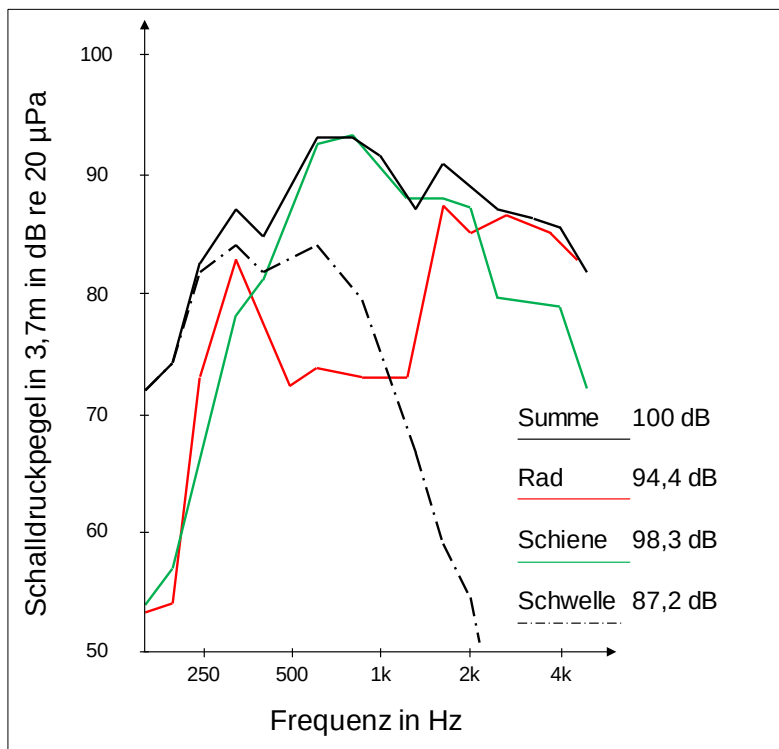
Quelle: Thron (2009).

Das Rollgeräusch wird abhängig vom Frequenzbereich mal durch das Rad, die Schiene oder die Schwelle dominiert (vgl. Abb. 15). Je nachdem, wo Lärminderungsmaßnahmen angreifen, verringert sich der Gesamtschalldruckpegel auch in den einzelnen Frequenzen bzw. es treten Frequenzverschiebungen auf.

Neben der Schallabstrahlung von Rad und Schiene (Rollgeräusch) können bei Güterwagen unter anderem folgende Bauteile als Lärmquellen in Erscheinung treten:

- Bremsgestängeklappern,
- Schallabstrahlung des Drehgestellrahmens,
- Schallabstrahlung in der Federungsstufe durch Reibungsschwingungen.

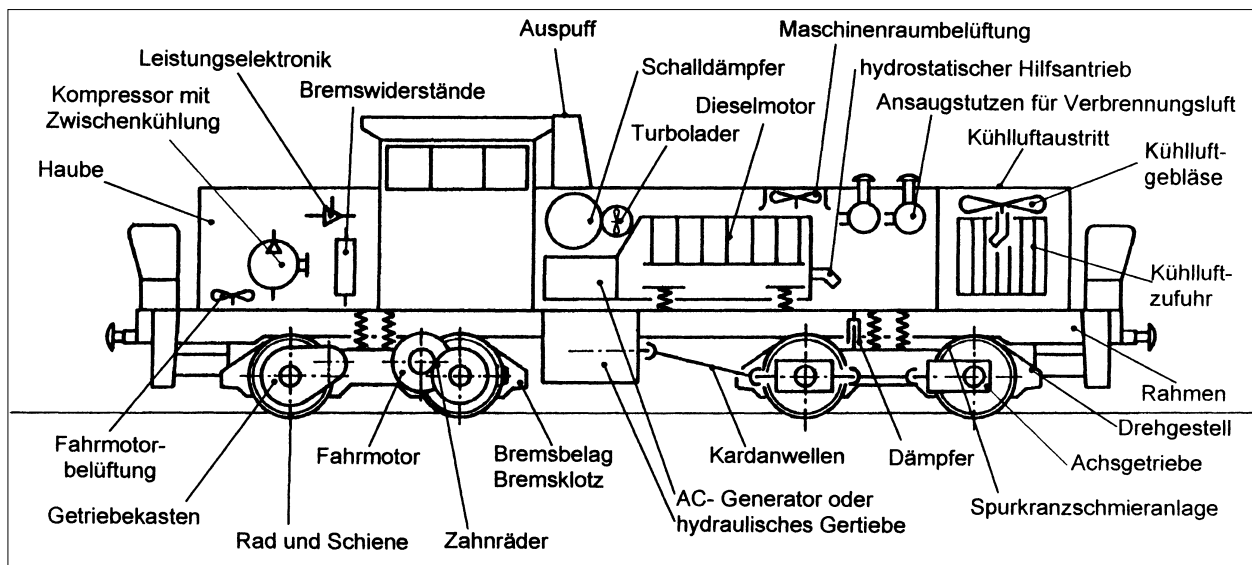
Abb. 15: Frequenzbereiche, in denen das Rollgeräusch durch Rad, Schiene oder Schwelle dominiert wird



Quelle: TWINS (o.J.).

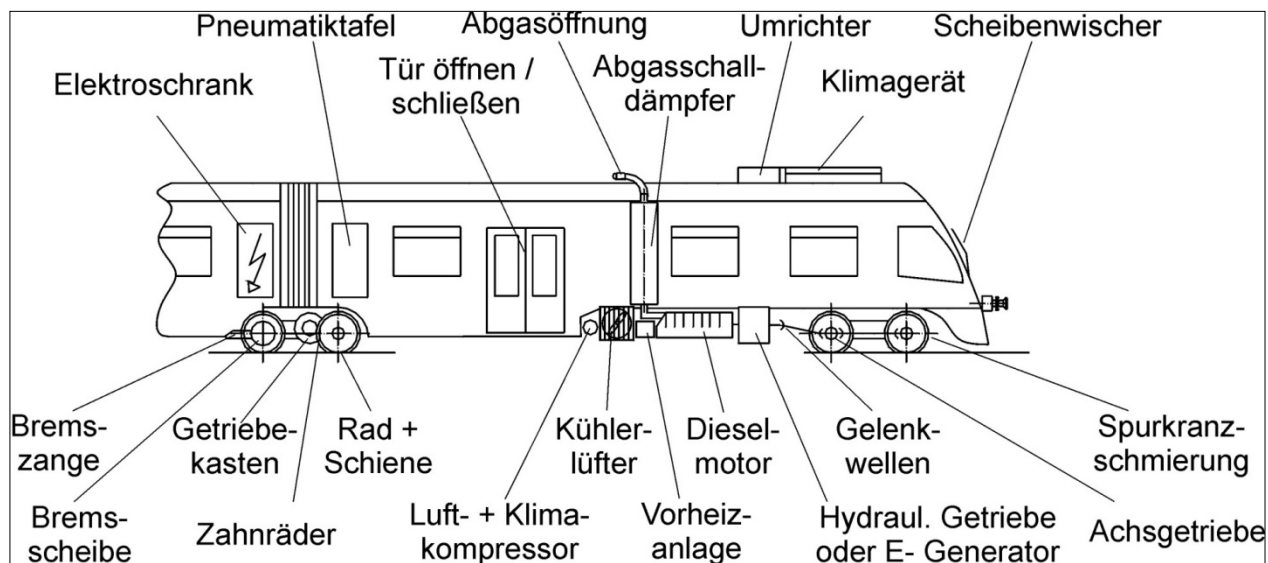
Ergänzend zeigen die folgenden Abbildungen mögliche Schallquellen an Diesellokomotiven und Dieseltriebfahrzeugen.

Abb. 16: Lärmquellen an Diesellokomotiven



Quelle: Eigene Darstellung.

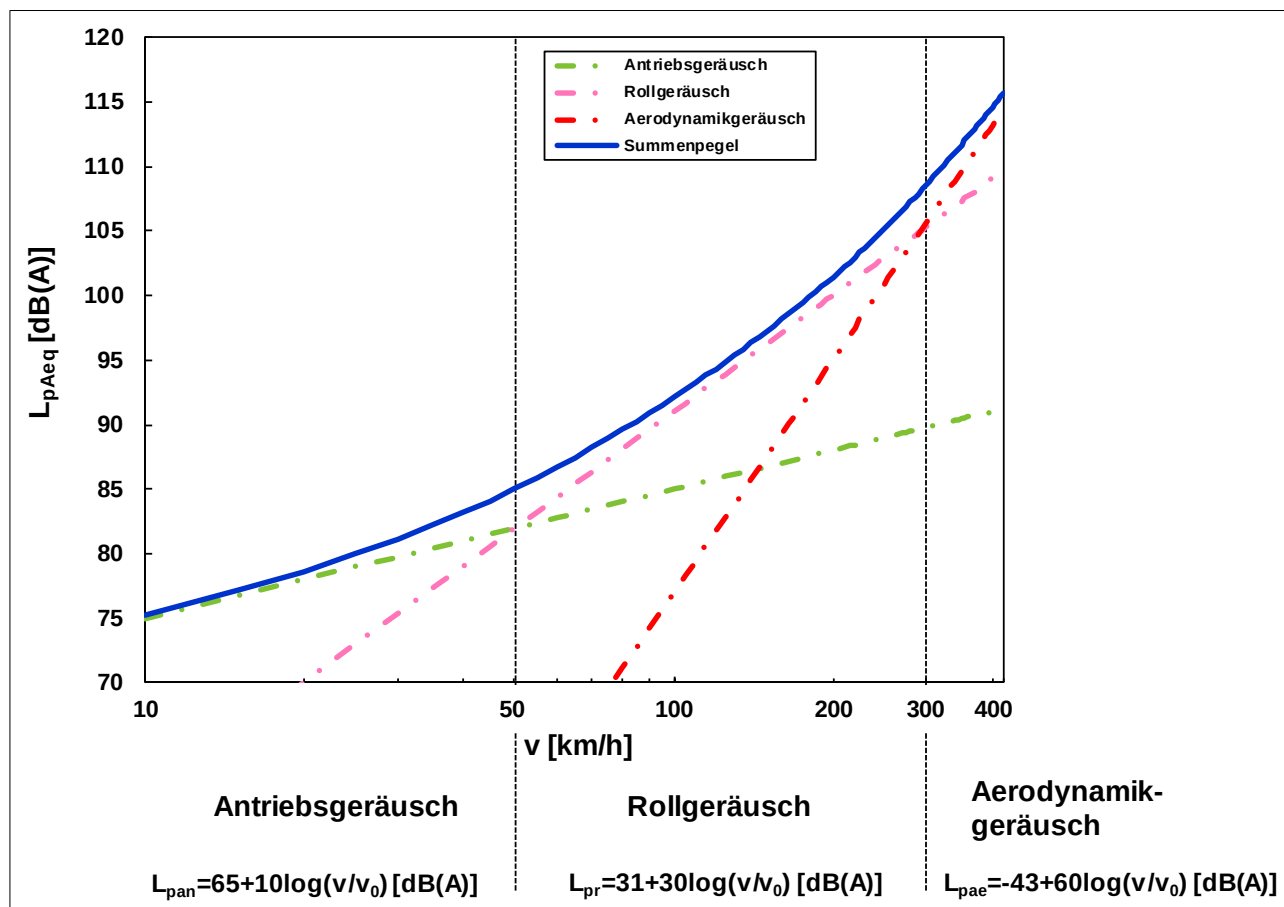
Abb. 17: Lärmquellen an Dieseltriebfahrzeugen



Quelle: Eigene Darstellung.

Zudem ist die Geräuscentstehung vor allem bei Triebfahrzeugen von der Fahrgeschwindigkeit abhängig. Der Einflussbereich der Quellen wird durch die Schnittpunkte der einzelnen Graphen in Abb. 18 gegeben.

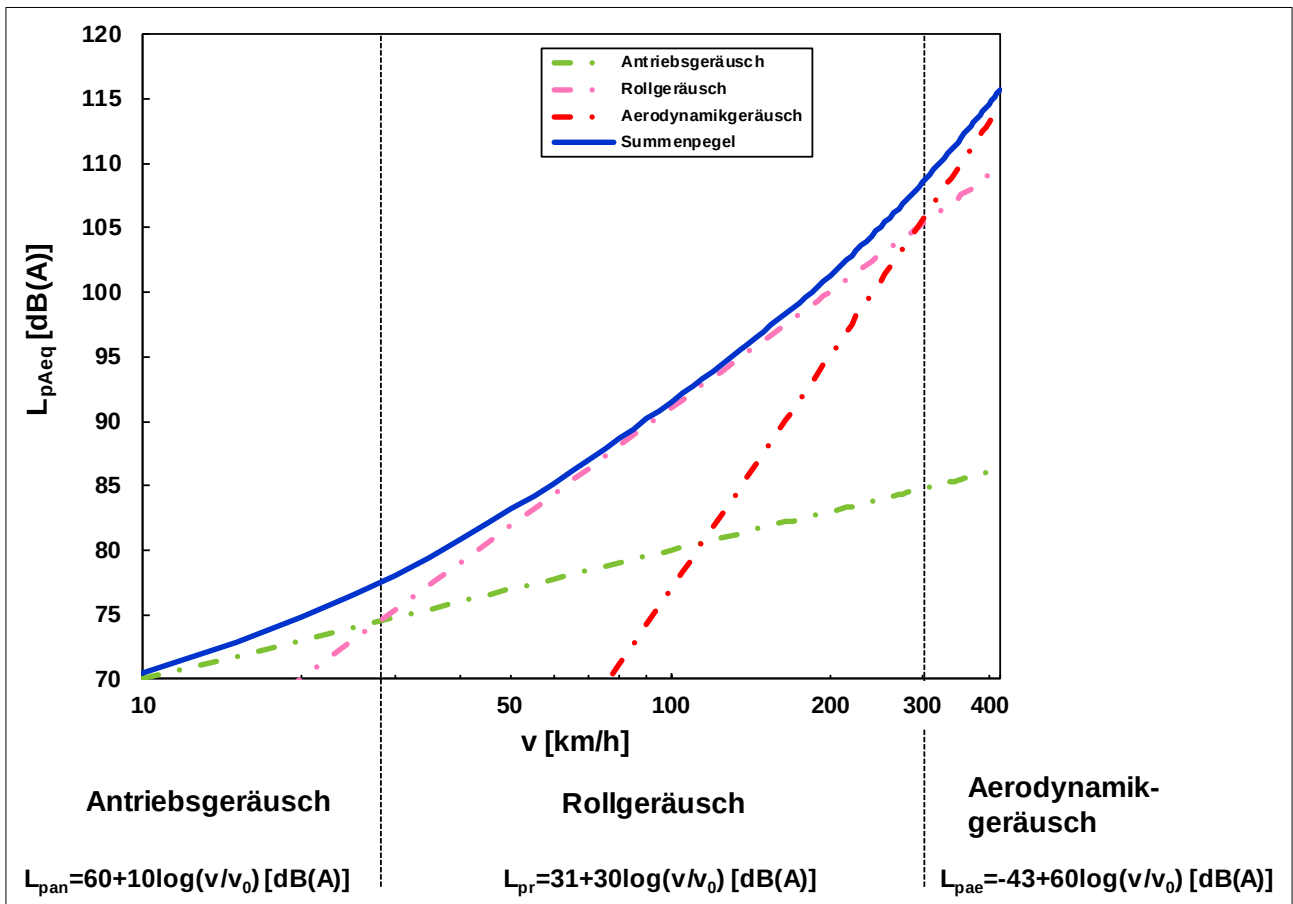
Abb. 18: Beispiel für das Geschwindigkeits-Lärmverhalten eines Triebfahrzeugs



Quelle: Hecht (2014).

Wird zum Beispiel eine um 5 dB leisere Antriebsanlage eingebaut, kann sich der grüne Graph hier im Bereich des Antriebsgeräusches um 5 dB nach unten verschieben und sich entsprechend bei niedrigen Geschwindigkeiten positiv auf das Gesamtgeräuschniveau bis zu einer bestimmten Geschwindigkeit auswirken (vgl. Abb. 19). Der Nutzen ist jedoch durch einen breiteren Wirkungsbereich des Rollgeräusches reduziert. Im vorliegenden Beispiel verändert sich im oberen Geschwindigkeitsbereich hingegen nichts, da hier das Roll- und Aerodynamikgeräusch überwiegt und das Antriebsgeräusch einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Summenpegel hat.

Abb. 19: Geschwindigkeits-Lärmverhalten für ein Triebfahrzeug mit verringertem Antriebsgeräusch



Quelle: Hecht (2014).

5.2 Schienengüterverkehrslärm in Deutschland

Der Schienengüterverkehrslärm ist in den letzten Jahrzehnten zu einem bedeutenden Problem angewachsen. Die Ursachen liegen in dem starken Wachstum der Verkehrsleistung des SGV, in Verbindung mit einer starken räumlichen Konzentration. Grundsätzlich führt eine Verdopplung des Verkehrs an einem Punkt nur zu einer moderaten Zunahme des Lärms um 3 dB(A). Das heißt, erst eine dreifache Verdopplung - also eine Verachtfachung! - des Verkehrs führt zu einer Erhöhung des Lärms um 9 dB(A), was fast einer Verdopplung des Lärms entspricht. In den letzten Jahrzehnten zieht sich jedoch der SGV immer mehr aus der Fläche zurück und konzentriert sich - bei absolutem Zuwachs - immer mehr auf den großen Korridoren, die in Deutschland leider durch dicht bevölkerte Gebiete führen. An diesen Korridoren wird das Problem des Schienengüterverkehrslärms virulent. Hinzu kommt, dass aufgrund der zusätzlichen Belastung dieser Korridore mit Personenverkehr der SGV oft auf den „Nachtsprung“ verwiesen wurde und wird. Auch dies ist ein relativ neues Phänomen. In der Nacht ist Lärm aber ganz besonders störend.

Werden die Marktanteile der Verkehrsträger in Deutschland mit den Relationen der von ihrem Lärm betroffenen Personen verglichen, so zeigt sich eine starke Diskrepanz zuungunsten der Schiene. Im Jahr 2014 betrug der Marktanteil der Schiene bezogen auf die gesamte Güterverkehrsleistung 18,1%, derjenige der Straße 69,4% (ohne Nahverkehr bis 50 km) (siehe Abschnitt 4.1.1). Hingegen ist die Zahl der Betroffenen durch Verkehrslärm im Schienenverkehr 2014 nur etwa ein Drittel kleiner als die Zahl der vom Straßenverkehr Betroffenen; siehe Abb. 20. Während die Schiene also nur $18,1 / 69,4 = 26\%$ der Güterverkehrsleistung der Straße erbringt, entspricht gleichzeitig die Anzahl der von Schienenverkehrslärm betroffenen Menschen 31% derer, die von Straßenlärm betroffen sind.

Abb. 20 zeigt die Betroffenenzahlen verschiedener Lärmquellen aus dem Jahre 2014. Die Zahlen basieren auf Umfragen, die vom Bundesumweltministerium durchgeführt wurden, und geben an, wie viel Prozent der „zumindest etwas Belästigten“ sich durch die jeweilige Lärmquelle belästigt fühlten (Mehrfachnennungen möglich).

In der Verkehrslärmschutzverordnung von 1990⁵⁵ wurde ein Abschlag der Immissionen für den Schienenverkehr von 5 dB(A) verankert. Der „Schienenbonus“ wurde eingeführt, da frühere Studien zeigten, dass Geräuschemissionen der Eisenbahn als nicht so lästig empfunden wurden wie die Geräuschemissionen der anderen Verkehrsarten.⁵⁶ In der Konsequenz wurde der Schienenverkehr gegenüber dem Straßenverkehr mit 5 dB(A) bevorzugt.

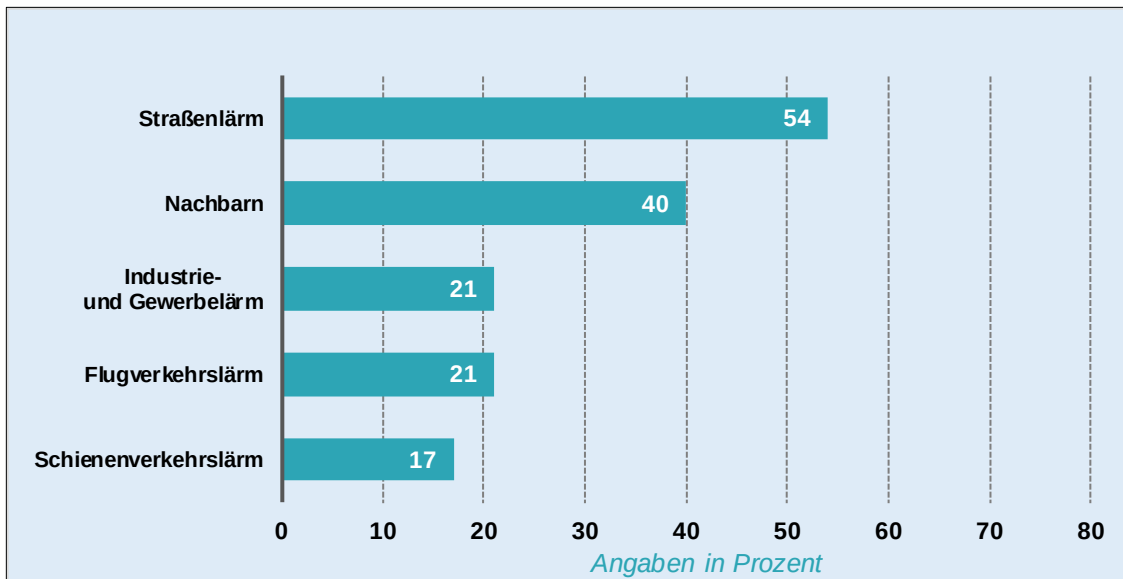
Lag der maximale Immissionsgrenzwert für den Straßenverkehrslärm zum Beispiel in reinen allgemeinen Wohngebieten bei 49 dB(A), so durfte der Immissionsgrenzwert für den Schienenverkehrslärm 54 dB(A) betragen. Für Rangierbahnhöfe und andere Anlagen mit vielen Zugbewegungen galt der Schienenbonus nicht.⁵⁷

⁵⁵ Vgl. BImSchV (2006).

⁵⁶ Vgl. "Stuttgarter Studie" und "IF-Studie" aus den Jahren 1975 bis 1983.

⁵⁷ Vgl. FIS (2005).

Abb. 20: Betroffenzahlen verschiedener Lärmquellen 2014.



Anm.: Aus der Gruppe der „zumindest etwas Belästigten“ werden die Anteile derer angegeben, die eine Belästigung durch die jeweilige Lärmquelle angegeben haben (Mehrfachnennungen möglich).

Quelle: Vgl. UBA (2014).

Neuere Untersuchungen zeigten jedoch, dass der Schienenverkehrslärm als genauso lästig und gesundheitsschädlich wie der Straßenverkehrslärm anzusehen ist.⁵⁸ Im April 2013 wurde eine Gesetzesänderung beschlossen, derzufolge der Schienenbonus für Neu- und Ausbaumaßnahmen ab dem 1. Januar 2015 wegfällt.

Ein Schienenbonus existiert aber außerhalb Deutschlands z.B. noch in der Schweiz mit je nach Verkehrsintensität 5-15 dB(A), in den Niederlanden mit 7 dB(A), in Österreich ebenfalls mit 5 dB(A) und in Frankreich mit 3 dB(A).⁵⁹

Allerdings wird durch die Abschaffung des Schienenbonus das Problem nicht wesentlich geändert: Betrachtet man den Grenzwert für Neubaustrecken nach der Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV) – nämlich 49 dB(A)⁶⁰ – als Maß des Erträglichen für die Anwohner, dann liegt die Grenzwertüberschreitung in Deutschland mit bis zu 25 dB(A) weit über den 5 dB(A) des Schienenbonus (vgl. Abb. 21). An stark belasteten Strecken ist typischerweise ein 500 m breiter Streifen rechts und links der Bahnlinie mit einem unakzeptablen, über den ganzen Tag gemittelten Schalldruckpegel (L_{DEN}) oberhalb 55 dB(A) belastet.⁶¹

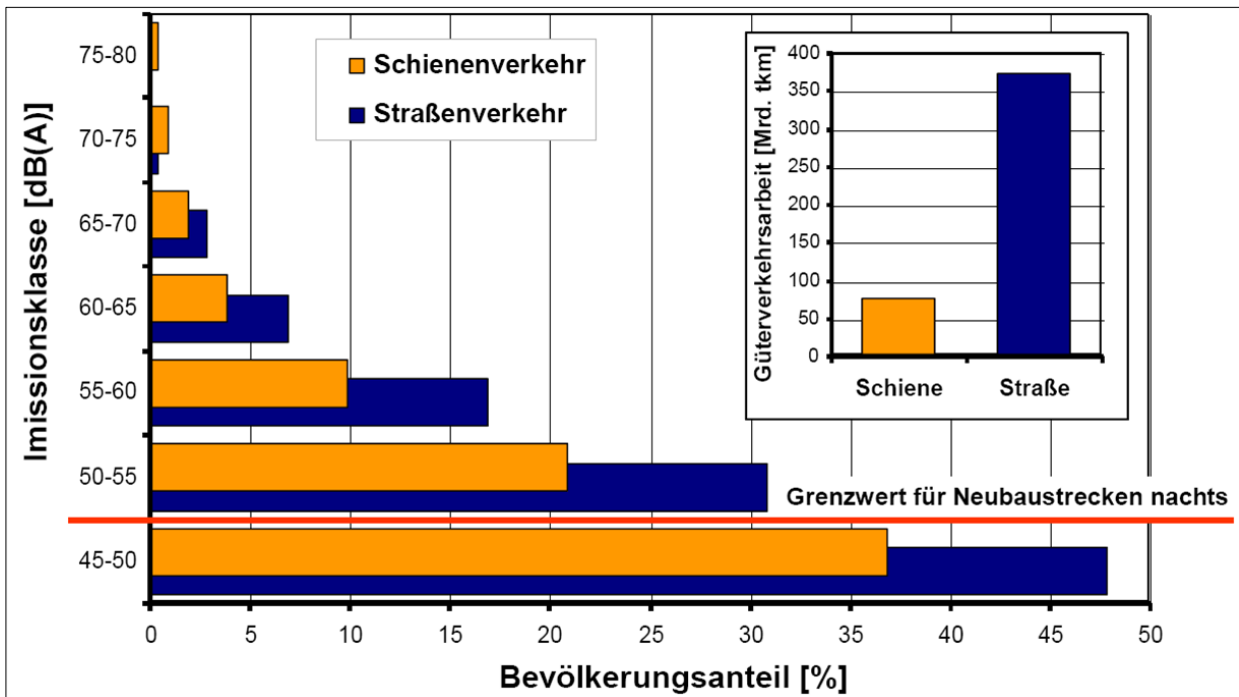
⁵⁸ Vgl. FIS (2005).

⁵⁹ Vgl. FIS (2012b).

⁶⁰ Gilt nach der 16. BImSchV nachts für reine und allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete für neu gebaute oder wesentlich geänderte Schienenwege der Eisenbahnen und Straßenbahnen.

⁶¹ Vgl. EBA (2013b).

Abb. 21: Geräuschbelastung nachts in Deutschland

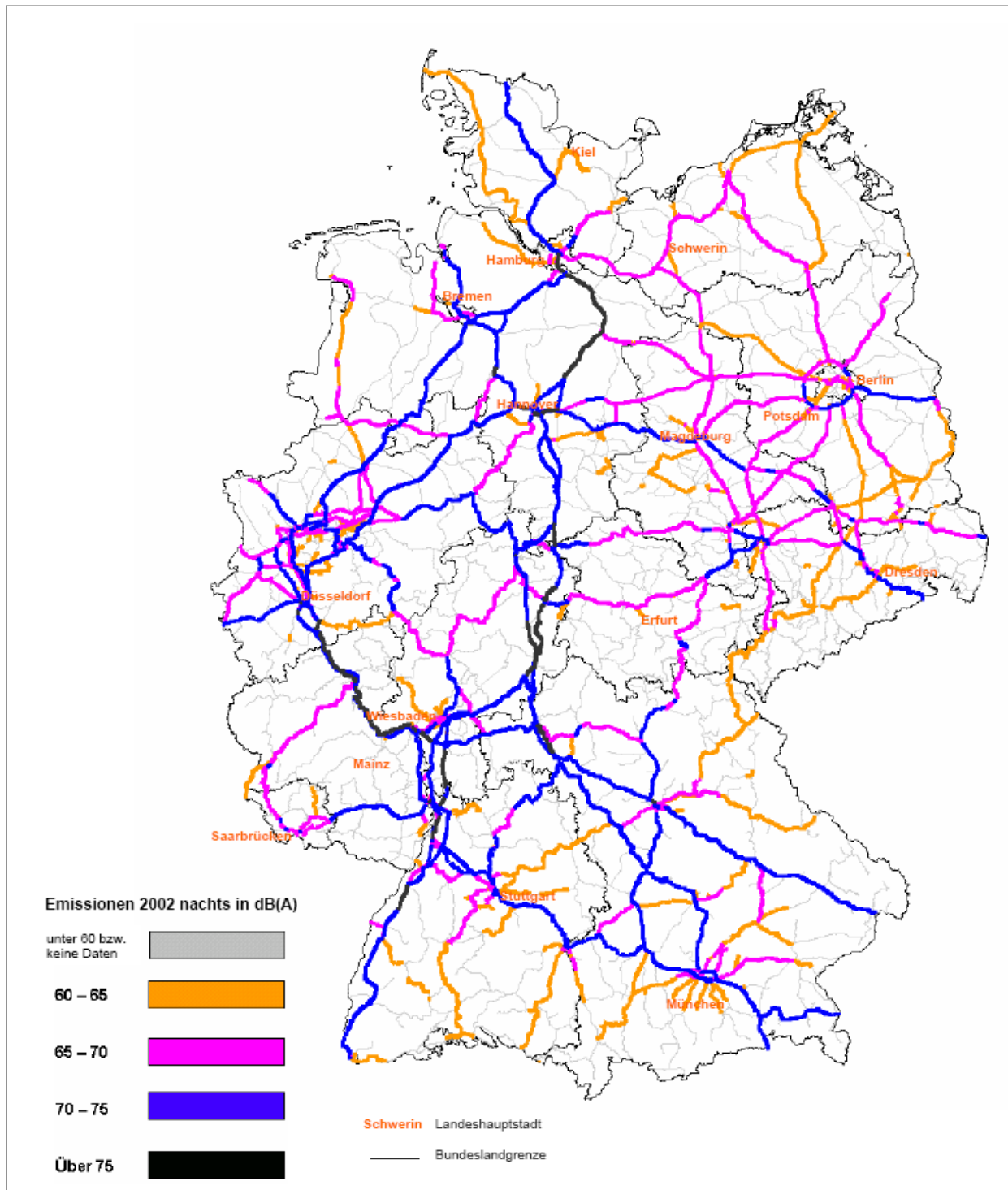


Quelle: Hecht, Schirmer, Cords (2002).

Für viele Ballungsräume in Deutschland wurden Karten über die Lärmbelastung durch das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) erstellt. Die nächtliche Gesamtlärmbelastung im deutschen Schienennetz ist in Abb. 22 für das Jahr 2002 dargestellt. Hauptsächlich betroffen waren zu diesem Zeitpunkt der Streckenabschnitt zwischen Hamburg und Hannover, die Strecke zwischen Fulda und Kassel sowie das Rheintal mit nächtlichen Emissionspegeln von über 75 dB(A). Die Karte beruht auf Berechnungen nach der Schall 03 und wurde durch die Deutsche Bahn AG zur Verfügung gestellt.

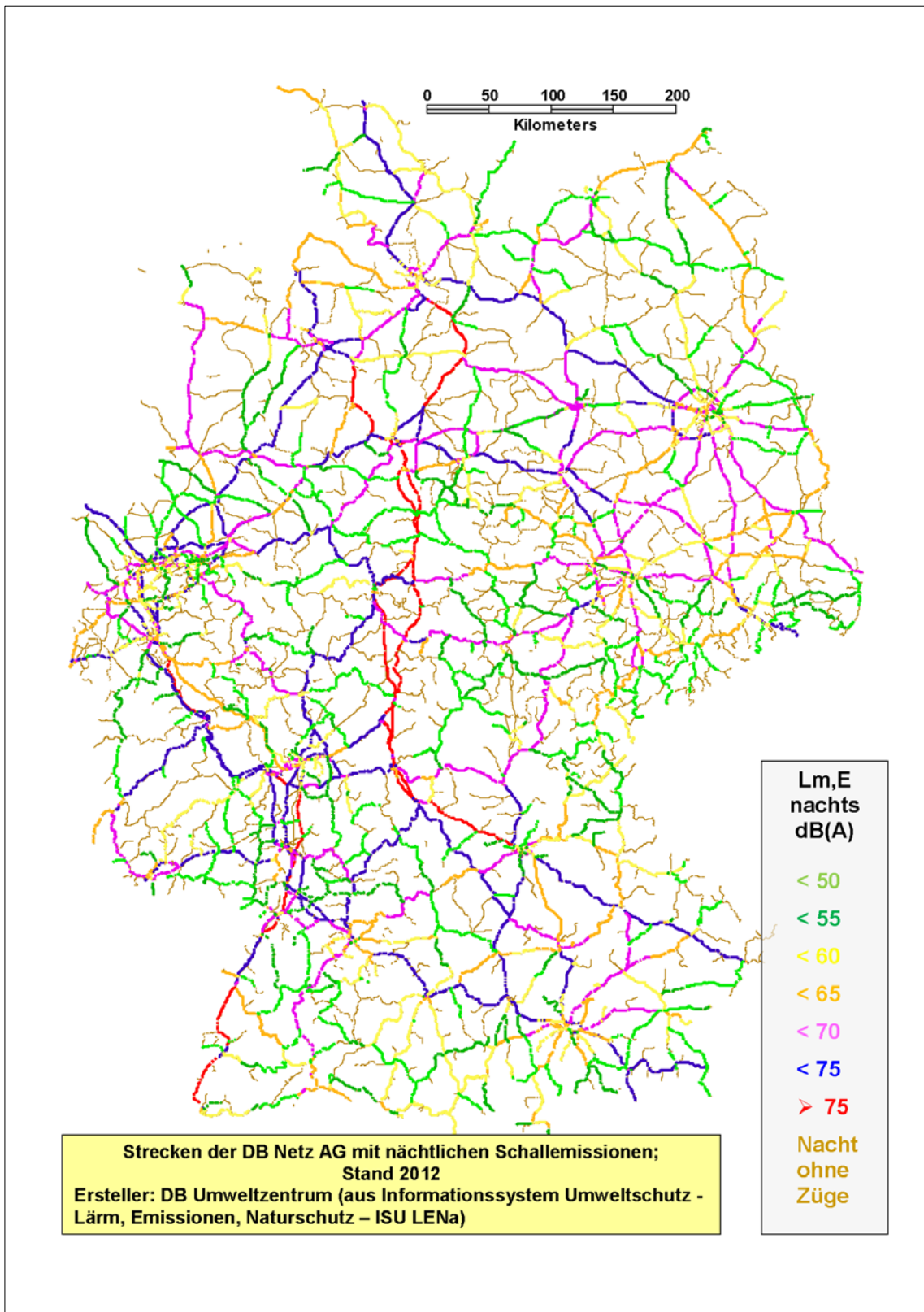
In Abb. 23 ist die entsprechende Karte für das Jahr 2012 dargestellt. Der Anteil der hochbelasteten Strecken mit mittleren Emissionspegeln über 75 dB(A) hat seit 2002 zugenommen. Neben den Strecken, die bereits 2002 hoch belastet waren, sind Teile zwischen Kassel und Hannover sowie von Fulda nach Nürnberg hinzugekommen. Die Situation im südlichen Rheintal hat sich noch verschärft.

Abb. 22: Lärmbelastung durch den Schienenverkehr nachts im Jahr 2002 (berechnet nach Schall 03 (1990))



Quelle: DB AG (2002).

Abb. 23: Lärmbelastung durch den Schienenverkehr nachts im Jahr 2012 (berechnet nach Schall 03 (1990))



Quelle: DB Umweltzentrum (2013).

6 Technische Maßnahmen zur Lärminderung: Nutzen und Kosten

Technische Maßnahmen zur Lärminderung, die über die K- oder LL-Sohle hinausgehen, werden stetig erforscht oder befinden sich bereits am Markt. Die Gründe für die Notwendigkeit der Einführung solcher zusätzlicher lärmindernder Maßnahmen wurden in Kapitel 5.2 beschrieben.

Im Folgenden wird zunächst an die grundsätzlichen Ansatzpunkte einer Lärminderung erinnert. Nach einem Blick auf die Rolle schadhafter Stellen an Rad und Schiene werden dann die weiteren möglichen Maßnahmen zur Lärminderung am Wagen, am Gleis und an der Lokomotive betrachtet.

Ziel dieses Kapitels ist es, einen breiten Überblick über die Möglichkeiten der Lärminderung zu geben. Dabei werden die einzelnen Maßnahmen und ihre Kosten und Nutzen beschrieben. Im abschließenden Abschnitt wird auf die Kombinierbarkeit der Maßnahmen eingegangen.

6.1 Überblick: Ansatzpunkte

Seit Anfang Juni 2013 sind laut UIC 541 (2013) zwei verschiedene Bauformen der LL-Sohle durch den Internationalen Eisenbahnverband (UIC) mit gewissen Auflagen zugelassen. Aufgrund der Zulassung durch die UIC ist eine zusätzliche Zulassung durch das EBA nicht notwendig. Dies erstaunt, da die UIC ja keine europäische Behörde, sondern nur ein Verband ist. Zulassungsangelegenheiten sollten eigentlich vollständig den Behörden obliegen, wobei Wirtschaftsverbände im Vorfeld eine beratende Rolle spielen können. Bei den Bremssohlen scheint es jedoch anders gehandhabt zu werden.

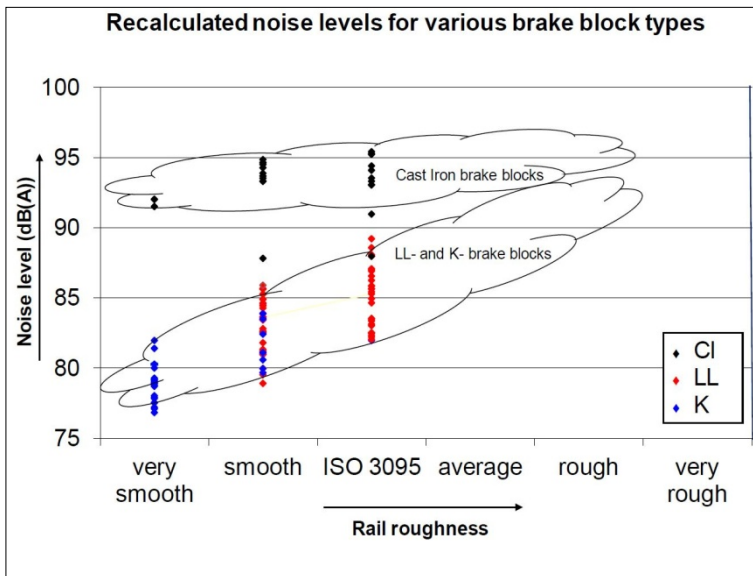
Durch den Austausch der GG-Bremssohlen durch LL-Bremssohlen wird das Rollgeräusch auf glatten Schienen um bis zu 10 dB(A) gemindert.⁶² Bei Neuwagen werden K-Bremssohlen eingesetzt, die hinsichtlich der Lärmerzeugung den LL-Sohlen gleichzusetzen sind. Der Lärminderungseffekt durch diese Verbundstoffsohlen ist darauf zurückzuführen, dass sie im Gegensatz zur herkömmlichen GG-Sohle nicht das Rad aufrauen. Bei der GG-Sohle führt die beim Bremsvorgang auftretende Erhitzung dazu, dass sich Teile des Sohlenmaterials dauerhaft am Rad festsetzen. Die Folge ist eine Aufrauhung des Rades, sodass dieses beim normalen Fahren verstärkt Lärm erzeugt. Bei den genannten leisen Sohlen tritt der Effekt der Radaufrauung hingegen nicht auf.

Allerdings hängt der abgestrahlte Schallpegel nicht nur vom Zustand des Rades, sondern auch von dem des Gleises ab. Dieser Sachverhalt wird in Abb. 24 dargestellt.⁶³ Demnach ist bei Wagen mit GG-Bremssohle (in der Abbildung mit „CI“ bezeichnet) die Schienenrauheit („Rail roughness“) praktisch ohne Belang. Dies erklärt wohl, weshalb bisher das Thema der Schienenrauheit nicht im Vordergrund der Bemühungen zur Lärmreduktion stand. Hingegen nimmt der Schalldruckpegel von Wagen, die mit K- oder LL-Sohlen gebremst werden, sehr stark ab, wenn die Schienenrauheit reduziert wird. Obwohl die Abbildung für hohe Schienenrauheitsgrade keine Messpunkte enthält, legt sie doch nahe, dass auch die „leisen Sohlen“ auf Gleisen mit einer hohen Schienenrauheit einen ähnlich hohen Schalldruckpegel erzeugen, wie Wagen mit GG-Bremssohle. Somit wird das lärmindernde Potenzial der LL- und K-Sohlen nur bei deutlicher Reduktion der Schienenrauheit voll genutzt, ggf. noch über die genannten 10 dB(A) hinaus.

⁶² Vgl. BMVBS (2013).

⁶³ Vgl. de Vos (2013).

Abb. 24: Lärminderung durch LL- und K-Sohle in Abhängigkeit der Schienenrauheit



Anm.: Die Abbildung zeigt die gemessenen Vorbeifahrtpegel von Güterwagen mit verschiedenen Bremssohlen (CI = GG-Sohle, LL= L-Sohle, K = K-Sohle) bei unterschiedlichen Schienenrauheitszuständen (sehr glatt = very smooth bis sehr rau = very rough), die auf die Anzahl der Radsätze geteilt durch die über Puffer gemessene Länge des Wagens (APL) von 0,2 und eine Geschwindigkeit von 80 km/h normiert wurden.⁶⁴

Quelle: de Vos (2013).

Eine Lärmreduktion um die genannten 10 dB(A) ist jedoch nicht ausreichend. Tatsächlich kann eine Verringerung des Rollgeräusches zu einer stärkeren Wahrnehmung anderer Geräuschquellen führen.

Aus diesen Gründen sollten neben der Einführung der Verbundstoffsohlen weitere Maßnahmen ergriffen werden, um die Schallemission von Güterzügen zu reduzieren.

In den folgenden Abschnitten wird eine Vielzahl von lärm mindernden Maßnahmen beschrieben und abschließend ihre Kombinierbarkeit diskutiert. Die Maßnahmen haben ganz unterschiedliche Ansatzpunkte der Lärminderung und auch sehr unterschiedliche Lärminderungseffekte und Kosten. Auf der obersten Gliederungsebene unterscheiden wir Maßnahmen, die am Wagen, an der Lokomotive oder an der Infrastruktur vorgenommen werden.

6.2 Schadhafte Stellen an Rad und Schiene

Neben der Schienen- und Radrauheit als Hauptgeräuschverursacher bei Zugvorbeifahrten führen schadhafte Stellen am Rad, wie die Flachstelle, zu einer erhöhten Schallemission. Räder mit Flachstellen ab einer Länge von 60 mm müssen ausgetauscht werden,⁶⁵ da dann ein sicherheitsrelevanter Fall vorliegt: die durch die Flachstelle erzeugte Lagerbeanspruchung kann zu einem sog. „Heißläufer“ führen, bei dem das Rad so stark überhitzt wird, dass sich seine Laufeigenschaft verändern und im Extremfall der ganze Zug entgleisen könnte. Aber schon kleinere Flachstellen, noch bevor sich ein sicherheitsrelevanter Zustand einstellt, führen zu einer erheblichen impulshaltigen Anregung. Diese führt zu

⁶⁴ APL bezeichnet die Anzahl der Radsätze geteilt durch die über Puffer gemessene Länge des Wagens.

⁶⁵ Vgl. AVV (2012).

einem erhöhten Geräuschpegel und in einigen Fällen zu einer Überschreitung des Grenzwertes nach TSI Lärm. Aus lärmtechnischer Sicht wird die Beseitigung der Flachstelle schon ab 20 mm empfohlen.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass ein *erwünschter* Effekt der GG-Sohlen auf die Räder in Zukunft wegfallen wird, wenn immer mehr K- und LL-Sohlen im Einsatz sein werden. Denn beim normalen Bremsvorgang mit einem GG-Radbremssystem werden kleinere Flachstellen am Rad beseitigt. Dies leisten K- und LL-Sohlen nicht. Die Problematik des durch Flachstellen erzeugten Lärms wird also in Zukunft verstärkt auftreten, wenn man ihr nicht entgegentritt, indem eine striktere Politik der Beseitigung von Flachstellen verfolgt wird.

Zugleich sagen Vertreter der Wagenvermieter, dass aus ihrer Sicht ein betriebliches Interesse besteht, Flachstellen schon vor den sicherheitsrelevanten 60 mm zu beseitigen, weil solche Flachstellen schon zum erhöhten Verschleiß am Wagen (Radlager, Achsen) beitragen können. Maßnahmen zur frühzeitigen Aufdeckung und Beseitigung auch kleinerer Flachstellen liegen also grundsätzlich im allseitigen Interesse.

Schadhafte Stellen können nicht nur am Rad, sondern auch an der Schiene entstehen. Anregungen durch z.B. Ausbröckelungen am Schienenkopf oder durch schadhafte Schienenstöße führen zu einem hohen Lärmpegel. In Zukunft sollte man daher auch verstärkt darauf achten, dass solche Schadstellen am Gleis möglichst rasch beseitigt werden.

6.3 Technische Maßnahmen am Wagen

Im Folgenden werden mögliche Lärminderungsmaßnahmen für Güterwagen aufgezeigt, die über die Umrüstung auf Verbundstoffbremssohlen hinausgehen. Sie werden hinsichtlich ihres Reduktionspotenzials bei 80 km/h, ihrer Eingliederung in die Instandhaltung, ihrer Kosten und ihrer Zulassungsvoraussetzungen betrachtet. Als Vergleichsmaß für alle diese Angaben dient ein mit Verbundstoffbremssohlen (K- oder LL-Sohlen) gebremster Wagen, der ansonsten dem aktuellen technischen Stand entspricht.

Eine wesentliche Kostenkomponente sind die Anschaffungskosten. Bei den Kostenangaben für lärmindernde Maßnahmen am Wagen wird dabei unterschieden zwischen:

- Zusatzkosten bei der Anschaffung neuer Wagen und
- Umrüstkosten beim Altbestand.

Für die Umrüstkosten wird dabei stets angenommen, dass die Umrüstung kostengünstig im Rahmen der regelmäßigen Wageninstandhaltung vorgenommen wird. Eine weitere wichtige Kostenkomponente einer Maßnahme sind die zusätzlichen laufenden Kosten pro Jahr (für Instandhaltung usw.).

Sowohl Umrüstkosten als auch laufende Kosten werden dabei stets als Differenzkosten zu einem mit Verbundstoffbremssohlen (K- und LL-Sohlen) gebremsten Wagen, der ansonsten dem aktuellen technischen Stand entspricht, ausgedrückt. Bei vielen technischen Maßnahmen spielt dies keine Rolle. Zum Beispiel kostet die Anbringung einer Schallschürze einen bestimmten Betrag, der unabhängig davon ist, ob es sich um einen Altbestandswagen oder um einen Neuwagen mit K-Sohle oder gar um einen Neuwagen mit Scheibenbremse handelt. Ein Gegenbeispiel ist jedoch die Anbringung einer Scheibenbremse als lärmindernde technische Maßnahme. Im Fall eines Altbestandwagens müsste das gesamte vorhandene Bremssystem ausgebaut und dann die Scheibenbremse eingebaut werden. Dies ist für praktische Zwecke prohibitiv teuer, sodass die Scheibenbremse für Altbestandwagen als irrelevant betrachtet wird. Im Fall eines Neuwagens spart man allerdings bei der Wahl einer Scheibenbremse die Kosten der Klotzbremse. Als „Zusatzkosten der Anschaffung“ der Scheibenbremse wird daher nur die

Differenz zwischen den Kosten der Scheibenbremse und denen der K-Klotzbremse berücksichtigt. Auch bei den laufenden Kosten erlaubt die Scheibenbremse Kostenersparnisse im Vergleich zur K-Klotzbremse, da letztere einen erhöhten Wertverschleiß nach sich zieht. Die „zusätzlichen laufenden Kosten“ der Scheibenbremse haben daher als Differenzkosten einen negativen Wert.

Im Folgenden sind, wenn nicht anders angegeben, die Zusatzkosten mit den einfachen Kosten identisch. Wenn es sich um Differenzkosten handelt, wird explizit darauf hingewiesen. Dies ist nur bei den kleineren Radbauformen, der CFCB-Kompaktbremse und der Scheibenbremse der Fall (Abschnitte 6.3.9 bis 6.3.11).

In ähnlicher Weise beziehen sich die Lärmreduktionspotenziale der technischen Maßnahmen auf einen Wagen, dessen Bremssohle bereits von GG-Sohle auf K- oder LL-Sohle umgestellt wurde.

Es sei vorausgeschickt, dass die Daten zu Kosten und Lärmminderungspotenzialen hohen Unsicherheiten unterliegen. Einige der technischen Maßnahmen sind noch recht neu und befinden sich in der Entwicklung. Grundsätzlich ist zu bemängeln, dass das Lärmminderungspotenzial vieler Maßnahmen – selbst wenn sie schon länger am Markt existieren – noch nicht ausreichend untersucht wurden.⁶⁶ Auch die Kostenangaben sind sehr unsicher, da in vielen Fällen derzeit nur ein einziger Anbieter existiert und dieser noch keine Gelegenheit hatte, die Einsparungen der Serienproduktion zu realisieren. Viele Anbieter stellen die Daten für eine genauere Kostenabschätzung nicht zur Verfügung. Einige in der Literatur existierende Angaben erscheinen wenig realistisch.

In Anbetracht dieser Situation mussten die vorhandenen Quellen über Kosten und Lärmminderungspotenziale evaluiert und auf Basis eigener Erfahrungen und des im Team vorhandenen Expertenwissens ergänzt werden. Teilweise wurden vorhandene Angaben nach bestem Wissen mit Auf- oder Abschlägen korrigiert. Im Anhang 16.1 werden die Ergebnisse dieser Evaluierungen oder Schätzungen in einer Tabelle zusammengefasst. Das Minderungspotential bezieht sich, wenn nichts anderes angegeben, immer auf eine Fahrgeschwindigkeit von ca. 80km/h. Zu den einzelnen Kostenangaben werden – soweit möglich – erwartete Ober- und Untergrenzen angegeben. Auf diesen Evaluierungen bzw. Abschätzungen beruhen alle im Folgenden genannten Angaben über Kosten und Lärmminderungspotentiale der einzelnen technischen Maßnahmen, die daher teilweise ohne Quelle angegeben werden. Bei der Beschreibung der einzelnen technischen Maßnahmen werden aus der Tabelle im Anhang 16.1 folgende (jeweils mittlere) Werte übernommen: Anschaffungskosten, laufende Kosten, LCC (Life Cycle Costs) pro Jahr, jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion. Durch die Abschätzung der Lebensdauer einer Maßnahme kann eine Proxy-Größe für die Lebenszykluskosten der Maßnahme ermittelt werden:

$$\text{LCC pro Jahr} = \text{Anschaffungskosten} / \text{Lebensdauer in Jahren} \\ + \text{laufende Kosten pro Jahr.}$$

Als Anschaffungskosten werden dabei, wie zu Beginn des Kapitels beschrieben, die Differenzkosten zu einem Neuwagen mit K-Sohle verwendet, wenn dies relevant ist. Bei der Ermittlung der LCC wird stets der geschätzte, mittlere Wert der Kosten verwendet.

⁶⁶ Dies gilt erst recht für das Lärmminderungspotenzial von *Kombinationen* von Maßnahmen. Hier ist dringender Forschungsbedarf festzustellen. Im Folgenden nennen wir das Reduktionspotenzial der einzelnen Maßnahmen.

Angesichts der hohen Unsicherheiten bei der Abschätzung dieser Zahlen erscheint es wenig angemessen, weitere, noch detailliertere Bestimmungsgrößen der LCC-Analyse mit einzubeziehen, die auch nicht erhältlich wären bzw. weitere Schätzfehler enthalten würden.⁶⁷

Auf dieser Basis kann für jede Maßnahme ein Kosten-Wirksamkeits-Indikator ermittelt werden:

$$\begin{aligned} & \text{Jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion} \\ = & \text{LCC pro Jahr / Lärmreduktionspotenzial in dB(A).} \end{aligned}$$

Aussagekräftig ist dieser Indikator allerdings nur für Maßnahmen, die eine vergleichbare Wirkung haben. Insbesondere können mit dem Indikator solche Maßnahmen verglichen werden, die das Gesamtgeräusch bei normaler Fahrt auf normaler Strecke reduzieren. Hingegen sind Maßnahmen, die speziell z.B. das Brems- oder das Kurvenkreischen reduzieren sollen (und ihre lärm mindernde Wirkung nur dort entfalten), mit diesem Indikator nicht mit anders wirkenden Maßnahmen vergleichbar.

6.3.1 Radschallabsorber

Reduktionspotenzial

Bei Kurvengeräuschen (Kurvenkreischen) wird eine Minderung von 10-15dB(A) erzielt. Beim Rollgeräusch ist der Effekt je nach Gleiszustand unterschiedlich. Im Mittel wird der Schallpegel um ca. 2,5 dB(A) reduziert. Des Weiteren wird das Kreischen bei Balkengleisbremsen im Güterbahnhof gemindert.⁶⁸

Beschreibung der Maßnahme

Radschallabsorber dämpfen die erregten Schwingungen des Rades je nach Bauform in vertikaler oder horizontaler Richtung. Damit tragen sie zur Schallpegelminderung bei. Radschallabsorber nehmen die Energie aus dem schwingenden System. Die Absorber werden je nach Bauform in den Radkranz geklemmt oder am Radsteg verschraubt.

Ein großer Anwendungsbereich der Radschallabsorber ist der Personenverkehr. Dort werden sie sowohl bei Straßenbahnen und bei Stadtbahnen als auch im Fernverkehr eingesetzt. Aber auch Güterwagen der RWE Kohlebahn sind mit Radschallabsorbern ausgerüstet.

Auf dem Markt existieren verschiedene Anbieter von Radschallabsorbern, z.B. Schrey & Veit, GHH-Radsatz GmbH und Bochumer Verein, die mit ihren Systemen einen vergleichbaren Minderungseffekt erzielen.

Instandhaltung

Die Verschmutzung stellt kein Problem dar. Die thermische Überbeanspruchung kann zu einer Leistungsminderung führen. Eine Kontrolle der montierten Radschallabsorber ist bei jeder Wagenuntersuchung als auch im ausgebauten Zustand während der Revisionen möglich.⁶⁹

⁶⁷ So verzichten wir in dieser vergleichenden Betrachtung auf eine Abzinsung der Anschaffungskosten. In Anhang 16.2 wird eine feinere Betrachtung zur Berechnung der absoluten Höhe von Trassenpreisdifferenzialen unter Berücksichtigung von Zinseffekten vorgenommen.

⁶⁸ Vgl. Schrey & Veit (2013a).

⁶⁹ Persönliche Information, vgl. Schrey & Veit (2013a).

Abb. 25: Radschallabsorber



Quelle: Schrey & Veit (2013a).

Kosten der Maßnahme

Nach UIC⁷⁰ werden für die Umrüstung eines vierachsigen Güterwagens 27.000 Euro angesetzt. Nach Einschätzung der TU Berlin sind diese Kosten jedoch unverhältnismäßig hoch angesetzt. Es ist zu erwarten, dass bei einer großflächigen Nutzung die Kosten zwischen 8.000 und 10.000 Euro je Wagen bleiben. Als jährliche Folgekosten werden von der UIC für die Radschallabsorber 400 Euro pro Wagen angegeben. Die TU Berlin schätzt jedoch langfristig die jährlichen Kosten auf 200 Euro pro Wagen und Jahr.

Bei geschätzter Lebensdauer von 20 Jahren ergeben sich, bei Anschaffungskosten von 10.000 Euro und jährlichen Kosten von 200 Euro, LCC in Höhe von 700 Euro pro Jahr für die Radschallabsorber. Bezogen auf die Lärmreduktion von 2,5 dB(A) bei normaler Fahrt auf normaler Strecke ergeben sich für diese Maßnahme jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion in Höhe von 280 Euro. Die positiven Effekte bei Kurven und Balkenbremsen bleiben hierbei allerdings unberücksichtigt.

Zulassung der Maßnahme

Für geschraubte Radschallabsorber werden neue Betriebsgenehmigungen benötigt, um einen Schraubenbruch abzusichern. Geklemmte Radschallabsorber können ohne zusätzliche Genehmigung mit den Radsatzbauformen BA008 und BA009 genutzt werden.

⁷⁰ Vgl. dBvision(2013).

6.3.2 Hypno®damping System

Reduktionspotenzial

Die Raddämpfer besitzen laut Lucchini RS⁷¹ einen Minderungseffekt von 4-6 dB(A).

Beschreibung der Maßnahme

Die Dämpfer werden am Rad befestigt. Dazu muss jeweils eine Nut in die Radnabe und in den Radkranz gefräst werden. Die durch die Verformung/ Vibration des Rades erzeugte Bewegungsenergie wird innerhalb der Dämpfer in Reibarbeit in Form von Wärme umgewandelt.

Instandhaltung

Die Dämpfer haben laut Lucchini RS⁷² auch bei hohen Temperaturen, die bei Bremsungen mit Klotzbremsen im Rad entstehen können, einen Minderungseffekt und werden nicht bleibend geschädigt. Die visuelle Radinspektion ist bei dieser Bauform weiterhin möglich.

Kosten der Maßnahme

Kostenangaben zu diesem System sind nicht veröffentlicht. Hier wird davon ausgegangen, dass sich die Kosten ähnlich zusammensetzen wie bei den Radschallabsorbern. Für die Beschaffung werden langfristig 8.000-10.000 Euro (siehe Kosten Radschallabsorber, Abschnitt 6.3.1) pro Wagen und als Folgekosten 200 Euro pro Jahr und Wagen angesetzt.

Bei einer geschätzten Lebensdauer von 20 Jahren ergeben sich für das Hypno®damping System, wie bei den Radschallabsorbern, bei Anschaffungskosten von 10.000 Euro und jährlichen Kosten von 200 Euro, LCC in Höhe von 700 Euro pro Jahr. Bezogen auf die Lärmreduktion von 4 dB(A) ergeben sich für diese Maßnahme jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion in Höhe von 175 Euro.

Zulassung der Maßnahme

Es liegen keine Informationen vor, ob die Dämpfer bereits in einem bestehenden System eingebaut sind. Ein Sicherheitsproblem durch Abfallen der Dämpfer gibt es nicht. Daher ist kein Grund für die Notwendigkeit einer Zulassung des Systems ersichtlich. Eine Unbedenklichkeitserklärung müsste ausreichend sein.

⁷¹ Vgl. Lucchini RS (2013).

⁷² Vgl. Lucchini RS (2013).

6.3.3 Schallschürzen am Drehgestell, ggf. mit niedrigen Schallschutzwänden

Reduktionspotenzial

Die Schallschürzen allein besitzen ein Pegelminderungspotenzial von 1-2 dB(A). Bei der Kombination von Schallschürzen ohne Absorptionsmaterial mit niedrigen Schallschutzwänden (nSSW) am Gleis (siehe Abschnitt 6.5.6) wird eine Lärminderung von bis zu 10 dB(A) erzielt (Projekt Leiser Güterverkehr - „Low-Noise-Technologie“ - in Deutschland 1995 und ein Projekt von British Rail in den 90ern).

Mit Absorptionsmaterial in den Schallschürzen ist ein zusätzlicher Minderungseffekt von 2-5 dB(A) zu erwarten. Wiederum erhöht sich der Effekt signifikant in Kombination mit einer nSSW. Bei einer optimierten Konstruktion, bei der der Spalt zwischen der Schallschürze mit Absorptionsmaterial und der nSSW noch verringert wurde, konnte ein Reduktionspotenzial zwischen 10-18 dB(A) erreicht werden.⁷³

Wir gehen im Folgenden davon aus, dass Schallschürzen mit Absorptionsmaterial ausgestattet werden, und setzen hierfür ein Reduktionspotenzial von 4 dB(A) in Kombination mit einer nSSW von 15 dB(A) an.

Beschreibung der Maßnahme

Schallschürzen ohne Absorptionsmaterial reflektieren lediglich den durch das Rollgeräusch entstehenden Luftschall; dieser wird dann im Schotter absorbiert. Bei Schallschürzen mit Absorptionsmaterialien wird zusätzlich Schallenergie in der Schürze absorbiert. Der größte Minderungseffekt wird in Kombination mit einer nSSW erzielt.

Abb. 26: Schallschürzen für Drehgestelle



Quelle: Johannsen (2005).

⁷³ Vgl. Johannsen (2005).

Instandhaltung

Durch den Einbau wird die Wartung der Drehgestelle aufwendiger und die optische Inspektion während der Bremsprobe schwieriger. Die Sichtprüfung bei der konventionellen Bremsprobe kann durch ein automatisches Bremsprobensystem ersetzt werden.

Des Weiteren stellt die Heißläuferortung bei diesem System ein Problem dar, welches durch ein On-board-Diagnose-System behoben werden kann.⁷⁴ Die Brandsicherheit des Absorptionsmaterials muss auch sichergestellt werden.

Kosten der Maßnahme

Im Projekt „Low-Noise-Technologie“ der DB AG 1995 wurde kein genauer Preis für die Schallschürzen für einen Güterwagen mit zwei Drehgestellen angegeben. Die geschätzten Kosten pro Schallschürze betrugen in dem damaligen Projekt ca. 2.400 Euro. Die Schallschürzen besaßen Sichtfenster und Kontrollklappen für eine optische Prüfung. Bei Verwendung von Diagnosetechnik könnten diese wegfallen und die Kosten für die Schallschürzen (mit Absorptionsmaterial) für einen Güterwagen würden sich auf ca. 2.000 Euro pro Schallschürze verringern (Gesamtkosten pro Wagen 8.000 Euro). Die Kosten für ein Diagnosesystem mit erweiterten Funktionalitäten wie Stromversorgung und Kommunikationseinheit würden ca. 3.000 bis 5.000 Euro betragen. Die jährlichen Wartungskosten des Diagnosesystems liegen ca. bei 50 Euro pro Jahr.

Jährliche Folgekosten für Schallschürzen entstehen nur durch Korrosionsbeseitigung und einen eventuellen Farbanstrich. Sie liegen geschätzt bei ca. 20 Euro pro Jahr.

Bei einer erwarteten Lebensdauer von 20 Jahren ergeben sich, bei Anschaffungskosten von 8.000 Euro und jährlichen Kosten von 20 Euro, LCC in Höhe von 420 Euro pro Jahr.⁷⁵ Bezogen auf die Lärmreduktion von 4 dB(A) (mit eingebauten Absorptionsmaterial in den Schallschürzen) ergeben sich für diese Maßnahme jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion in Höhe von 105 Euro für Neuwagen und Bestandsfahrzeuge.

Ist eine niedrige Schallschutzwand vorhanden, erhöht sich das Lärminderungspotenzial der Schallschürzen deutlich auf ca. 15 dB, sodass die jährlichen Kosten pro dB(A) Lärmreduktion auf 28 Euro sinken (Kosten der nSSW allerdings nicht mit einberechnet).

Zulassung der Maßnahme

Es sind keine zugelassenen Schallschürzen bekannt. Bei der Zulassung dieser Maßnahme muss zunächst darauf geachtet werden, dass die Heißläuferdetektion und der Brandschutz sichergestellt sind. Durch ein modernes Diagnosesystem können diese und andere sicherheitsrelevante Eigenschaften detektiert werden. Ein speziell für Güterwagen entwickeltes Diagnosesystem ist Cargo CBM.⁷⁶

Daneben ist die Einhaltung der unterschiedlichen Lichtraumprofile der einzelnen Länder sicherzustellen. Wenn dies möglich ist, werden die Zulassungskosten je Typ auf einmalige Kosten in Höhe von 20.000 Euro geschätzt. Die Kosten der Konformitätserklärung liegen je Wagen bei 200 Euro. Nur diese

⁷⁴ Vgl. z.B. Cargo CBM (2013).

⁷⁵ Dies versteht sich exklusive Kosten des Diagnosesystems.

⁷⁶ Vgl. Cargo CBM (2013).

zuletzt genannte Kostenkomponente in Höhe von 200 Euro wurde in der o.g. Kostenabschätzung für diese technische Maßnahme berücksichtigt.

Ein Hauptproblem bei der Auslegung der Schallschürzen ist die Einhaltung des internationalen einheitlichen Lichtraumprofils, aber auch der unterschiedlichen Lichtraumprofile der einzelnen Länder. Hier bedarf es noch weiterer Untersuchungen, um die Schallschürzen als technische Maßnahme zur Lärminderung empfehlen zu können.

6.3.4 Schallschürzen am Radsatz

Reduktionspotenzial

Die Lärminderung bei den Schallschürzen am Radsatz beträgt 2 dB(A).⁷⁷

Beschreibung der Maßnahme

Die Schallschürzen mindern das Rollgeräusch durch die Reflektion des erzeugten Luftschalls in den absorbierenden Schotter. Wie bei den Schallschürzen am Drehgestellrahmen wird die größte Wirkung in Kombination mit nSSW erzielt. Die Schallschürzen werden am Achslagergehäuse angebracht. Bei der Konstruktion ist darauf zu achten, dass die Bleche nicht als „Lautsprecher“ wirken und Schall emittieren. Durch Entdröhnungsmaterial auf den Blechen kann die Abstrahlung vermindert werden.

Abb. 27: Schallschürze am Radsatz



Quelle: Hecht, Wiemers (2002).

⁷⁷ Vgl. Hecht, Wiemers(2002).

Abb. 28: Schallschürze mit Entdröhnungsmaterial



Quelle: Hecht, Wiemers (2002).

Instandhaltung

Durch den Einbau wird die Wartung der Drehgestelle erschwert. Die konventionelle Bremsprobe lässt sich jedoch leichter als bei Schürzen am Drehgestellrahmen durchführen.

Kosten der Maßnahme

Im Projekt „Low-Noise Train“ der ÖBB (Österreichische Bundesbahn) wurden mehrere Minderungsmaßnahmen getestet, wie z.B. Schallschürzen mit Entdröhnungsmaterial, schalloptimierte Gelenke des Bremsgestänges sowie zwei Federn anstelle von vier Federn pro Achslager. Die Gesamtkosten aller Minderungsmaßnahmen in diesem Projekt betrugen 70.000 - 75.000 Euro. Die verwendeten Maßnahmen sind meist Prototypen, die von den Firmen zu Versuchszwecken am „Low-Noise Train“ angebracht wurden. Die Kosten würden in Serie für jeden Wagen voraussichtlich unter 4.000 Euro betragen. Die jährlichen Folgekosten entstehen nur durch Korrosionsbeseitigung und einen eventuellen Farbanstrich und liegen geschätzt bei ca. 20 Euro pro Jahr.

Die Lebensdauer wird - wie bei den Schallschürzen am Drehgestellrahmen - auf 20 Jahre geschätzt. Dadurch ergeben sich, bei Anschaffungskosten von 4.000 Euro und jährlichen Kosten von 20 Euro, LCC in Höhe von 220 Euro pro Jahr für die Schallschürzen. Bezogen auf die Lärmreduktion von 2 dB(A) ergeben sich für diese Maßnahme jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion in Höhe von 110 Euro.

Zulassung der Maßnahme

Es sind keine zugelassenen Schallschürzen bekannt. Bei der Zulassung dieser Maßnahme muss darauf geachtet werden, dass die Heißläuferdetektion, der Brandschutz und die Einhaltung des Lichtraumprofils sichergestellt sind. Dies wird mit Hilfe eines Diagnosesystems erfolgen. Die Zulassungskosten je Typ werden auf einmalige Kosten in Höhe von 20.000 Euro geschätzt. Die Kosten der Konformitätserklärung liegen je Wagen bei 200 Euro. Nur diese zuletzt genannte Kostenkomponente in Höhe von 200 Euro wurde in der o.g. Kostenabschätzung für diese technische Maßnahme berücksichtigt.

6.3.5 Beschichtete Radsätze

Reduktionspotenzial

Das Reduktionspotenzial liegt laut BASF SE bei ca. 2 dB(A).

Beschreibung der Maßnahme

Die Beschichtung trägt zu einem verbesserten Schwingungsverhalten bzw. einem verbesserten Dämpfungsverhalten des Rades bei. Dadurch wird weniger Schall vom Rad emittiert.

Das Produkt „RELEST® Protect Wheel“ (Abb. 29) wird derzeit von Relius Coating GmbH (Tochtergesellschaft der BASF SE) vertrieben. Die Beschichtung besitzt nicht nur eine lärmindernde Wirkung, sondern hat auch eine höhere mechanische und chemische Belastbarkeit als eine konventionelle Radbeschichtung.⁷⁸

Abb. 29: Beschichteter Radsatz



Quelle: VTG (2013).

Eine vergleichbare Radsatzbeschichtung bietet die Firma Lucchini mit dem Produkt Syope.

Instandhaltung

Die Schichtdicke beträgt ca. 2 mm und wird auf den gesamten Radsatz aufgetragen. Dies kann bei der vollständigen Revision des Wagens durchgeführt werden. Für die Rissprüfung muss die Beschichtung mittels Sandstrahlung vom Radsatz entfernt werden. Nach der Rissprüfung muss die Schicht erneut

⁷⁸ Vgl. VTG (2013).

aufgetragen werden. Die zerstörungsfreie Prüfung muss nach den Richtlinien des Europäischen Sichtprüfungskatalogs (EVIC) alle 4 bis 6 Jahre (je nach Güterwagen) durchgeführt werden.

Kosten der Maßnahme

Die Investitionskosten liegen laut Instandhaltungswerk Niedersachsenwerfen GmbH für die Beschichtung bei ca. 100 Euro pro Radsatz.⁷⁹ Nach unserer Einschätzung liegen die Anschaffungskosten langfristig bei 600 Euro pro Wagen. Die Folgekosten entstehen bei jeder Revision, da die Beschichtung neu aufgetragen werden muss. Die Lebensdauer beträgt aufgrund der zerstörungsfreien Prüfung der Radsätze nach EVIC-Richtlinien 5 Jahre. Die LCC liegen dann, bei Anschaffungskosten von 600 Euro und keinen jährlichen Kosten, bei 120 Euro pro Jahr. Bezogen auf die angegebene Lärmreduktion von ca. 2 dB(A) ergeben sich für diese Maßnahme jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion in Höhe von 50 Euro.

Zulassung der Maßnahme

VTG hat bereits Neubaukesselwagen mit beschichteten Radsätzen ausgestattet. Damit besitzt die Beschichtung eine Zulassung und kann eingesetzt werden.

6.3.6 Beschichtete Drehgestelle

Reduktionspotenzial

Im Rahmen des Low-Noise-Train Projektes der ÖBB wurde ein beschichtetes Drehgestell (siehe Abb. 30) getestet. Eine genaue Aussage über den Minderungseffekt ist nicht möglich, da verschiedene Minderungsmaßnahmen an einem Wagen angebracht waren.⁸⁰ Nach unserer Einschätzung liegt das Minderungspotenzial bei 2 dB(A).

Beschreibung der Maßnahme

Die Beschichtung trägt zu einem geänderten Schwingverhalten bzw. einem verbesserten Dämpfungsverhalten des Fahrzeugs und insbesondere der Radsätze bei. So wird die Schallabstrahlung reduziert.

⁷⁹ Vgl. Vilmann-Gruppe (2013).

⁸⁰ Vgl. Hecht, Wiemers (2002).

Abb. 30: Beschichtetes Güterwagendrehgestell



Quelle: Hecht, Wiemers (2002).

Instandhaltung

Das Material kann während der regelmäßigen Instandhaltung aufgetragen werden. Für die Rissprüfung muss die Beschichtung mittels Sandstrahlung vorab vom Drehgestell entfernt werden. Nach der Rissprüfung muss die Schicht erneut aufgetragen werden.

Kosten der Maßnahme

Die Investitionskosten liegen Schätzungsweise bei ca. 700 Euro. Folgekosten entstehen bei jeder Revision, da die Beschichtung neu aufgetragen werden muss.

Die Lebensdauer wird auf 10 Jahre geschätzt. Dahingehend ergeben sich, bei Anschaffungskosten von 700 Euro und ohne laufende Kosten, LCC von 70 Euro pro Jahr. Bezogen auf die geschätzte Lärmreduktion von 2 dB(A) ergeben sich für diese Maßnahme jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion in Höhe von 35 Euro.

Zulassung der Maßnahme

Die Zulassung müsste hinsichtlich der Rissprüfung an Drehgestellen untersucht werden. Darüber hinaus dürfte es keine Zulassungsprobleme geben, da die jetzigen Drehgestelle ebenfalls eine Beschichtung besitzen.

6.3.7 Viskoelastische Federung

Reduktionspotenzial

Die Gigabox mindert etwa 2,5 dB(A) des Schalls bei der Vorbeifahrt. Zudem wird das Kurvenkreischen bei der Bogenfahrt reduziert.⁸¹ Im Vergleich zu einer konventionellen Federung eines Y25-Drehgestells wird durch die Gigabox eine leichtere radiale Einstellung im Bogen ermöglicht.

Beschreibung der Maßnahme

Die viskoelastische Dämpfung weist im Vergleich zur Reibungsdämpfung, die in konventionellen Y25-Drehgestellen verbaut ist, eine bessere Laufeigenschaft auf. Diese Verbesserung hat auch Auswirkungen auf die Geräuschemission. Ein Beispiel für eine viskoelastische Federung ist die Gigabox, die von Continental – ContiTech, SKF und Tatravagónka POPRAD entwickelt wurde. Die Gigabox kann beim Y25-Drehgestell eingesetzt werden.

Instandhaltung

Durch geringeren Radverschleiß aufgrund der sich radial einstellenden Radsätze können die Räder länger verwendet werden. Einige Bauteile der Gigabox, wie z.B. der Hydraulikanteil, müssen allerdings von der Firma ContiTech selbst instand gehalten werden.

⁸¹ Vgl. Skiller u.a. (2007) und ContiTech (2013).

Kosten der Maßnahme

Derzeit sind keine Informationen von ContiTech über die Anschaffungskosten verfügbar. Wir schätzen diese auf ungefähr 6.000 Euro pro Wagen.

Bei einer geschätzten Lebensdauer von 15 Jahren ergeben sich, bei Anschaffungskosten von 6.000 Euro und keinen jährlichen Kosten, LCC von 400 Euro pro Jahr. Bezogen auf die geschätzte Lärmreduktion von 2,5 dB(A) ergeben sich für diese Maßnahme jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion in Höhe von 160 Euro.

Zulassung der Maßnahme

Laut ContiTech ist das System kompatibel zum Y25-Drehgestell und kann gegen das vorhandene Federsystem ausgetauscht werden. Auf der Innotrans 2006 wurde die Gigabox als betriebsfähiges Produkt vorgestellt. Für die Zulassung der Gigabox ist der volle Nachweis der Fahrsicherheit notwendig.

6.3.8 Kunststoffbuchsen im Bremsgestänge

Reduktionspotenzial

Es sind keine Messwerte bekannt, aber es wird eine Lärmreduktion erwartet, da das „Klappern“ der Bremsgestänge deutlich reduziert wird.⁸² Hierfür setzen wir eine Lärmreduktion von 2 dB(A) an.

Beschreibung der Maßnahme

Die Kunststoffbuchsen bestehen aus einem selbstschmierenden Polyamid-Werkstoff, der einen Reibungskoeffizienten von 0,2 besitzt. Die Buchsen besitzen eine hohe Schlagzähigkeit und Abriebfestigkeit. Die Dämpfungseigenschaften der Kunststoffbuchsen führen zu einer Reduktion der klappernden Geräusche im Bremsgestänge. Des Weiteren ist das Gewicht der Kunststoffbuchsen geringer, als das der bisher verwendeten Metallbuchsen.

Abb. 31: Kunststoffbuchsen für den Einsatz im Y25 Drehgestell



Quelle: Faigle (2013).

⁸² Vgl. Villmann-Gruppe (2013).

Instandhaltung

Die erprobten Kunststoffbuchsen haben bereits zwei Revisionen (alle sechs Jahre) überstanden und könnten laut Hersteller noch mindestens eine weitere Revision überstehen. Die Buchsen sind wartungsfrei, rosten nicht und es ist keine Nachschmierung notwendig (geringer Betriebsmitteleinsatz). Es gibt zwei verschiedene Bauarten, die je nach Einsatzbereich im Drehgestell zwecks Temperaturbeständigkeit eingesetzt werden.⁸³

Kosten der Maßnahme

Die Anschaffungskosten liegen laut der Firma Faigle bei 196 Euro pro Achse. Ab 60 Drehgestellen beträgt der Preis pro Achse 82 Euro. Für die Berechnung der LCC wird von 800 Euro pro Wagen ausgegangen. Bei den Investitionskosten sind die Kosten für die Montage noch nicht enthalten. Aufgrund der Selbstschmierung der Kunststoffbuchsen treten keine Folgekosten auf.

Die geschätzte Lebensdauer beträgt 10 Jahre, damit ergeben sich, bei Anschaffungskosten von 800 Euro und keinen jährlichen Kosten, LCC von 80 Euro pro Jahr. Auf die geschätzte Lärmreduktion von 2 dB(A) bezogen ergeben sich für diese Maßnahme jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion in Höhe von 40 Euro.

Zulassung der Maßnahme

Bei der kroatischen Staatsbahn sind Kunststoffbuchsen bereits seit 12 Jahren im Einsatz. Bei der ÖBB werden Kunststoffbuchsen seit 2004 in Salztransportwaggons eingesetzt. Die entsprechenden Buchsen halten die Spezifikationen für Bremsgestängebuchsen also offensichtlich ein. In Deutschland und Frankreich ist noch keine Zulassung vorhanden.

Allerdings dürfte die Zulassung nicht sehr aufwändig sein, da die Buchsen kein sicherheitsrelevantes Bauteil darstellen. Sie müssen nur sicherstellen, dass das Bremsgestänge geschmiert wird.

6.3.9 Kleinere Räder für Güterwagendrehgestelle

Reduktionspotenzial

Die Schwingamplitude nimmt mit der 3. Potenz des Raddurchmessers zu. Demzufolge reduziert sich bei halb so großen Rädern die Schwingungsamplitude auf ein Achtel. Zudem ist die lärmabstrahlende Fläche bei kleinen Rädern geringer als bei konventionellen Rädern. Damit werden von einem angeregten Rad weniger umliegende Luftteilchen in Schwingungen versetzt als bei größeren Rädern und damit weniger Schall emittiert.

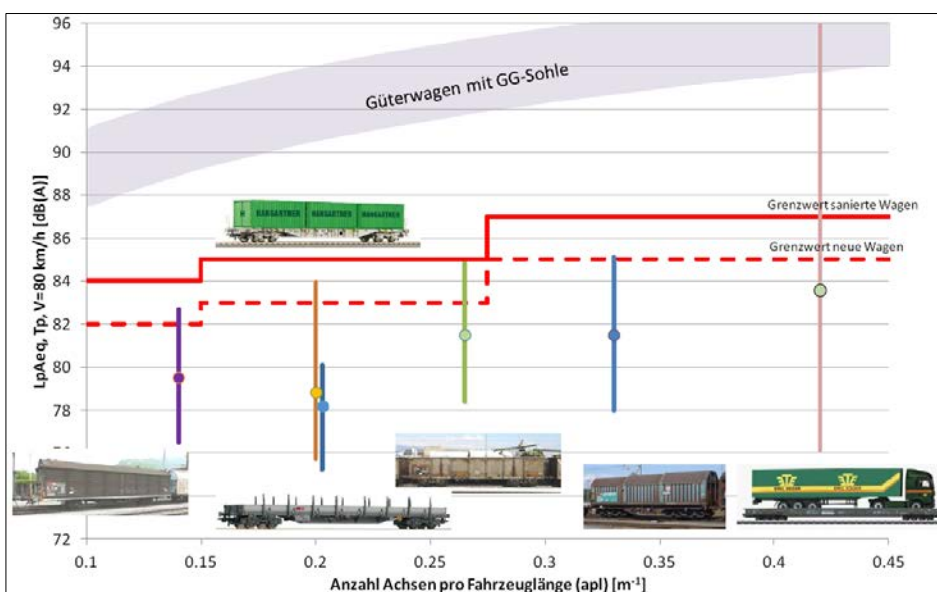
Daten zum Reduktionspotenzial liegen bislang ausschließlich für die „Rollende Landstraße (ROLA)“ vor. Dies sind Lastwagentransportfahrzeuge mit 360 mm großen Rädern, während normale Räder einen Durchmesser von 920 mm (konventionelle Güterwagen) haben. Durch den kleineren Raddurchmesser ergibt sich eine Pegelreduktion von bis zu 6 dB(A).

⁸³ Vgl. Siegl (2013).

Beschreibung der Maßnahme

Kleinere Radbauformen sind nicht universell einsetzbar, da gemäß UIC 510-2⁸⁴ die zulässige Achslast mit abnehmendem Raddurchmesser sinkt. Für leichte und großvolumige Güter können jedoch kleinere Räder eingesetzt werden. So werden insbesondere im Autotransport Räder in einem Durchmesserbereich von 680 bis 760 mm verwendet, bei dem die maximale Achslast nur noch 16 t (im Gegensatz zu sonst üblichen 22,5 t) beträgt. In Abb. 32 ist ganz rechts ein ROLA-Wagen dargestellt. Die ROLA-Wagen besitzen einen Raddurchmesser von 330 bis 390 mm und eine Achslast von nur 5 t. Wie aus Abb. 32 weiterhin ersichtlich wird, sind kleinrädige Wagen trotz ihrer höheren Achsanzahl von 8 Achsen (statt sonst 4 oder 2 Achsen) mit minimal 76 dB(A) leiser als alle konventionellen Wagen mit größerem Raddurchmesser.

Abb. 32: Güterwagen in der Vorbeifahrt gemessen (BAV, Schweiz)



Quelle: Attinger (2013).

Instandhaltung

Die Einsatzdauer eines kleineren Rades ist kürzer als die eines größeren Rades, da die Rotationsgeschwindigkeit höher ist und der Verschleiß damit zunimmt. Kleinere Räder neigen zudem stark zu Verriffelung auf der Radlauffläche. Aus diesem Grund muss häufiger eine Reprofilierung durchgeführt werden, damit die Verriffelung nicht zu einer Erhöhung des Lärms führt. In Abb. 32 ist der Vorbeifahrpegel von verschiedenen Güterwagenbauarten aus der Schweiz und die Streuung der Pegel dargestellt.

Die Wagen wurden an verschiedenen Stellen mehrfach gemessen und die stärkste Pegelschwankung weist der ROLA-Wagen (Raddurchmesser 360 mm) auf. Diese starke Streuung der Vorbeifahrpegel ist auf starke verriffelte Räder oder Radschäden (Flachstellen) zurückzuführen. Dadurch sind eine stärkere Überwachung dieser Wagen und ein häufigeres Überdrehen der Räder notwendig.

⁸⁴ Vgl. UIC 510-2 (2004).

Kosten der Maßnahme

Die kleineren Räder sind günstiger in der Herstellung als größere Räder, da weniger Material verwendet werden muss. Die Minderkosten der Verwendung kleinerer Räder werden auf 1.500 Euro pro Wagen geschätzt. Die Folgekosten sind höher als bei konventionellen Rädern, da eine intensivere Instandhaltung notwendig ist, und liegen geschätzt bei ca. 100 Euro pro Wagen.

Bei dieser technischen Maßnahme sind nicht die absoluten Anschaffungs- und laufenden Kosten, sondern die Differenzkosten zu einem Wagen mit normalen Rädern zu betrachten. Bei einer geschätzten Lebensdauer von 10 Jahren ergeben sich, bei Anschaffungs-Differenzkosten von -1.500 Euro und laufenden Differenz-Kosten von 100 Euro, relative LCC von -50 Euro pro Jahr. Auf die geschätzte Lärmreduktion von 6 dB(A) bezogen ergeben sich für diese Maßnahme jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion in Höhe von ca. -8 Euro. Diesem wirtschaftlichen Vorteil ist in der Praxis der Nachteil gegenüberzustellen, dass Wagen mit kleineren Rädern in der Belastbarkeit beschränkt und damit weniger flexibel einsetzbar sind.

Die Kostenabschätzung bezieht sich nur auf Neuwagen. Eine Umrüstung von Bestandsfahrzeugen auf kleinere Räder wäre nicht wirtschaftlich.

Zulassung der Maßnahme

Kleinere Güterwagenräder werden z.B. in den Wagen der ROLA eingesetzt. Die entsprechenden Radbauformen von ROLA sind also zugelassen.

6.3.10 Kompakte Klotzbremseinheit (CFCB)

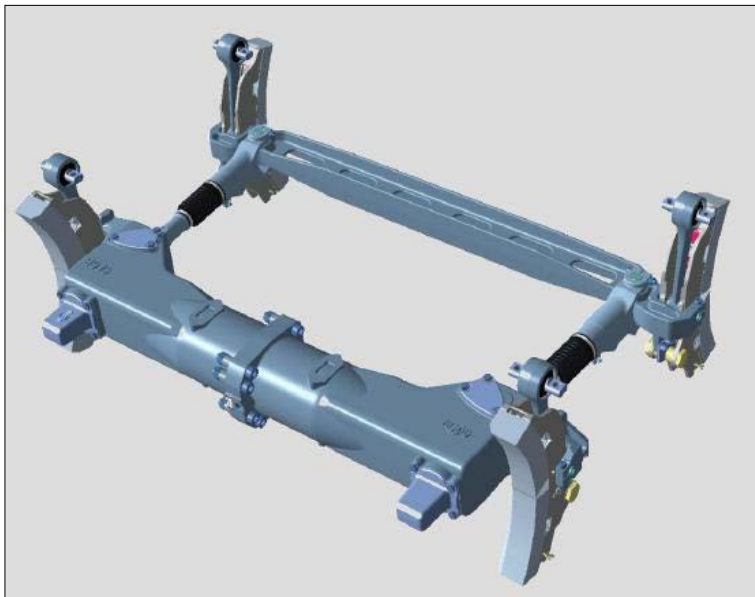
Reduktionspotenzial

Es liegen keine genauen Vergleichswerte vor. Durch die kompakte Bauweise der CFCB fällt das klappernde Bremsgestänge weg, was nach unserer Einschätzung zu einem Minderungseffekt von bis zu 2 dB(A) führen kann.

Beschreibung der Maßnahme

Durch kompaktere Klotzbremseinheiten (Abb. 33) wird das Klappern des ansonsten umfangreichen Bremsgestänges reduziert. Die Bremseinheit CFCB von Knorr-Bremse wurde für das Y25-Drehgestell entwickelt.

Abb. 33: Kompakte Klotzbremseinheit CFCB



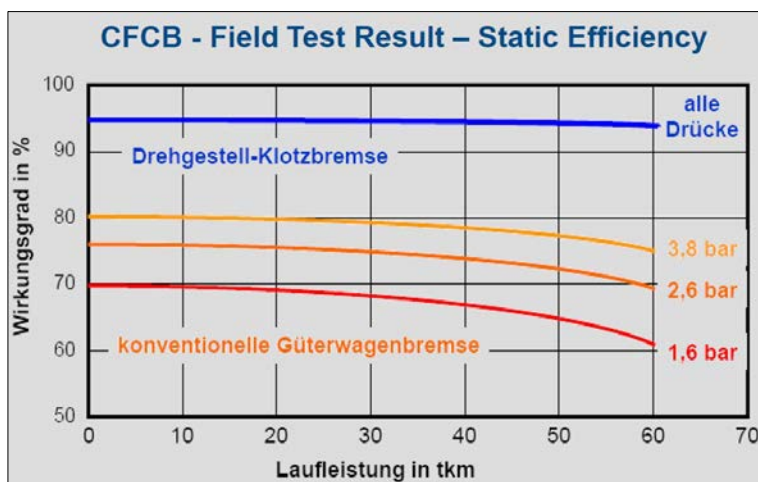
Quelle: Elstorpff, Mathieu (2008).

Instandhaltung

Die kompakte Bremseinheit ist ein abgeschlossenes System, was eine Inspektion des Systeminneren schwierig macht. Doch sind die Wartungsintervalle bei diesem System länger als bei einem konventionellen Bremssystem.

Der Wirkungsgrad der Bremse ist über die Laufleistung konstant hoch und nicht abfallend wie beim konventionellen System (vgl. Abb. 34).

Abb. 34: Wirkungsgrad der CFCB im Vergleich zur konventionellen Güterwagenbremse



Quelle: Elstorpff, Mathieu (2008).

Kosten der Maßnahme

Die geschätzten Anschaffungskosten eines Neuwagens, der mit CFCB ausgestattet ist, belaufen sich auf ca. 40.000 Euro. Ein Neuwagen mit K-Sohle kostet ca. 27.000 Euro. Die Differenzkosten der Ausstattung eines Neuwagens mit CFCB liegen demnach bei 13.000 Euro. Die Umrüstungskosten von Altbestandswagen liegen deutlich darüber, sodass die Option, einen Altbestandswagen nachträglich mit der CFCB auszustatten, irrelevant ist. Die Wartungsintervalle der Bremse sind bei einem Wagen mit einer CFCB höher als bei herkömmlichen Bremsen, da aufgrund der Kapselung weniger Verschleiß in dem Bremsgestänge entsteht.

Tab. 12 zeigt die abgeschätzten Kosten und Laufleistungen für einen Wagen mit einer K-Sohle und einer CFCB. Die Werte wurden in Anlehnung an die Arbeitsgruppe der Internationalen Privatgüterwagen Union (UIP) und unter Berücksichtigung der Expertise der Projektteilnehmer zusammengetragen.

Ausgehend von einer Lebensdauer der Wagen von 25 Jahren ergeben sich in Abhängigkeit der Anschaffungskosten und der jährlichen Laufleistung die laufleistungsabhängigen LCC, die in Abb. 35 dargestellt sind. Die entscheidungsrelevanten Differenzkosten LCC sind als vertikaler Abstand zwischen der blauen CFCB-Kurve und der roten K-Sohle-Kurve sichtbar.

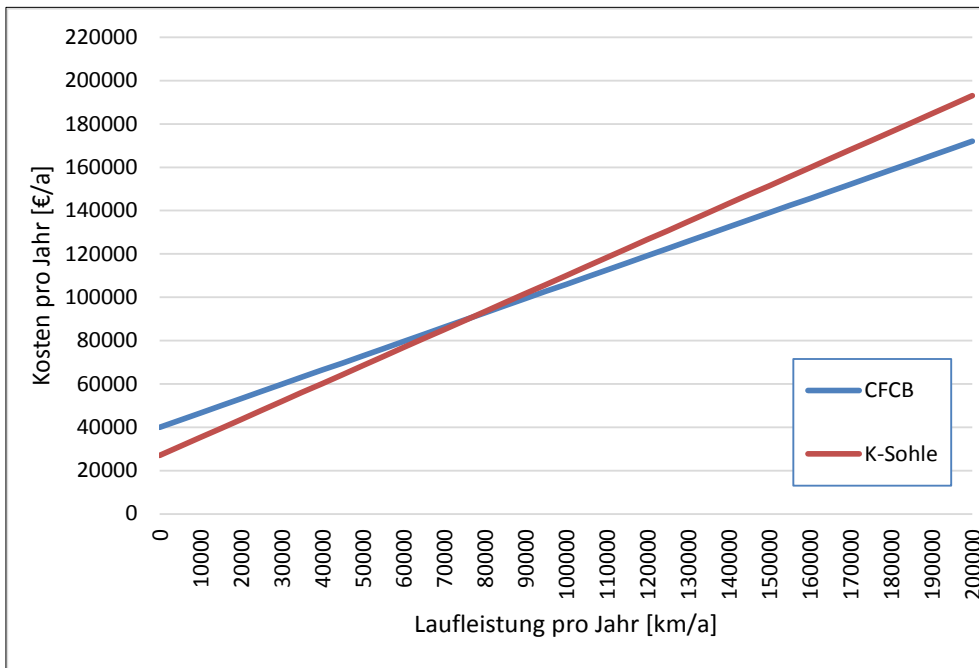
Tab. 12: Laufleistungsabhängige Abschätzung der Kosten von einem CFCB- und K-Sohlen gebremsten Wagen

Maßnahme		Laufleistung [km]	Kosten [Euro]	Anzahl pro Wagen	Gesamtkosten pro Wagen [Euro]
Radscheibe	K-Sohle	1.200.000	600	8	4.800
	CFCB	1.200.000	600	8	4.800
Bremsbeläge	K-Sohle	100.000	70	16	1.120
	CFCB	100.000	70	8	560
Radsatzaufbereitung	K-Sohle	150.000	300	8	2.400
	CFCB	150.000	300	8	2.400
Wartung der Brems-einheit	K-Sohle	150.000	300	1	300
	CFCB	500.000	400	1	400

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von UIP (2011) u.a..

Durch die höheren Anschaffungskosten der CFCB ergeben sich ab einer jährlichen Laufleistung von ca. 80.000 km geringere jährliche Kosten für die CFCB. Dies bedeutet, dass für einen Neuwagen mit einer erwarteten jährlichen Laufleistung von 80.000 km oder mehr die geschätzte Lärminderung von 2 dB(A) *umsonst* ist. Bei einer erwarteten jährlichen Laufleistung von 50.000 km ergeben sich für diese Maßnahme jährliche Differenzkosten pro dB(A) Lärmreduktion in Höhe von 2.250 Euro.

Abb. 35: Laufleistungsabhängige LCC für CFCB und K-Sohle für eine Laufzeit von 25 Jahren



Quelle: Eigene Darstellung.

Zulassung der Maßnahme

Das System ist für Y25-Drehgestelle zugelassen.

6.3.11 Scheibenbremsen

Scheibenbremsen können als Radscheibenbremsen wie beim LEILA Drehgestell und ICx oder als Wellenscheibenbremsen wie beim ICE 1 Mittelwagen ausgeführt sein. Radscheibenbremsen führen durch die Bremszange am Rad zu einer höheren Radsatzbeanspruchung.

Reduktionspotenzial

Im Vergleich zu einem mit GG-Bremssohlen ausgestatteten Wagen, erbringen Scheibenbremsen eine Minderung von ca. $10+2=12$ dB(A), dabei sind 10 dB(A) auf die geringere Radrauheit und 2 dB(A) auf das Wegfallen des Bremsgestänges zurückzuführen. Dies ist jedoch nicht unser Referenzpunkt. Gegenüber einem mit K- oder LL-Sohlen gebremsten Wagen verbleibt zunächst ein gewisses Minderungspotenzial aufgrund der Tatsache, dass bei Einsatz einer Scheibenbremse das übliche Bremsgestänge, das ebenfalls Lärm emittiert, nicht benötigt wird. Diesen Effekt schätzen wir mit 2 dB(A) ein. Im Fall des Einsatzes von Radbremsscheiben könnte sich dies auf 3 dB(A) erhöhen.

Hinzu kommt jedoch, dass durch das Wegfallen der thermischen Belastung bei den Rädern durch die Verwendung der Scheibenbremse praktisch ohne Aufpreis Räder mit einem geraden Steg verwendet werden können (siehe Abschnitt 6.3.12), was gegenüber den üblichen tiefgewölbten Rädern eine weitere Lärminderung von 4 dB(A) bewirkt.

Bei einem scheibengebremsten Wagen kann – abhängig vom Material der Bremsscheiben und –backen – Bremsquietschen bei den Bremsungen auftreten. Dies hängt stark von der Ausführung der Scheibenbremse ab. Bremsquietschen tritt aber auch bei allen klotzgebremsten Wagen auf und wird deshalb im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

Beschreibung der Maßnahme

Scheibenbremsen rauhen die Fahrfläche des Rades nicht auf, sodass eine geringere Anregung von Rad und Schiene entsteht als bei Wagen, die mit einer GG-Klotzbremse gebremst werden. Zusätzlich entfällt zum großen Teil das für eine Klotzbremse typische Bremsgestänge.⁸⁵

Bei Wellen- oder Radscheibenbremsen können Räder eingebaut werden, die einen geraden Steg (Abschnitt 6.3.12) besitzen. Dies führt zu einer deutlich geringeren Schallabstrahlung als bei konventionellen glockenförmigen Güterwagenrädern. Radbremsscheiben dienen zudem als Abschirmung und als Radschallabsorber und haben damit einen zusätzlichen Minderungseffekt.

Abb. 36: Radscheibenbremse



Quelle: Eigenes Bild.

Instandhaltung

Die Inspektion durch den Wagenmeister bei der vollständigen Bremsprobe ist für Wellenbremsscheiben schwierig. Sie erfordert eine Sichtscheibe, wie bei Reisezug- und Triebwagen üblich, die nach unserer Schätzung ca. 500 Euro pro Wagen zusätzlich kostet. Diese Problematik könnte durch eine automatische Bremsprobe behoben werden.

Kosten der Maßnahme

Pro Wagen liegen die Anschaffungskosten für die Ausrüstung mit Scheibenbremsen bei 50.000 Euro. Bei diesen hohen Kosten entfällt die Option, einen Altbestandswagen nachträglich mit Scheibenbremse auszustatten. Ein Neuwagen mit K-Sohle kostet ca. 27.000 Euro. Die Differenzkosten der Ausstattung mit Scheibenbremse liegen demnach bei 23.000 Euro.

Die Lebensdauer ist laufeistungsabhängig und wird auf ca. 1,8 Mio. km für die Wellenbremsscheibe und ca. 37.000 km für die Bremsbeläge geschätzt. Durch den nicht vorhandenen Abrieb der Lauffläche des Rades erreichen die Radscheiben eine geschätzte Laufleistung von 2 Mio. km (Vergleich: bei K-

⁸⁵ Vgl. Wiemers (2004).

Sohlen nur ca. 1,2 Mio. km). Dadurch ergeben sich lauleistungsabhängige LCC im Vergleich zu einer Wagenneuanschaffung mit K-Sohlen.

In

Tab. 13 sind diese Kosten und die Laufleistungen eines K-Sohlen und scheibengebremsten Wagens zusammengetragen.

Tab. 13: Laufleistungsabhängige Abschätzung der Kosten eines Scheiben- (S-Bremse) und K-Sohlen gebremsten Wagens

Maßnahme		Laufleistung [km]	Kosten [Euro]	Anzahl pro Wagen	Gesamtkosten pro Wagen [Euro]
Radscheibe	K-Sohle	1.200.000	600	8	4.800
	S-Bremse	2.000.000	600	8	4.800
Bremsbeläge	K-Sohle	100.000	70	16	1.120
	S-Bremse	370.000	150	16	2.400
Radsatzaufbereitung	K-Sohle	150.000	300	8	2.400
	S-Bremse	400.000	300	8	2.400
Wartung der Bremseinheit	K-Sohle	150.000	300	1	300
	S-Bremse	200.000	300	1	300
Scheibenbremse	K-Sohle	-	-	-	-
	S-Bremse	180.000	700	8	5.600

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von UIP (2011) u.a..

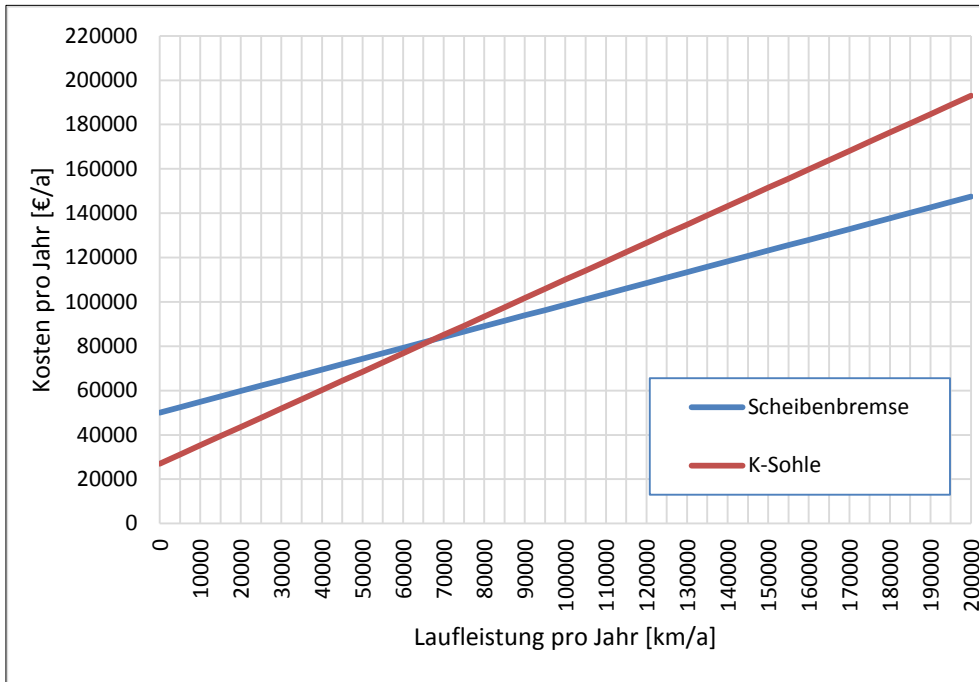
Bei einer Wagenlaufzeit von 25 Jahren und den genannten Anschaffungskosten der jeweiligen Wagen, ergeben sich nach

Tab. 13 lauleistungsabhängige LCC, die in Abb. 37 dargestellt sind. Die entscheidungsrelevanten Differenzkosten LCC sind als vertikaler Abstand zwischen der blauen CFCB-Kurve und der roten K-Sohle-Kurve sichtbar.

Daraus ist ersichtlich, dass obwohl die Anschaffungskosten eines scheibengebremsten Wagens höher sind als ein K-Sohlen gebremster Wagen, sich ab einer Laufleistung pro Jahr von ca. 67.000 km insgesamt geringere LCC für ein scheibengebremsten Wagen ergeben. Dies bedeutet, dass für einen Neuwagen mit einer erwarteten jährlichen Laufleistung von 67.000 km oder mehr die geschätzte Lärmminde- rung von 6 dB(A) gegenüber der K-Sohle *umsonst* ist (wenn Scheibenbremsen im Zusammenhang mit lärmoptimierten Radbauformen eingesetzt werden). Bei einer erwarteten jährlichen Laufleistung von 50.000 km ergeben sich für diese Maßnahme jährliche Differenzkosten pro dB(A) Lärmreduktion in Höhe von ca. 980 Euro (bei 40.000 km ca. 1.550 Euro).

Ein wirtschaftlicher Nachteil gegenüber allen Klotzbremsen ist, dass Scheibenbremsen nicht in der Lage sind, Flachstellen am Rad wieder auszuschleifen oder das Rad zu säubern. Außerdem weisen Scheibenbremsen ein höheres Gewicht als Klotzbremsen auf. Diese beiden Effekte konnten bei den Kostenschätzungen nicht berücksichtigt werden.

Abb. 37: Laufleistungsabhängige LCC für Scheibenbremse und K-Sohle für eine Laufzeit von 25 Jahren



Quelle: Eigene Darstellung.

Zulassung der Maßnahme

Ein Zulassungsbeispiel für einen Güterwagen mit Brems Scheiben ist der TWIN II Taschenwagen der AAE. Das Schweizer Unternehmen begründet die Beschaffung mit der Lärmreduzierung – dies ist vor dem Hintergrund des Schweizer Lärmbonus zu sehen - und der „Wartungsfreundlichkeit“ der Scheibenbremsen.⁸⁶

6.3.12 Lärmoptimierte Radbauformen

Reduktionspotenzial

Laut Wiemers (2004) liegt das Reduktionspotenzial für ein optimiertes Rad, insbesondere bei einer Radscheibe mit geradem Steg, bei 2-6 dB(A). Nach unserer Einschätzung liegt das Minderungspotenzial bei 4 dB(A).

Beschreibung der Maßnahme

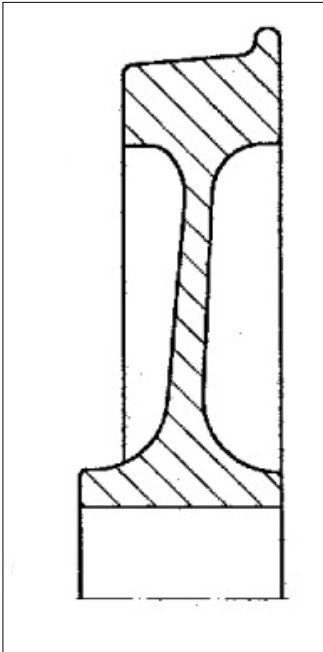
Durch einen schalloptimierten Steg wird das Rollgeräusch aufgrund der Reduktion der Schallabstrahlung des Rades verringert (frequenzabhängig).

Jedoch sind bei vielen Bauformen, ein Beispiel ist in Abb. 39 dargestellt, Scheibenbremssysteme erforderlich, da Räder mit diesen Bauformen thermisch weniger belastbar sind.⁸⁷

⁸⁶ Vgl. AAE (2013).

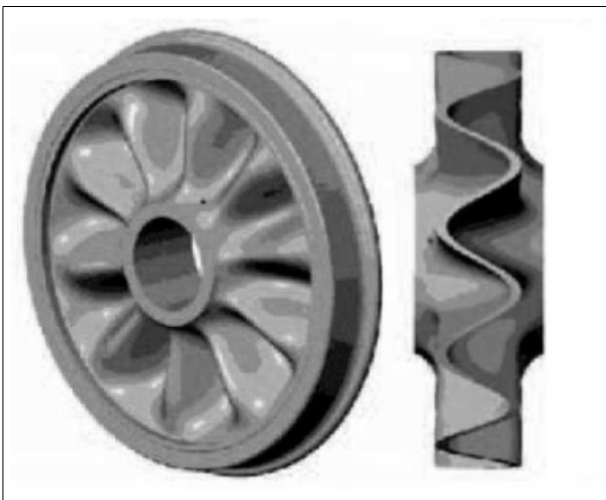
⁸⁷ Vgl. Beitel Schmidt (2013).

Abb. 38: Radprofil, gerader Steg



Quelle: Hecht, Zogg (1994).

Abb. 39: Schalloptimiertes Rad



Quelle: Klotz (2012).

Instandhaltung

Es gibt noch keine Erfahrungswerte zur Instandhaltung, da die meisten schalloptimierten Räder Forschungsprojekte waren und geblieben sind. Voraussichtlich werden die Instandhaltungskosten vergleichbar mit den Kosten für ein konventionelles Rad sein, da der Verschleiß der Radlauffläche vergleichbar ist.

Kosten der Maßnahme

Die Anschaffungskosten für ein Rad mit einem geraden Steg sind im Vergleich zur konventionellen Radbauform um ca. 500 Euro günstiger.

Bei einer geschätzten Lebensdauer von 10 Jahren ergeben sich, bei Anschaffungskosten von -500 Euro und keinen jährlichen Kosten, LCC in Höhe von -50 Euro pro Jahr für eine optimierte Radbauform im Vergleich zu einer konventionellen Radbauform (Differenzkosten). Bezogen auf die Lärmreduktion von 4 dB(A) ergeben sich für diese Maßnahme jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion in Höhe von ca. -13 Euro; die zusätzlichen Kosten der Scheibenbremse müssen jedoch auch noch berücksichtigt werden.

Richtet man den Blick auf eine realitätsnahe Marktumgebung, so ist damit zu rechnen, dass neuartige Radbauformen trotz der geringeren Produktionskosten einen Aufpreis als „Sonderanfertigungen“ haben werden, zumal Neuanschaffungen von Wagen nur in geringen Stückzahlen erfolgen. Daher wurde bei der Berechnung der LCC der Scheibenbremse pro dB(A) Lärmreduktion (Abschnitt 6.3.11) die Ersparnis von 500 Euro bei den Rädern nicht berücksichtigt.

Zulassung der Maßnahme

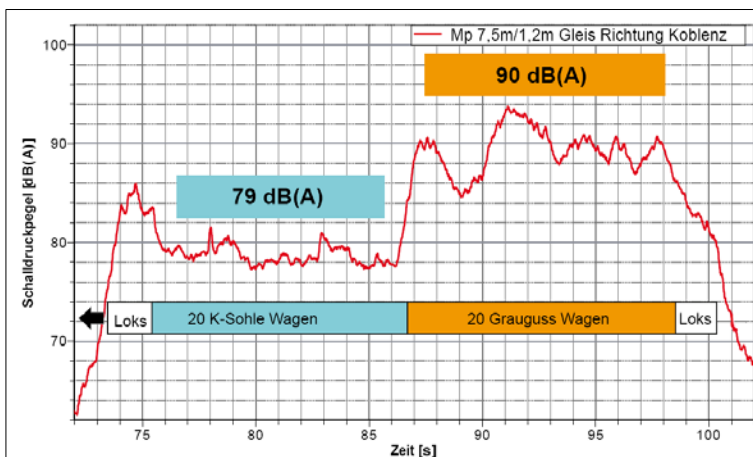
Es gibt noch keine schalloptimierten Radbauformen im Einsatz. Für die Zulassung sind Festigkeitsnachweise auch unter thermischer Belastung und Dauerfestigkeitsbedingungen notwendig.

6.4 Technische Maßnahmen an der Lokomotive

Je mehr es gelingen wird, die Lärmemission von Güterwagen zu reduzieren, desto mehr wird die Lärmbelastung durch Lokomotiven in den Fokus geraten. Zusätzlich zum Rollgeräusch strahlen Lokomotiven auch Antriebsgeräusche aus hochliegenden Quellen ab. Gerade bei niedrigen und mittelhohen Schallschutzwänden erreichen diese Lärmarten ungedämpft den Immissionsort. Aber auch die Schutzwirkung von sehr hohen Schallschutzwänden ist wegen der meist tieffrequenten Schallart der Antriebsgeräusche und der Beugungseffekte reduziert.

In Abb. 40 ist eine Messung bei 80 km/h im Rahmen des Pilotprojektes „Leiser Rhein“ dargestellt. Darin ist zunächst zu sehen, dass die K-Sohlen Wagen deutlich leiser sind als die GG-Sohlen Wagen. Bei dieser Messung waren an jedem Zugende zwei TSI konforme Traxx Lokomotiven der Baureihe 185 eingereiht ($L_{Aeq} \leq 85 \text{ dB(A)}$). Es ist deutlich erkennbar, dass die zwei Traxx Lokomotiven signifikant lauter sind als die K-Sohlen Wagen. Dies illustriert, dass – nachdem das Problem der GG-Sohlen gelöst ist – auch Minderungsmaßnahmen an den Lokomotiven notwendig sein werden, um den Gesamtschalldruckpegel von Güterzügen effektiv zu senken.

Abb. 40: Messung im Rahmen des Pilotprojektes „Leiser Rhein“ in Bingen



Quelle: BMVBS (2013), mit Korrektur der Fahrtrichtung.

Die Zusammenstellung der möglichen technischen Maßnahmen für die Lärminderung an Lokomotiven ist in diesem Bericht als Ergänzung anzusehen. Hiermit soll vor allem auf die Möglichkeiten verwiesen werden, welche zum Teil noch nicht im Akustikdesign der Hersteller angewendet werden. Dies liegt zum großen Teil auch an den ungenügend präzisierten Schallemissionswerten in den Lastenheften.

Fahrzeugbesteller könnten Emissionsgrenzwerte fordern, welche die Grenzwerte der TSI Lärm⁸⁸ für Lokomotiven noch unterschreiten. Dies würde auch den Innovationsdruck in der Bahnindustrie verstärken.

⁸⁸ Vgl. TSI, 2014.

Nachfolgend werden mögliche Minderungsmaßnahmen für Lokomotiven in verschiedenen Betriebszuständen aufgeführt. Zum Teil können diese nachgerüstet werden, jedoch sind die Kosten später nachgerüsteter Maßnahmen immer höher als wenn diese direkt in den Konstruktionsprozess einbezogen werden.

Daher sollten die Lärminderungsmaßnahmen an Lokomotiven als Standardelemente bei der Neuentwicklung angesehen werden (während bei Wagen das Hauptaugenmerk auf den Bestandwagen liegt). Jedoch sind bei Neufahrzeugen diese häufig noch nicht verwirklicht und das Akustikdesign ist nicht ausreichend konzipiert worden. Der Grenzwert von Lokomotiven bei der Vorbeifahrt mit 80 km/h beträgt nach TSI Lärm⁸⁹ (84 dB(A) für Elektrolokomotiven und 85 dB(A) für Diesellokomotiven, während der eines neuen Güterwagens bei 83 dB(A)⁹⁰ liegt. Die Lokomotiven dürfen demnach – und werden demzufolge in der Regel – lauter sein als ein Güterwagen. Auf Grund der höheren jährlichen Laufleistung einer Lokomotive im Vergleich zu einem einzelnen Güterwagen wäre es im Gegensatz dazu sinnvoll und notwendig, wenn Lokomotiven höhere, aber mindestens nicht geringere Anforderungen als die Wagen erfüllen müssten. Dies wird noch unterstützt durch die Ergebnisse einer Studie des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt, nach der die Dauer einer Zugvorbeifahrt mit der Aufwachreaktion und der Einschlafwahrscheinlichkeit korreliert.⁹¹ Ausgehend von den Ergebnissen der Studie und den TSI Lärm Grenzwerten ist die Aufwachwahrscheinlichkeit bei Lokomotiven höher als bei einem Güterwagen.

6.4.1 Absorberjalousien am Kühllufteinlass und -auslass

Reduktionspotenzial

Im gesamten Frequenzbereich ergibt sich durch die Maßnahme ein geschätztes Gesamtminderungspotential von 5 dB(A). Speziell im oberen Frequenzbereich (ab 1.000 Hz) beträgt das Einfügedämmmaß (Dämpfung) ca. 8-14 dB(A).⁹²

Beschreibung der Maßnahme

Diese Maßnahme kann gleichermaßen zur Minderung der Fahr-, Stillstands- und Beschleunigungsgeräusche verwendet werden.

Die auf der folgenden Abbildung erkennbaren Lamellen besitzen im Inneren zusätzliches Absorptionsmaterial. Durch die Lamellen werden die Luftteilchen umgelenkt und die Bewegungsenergie der Luftteilchen wird im Absorptionsmaterial in Wärme umgewandelt. Bei der Auslegung der Absorberjalousien muss darauf geachtet werden, dass der Volumenstrom für die Kühlung weiterhin ausreichend vorhanden ist. Diese Maßnahme kann auch zur Lärminderung der Maschinengeräusche bei Lokomotiven eingesetzt werden. In dem BMU-Projekt „Lärminderungsmaßnahmen an drei Großdiesellokomotiven BlueTiger“⁹³ wird auch gezeigt, dass die Lärmbelastung älterer Lokomotiven mit sehr wenig

⁸⁹ Vgl. TSI, 2014.

⁹⁰ Dies bezieht sich auf einen Güterwagen mit einem APL von 0,225 pro m.

⁹¹ Vgl. DLR (2007).

⁹² Vgl. Hecht, Czolbe (2008).

⁹³ Vgl. Hecht, Czolbe (2008).

Aufwand drastisch und nachhaltig gemindert werden kann. Diese Altlokomotiven sind auf Einhaltung der TSI Lärm in allen Betriebspunkten ertüchtigt worden und bewähren sich seit 2008.

Abb. 41: Absorberjalousien an der BlueTiger



Quelle: Hecht, Czolbe (2008).

Kosten der Maßnahme

Die Investitionskosten werden für ein Neufahrzeug auf 5.000 Euro und bei einem Bestandsfahrzeug auf 7.000 Euro geschätzt. Zur Beseitigung von Verschmutzungen treten jährlichen Folgekosten von ca. 500 Euro auf. Aus der abgeschätzten Lebensdauer von 20 Jahren und einem Gesamtminderungspotenzial von 5 dB(A), ergeben sich jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion in Höhe von 150 Euro bei einem Neufahrzeug und 170 Euro bei einem Bestandsfahrzeug.

Zulassung der Maßnahme

Es bedarf keiner Zulassung.

6.4.2 Schraubenkompressor

Reduktionspotenzial

Ein Schraubenkompressor kann im Vergleich zu einem konventionellen Kolben- oder Hubkompressor ein geschätztes Gesamtminderungspotential von 5 dB(A) erzielen. Bei einzelnen Frequenzen kann teilweise eine Minderung von 10 dB(A) erreicht werden.

Beschreibung der Maßnahme

Diese Maßnahme kann gleichermaßen zur Minderung der Fahr-, Stillstands- und Beschleunigungsgeräusche verwendet werden. Der Kolbenkompressor erzeugt die Druckluft durch einen Kolbenhieb. Dadurch entstehen schlagende Geräusche, die bei einem Schraubenkompressor nicht entstehen, da die Druckluft kontinuierlich erzeugt wird.

Kosten der Maßnahme

Die Investitionskosten werden auf 7.000 Euro geschätzt. Die jährlichen Folgekosten sind nach dem Einbau vergleichbar mit einem konventionellen System. Aus der abgeschätzten Lebensdauer von 20 Jahren und einem Minderungspotenzial von 5 dB(A) ergeben sich jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion in Höhe von 70 Euro bei einem Neufahrzeug und einem Bestandsfahrzeug.

Zulassung der Maßnahme

Es bedarf keiner Zulassung.

6.4.3 Optimierte Schaufelform des Kühlerlüfters

Reduktionspotenzial

Im Projekt SilentVent wurde ein Kühllüfter entwickelt, der gegenüber einem konventionellen Voith-Lüfter eine Minderung von 6-8 dB(A) erzielte. Im Projekt Ecoquest wurde bei Vorbeifahrt- und Stillstandsmessungen eine Geräuschreduktion von bis zu 6 dB(A) erreicht, bei der spezifischen Schaufelpassierfrequenz sogar um mehr als 10 dB(A).⁹⁴ Im Folgenden wird für diese Maßnahme eine Minderung von 6 dB(A) angesetzt.

Beschreibung der Maßnahme

Diese Maßnahme kann gleichermaßen zur Minderung der Fahr-, Stillstands- und Beschleunigungsgeräusche verwendet werden. Die Optimierung der Schaufelgeometrie und des Schaufelprofils verringert die Lüftergeräusche. Zusätzlich wurde im Projekt Ecoquest der integrierte Kühlkreislauf der Lokomotive Gravita 15L BB optimiert.

Kosten der Maßnahme

Die Investitionskosten werden bei einem Neufahrzeug auf 1.000 Euro geschätzt. Bei einer Umrüstung liegen die Mehrkosten zu einem konventionellen System bei ca. 12.000 Euro. Die hohen Mehrkosten bei der Umrüstung entstehen, da das alte Lüfterrad entsorgt und die Elektronik angepasst werden muss (während der Lebensdauer einer Lokomotive ist es ansonsten nicht notwendig, das bestehende Kühllüfterrad auszutauschen). Die jährlichen Folgekosten sind nach dem Einbau vergleichbar mit einem konventionellen System. Aus der abgeschätzten Lebensdauer von 40 Jahren und einem Minderungspotenzial von 6 dB ergeben sich jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion in Höhe von 4 Euro bei einem Neufahrzeug und 50 Euro bei einem Bestandsfahrzeug.

Zulassung der Maßnahme

Eingebaut als Prototyp in der Gravita 15L BB in Kombination mit einem Schalldämpfer am Kühlgitter.

6.4.4 Spiralschalldämpfer

Reduktionspotenzial

Ein Spiraldämpfer kann zur Minderung von Ansaug- und Auspuffgeräuschen eingesetzt werden und besitzt ein geschätztes Gesamtminderungspotential von 10 dB(A) beim Standgeräusch (beim Vorbeifahrgeräusch ca. 3 dB). Bei bestimmten Frequenzen kann ein Einfügedämmmaß von mehr als 40 dB(A) erreicht werden.

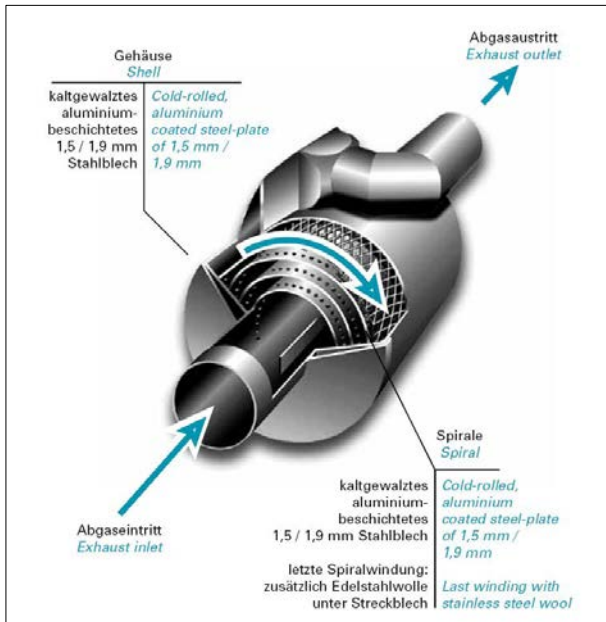
Beschreibung der Maßnahme

Diese Maßnahme kann insbesondere zur Minderung der Stillstands- und Beschleunigungsgeräusche verwendet werden. Der Spiralschalldämpfer ist eine Kombination aus Wandlungs- und Absorptionsschalldämpfer. Durch die Ergänzung beider Prinzipien lässt sich eine sehr gute Minderungswirkung auf kleinem Bauraum realisieren.⁹⁵

⁹⁴ Vgl. Voith Turbo GmbH (2012) und Voith Turbo GmbH (2014).

⁹⁵ Vgl. Weihe GmbH (2013).

Abb. 42: Spiralschalldämpfer der Weihe GmbH



Quelle: Weihe GmbH (2013).

Kosten der Maßnahme

Die Investitionskosten werden auf 2.000 Euro geschätzt. Die jährlichen Folgekosten sind nach dem Einbau vergleichbar mit einem konventionellen System. Aus der geschätzten Lebensdauer von 20 Jahren und bei einem Minderungspotenzial von 10 dB(A) ergeben sich jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion in Höhe von 10 Euro.

Zulassung der Maßnahme

Es bedarf keiner Zulassung.

6.4.5 Lärmoptimierte Getriebe

Reduktionspotenzial

Ein Lärmoptimiertes Getriebe⁹⁶ kann im Vergleich zu einem konventionellen Getriebe ein Minderungspotenzial von 5 dB(A) erzielen, wenn das Radsatzgetriebe in den jeweiligen Betriebszuständen eine Hauptgeräuschquelle darstellt.

Beschreibung der Maßnahme

Diese Maßnahme kann zur Minderung der Fahr- und Beschleunigungsgeräusche verwendet werden.

Durch eine Verringerung des Moduls (Größe der Zähne der Zahnräder) wird eine hohe Eingriffsüberdeckung erzielt, was zu einer geringeren Schwingungsanregung führt. Zusätzlich wird eine Schrägverzahnung (Bahngetriebe ca. 7° Schrägverzahnungswinkel) und eine hohe Fertigungsgüte (Oberflächen-güte) der Zähne vorgesehen.

Kosten der Maßnahme

⁹⁶ Vgl. z.B. Voith Turbo GmbH (2014).

Die Investitionskosten werden bei einem Neufahrzeug auf 4.000 Euro geschätzt. Bei einer Umrüstung liegen die Mehrkosten zu einem konventionellen System bei ca. 50.000 Euro. Das alte Getriebe kann nicht weiterverkauft werden und muss entsorgt werden (während der Lebensdauer einer Lokomotive ist es ansonsten nicht notwendig, das bestehende Getriebe auszutauschen). Dadurch ergeben sich höhere Kosten bei der Umrüstung. Die jährlichen Folgekosten sind nach dem Einbau vergleichbar mit einem konventionellen System. Aus der abgeschätzten Lebensdauer von 40 Jahren und einem Minderungspotenzial von 5 dB(A), ergeben sich jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion in Höhe von 20 Euro für ein Neufahrzeug und 250 Euro für die Umrüstung.

Zulassung der Maßnahme

Es bedarf keiner Zulassung.

6.4.6 Optimierung der Umrichterlagerung

Reduktionspotenzial

Eine optimierte Lagerung der Umrichtereinheit erzielt ein Minderungspotenzial von ca. 5 dB(A), wenn der Umrichter in den jeweiligen Betriebszuständen eine Hauptgeräuschquelle darstellt.

Beschreibung der Maßnahme

Diese Maßnahme kann gleichermaßen zur Minderung der Fahr-, Stillstands- und Beschleunigungsgeräusche verwendet werden. Durch die Verbesserung der Lagerung durch Elastomere werden die entstehenden Schwingungen gedämpft und an der Ausbreitung gehindert.

Kosten der Maßnahme

Die Investitionskosten werden auf 8.000 Euro geschätzt. Die optimierte Lagerung kann gegen die vorhandene Lagerung ausgetauscht werden. Die jährlichen Folgekosten sind nach dem Einbau vergleichbar mit einem konventionellen System. Aus der abgeschätzten Lebensdauer von 40 Jahren und einem Minderungspotenzial von 5 dB(A) ergeben sich jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion in Höhe von 40 Euro.

Zulassung der Maßnahme

Es bedarf keiner Zulassung.

6.5 Technische Maßnahmen an der Infrastruktur

Dieses Kapitel beschreibt mögliche technische Maßnahmen für die Emissionsreduktion an der Infrastruktur. Da diese Maßnahmen nicht im Fokus dieser Untersuchung stehen, erfolgt eine Kurzdarstellung. Diese ist als Ergänzung anzusehen, die erforderlich ist, da Fahrzeug und Fahrweg bei der Entstehung von Lärm unmittelbar zusammenwirken.

Die Betrachtungen der Lärmminderungsangaben beziehen sich in diesem Abschnitt auf Güterzüge. Soweit möglich werden die Effekte auf Grundlage der Verbundstoffbremssohle betrachtet.

6.5.1 Besonders überwachtes Gleis

Reduktionspotenzial

Beim Besonders überwachten Gleis (BüG) sind bei Graugussbremssohlen Pegelminderung von 0,7 dB(A) und bei Verbundstoffbremssohlen Pegelminderungen von 3,2 bis 3,3 dB(A) zu erwarten.⁹⁷ Im Folgenden wird daher von einer Lärminderung von 3 dB(A) ausgegangen.

Beschreibung der Maßnahme

Das Besonders überwachte Gleis ist eine Maßnahme des aktiven Schallschutzes. Das Gleis wird durch Messfahrten mindestens jährlich überwacht. Bei einem Messwert von +2 dB oder mehr wird innerhalb von einem Jahr durch Glattschleifen wieder ein emissionsarmer „eingeschliffener“ Zustand hergestellt.⁹⁸

Abb. 43: Schienenschleifen



Quelle: DB ProjektBau GmbH (2015). Fotograf: Tibor Gugau.

Die Schleifvorgänge erfordern eine vorübergehende Sperrung des Gleises (Sperrpausen). In einer Schicht können ca. 2 bis 3 km Gleis bearbeitet werden.

Kosten der Maßnahme

Der Schleifvorgang kostet etwa 10.000 Euro pro km. Hinzu kommen Kosten durch die Sperrung der Gleise; der Verlust von Trassen kann nicht pauschal quantifiziert werden. Die Kosten für die Messfahrten werden hier nicht angesetzt, da diese i.d.R. im Rahmen der üblichen Messfahrten nach Ril 821 durchgeführt werden. Bei einer Schienenbearbeitung alle vier Jahre und 3 dB(A) Lärminderung ergeben sich Kosten in Höhe von ca. 800 Euro pro dB(A), km und Jahr.

Zulassung der Maßnahme

Diese Maßnahme ist zugelassen und wird praktiziert.

⁹⁷ Vgl. BImSchV (2015).

⁹⁸ Vgl. BImSchV (2014).

6.5.2 Hochgeschwindigkeitsschleifen

Das Hochgeschwindigkeitsschleifen ist eine präventive Instandhaltungsmaßnahme am Schienenkopf. Durch das frühzeitige Beseitigen von Schienenfehlern werden größere Schäden an der Schiene vermieden. Gleichzeitig kann durch das Schleifen eine Lärminderung erzielt werden. Diese Lärminderung wird im Folgenden betrachtet.

Reduktionspotenzial

Durch den Schleifvorgang wird eine Schienenrauheit von $R_a < 8 \mu\text{m}$ erzielt.⁹⁹ Dabei kann eine Minderung von ca. 8 dB(A) erzielt werden, wenn die Referenzschiene in einem schlechten Zustand ist. Nach DB Netz AG¹⁰⁰ ist eine Minderung durch akustisches Hochgeschwindigkeitsschleifen, je nach Zustand der Radoberfläche des Zuges, von 3 dB(A) möglich. Wir orientieren uns im Folgenden an diesem Wert.

Beschreibung der Maßnahme

Beim Hochgeschwindigkeitsschleifen werden die Schienen mit bis zu 80 km/h geschliffen. Dies hat den Vorteil, dass dafür keine Gleissperrung notwendig ist. Gegenüber dem Schleifen im Rahmen des BüG führt das Hochgeschwindigkeitsschleifen zu höheren Minimalpegeln. Das Gleis wird nur leicht reprofiliert und es wird weniger abgeschliffen. Dafür können die Schleifvorgänge schneller durchgeführt werden. Der Schleifvorgang wird häufiger durchgeführt als das Schleifen beim BüG (siehe Abschnitt 6.5.1). Die Maßnahme wird in der Regel vor der Entstehung von Head Checks (Ausbröckelungen am Schienenkopf) und damit präventiv angewendet. Für ein optimales Schienenrauheitsergebnis und damit optimales Minderungspotenzial sind drei Schleifdurchgänge notwendig.¹⁰¹

Abb. 44: Hochgeschwindigkeitsschleifzug



Quelle: Vossloh Rail Services GmbH (2013).

⁹⁹ Vgl. Vossloh Rail Services GmbH (2013).

¹⁰⁰ Vgl. DB Netz AG (2012h).

¹⁰¹ Vgl. Vossloh Rail Services GmbH (2013).

Kosten der Maßnahme

Die geschätzten Kosten für das Hochgeschwindigkeitsschleifen der Schienen betragen ca. 5.000 Euro pro Jahr und km. Dies beinhaltet drei Schleifmaßnahmen im Jahr (jeweils bestehend aus drei Schleiffahrten). Hierdurch können weitere Schienenbehandlungen seltener erfolgen, doch sind diese Einsparungen schwer zu quantifizieren und werden hier nicht berücksichtigt. Bei einer geschätzten Lärmreduktion von 3 dB(A) und einer Lebensdauer von 4 Monaten ergeben sich für diese Maßnahme jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion und pro km in Höhe von 1.600 Euro. Diese im Vergleich zum BüG höheren Kosten lohnen sich auf Strecken, auf denen Sperrpausen zu starken Betriebseinschränkungen führen.

Zulassung der Maßnahme

Diese Maßnahme ist zugelassen und wird praktiziert.

6.5.3 Schwellenbesohlung

Reduktionspotenzial

Es ist keine Minderung im primären Luftschall bekannt. Aber durch langfristig gute Gleisqualität ergibt sich eine Minderung der Geräuscentstehung. Im Körperschall ergibt sich eine frequenzabhängige Verbesserung im Einfügedämmmaß (Pegeldifferenz zwischen „mit“ und „ohne“ Maßnahme) um bis zu 10 dB.¹⁰² Nach unserer Einschätzung liegt das Luftschallminderungspotenzial bei 2 dB(A).

Beschreibung der Maßnahme

Das Besohlungsmaterial führt zu einer größeren Kontaktfläche zwischen Schwelle und Schotter (2-8% der Fläche der Schwellensole ohne Besohlung und 30-35% mit Besohlung). Dies erhöht die Stabilität des Gleisbettes und führt damit zu einer Verschleißreduzierung am Gleis. In der Folge wird das stabilere Gleis auch weniger zur Schallanregung beitragen.

¹⁰² Vgl. Loy (2012).

Abb. 45: Schwellenbesohlung



Quelle: Loy (2012).

Kosten der Maßnahme

Die Investitionskosten für Schwellen sind mit der Besohlung höher. Laut DB Netz AG¹⁰³ liegen die Erstellungskosten bei 623.000 Euro pro km. Dies entspricht Mehrkosten von 41.600 Euro pro km. Ahrens und Moll¹⁰⁴ geben Mehrkosten von 20 Euro pro Schwelle an, was bei 60 cm Schwellenabstand 33.000 Euro pro km entspricht. Die Folgekosten für die Wartung des Gleises verringern sich, da weniger Schlupfwellen entstehen. Da die Erschütterungen durch die Schwellenbesohlungen gedämpft werden, wird für die Betonschwellen und die Schwellenbesohlung eine Lebensdauer von 40 Jahren angesetzt. Zwar sollen auch Betonschwellen ohne Schwellenbesohlung eine Lebensdauer von 40 Jahren haben, dies entspricht jedoch nicht der Realität der letzten Jahre. Betonschwellen brechen häufig deutlich früher. Bei einer geschätzten Lärmreduktion von 2 dB(A) und einer Lebensdauer von 40 Jahren ergeben sich im Fall eines *Neubaus* jährliche Mehrkosten im Vergleich zu konventionellen Betonschwellen von ca. 460 Euro pro km und dB(A) Lärmreduktion. Hierbei sind die positiven wirtschaftlichen Effekte durch die geringeren Instandhaltungsinvestitionen noch nicht berücksichtigt. Würden Schwellen allein zum Zwecke der Lärmreduktion ausgetauscht, so betrügen die jährlichen Gesamtkosten für den Schwellenaustausch 7.790 Euro pro dB(A) Lärmreduktion und pro km.

¹⁰³ Vgl. DB Netz AG (2012h).

¹⁰⁴ Vgl. Ahrens, Moll (2014).

Zulassung der Maßnahme

In Österreich hat sich die Schwellenbesohlung bei der ÖBB als Regelbauform etabliert. Nicht besohlte Schwellen dürfen nur noch mit besonderer Begründung eingebaut werden. In Deutschland ist die Schwellenbesohlung im Zuge des Konjunkturpakets II getestet und zugelassen worden.¹⁰⁵

6.5.4 Schallschutzwand, Beton, 6 m hoch

Reduktionspotenzial

Das Minderungspotenzial einer Schallschutzwand (SSW) ist abhängig von der Höhe und der Lage der Schallschutzwand, dem Abstand zwischen Emissionsort und Schallschutzwand sowie dem Abstand zwischen Schallschutzwand und Immissionsort. Bei einer 6 m hohen Schallschutzwand wird von ca. 10 dB(A) Lärminderung ausgegangen.¹⁰⁶

Beschreibung der Maßnahme

Betonschallschutzwände werden aus Betonelementen, die häufig vertikal oder horizontal gerippt sind, hergestellt. Die Höhen variieren je nach Einsatzort. Im Landschaftsbild und auch von Reisenden in Personenzügen werden diese hohen Wände oft als störend empfunden.

Kosten der Maßnahme

Die Kosten einer Lärmschutzwand werden von der Schweizer Fachstelle Lärmschutz¹⁰⁷ mit 800 bis 1.200 Schweizer Franken (CHF)/m² angegeben. Von Dellenbach¹⁰⁸ gibt für eine Wand mit 2 m über Schienenoberkante 2.600 CHF/m an, was die Angabe der Fachstelle Lärmschutz¹⁰⁹ bestätigt. Bei einer mit 6 m relativ hohen Wand wird von 800 CHF/m² ausgegangen. Damit ergeben sich 4,8 Mio. CHF/km bzw. 4,5 Mio. Euro/km.¹¹⁰

Im Forschungs-Informations-System (FIS)¹¹¹ werden 463 bis 4.071 Euro/m je nach Höhe und Baumaterial und ohne Grunderwerb angegeben. Bei einer 6 m hohen Schallschutzwand wird der Preis im oberen dort angegebenen Bereich liegen. Inklusiv einer Berücksichtigung der Preisentwicklung scheinen die Preise aus der Schweiz auf Deutschland übertragbar zu sein.

Die Lebensdauer einer Betonwand liegt bei 45 Jahren. So ergeben sich für 6 m Höhe bei einer Lärminderung von 10 dB(A) 10.000 Euro pro km, dB(A) und Jahr.

¹⁰⁵ Vgl. DB Netz AG (2012h).

¹⁰⁶ 10 dB wenn „Sichtverbindung zwischen Lärmquelle und Empfänger“ unterbrochen wird, Fachstelle Lärmschutz (2015).

¹⁰⁷ Vgl. Fachstelle Lärmschutz (2014).

¹⁰⁸ Vgl. Dellenbach (1999).

¹⁰⁹ Vgl. Fachstelle Lärmschutz (2014).

¹¹⁰ Bei einem Umrechnungskurs von 1,07 CHF pro Euro (13. März 2015).

¹¹¹ Vgl. Forschungsinformationssystem (2015).

Abb. 46: Betonwand, 6,20 m hoch



Quelle: Ludwig Freytag (2015).

Zulassung der Maßnahme

Diese Maßnahme ist zugelassen und wird eingesetzt.

6.5.5 Gabionenwand

Reduktionspotenzial

Das Reduktionspotenzial einer Gabionenwand (mit Steinen befüllte Metallkörbe) ist vergleichbar mit dem einer konventionellen Schallschutzwand. Bei 5 m Höhe liegt es ebenso wie bei der 6 m hohen Beton-Schallschutzwand bei 10 dB(A), da die Sichtverbindung zwischen Lärmquelle und -empfänger unterbrochen wird.¹¹² Bei einer 2 m hohen Gabionenwand sind 3 dB(A) Lärminderung zu erwarten. Im konkreten Einzelfall ist das Minderungspotenzial abhängig von der Höhe und der Lage der Schallschutzwand, dem Abstand zwischen Emissionsort und Schallschutzwand sowie dem Abstand zwischen Immissionsort und Schallschutzwand.

Beschreibung der Maßnahme

Gabionenwände mindern den Lärm nach dem gleichen Prinzip wie herkömmliche Schallschutzwände durch das Prinzip der Schallabsorption und Reflexion. Die vom Fahrzeug emittierten Schallwellen wer-

¹¹² Vgl. Fachstelle Lärmschutz (2015).

den zum großen Teil zum Fahrzeug reflektiert. Zusätzlich sorgt die offenporige Struktur der Steinfüllung für eine verbesserte Absorption. Gabionenwände fügen sich meist besser in das Landschaftsbild ein und genießen somit höhere Akzeptanz als herkömmliche SSW. Typische Höhen sind 4 bis 5 m, Gabionenwände sind in der Regel 1 m breit¹¹³ und damit deutlich breiter als Beton-Schallschutzwände.

Abb. 47: Gabionenwand



Quelle: GSB Gabionenbau GmbH (2013).

Kosten der Maßnahme

Die Investitionskosten liegen für eine 4-5 m hohe Gabionenwand bei ca. 4,2 Mio. Euro pro km und für eine 2 m hohe Wand bei ca. 1,5 Mio. Euro pro km. Gabionenwände besitzen eine lange Standzeit von ca. 70 Jahren ohne substantiellen Instandhaltungsbedarf.¹¹⁴ Inspektionen können im Rahmen von allgemeinen Streckenkontrollen durchgeführt werden, der Mehraufwand bleibt dadurch gering.

Bei einer geschätzten Lärmreduktion von 3 dB(A) einer 2 m hohen Gabionenwand und einer Lebensdauer von 70 Jahren, ergeben sich für diese Maßnahme jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion und pro km in Höhe von ca. 7.130 Euro. Bei einer Gabionenwand von 5 m Höhe liegt das Minderungspotenzial bei ca. 10 dB(A),¹¹⁵ damit ergeben sich jährliche Kosten pro dB(A) und km von ca. 5.980 Euro.

Zulassung der Maßnahme

Diese Maßnahme ist zugelassen und wird eingesetzt.

6.5.6 Niedrige Schallschutzwand

Die niedrige Schallschutzwand unterscheidet sich von der Beton-Schallschutzwand und der Gabionenwand dadurch, dass sie niedriger ist und wesentlich näher an das Gleis gebaut wird. Dadurch hat sie trotz geringer Höhe eine große Lärmreduzierungs Wirkung.

¹¹³ Vgl. DB Netz AG (2012h).

¹¹⁴ Vgl. DB Netz AG (2012h).

¹¹⁵ 10 dB wenn „Sichtverbindung zwischen Lärmquelle und Empfänger“ unterbrochen wird, Fachstelle Lärmschutz (2015).

Reduktionspotenzial

Das Reduktionspotenzial einer niedrigen Schallschutzwand ist abhängig von der Höhe und der Lage der Schallschutzwand und liegt im Bereich von 3-6 dB(A). Wir setzen im Folgenden 4 dB(A) an.

Beschreibung der Maßnahme

Die niedrigen Schallschutzwände nutzen den Effekt der Absorption und Reflexion zur Lärminderung. Im Vergleich zu herkömmlichen SSW sind nSSW günstiger und passen sich gut ins Landschaftsbild ein. Um die genannte Lärminderung zu erreichen, müssen sie jedoch näher an das Gleis gebaut werden und bringen dadurch einige Probleme hinsichtlich Sicherheit und Wartung des Gleises mit sich.

Abb. 48: Niedrige Gabionenwand



Quelle: Hering Bau GmbH & Co. KG (2015).

Kosten der Maßnahme

Die Investitionskosten liegen je nach Höhe und Art der nSSW bei 1,1 bis 1,3 Mio. Euro pro km.¹¹⁶

Im Mittel liegt die geschätzte Lärmreduktion bei 4 dB(A). Daraus ergeben sich jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion und pro km in Höhe von ca. 4.250 Euro für eine niedrige Gabionenwand, die eine Lebensdauer von ca. 70 Jahren besitzt. Eine niedrige Betonwand mit einer Lebensdauer von 45 Jahren besitzt jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion und pro km in Höhe von ca. 6.600 Euro.

Niedrige Schallschutzwände können bei zu geringer Entfernung vom Gleis die Instandhaltungsarbeiten am Gleis erschweren. Wenn die Durchfahrt einer Baumaschine nicht möglich ist, sind die Gleise konventionell instand zu halten, was günstiger ist als der Einsatz einer Oberbaumaschine, dafür jedoch eine längere Sperrpause erfordert. Wenn eine Oberbaumaschine eingesetzt wird, kann die Seite des Gleises, auf der die niedrige Schallschutzwand steht, in der Regel nicht als Arbeitsraum für die Bauarbeiter dienen, sodass auf dem benachbarten Gleis je nach Gleisabstand und Geschwindigkeit häufig ebenfalls der Betrieb eingeschränkt werden muss.

Die durch diese betrieblichen Erschwernisse verursachten Kosten sind nur in Abhängigkeit des Betriebs auf der Strecke sowie des Netzbereichs zu quantifizieren.

Zulassung der Maßnahme

Diese Maßnahme ist zugelassen und wird eingesetzt.

¹¹⁶ Vgl. DB Netz AG (2012h).

6.5.7 Schienenstegdämpfer

Reduktionspotenzial

Bis zu 3 dB(A) Lärminderung in Abhängigkeit des Gleiszustandes (Track Decay Rate und Schienenrauheit).

Beschreibung der Maßnahme

Schienenstegdämpfer erhöhen die Schienenabklingrate und mindern damit die Schallabstrahlung der Schiene.

Auf dem Markt existieren verschiedene Anbieter von Schienenstegdämpfern, z.B. Schrey & Veit, TATA Steel, Vossloh und STRAIL, deren Systeme vergleichbare Minderungseffekte erzielen.

Abb. 49: Schienenstegdämpfer



Quelle: Schrey & Veit (2016).

Kosten der Maßnahme

Die geschätzten Investitionskosten liegen bei 180.000 Euro/km. Zusätzlich fallen Kosten für Instandhaltungswartung von 10.700 Euro/km an.¹¹⁷ Diese resultieren aus Mehraufwand z.B. bei Gleisdurcharbeitung, dem Verlegen/Tauschen von Schienenfußkabeln und Schienenwechseln sowie der Instandsetzung der Komponenten in Form von Schrauben nachziehen und Ersatz defekter Teile.¹¹⁸

Bezogen auf die geschätzte Lärmreduktion von 3 dB(A) ergeben sich für die Schienenstegdämpfer bei einer Lebensdauer von 13 Jahren jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion und pro km in Höhe von ca. 8.200 Euro.

Zulassung der Maßnahme

Schienenstegdämpfer sind typenweise zuzulassen. Vom EBA zugelassen ist z.B. das System STRAILLas-tic_A von STRAIL (seit Mai 2010). Im Jahr 2014 hat das EBA die Zulassungen zur Betriebserprobung der Schienenstegdämpfer der Firmen Kraiburg, Vossloh, Hering Industrie- und Gleisbau GmbH und Schrey & Veith GmbH verlängert.

¹¹⁷ Vgl. DB Netz AG (2012h).

¹¹⁸ Vgl. Hempe (2015).

6.5.8 Schienenstegabschirmung

Reduktionspotenzial

Die Lärminderung liegt bei ca. 3 dB(A).

Beschreibung der Maßnahme

Es werden Metallbleche direkt an den Schienensteg montiert. Diese können als Schirme ähnlich wie bei nSSW möglichst nah an der Schallquelle wirken.¹¹⁹ Die Schienenabschirmung mindert nur die Abstrahlung des Luftschalls und wandelt nicht wie bei Schienenstegdämpfern die Schwingungsenergie in Wärmeenergie um.

Abb. 50: Schienenstegabschirmung



Quelle: Pro Rheintal (2013).

Kosten der Maßnahme

Laut DB Netz AG¹²⁰ liegen die Investitionskosten bei 164.000 Euro pro km; laut Haltermann¹²¹ liegen sie zwischen 150.000 und 200.000 Euro/km. Wir gehen von einem Betrag von 180.000 Euro aus. Die Folgekosten bei Instandhaltungsmaßnahmen am Gleis sind jährlich um 11.700 Euro pro km höher als bei Gleisen ohne Schienenstegabschirmung. Diese resultieren wie bei den Schienenstegdämpfern (Abschnitt 6.5.7) aus Mehraufwand z.B. bei Gleisdurcharbeitung, dem Verlegen/Tauschen von Schienenfußkabeln und Schienenwechseln sowie der Instandsetzung der Komponenten in Form von Schrauben nachziehen und Ersatz defekter Teile.¹²²

Bei einer Lebensdauer von ca. 13 Jahren ergeben sich jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion und pro km in Höhe von ca. 8.500 Euro.

¹¹⁹ Vgl. Biebl, Jaksch (2012).

¹²⁰ Vgl. DB Netz AG (2012h).

¹²¹ Vgl. Haltermann (2014).

¹²² Vgl. Hempe (2015).

Zulassung der Maßnahme

Die Schienenstegabschirmung wurde im Rahmen des Konjunkturpaketes II an 12 verschiedenen Stellen eingebaut und getestet.¹²³ Ebenso wie bei Schienenstegdämpfern erfolgen Typ-Zulassungen durch das EBA. Eine EBA-Zulassung hat z.B. Calmmoon Rail der japanischen Firma Sekisui.

6.5.9 Schienenschmieranlagen

Reduktionspotenzial

Diese Maßnahme dient der Senkung des Kurvenkreischens; auf der geraden Strecke hätte sie keinen Effekt. Das Reduktionspotenzial ist je nach Bogenradius unterschiedlich. Am Bahnhof Bern wird die Geräuschemission mit einem Bogenradius von 180 m um ca. 5 dB(A) verringert. Die Geräuschkdauer wurde ebenfalls verringert.

Beschreibung der Maßnahme

Das Schmiermittel auf der Fahrfläche der Innenschiene verhindert weitgehend die Geräuscentwicklung (Kurvenkreischen) und hemmt teilweise die Entstehung von Schlupfwellen. Schlupfwellen sind Schienenfehler (periodische, wellenförmige Unebenheiten der Fahrbahnoberfläche) und entstehen meist in engen Radien.

Abb. 51: Spurkranzschmieranlage



Quelle: Eigenes Bild.

Kosten der Maßnahme

Die Investitionskosten liegen laut Hersteller, Rail Partner Systems, bei 30.000 CHF (ca. 28.000 Euro¹²⁴) pro km.¹²⁵ Laut DB Netz AG¹²⁶ liegen sie bei 54.700 Euro pro km.

¹²³ Vgl. DB Netz AG (2012h).

¹²⁴ Bei einem Umrechnungskurs von 1,07 CHF pro Euro (13. März 2015).

¹²⁵ Vgl. Krüger (2013).

¹²⁶ Vgl. DB Netz AG (2012h).

Die jährlichen Kosten für die Neueinstellung der Anlage und Austausch des Schmiermittels beziffert Rail Partner Systems auf 10.000 CHF (ca. 9.300 Euro¹²⁷) pro km. Laut DB Netz AG¹²⁸ liegen sie bei 10.400 Euro pro km.

Nach unserer Einschätzung liegen die Investitionskosten bei 40.000 Euro und die Folgekosten pro Jahr und km bei 9.850 Euro. Die Lebensdauer schätzen wir auf 13 Jahre. Daraus ergeben sich für die 5 dB(A) Lärmreduktion in Kurven jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion und pro km in Höhe von ca. 2.600 Euro.

Zulassung der Maßnahme

Schienenschmieranlagen sind typenweise zuzulassen. Vom EBA zugelassen sind z.B. ESA von Schreck-Mieves und E3S von moklansa.

6.5.10 Reibmodifikation

Reduktionspotenzial

Diese Maßnahme dient der Senkung der Kurvengeräusche; auf der geraden Strecke hätte sie keinen Effekt. Eine Reduktion der Kurvengeräusche (Kurvenkreischen und Grummeln) ist möglich. Der Effekt wird mit einer Minderung um 5 dB(A) angenommen.

Beschreibung der Maßnahme

Der Reibmodifikator wird stationär auf dem Schienenkopf angebracht. Dadurch wird der sog. Haftgleiteffekt (Stick-Slip-Effekt) und damit die Anregung von Rad und Schiene verringert.

Abb. 52: Schienenkopf – Konditionierung



Quelle: LB Foster Rail Products (2013).

¹²⁷ Bei einem Umrechnungskurs von 1,07 CHF pro Euro (13. März 2015).

¹²⁸ Vgl. DB Netz AG (2012h).

Kosten der Maßnahme

Die DB Netz AG¹²⁹ gibt die Kosten pro Anlage mit 149.400 Euro und 7.100 Euro Betriebs- und Instandhaltungskosten pro Jahr an. Die jährlichen Gesamtkosten werden von der DB Netz AG¹³⁰ bei einer Lebensdauer von 10 Jahren mit 22.000 Euro gefolgert. Die Lebensdauer der Anlage ist mit 10 Jahren¹³¹ etwas geringer als die der Schienenschmieranlagen. Damit ergeben sich jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion in Kurven in Höhe von 4.400 Euro pro km.

Zulassung der Maßnahme

Das System befindet sich zur Zeit noch in der Erprobung, da aus Sicherheitsgründen der Kraftschluss zwischen Rad und Schiene nicht zu stark beeinflusst werden darf, damit Brems- und Traktionskräfte noch übertragen werden können.

6.6 Zusammenschau und Bewertung der Einzelmaßnahmen

Der vorige Abschnitt macht deutlich, dass es eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Lärmreduktion des Schienengüterverkehrs gibt. Teils können sie sich gegenseitig ergänzen, teils handelt es sich um sich ausschließende Alternativen. Die Kombinierbarkeit der Maßnahmen an einem einzigen Objekt – sei es an einem Wagen, einer Lok oder einem Infrastruktur-Abschnitt – wird in Abschnitt Kombination von Maßnahmen 6.7 genauer betrachtet.

Hingegen sind Maßnahmen an *verschiedenen* Objekten (Wagen, Lokomotive, Infrastruktur) immer kombinierbar. Wenn an allen Wagen eines Zuges und auch an der Lokomotive Maßnahmen mit x dB(A) Lärminderungspotenzial vorgenommen werden, dann sinkt die Lärmemission des ganzen Zuges um x dB(A).¹³² Derselbe Effekt wird in erster Näherung vermutet, wenn eine einzige Maßnahme an der Infrastruktur vorgenommen wird, die den Lärm um x dB(A) senkt. Nimmt man alle diese Maßnahmen zusammen vor, so sinkt die Lärmemission um $2x$ dB(A).¹³³

Wird hingegen eine Maßnahme nur an der Hälfte der Wagen vorgenommen, während alle anderen Wagen, die Lok und die Infrastruktur unverändert bleiben, dann sinkt die Lärmemission um deutlich *weniger* als $x/2$ dB(A). Dies liegt an der logarithmischen Natur der Lärmempfindung: schon einige wenige laute Wagen oder eine laute Lok können einen ganzen Zug laut machen.

Die verschiedenen Maßnahmen können nun nach ökonomischer Effizienz geordnet werden, d.h. nach aufsteigenden Kosten pro dB(A) Lärminderung. Grundsätzlich sollte (für gut vergleichbare Umstände) die Maßnahme mit den geringsten Kosten pro dB(A) zuerst durchgeführt werden, dann die mit den nächst höheren Kosten pro dB(A).

¹²⁹ Vgl. DB Netz AG (2012h).

¹³⁰ Vgl. DB Netz AG (2012h).

¹³¹ Vgl. DB Netz AG (2012h).

¹³² Bei sehr verschiedenartigen Maßnahmen – die unterschiedliche akustische Ansatzpunkte haben – wäre dies wohl eher als erste Näherung des Gesamteffekts zu betrachten.

¹³³ Es sei darauf hingewiesen, dass zur Validierung der Aussagen zu Gesamteffekten im Einzelfall weitere Forschung notwendig ist.

In den nachfolgenden Tabellen werden jeweils separat für die Maßnahmen am Wagen (pro Wagen), an der Lokomotive (pro Lok) und an der Infrastruktur (pro Strecken-km) die Kosten pro dB(A) Lärminderung angegeben.¹³⁴

Diese Tabellen geben einen ersten Eindruck von der Eignung und relativen Effizienz der verschiedenen Maßnahmen.¹³⁵

Dabei bezieht sich der mit den „Kosten der Lärminderung“ angesprochene Vergleich immer auf eine Situation, die dem aktuellen „normalen“ Stand entspricht. Bei Gleisen bezieht er sich also auf ein Gleis, das z.B. noch keine Schallschutzwand aufweist. Bei den Maßnahmen am Wagen bezieht sich der Vergleich allerdings auf einen Wagen, der bereits mit K- oder LL-Sohlen ausgestattet ist, ansonsten aber dem derzeitigen Standard entspricht. Außerdem wird bei den Wagen „normale, gleichmäßige Fahrt auf normalem, geradem und gut gepflegtem Gleis“ unterstellt.

Die effizienteste Maßnahme, Schallschürze am Drehgestell, bezieht sich allerdings nicht auf normales Gleis, sondern erfordert nSSW. Um die Kombination mit einer nSSW zu realisieren, kämen vielerorts die Kosten der Schallschutzwand hinzu (siehe dazu Abschnitt 6.5.6), dann wäre dies nicht mehr die effizienteste Maßnahme. Außerdem sei an weitere Probleme der Schallschürzen und der nSSW erinnert: Schallschürzen – sowohl solche am Drehgestell als auch solche am Radsatz – verändern das Lichtraumprofil des Wagens und werfen damit Zulassungsprobleme auf; gleichzeitig können nSSW die Gleisinstandhaltung behindern.

Der überwiegende Teil der Wagen wird noch auf lange Sicht aus solchen Wagen bestehen, die schon heute zum Altbestand gehören. Von primärem Interesse ist daher in Tab. 14 die Spalte „Umrüstung“.

Allerdings werden auch stets Neuwagen angeschafft. Bei der Gestaltung von Neuwagen bestehen ganz andere Möglichkeiten der wirtschaftlichen Lärminderung. Tab. 14 weist zwei Maßnahmen am Neuwagen aus, die negative Kosten erzeugen – also einen positiven betrieblichen Wertbeitrag liefern: kleinere Räder und lärmindernde Radbauformen. Kleinere Räder sind allerdings mit einer Minderung der Achslast der Wagen verbunden; dies kann bei Wagen für volumenhaltige Transporte unproblematisch sein, nicht jedoch bei Wagen für Massenguttransporte. Lärmindernde Radbauformen sind in der Regel nur in Verbindung mit einer Scheibenbremse möglich; die Differenzkosten der Scheibenbremse wurden allerdings in dem Eintrag in Tab. 14 noch nicht mit berücksichtigt, sondern erst in Tab. 17 dargestellt – diese können bei hoher Laufleistung des Wagens ebenfalls negativ sein.

Als teuerste Maßnahme am Wagen erscheint in Tab. 14 der Radschallabsorber. Nach der Standardvorgehensweise für die Berechnung der Tabellen wurden hier nur die 2,5 dB(A) Minderungspotenzial auf gerader Strecke berücksichtigt.

Der Hauptzweck des Radschallabsorbers ist jedoch die Minderung des Kurvenkreischens, wo er ein Minderungspotenzial von 10 bis 15 dB(A) aufweist.

¹³⁴ Siehe dazu auch die umfangreicheren Tabellen im Anhang.

¹³⁵ Es sei darauf hingewiesen, dass sich die Lärminderungspotenziale der Maßnahmen auf eine Standardgeschwindigkeit von ca. 80 km/h beziehen. Für eine verfeinerte Kosten-Wirksamkeits-Analyse müssten umfangreichere Feldversuche vorgenommen werden.

Bei den anderen Maßnahmen der Tab. 14 treten derartige Besonderheiten nicht auf; bei ihnen ist daher die Tabelle besonders aussagekräftig. Beschichtungen an Drehgestell und Radsatz und Kunststoffbuchsen im Bremsgestänge sind einfache und kostengünstige Maßnahmen, die am Wagenaltbestand vorgenommen werden können, um die Lärmbelastung zu senken.

Lokomotiven werden aufgrund ihrer hohen Kapitalbindung viel effizienter eingesetzt als Wagen, daher haben sie eine deutlich höhere Laufleistung als die Wagen. Bei ihnen können sich deshalb auch „sehr teure“ Maßnahmen (nach dem Kriterium Kosten pro dB(A) und Jahr) lohnen. Ein Vergleich der Tab. 14 und 15 Tab. 15 zeigt jedoch, dass die Maßnahmen an der Lokomotive nicht teurer sein müssen als die am Wagen. Dies erhöht die Dringlichkeit, auf das Thema Lokomotiven in Zukunft verstärkt einzugehen.

Ob Maßnahmen am Rollmaterial oder an der Infrastruktur vorgenommen werden sollten, hängt davon ab, wie sich die Laufleistung der Wagen zur Auslastung der Infrastruktur verhält. Zusätzlich sind aber neben den Kosten pro dB(A) Minderung - auch örtliche Gegebenheiten zu berücksichtigen, hinsichtlich Intensität der Schädigung / Belästigung durch den Lärm, hinsichtlich der Zahl der betroffenen Menschen und hinsichtlich der Eignung und der lokal zu bestimmenden Kosten von Infrastrukturmaßnahmen.

Bei Betrachtung der Maßnahmen an der Infrastruktur wird deutlich, dass die Maßnahmen direkt am Gleis größere Nutzen-Kosten-Quotienten bieten als die Maßnahmen, die den am Gleis entstandenen Schall von der Umwelt abschirmen. Als besonders wirtschaftlich stellen sich die Schwellenbesohlungen heraus, die bereits heute vielfach eingebaut werden. Diese sind jedoch nur bei regulären Schwellenwechseln, wenn alte bzw. kaputte Schwellen ausgetauscht werden müssen, zu empfehlen. An Strecken mit Schwellen im guten Zustand sind derzeit Maßnahmen an der Schiene zu empfehlen.

Die Maßnahmen an der Schiene sind von großer Bedeutung im Zusammenhang mit den Maßnahmen an Wagen, die an den Laufflächen der Räder wirken, da diese ohne ein gut geschliffenes Gleis an Wirkung verlieren. Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass die genannten Lärminderungspotenziale der Maßnahmen am Wagen nur für ein Gleis in gutem Zustand gelten. Der „gute Zustand“ wird also stets vorausgesetzt und ihn herzustellen ist diejenige „Maßnahme am Gleis“, die zuerst und unverzichtbar vorzunehmen ist (siehe Abschnitte 6.1 und 6.2).

Schallschutzwände sind die teuersten hier untersuchten Maßnahmen und daher nur punktuell einzusetzen, insbesondere dann, wenn durch die anderen beschriebenen Maßnahmen kein ausreichender Lärmschutz erreicht werden kann.

Sie ermöglichen eine besonders starke Lärminderung, haben jedoch auch eine zerschneidende Wirkung in der Landschaft und eine Beeinträchtigung des Personenverkehrs zur Folge.

Tab. 14: Kosten der Lärminderung durch technische Maßnahmen am Güterwagen (Kosten pro dB(A) Lärminderung und Jahr und Wagen) (Scheibenbremse und CFCB-Kompaktbremse sind nicht berücksichtigt)

Maßnahme		Kosten pro Jahr [Euro/dB(A)]	
		Neuwagen	Umrüstung
technische Maßnahmen am Güterwagen	Radbauform	-13	-
	Kleinere Räder	-8	-
	Schallschürzen am Drehgestell, nSSW gegeben	28	28
	Beschichtete Drehgestelle	35	35
	Kunststoffbuchsen im Bremsgestänge	40	40
	Beschichtete Radsätze	50	50
	Schallschürzen am Drehgestell	105	105
	Schallschürzen am Radsatz	110	110
	Viskoelastische Federung	160	160
	Hypno®damping	175	175
	Radschallabsorber	280	280

Anm.: Vergleichsbasis ist ein Wagen, der bereits mit K- oder LL-Sohlen ausgestattet ist, ansonsten aber dem derzeitigen Standard entspricht. Außerdem wird normale, gleichmäßige Fahrt auf geradem und gut gepflegtem Gleis betrachtet.

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der in Tab. 40 angegebenen Quellen bzw. eigene Schätzung.

Tab. 15: Kosten der Lärminderung durch technische Maßnahmen an der Lokomotive (Kosten pro dB(A) Lärminderung und Jahr und Lokomotive)

Maßnahme		Kosten pro Jahr [Euro/dB(A)]	
		Neuwagen	Umrüstung
technische Maßnahmen an Lokomotive	Optimierte Schaufelform	4	50
	Spiralschalldämpfer	10	10
	Lärmoptimiertes Getriebe	20	250
	Optimierung der Umrichterlagerung	40	40
	Schraubenkompressor	70	70
	Absorberjalousien am Kühleinlass und -auslass	150	170

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der in Tab. 41 angegebenen Quellen bzw. eigene Schätzung.

Tab. 16: Kosten der Lärminderung durch technische Maßnahmen an der Infrastruktur (Kosten pro dB(A) Lärminderung und Jahr und Infrastruktur-km)

Maßnahme	Kosten pro Jahr [Euro/dB(A)]
Schwellenbesohlung (Mehrkosten bei Neubau, ohne Austausch der Schwellen)	460
Besonders überwachtetes Gleis (BüG)	800
Akustikschleifen (Hochgeschwindigkeitsschleifen, HGS)	1.600
Schienen schmieranlage	2.600
Reibmodifikation	4.400
Gabionenwände 4-5m hoch	5.980
Niedrige Schallschutzwand	6.600
Schwellenbesohlung (inkl. Austausch der Schwelle)	7.790
Schienenstegdämpfer	8.200
Schienenstegabschirmung	8.500
Schallschutzwand Beton, 6m hoch	10.000

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der in Tab. 42 angegebenen Quellen bzw. eigene Schätzung.

Bei Neuwagen ist eine Ausstattung mit den grundlegend neuartigen Bremssystemen, Kompaktbremse (CFCB) oder Scheibenbremse ebenfalls wirtschaftlich möglich. Bleibt man hingegen beim traditionellen Bremssystem, so wird der Wagen mit K-Sohlen (nicht LL-Sohlen) ausgestattet. Abb. 53 zeigt die absoluten Kosten (LCC) der Ausstattung eines Neuwagens mit CFCB, Scheibenbremse oder K-Sohle.¹³⁶

Die Abb. 53 zeigt, dass bei einer Wagenneuanschaffung die Scheibenbremse *aus rein wirtschaftlichen Gründen* schon ab einer jährlichen Laufleistung von ca. 70.000 km am wirtschaftlichsten ist. Hierbei wurden Gesichtspunkte der Lärminderung noch gar nicht berücksichtigt.

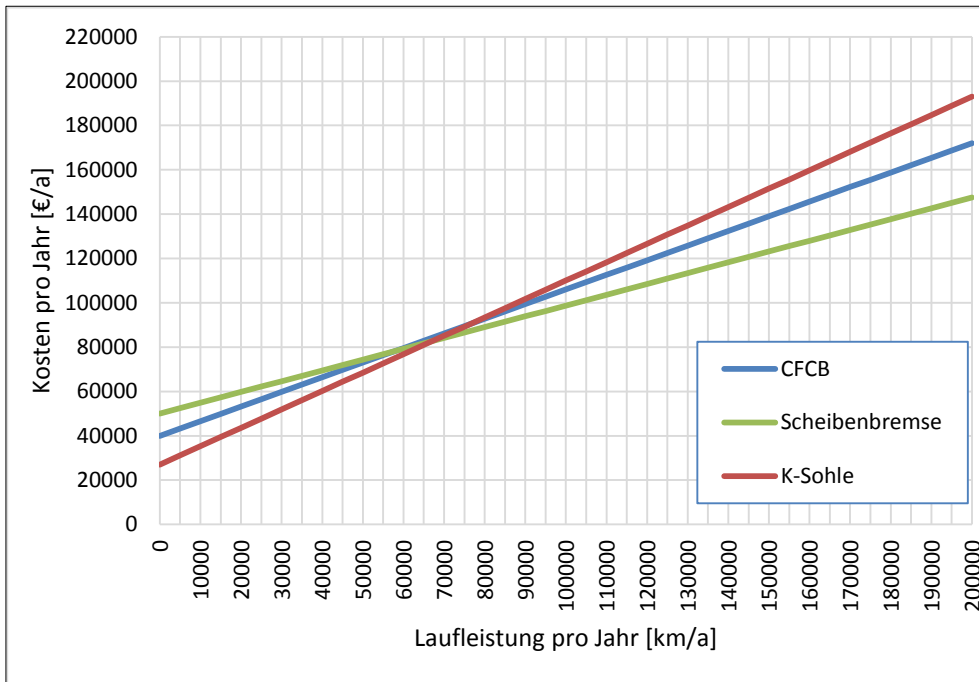
Allen drei Alternativen – K-Sohle, CFCB-Kompaktbremse und Scheibenbremse – ist gemein, dass sie durch den Ersatz der radaufrauenden GG-Sohlen ca. 10 dB(A) Lärminderung nach sich ziehen. Zusätzlich fällt bei der CFCB-Klotzbremse und bei der Scheibenbremse das Klappern der Bremsgestänge weg; dies veranschlagen wir mit weiteren 2 dB(A) Lärminderung. Im Fall der Scheibenbremse können außerdem lärmoptimierte Radbauformen eingesetzt werden (die zudem eher günstiger sind als eine herkömmliche Radbauform; siehe Tab. 14 und Abschnitt 6.3.12); dies reduziert die Lärmemission um weitere 4 dB(A).

Tab. 17 zeigt die sich hieraus ergebenden pro Jahr anfallenden *Differenzkosten* (im Vergleich zum Einsatz der K-Sohle) der Lärminderung pro dB(A). Diese Differenzkosten hängen von der Laufleistung ab, da die absoluten Kosten der Bremssysteme in unterschiedlicher Weise von der Laufleistung abhän-

¹³⁶ In Abb. 53 werden die Linien aus den Abb. 35(Abschnitt 6.3.10) und Abb. 37(Abschnitt 6.3.11) übereinander gelegt.

gen (dies wird in Abb. 53 illustriert). Daher weist die folgende Tabelle die Differenzkosten für verschiedene Laufleistungen aus. In den laufleistungsabhängigen Kosten sind die Wartung der Bremse und der Austausch der jeweiligen Verschleißkomponenten berücksichtigt.

Abb. 53: Laufleistungsabhängige LCC für CFCB, Scheibenbremse und K-Sohle für eine Laufzeit von 25 Jahren



Quelle: Eigene Darstellung.

Tab. 17: Scheibenbremse, kombiniert mit geradem Radsteg, und Kompaktbremse (CFCB): Laufleistungsabhängige Kosten der Lärminderung pro dB(A) und Jahr und Wagen

Maßnahme am Neufahrzeug	Differenzkosten im Vergleich zur K-Sohle pro Jahr [Euro/dB(A)] bei Laufleistung	
	CFCB	Scheibenbremse mit geradem Radsteg
10.000 km	11.300	19.574
30.000 km	7.900	12.723
50.000 km	4.500	5.872
60.000 km	2.800	2.446
70.000 km	1.100	-979
90.000 km	-2.300	-7.830
110.000 km	-5.700	-14.681

Quelle: Eigene Berechnung.

Güterwagen absolvieren höchst unterschiedliche Laufleistungen, die von 0 bis 200.000 km pro Jahr variieren. Bei hoher geplanter Laufleistung eines Wagens können sich auch „teure“ Maßnahmen nach dem Kriterium „Euro / dB(A)“ lohnen. Abweichend von den bisherigen Betrachtungen werden in Tab. 18 die Differenzkosten der Lärminderung *pro 1.000 km* betrachtet (also „Euro / dB(A) / 1.000

km“). Wieder erkennt man, dass ab einer Laufleistung von 70.000 km pro Jahr die Scheibenbremse die wirtschaftlichste Option darstellt. Bei einer Laufleistung von 60.000 km pro Jahr wäre aus rein betriebswirtschaftlichen Gründen die K-Sohle vorzuziehen, doch würde bereits eine Zahlungsbereitschaft von 40 Euro pro dB(A) Lärminderung pro 1.000 km Laufleistung eines Wagens dazu führen, dass der Wagen mit Scheibenbremse (und Rädern mit geradem Radsteg) ausgestattet wird. Diese Zahlungsbereitschaft könnte z.B. Ausfluss eines Umwelt-Marketings eines EVU oder eines umweltpolitischen Instruments (etwa lärmabhängiges Trassenpreissystem) sein.

Tab. 18: Scheibenbremse, kombiniert mit geradem Radsteg, und Kompaktbremse (CFCB): Laufleistungsabhängige Kosten der Lärminderung pro Jahr und Wagen und 1.000 km

Maßnahme am Neufahrzeug	Differenzkosten im Vergleich zur K-Sohle pro Jahr und 1.000 km [Euro/dB(A)/1.000 km] bei Laufleistung	
	CFCB	Scheibenbremse mit geradem Radsteg
10.000 km	1.130	1.957
30.000 km	263	424
50.000 km	90	117
60.000 km	46	40
70.000 km	15	-14
90.000 km	-25	-87
110.000 km	-51	-133

Quelle: Eigene Berechnung.

6.7 Kombination von Maßnahmen

Wie bereits erläutert wurde, sind Maßnahmen an *verschiedenen* Objekten – Wagen, Lokomotive oder Infrastruktur – in jeder Kombination möglich. Hingegen können an je *einem* dieser Objekte nicht alle möglichen Lärminderungsmaßnahmen, die in den vorigen Abschnitten behandelt wurden, frei miteinander kombiniert werden. Die folgenden Abbildungen fassen die Kombinierbarkeiten der vorgestellten Maßnahmen am Wagen und an der Infrastruktur schematisierend zusammen. Die Verbundstoffbremssohle wurde hier in die Betrachtung einbezogen. Maßnahmen, welche auf ein Kreuz führen, schließen sich gegenseitig aus. Diese Ausschlüsse werden im Folgenden erklärt.

Der gleichzeitige Einsatz der verschiedenen Bremssysteme – wie der CFCB-Kompaktbremse, der Scheibenbremse an Rad oder Welle oder der Klotzbremse mit Verbundstoffsohlen – ist nicht sinnvoll oder nicht möglich. Wird eine lärmoptimierte Radbauform verwendet, gestaltet sich die Wärmeabfuhr bei der Verwendung von Klotzbremsen sehr schwierig. Daher kommen unkonventionelle Radbauformen vor allem bei Scheibenbremsen in Betracht.

Radschallabsorber als Zungenabsorber und Radschallabsorber als Hypno@damping System sind aus konstruktiver Sicht nicht miteinander kombinierbar. Schallschürzen können nur entweder am Drehgestell oder am Radsatz befestigt werden. Eine Kombination beider ist konstruktiv ausgeschlossen, da die Schallschürze am Drehgestell auch den Radsatz mit abdeckt.

Alle weiteren Maßnahmen am Wagen sind frei miteinander kombinierbar. Im Drehgestell LeiLa, welches unter anderem von der TU Berlin entwickelt wurde, sind eine viskoelastische Federung, Radscheibenbremsen und Räder mit geradem Steg verwendet worden.¹³⁷

In Abb. 54 wird rechts unten auf die Kombination von Schallschürzen am Wagen mit niedrigen Schallschutzwänden am Gleis hingewiesen. Diese Kombination hat in der Tat ein beträchtliches Lärminderungspotenzial von 15 dB(A). Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass Schallschürzen das Fahrzeugumgrenzungsprofil einhalten müssen und nSSW die Wartung des Gleises beeinträchtigen.

Die dargestellten technischen Maßnahmen an der Lokomotive im Abschnitt 6.4 sind sämtlich frei miteinander kombinierbar. Einige Maßnahmen wurden in Kombination für die Lärmreduktion der Blue-Tiger (sechssachsige Diesellokomotive) verwendet¹³⁸, welche durch die TU Berlin ausgelegt wurden.

Bei den Maßnahmen an der Infrastruktur gibt es wiederum solche, die sich gegenseitig ausschließen. Konstruktiv gesehen können Schienenstegdämpfer und Schienenstegabschirmungen nicht direkt kombiniert werden. Weiterhin können die Systeme der Reibmodifikation und die Schmieranlage für den Spurkranz nicht direkt verknüpft werden, da die Schmiermittel verschiedene Inhaltsstoffe besitzen und nicht miteinander vermischt werden sollten. Ebenfalls sollte bei der Kombination einer Schmieranlage mit einem Schienenstegdämpfer auf die Verträglichkeit der Gummielemente beim Schienenstegdämpfer mit dem verwendeten Schmiermittel geachtet werden.

Kombinationen aus den kombinierbaren Minderungsmaßnahmen am Wagen, an der Lokomotive und an der Infrastruktur sind möglich und sollten grundsätzlich angestrebt werden, um einen größtmöglichen Minderungseffekt zu erzielen.

Welche Effekte der Lärminderung können von einer Kombination verschiedener Maßnahmen erwartet werden? Im ersten Ansatz würde man die Lärminderungseffekte der Einzelmaßnahmen in dB(A) addieren. Bei Maßnahmen, die an verschiedenen Schallquellen ansetzen (z.B. Radschall versus Bremsgestänge eines Wagens), ist diese Addition näherungsweise zutreffend, sofern keine signifikanten Interferenzeffekte auftreten.¹³⁹ Wenn hingegen einzelne Schallquellen von verschiedenen Maßnahmen lärm mindernd beeinflusst werden, ist der Gesamteffekt auf diese Schallquellen nicht leicht vorhersehbar.¹⁴⁰ Demzufolge müssen Kombinationen von Maßnahmen einer Prüfung unterzogen werden, damit das mögliche Minderungspotential im Güterverkehr aufgezeigt werden kann. Auch Marktakteure wiesen uns auf diese Problematik hin. Erste Feldversuche führten sogar zu widersprüchlichen Ergebnissen. Eine systematische Erforschung der wichtigsten Maßnahmen in Kombination ist daher dringend notwendig.

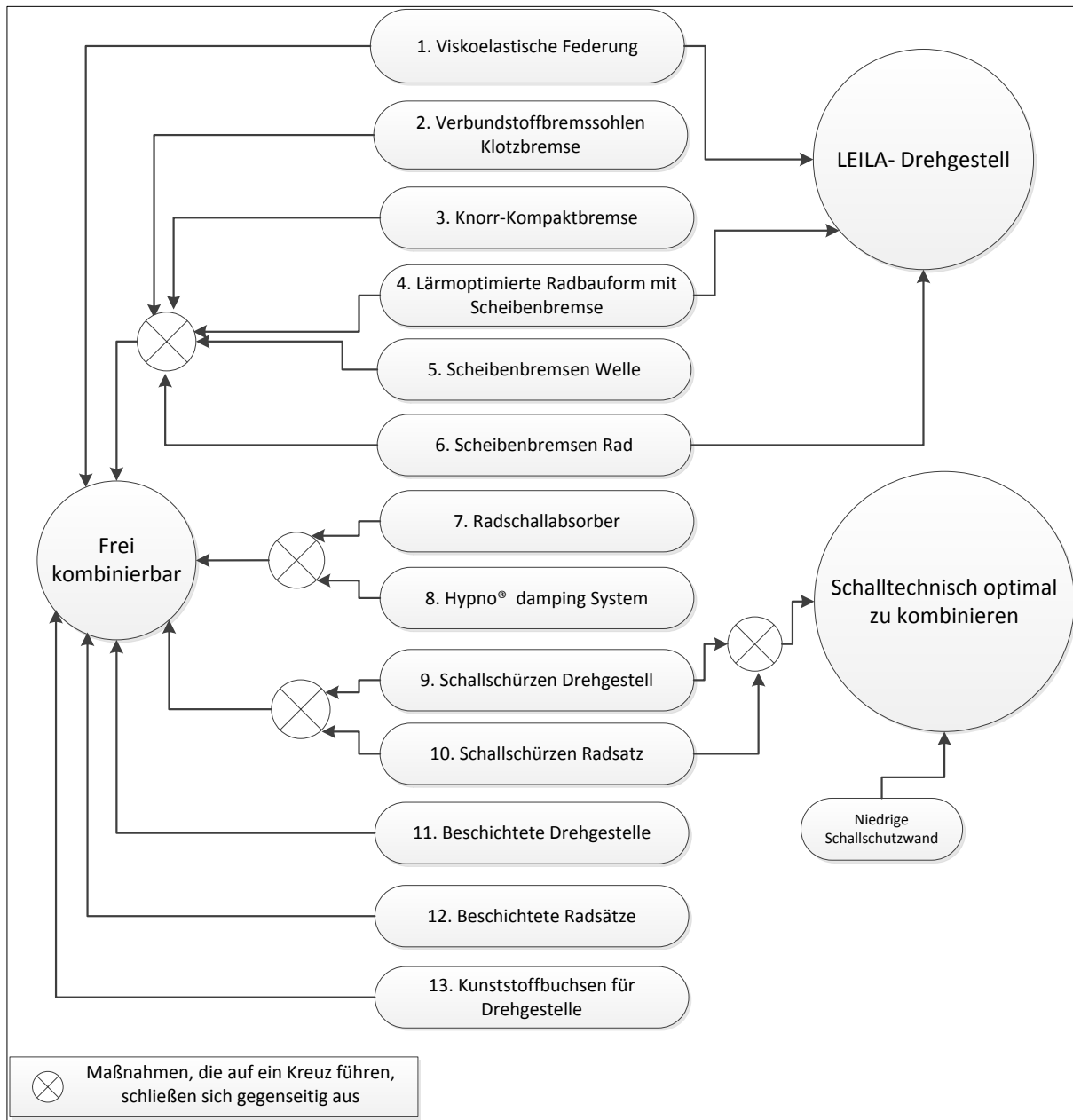
¹³⁷ Vgl. LeiLa (2004).

¹³⁸ Vgl. Hecht, Czolbe (2008).

¹³⁹ Interferenzeffekte zwischen Maßnahmen am Wagen und Maßnahmen an der Infrastruktur treten selten auf, da die Infrastruktur typischerweise im tieffrequenten Bereich abstrahlt, während die Wagen typischerweise höherfrequenten Lärm erzeugen.

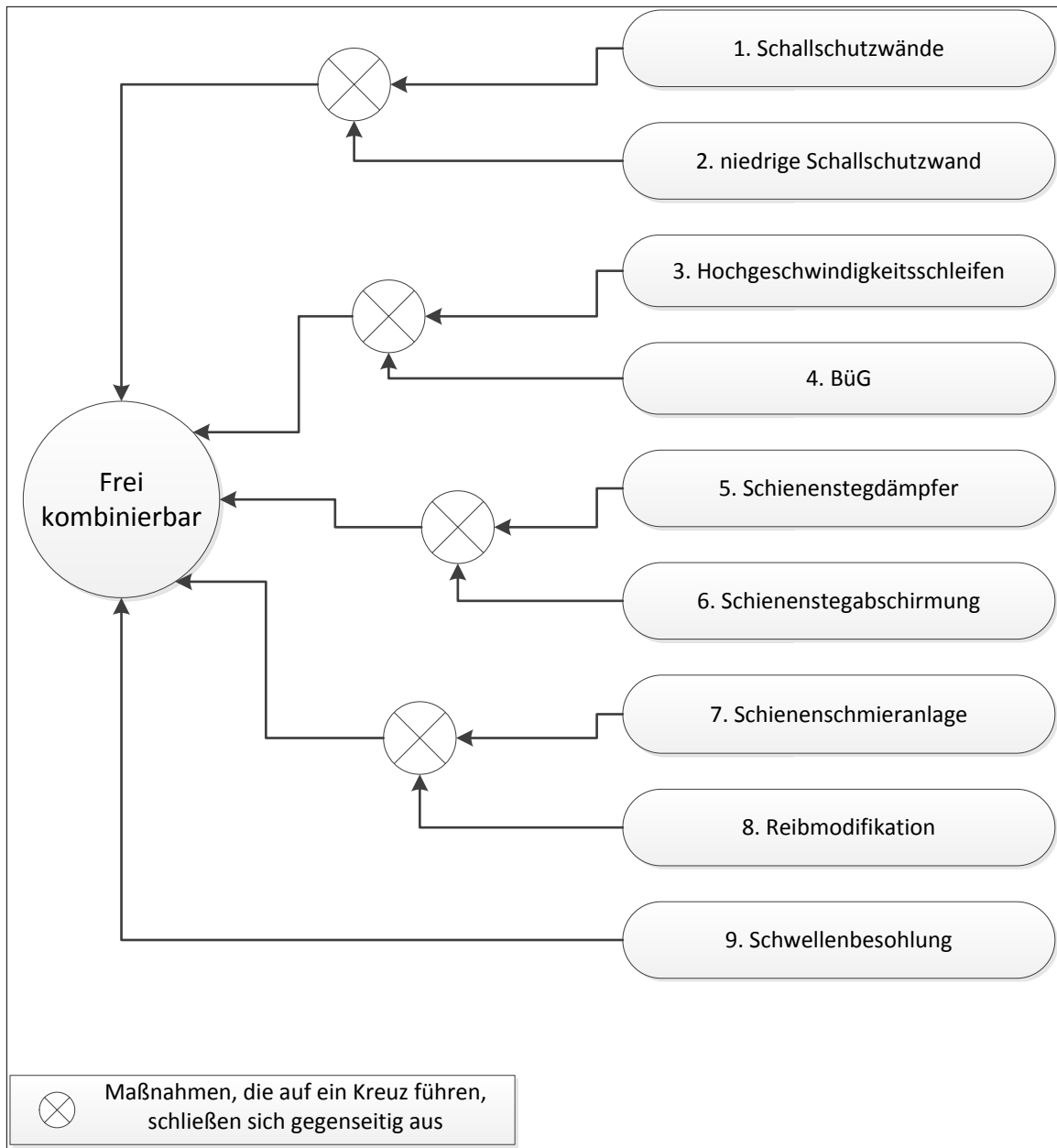
¹⁴⁰ Zusätzlich sei nochmals darauf hingewiesen, dass sich die angegebenen Lärminderungspotenziale der Einzelmaßnahmen auf eine Normgeschwindigkeit beziehen. Bei anderen Geschwindigkeiten können sich die relativen Minderungspotenziale verschiedener Maßnahme gegeneinander verschieben.

Abb. 54: Kombinierbarkeit von Maßnahmen und Ausschluss von Maßnahmen am Wagen



Quelle: Eigene Darstellung.

Abb. 55: Kombinierbarkeit von Maßnahmen und Ausschluss von Maßnahmen an der Infrastruktur



Quelle: Eigene Darstellung.

Dennoch können indikativ folgende Kombinationen von Maßnahmen empfohlen werden:

1. Maßnahmen am Wagen (Altbestand)

Nach Ersetzung der GG-Bremssohlen durch Verbundstoffsohlen bieten sich als weitere lärm mindernde Maßnahmen an: Beschichtungen an Drehgestell und Radsatz und Kunststoffbuchsen im Bremsgestänge, die alle kombinierbar sind. Hierauf aufbauend sollte eine viskoelastische Federung oder (ausschließend) Hypno@damping vorgesehen werden. Da alle diese Maßnahmen an unterschiedlichen Schallquellen ansetzen, sind ihre lärm mindernden Effekte näherungsweise addierbar (modulo Interferenzeffekte).

Wenn Kurvenkreischen eine besondere Problematik darstellt, kann dies mit Rad-schallabsorbern ergänzt werden. Hinsichtlich der weiteren Möglichkeit, Schallschürzen einzusetzen, wäre zunächst die Zulassungsfrage zu klären. Grundsätzlich sollten Schallschürzen mit Schallabsorptionsmaterial gefüllt sein, und Schürzen am Drehgestell sind denen am Radsatz vorzuziehen. Wenn sich entlang einer stark lärm belasteten Strecke bereits einige nSSW befinden, hätte der Einsatz von Schallschürzen am Drehgestell – sofern zugelassen – ein besonders hohes Lärm minderungspotenzial.

2. Maßnahmen an der Lokomotive (Altbestand und Neuanschaffung)

Da Lokomotiven eine wesentlich höhere Laufleistung als Wagen aufweisen und lärm mindernde Maßnahmen bei ihnen besonders kostengünstig sind, sollten alle in Tab. 14 gelisteten Maßnahmen wenigstens bei Neuanschaffungen umgesetzt werden: lärm optimierte Schaufelform des Lüfters, Spiralschalldämpfer, lärm optimiertes Getriebe, Lärm optimierung der Umrichterlagerung, Schraubenkompressor sowie Absorberjalousien am Kühleinlass und –auslass. Mit Ausnahme des lärm optimierten Getriebes gilt dies auch für Lokomotiven des Altbestandes. Diese Maßnahmen sind alle sinnvoll miteinander kombinierbar und ergänzen sich akustisch sowohl hinsichtlich unterschiedlicher Lärm emissionsquellen an der Lokomotive als auch unterschiedlicher Frequenzbereiche.

3. Maßnahmen an der Infrastruktur

Die wichtigste Maßnahme an der Infrastruktur ist die Herstellung und Erhaltung des „guten Zustandes“ des Gleises, um ein lärm armes Zusammenwirken von Fahrzeug und Infrastruktur zu ermöglichen. Des Weiteren sind Maßnahmen direkt am Gleis zu bevorzugen. Diese können bei Bedarf durch Schallschutzwände ergänzt werden.

4. Maßnahmen am Wagen (Neuanschaffung)

Bei der Beschaffung von Neuwagen sollte unbedingt geprüft werden, ob der Einsatz von Scheibenbremsen ökonomisch sinnvoll ist. Bei einer erwarteten Laufleistung von 70.000 km pro Jahr oder mehr müsste dies der Fall sein. In diesem Fall sollte eine Scheibenbremse in Kombination mit einer lärm optimierten Radbauform eingesetzt werden. Das resultierende Lärm minderungspotenzial von 6 dB(A) gegenüber einem mit K- oder LL-Sohle gebremsten Wagen ist substanziell.

Wagenneuanschaffungen für eine erwartete Laufleistung von weniger als 70.000 km pro Jahr sollten eigentlich überhaupt nicht getätigt werden. Denn für viele Jahre von heute an gibt es genug Wagen im Altbestand, die für solche Zwecke zur Verwendung stehen. Da diese nicht mehr auf Scheibenbremse umgerüstet werden können, sollten im Segment hoher Laufleistungen die Altbestandswagen nach und nach durch Neuzugänge von Wagen mit

Scheibenbremse verdrängt werden. Dies ergibt sich allein aufgrund des rein wirtschaftlichen komparativen Vorteils der Scheibenbremsen. Im Umkehrschluss bedeutet dies: Es sollte bereits heute praktisch kein Neuwagen mit K-Sohle mehr beschafft werden.

7 Lärmindernde Maßnahmen und Instandhaltungsprozesse

In diesem Kapitel wird untersucht, inwieweit die konkrete technische Durchführung lärmindernder Maßnahmen am Güterwagen in die reguläre Instandhaltung gemäß VPI Instandhaltungsleitfaden integriert werden kann. Dies wird beispielhaft an fünf lärmindernden Maßnahmen dargestellt: Drehgestellschürzen, Anti-Dröhnbeschichtung am Radsatz und am Drehgestellrahmen, klemmbare Rad-schallabsorber, Kunststoffbuchsen im Bremsgestänge.

Im Folgenden werden zunächst wesentliche Grundbegriffe der Instandhaltung allgemein vorgestellt sowie einige Grundlagen zur Güterwageninstandhaltung erläutert. Ausgehend von den Konsequenzen des Unfalls in Viareggio 2009 werden die wichtigen institutionellen Neuerungen der Instandhaltung beschrieben.¹⁴¹ Anschließend werden in zunehmender Detailschärfe die Prozesse der Instandhaltung gemäß dem VPI Instandhaltungsleitfaden dargestellt.

Auf dieser Grundlage wird im folgenden Abschnitt diskutiert, wie die genannten lärmindernden technischen Maßnahmen im Rahmen dieser Instandhaltungsprozesse kostengünstig durchgeführt werden können.

Unsere Analysen zu den Instandhaltungsprozessen zeigen, dass die Integration der lärmindernden Maßnahmen in die reguläre Güterwagenrevision bei keiner von uns betrachteten Maßnahme grundsätzliche Probleme bereiten sollte.

Die Fragestellung, inwieweit lärmindernde Maßnahmen am Güterwagen selbst wieder Instandhaltungstätigkeiten nach sich ziehen, wird hier nicht schwerpunktmäßig behandelt, sondern in Abschnitt 6.3 bei der Beschreibung der Maßnahmen selbst angesprochen.

7.1 Begriffliche Definitionen der Instandhaltung

Die Instandhaltung ist nach DIN EN 13306¹⁴² die Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer (Betrachtungs-)Einheit, die dem Erhalt oder der Wiederherstellung ihres funktionsfähigen Zustands (Soll-Zustand) dient.

Das „primäre Ziel der Instandhaltung ist die Verzögerung der Abnutzungsgeschwindigkeit und Vermeidung resp. Verhinderung von Zerstörung und Verfall von Betrachtungseinheiten“¹⁴³, wobei nach DIN 31051¹⁴⁴ als Betrachtungseinheit (BE) jedes Bauelement, Gerät, Teilsystem, jede Funktionseinheit, jedes Betriebsmittel oder System, das für sich allein betrachtet werden kann, definiert ist.

Weitere allgemeine Ziele der Instandhaltung können nach Baranek und Jakob¹⁴⁵ aus der Definition der Instandhaltung abgeleitet werden:

¹⁴¹ Stichworte hierzu sind Joint Sector Support Group (JSSG), EVIC, Entity in Charge of Maintenance (ECM).

¹⁴² Vgl. DIN EN 13306 (2010).

¹⁴³ Vgl. Strunz (2012).

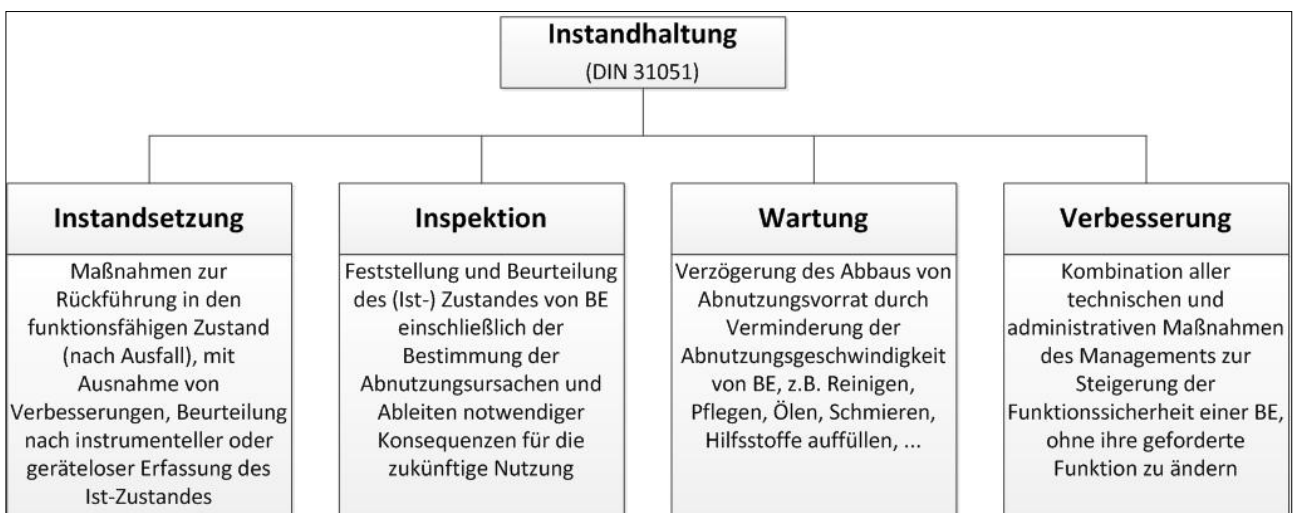
¹⁴⁴ Vgl. DIN 31051 (2012).

¹⁴⁵ Vgl. Baranek und Jakob (2006).

- Sicherstellung einer hohen Systemverfügbarkeit
- Erhöhung der Arbeits- und Anlagensicherheit
- Vermeidung von Unfallrisiken, Umweltbelastungen und Umweltschäden
- Verlängerung der Lebensdauer
- Frühzeitiges Erkennen von sich anbahnenden Schäden und damit Verhinderung von größeren Folgeschäden
- Ursachen- und Schwachstellenerkennung

Die Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Soll-Zustandes der BE werden nach DIN 31051¹⁴⁶ in die Kategorien Instandsetzung, Inspektion, Wartung und Verbesserung eingeteilt, siehe Abb. 56.

Abb. 56: Begriffe der Instandhaltung



Quelle: Eigene Darstellung nach DIN 31051 (2012) und Baranek, Jakob (2006).

¹⁴⁶ Vgl. DIN 31051 (2012).

7.2 Die Güterwageninstandhaltung

Güterwagen werden in der Regel nicht in ein und demselben Instandhaltungswerk instand gesetzt. Je nachdem, wann eine Güterwageninstandhaltung notwendig ist, und je nachdem, wo sich der Güterwagen gerade befindet, wird üblicherweise das nächstgelegene Instandhaltungswerk vom Wagenhalter ausgewählt.

Güterwagen werden dabei teilweise ohne vorherige Information des Instandhaltungswerkes auf dessen Abstellgleise rangiert; erst im Anschluss folgt eine schriftliche Bestellung der Instandhaltungsmaßnahme.¹⁴⁷ Es kommt sogar vor, dass bis zu 100 Güterwagen an einem Tag unerwartet auf die Abstellgleise eines Instandhaltungswerkes rangiert werden. Eine andere übliche Praxis ist aber auch, dass das Instandhaltungswerk vorher über eine potentielle Maßnahme informiert wird und vorab ein Angebot an den Wagenhalter sendet.

Instandhaltungsmaßnahmen am Güterwagen werden entsprechend einschlägiger Regelwerke, wie z.B. dem Instandhaltungsleitfaden der VPI (VPI-LF), durchgeführt.

Die Aufenthaltszeit eines Güterwagens im Instandhaltungswerk beträgt je nach Revisionsstufe und Randbedingungen 7-30 Tage. Das Instandhaltungswerk kann ergänzende Maßnahmen am Güterwagen im Umfang von bis zu 850Euro eigenständig durchführen, ohne vorher den Wagenhalter zu informieren. Zusätzlich gibt es auch noch weitere Regelwerke, welche der Wagenhalter speziell für seinen Güterwagen ergänzend dem Instandhaltungswerk zur Verfügung stellt.

Neben den geplanten Instandhaltungsmaßnahmen im Werk sind ungeplante Instandhaltungsmaßnahmen weitverbreitet. Mobile Einsatzteams der Instandhaltungswerke setzen Güterwagen vor Ort im Gleis instand. Mittlerweile sind mobile Einsatzteams täglich im Einsatz (Verteilung: 20% geplante Instandhaltung, 80% ungeplante Instandhaltung¹⁴⁸).

Konsequenzen des Unfalls in Viareggio für die Instandhaltung

Aufgrund des Wellenschenkelbruchs eines Radsatzes kam es in Viareggio (Italien) im Juni 2009 zu einem verheerenden Unfall eines Gefahrgutzugs, bei dem ein mit Flüssiggas gefüllter Kesselwagen der Firma GATX explodierte, obwohl die gebrochene Achse des Kesselwaggons erst Anfang des Jahres 2009 als Ersatzteil aus Deutschland geliefert und im März montiert worden war.¹⁴⁹ Die gebrochene Achse stammte aus dem Jahr 1974 und wurde laut GATX vorschriftsmäßig gewartet. Zu dieser Zeit waren Ultraschallprüfungen noch nicht vorgeschrieben. Da die Rissausbreitung üblicherweise viele Monate oder Jahre dauert, hätte der Riss jedoch mit Ultraschallprüfungen vermutlich in einem Frühstadium entdeckt werden können. Als Reaktion auf diesen Unfall wurden daher Ultraschallprüfungen der Radsatzwelle vorgeschrieben.

Als Konsequenz rückte vor allem die Instandhaltung von Güterwagenradsatzwellen in den Fokus der Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU). Die Europäische Eisenbahnagentur (ERA, European Railway

¹⁴⁷ Diese und die folgenden Informationen basieren auf Interviews mit Mitarbeitern von Instandhaltungswerken.

¹⁴⁸ Basierend auf Interviews mit Mitarbeitern eines Instandhaltungswerkes, Abweichungen zwischen den Instandhaltungswerken sind möglich.

¹⁴⁹ Vgl. Saabel (2011).

Agency), Nationale Sicherheitsbehörden und der Eisenbahnsektor (Privat- und Staatsbahnen) haben daraufhin eine ERA Taskforce für Güterwageninstandhaltung gebildet, um zunächst Lösungen für die europäische Radsatzwellenthematik zu erarbeiten. Fachliche Vorschläge für die Task Force werden von der Joint Sector Support Group (JSSG) erarbeitet, welche den gesamten Eisenbahnsektor vereinigt und in Abstimmung mit der Taskforce und den Sicherheitsbehörden steht. Bereits im Dezember 2009 wurde der erarbeitete JSSG-Aktionsplan unter der Auflage der Sicherheitsbehörden, dass die Umsetzung des Plans konsequent und vollständig als Selbstverpflichtung des Sektors zu erfolgen hat, genehmigt.

Der JSSG-Aktionsplan¹⁵⁰

Der JSSG-Aktionsplan gliedert sich in 3 verschiedene Maßnahmen.

Maßnahme 1 schreibt eine Sichtprüfung aller europäischen Radsatzwellen gemäß den EVIC-Richtlinien (European visual inspection catalogue for freight wagon axles) vor, welche seit dem 1. April 2010 verbindlich anzuwenden ist. Die Prüfung der Radsatzwelle erfolgt bei der betriebsnahen Instandhaltung des Güterwagens innerhalb der Werkstatt, wenn sich der Wagen über einer Arbeitsgrube befindet oder angehoben wird. EVIC-Richtlinien schreiben die Außerbetriebnahme des Radsatzes vor, wenn unzulässige mechanische Schäden oder Schäden am Korrosionsschutz festgestellt werden.

Die betreffenden Radsätze sind anschließend der Aufarbeitung mit zerstörungsfreier Prüfung zuzuführen. Während der Prüfung sind Mindestdatensätze der Radsatzwelle zu erfassen. Vorgeschrieben sind vollständige Prüfungen von Standardwagen innerhalb von 6 Jahren resp. 4 Jahre bei Gefahrengutwagen oder Wagen, die in korrosiven Umgebungen eingesetzt werden. Ziel der EVIC-Richtlinien ist keine Ersetzung, sondern eine Ergänzung vorhandener Verfahren.

Maßnahme 2 beschreibt eine vertiefte Untersuchung von Radsatzstichproben aus definierten Betriebsbereichen. Ziel dieser Maßnahme ist die Beweisermittlung, dass durch EVIC-Richtlinien mögliche Betriebsrisiken zufriedenstellend eliminiert werden konnten. Hier wurden 24.000 Radsatzwellen aus bestimmten Betriebsbereichen zerstörungsfrei untersucht, die nur zu 50% die EVIC Prüfung bestanden haben. Aus diesen Ergebnissen wird die JSSG weitere Maßnahmen ableiten. Seit dem 20. April 2010 ist die Maßnahme genehmigt und der Untersuchungszeitraum ist auf 12 Monate beschränkt.

Maßnahme 3 beschreibt eine europaweite Nachvollziehbarkeit der Radsatzinstandhaltung (genehmigt seit dem 21. April 2010). Der Zweck ist eine Ermittlung von betroffenen Radsätzen bei festgestellten Materialdefekten, welche zusätzlich auch die Unfallursachenermittlung erleichtern soll. In Deutschland ist für die Güterwageninstandhaltung die Einhaltung der Allgemeinverfügung des EBA zur Dokumentation der Instandhaltung von Güterwagenradsätzen weiterhin verpflichtend, wobei das EBA Anpassungen an die europäische Lösung prüft.

International sind bereits vor dem Unfall in Viareggio Maßnahmen entwickelt worden. Artikel 14a (1) der Richtlinie (RL) 2004/49/EG, eingefügt durch RL 2008/110/EG, verlangt: Jedem Fahrzeug wird eine für die Instandhaltung zuständige Stelle (ECM, Entity in Charge of Maintenance) zugewiesen.

Die ECM muss mittels eines Instandhaltungssystems dafür Sorge tragen, dass die Fahrzeuge gemäß dem für das betreffende Fahrzeug aufgestellten Instandhaltungsplan und den geltenden Regelwerken

¹⁵⁰ Vgl. Engelmann/Wirtgen/Nicolin (2010).

instand gehalten werden. Die Richtlinie sieht außerdem vor, dass bis Ende 2012 die ECM seitens nationaler Sicherheitsbehörden oder benannter Stellen (Notified Bodys) zwingend zertifiziert sein müssen.

7.3 Analyse des Instandhaltungsleitfadens des VPI

Im Rahmen des Projekts wird der Ansatz verfolgt, dass der Güterwagen nicht speziell für die Nachrüstung der Lärminderungstechnologien ins Instandhaltungswerk beordert werden soll. Vielmehr werden die Instandhaltungsprozesse dahingehend analysiert, inwieweit die Nachrüstung in die reguläre zeitabhängige Güterwagenrevision integriert werden kann und inwieweit dies einen Einfluss auf die Prozesszeit hat.

Dabei werden die Instandhaltungsprozesse auf Basis des VPI-Instandhaltungsleitfadens und von Informationen aus Gesprächen in einem GANNT-Diagramm¹⁵¹ dargestellt. Insbesondere die Zeiten für die einzelnen Instandhaltungsschritte sind auf Basis von Gesprächen mit Mitarbeitern eines Instandhaltungswerkes möglichst realitätsnah abgeleitet worden.

Hervorzuheben ist an dieser Stelle, dass aufgrund verschiedener Einflussgrößen (siehe auch Abschnitt 7.2) der Instandhaltungsprozess sehr variabel ist und täglich neu geplant und angepasst werden muss. Außerdem ist der Prozess vom Güterwagentyp zu Güterwagentyp verschieden. Es gibt nicht den für einen Güterwagen einheitlichen Prozess. Das GANNT-Diagramm stellt nur die Planzeiten dar. Aufgrund der genannten Variabilität entstehen Pufferzeiten, welche die Dauer erheblich erhöhen und den Ablauf der Güterwageninstandhaltung signifikant beeinflussen können.

7.3.1 Vollständige und einfache Revision nach VPI-Leitfaden

Vor dem 01.07.2006 waren Halter von Privatgüterwagen verpflichtet, ihre Güterwagen, welche auf dem öffentlichen Schienennetz verkehren sollen, bei einem Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) einzustellen. Nach dem Inkrafttreten des COTIF 1999 am 01.07.2006 erlosch diese Pflicht und damit einhergehend auch die Pflicht des EVUs, Instandhaltungsregelwerke dem Halter bereitzustellen. Daher hat sich der Verband der Privatgüterwagen-Interessenten (VPI) entschieden, auf Basis des in den vergangenen Jahrzehnten gemeinsam mit DB Railion (heute DB Schenker Rail) entwickelten Instandhaltungsregelwerkes ein eigenes Instandhaltungsregelwerk zu erarbeiten, um einheitliche und wirtschaftliche Instandhaltungsregeln zu erhalten und fortzuführen.

Von 2008 bis einschließlich Juni 2013 wurde der VPI-Leitfaden (VPI-LF) von 315 verschiedenen internationalen Einrichtungen (Behörden, Verbände, Instandhaltungswerke, Hochschulen, Wagenhalter, sonstige) bezogen.¹⁵²

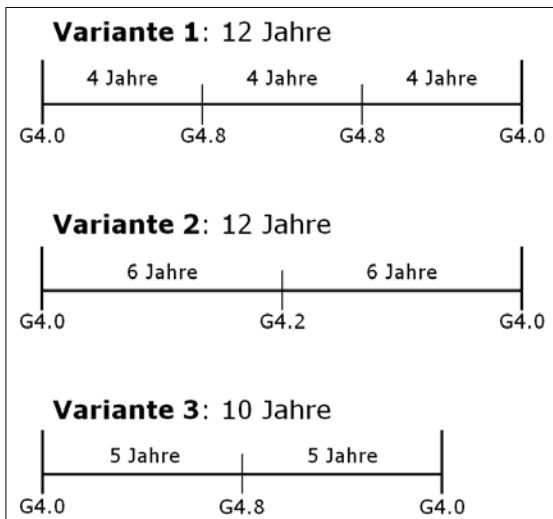
Der VPI-LF bildet mittlerweile die einzige europaweit erhältliche und frei zugängliche Instandhaltungsempfehlung und wird daher sequentiell auch in andere Sprachen übersetzt. Auf EU- und ERA-Ebene wird der VPI-LF immer mehr als etabliertes Instandhaltungssystem anerkannt und wird in verschiedenen Arbeitsgruppen / Besprechungen erwähnt.

¹⁵¹ „Das Gantt-Diagramm, benannt nach dem von Lawrence Gantt um 1900 erfundenen System zur Kontrolle von Arbeitsleistung, stellt den Termin- und Ablaufplan eines Projekts als Balkendiagramm dar“ (o.V., 2014).

¹⁵² Vgl. hierzu und zum Folgenden Wirtgen (2013).

Der VPI-LF gliedert sich in verschiedene Module (VPI E, VPI 01 - VPI 09), welche die Instandhaltungsregeln für verschiedene Komponenten des Schienenfahrzeugs (z.B. VPI 04 Radsätze) festlegen.¹⁵³ Im VPI Modul 01 (Instandhaltung von Güterwagen - Allgemeiner Teil) werden „bewährte und anwendbare Instandhaltungspläne für eine zeitabhängige Instandhaltung“¹⁵⁴ (Revisionsfristen, Instandhaltungspläne und Planarbeitslisten) dargestellt, die in Abb. 57 skizziert werden.

Abb. 57: Nach VPI bewährte zeitabhängige Instandhaltungspläne (exemplarisch)



Anm.: Exemplarische Darstellung; Auswahl der Variante ist z.B. von der Laufleistung des Güterwagens abhängig.

Quelle: Eigene Darstellung nach VPI (2013a).

Die Revisionsstufen G4.0 (vollständige Revision), G4.2 (einfache Revision) und G4.8 (einfache Revision) orientieren sich an durch den VPI festgelegten einheitlichen Planarbeiten und werden bis auf wenige Unterschiede bei allen Güterwagentypen einheitlich durchgeführt. Grundsätzlich sind demnach die Revisionsstufen für die Nachrüstung von Lärminderungsmaßnahmen unabhängig vom Güterwagentyp relevant.

Nach Abb. 57 findet, je nach Variante, die vollständige Revision G4.0 alle 10 bis 12 Jahre statt. Bei der vollständigen Revision werden planmäßig die Güterwagen und sämtliche ihrer Komponenten (Drehgestell, Untergestell, Bremse) zerlegt und geprüft, um etwa auch das „Innenleben“ von z.B. Radsatzlagern zu untersuchen.

Eine einfache Revision (G4.2, G4.8), die deutlich geringeren Aufwand erfordert, findet immer zwischen zwei vollständigen Revisionen statt und dient als Zwischenprüfung. Im aktuellen VPI-LF gibt es zwischen der G4.2 und G4.8 im Hinblick auf die vom VPI definierten Planarbeiten keine Unterschiede mehr.¹⁵⁵ Die verschiedenen Bezeichnungen sind eher historisch bedingt, d.h. in den ersten Versionen des VPI gab es zwischen den Revisionen G4.2 und G4.8 noch Unterschiede. Bei beiden Revisionen findet nur eine Sichtprüfung aller Bauteile statt und nur bei äußerlich erkennbaren Beschädigungen wird

¹⁵³ Vgl. VPI (2013).

¹⁵⁴ VPI (2013a).

¹⁵⁵ Information aus Gespräch mit einer Mitarbeiterin eines Wagenhalters.

ein Ausbau resp. eine Instandsetzung durchgeführt. Die einfache Revision G4.2 findet nach 6 Jahren und die einfache Revision G4.8 nach 4 bis 5 Jahren statt.

Den Unterschied zwischen vollständiger und einfacher Revision illustriert Abb. 58 am Beispiel der Komponente Drehgestell. Spalte D3, rote Markierung, beschreibt die vollständige Revision, während Spalte D2, grüne Markierung, die einfache Revision beschreibt. Bei der vollständigen Revision werden einzelne Komponenten (z.B. Radsatz, Zeile 6) komplett ausgebaut, gemäß Richtlinie (z.B. für Radsatz: VPI 04) geprüft und wieder eingebaut. Bei Identifikation von fehlerhaften Komponenten oder Schäden werden die entsprechenden Komponenten ausgebaut und ersetzt.

Schematisch läuft die vollständige Revision wie folgt ab:

1. Güterwagen wird in Halle des Instandhaltungswerks rangiert
2. Ausbau der Radsätze und Überprüfung
3. Überprüfung Drehgestellrahmen (u.a. auf Risse, Brüche...)
4. Überprüfung der Tragfedern
5. Überprüfung der Federkappen, Druckstücke, Dämpferschaken und federnde Gleitstücke
6. Vermessung Drehgestellrahmen
7. Zusammenbau Drehgestell
8. Bremsanlage wird auf Schäden geprüft und gereinigt
9. Überprüfung des Unterbaus auf sichtbare Schäden
10. Drehgestell wird eingefahren und Güterwagen abgesenkt
11. Güterwagen wird aus Halle geschoben
12. Durchführung der Bremsrevision Br3.

Abb. 58: Darstellung der vollständigen Revision G4.0 (rot, D3) im Vergleich zur einfachen Revision G4.2/G4.8 (grün, D2) am Beispiel der Komponente Drehgestell D

Baugruppe	Zeile	Vorgangsbeschreibung	Instandhaltungsstufe	
			D3	D2
Drehgestell D	1	Radsatzhalterstege und deren Sicherungselemente ab, prüfen, an	x	
	2	Radsatzhalterstege und deren Sicherungselemente auf Schäden prüfen		x
	3	Abhebesicherungen und deren Sicherungselemente ab, prüfen, an	x	
	4	Abhebesicherungen und deren Sicherungselemente auf Schäden prüfen		x
	5	Radsatzführung prüfen		x
	6	Radsatz ausbauen, nach VPI 04, Anhang 18 prüfen, einbauen	x	
	7	Drehgestellrahmen einschließlich der Festpunkte der Tragfederaufhängung auf Risse, Brüche, Verformungen, Oberflächenschutz, Anschriften, Korrosionsstellen und Abzehrungen sowie feste Gleitstücke prüfen	x	x
	8	Sichtprüfung der Manganplatten (soweit sichtbar)	x	x
	9	Tragfedern ab, nach VPI 05 prüfen, an	x	
	10	Tragfedern nach VPI 02, Anhang 1, prüfen		x
	11	Verschlussstücke, Tragfederbolzen und Gehängeteile ab, lehren, fetten, an	x	
	12	Verschlussstücke, Tragfederbolzen und Gehängeteile prüfen		x
	13	Federkappen, Druckstücke, Dämpferschaken und fedemde Gleitstücke ab, prüfen, an	x	
	14	Federkappen, Druckstücke, Dämpferschaken und fedemde Gleitstücke prüfen		x
	15	Untere Drehpfanne prüfen, Drehpfanneneinlage reinigen und Sichtprüfung durchführen	x	x
	16	Drehgestellrahmen teilvermessen und Messblatt ausfüllen	x	
	17	Abstand zwischen Bremshebelverbinder und Radsatzwelle bei Achse 2 und 3 prüfen	x	x
	18	Br 3 ausführen	x	
	19	Br 2 ausführen		x
	20	Kennschild mit Revisionsangaben, Revisionsschild auf Vollständigkeit prüfen	x	x

Quelle: Eigene Darstellung nach VPI (2013a).

Schematisch laufen die einfachen Revisionen wie folgt ab:

1. Güterwagen wird in die Halle des Instandhaltungswerks rangiert
2. Überprüfung der Radsätze auf sichtbare Schäden
3. Drehgestell wird unter dem angehobenen Güterwagen ausgefahren und äußerlich geprüft
4. Bremsanlage wird auf äußere Schäden geprüft und gereinigt
5. Überprüfung des Unterbaus auf sichtbare Schäden
6. Drehgestell wird eingefahren und Güterwagen abgesenkt
7. Güterwagen wird aus Halle geschoben
8. Durchführung der Bremsrevision Br2.

7.3.2 Prozess und Zeitbedarf der vollständigen Revision

Die Nachrüstung von Lärminderungsmaßnahmen wird zunächst während der vollständigen Revision G4.0 untersucht, da während dieser Revision der Güterwagen bereits nach Definition der VPI in seine Einzelkomponenten zerlegt wird. Dies ist eine Voraussetzung, um z.B. den Standard-Radsatz BA004 gegen einen leiseren Radsatz (Radsatz BA308/BA309 mit Anti-Dröhnbeschichtung und klemmbaren Radschallabsorbern) auszutauschen.

Die folgende Auflistung illustriert wesentliche typische Einflussgrößen auf den Zeitbedarf einer vollständigen Revision, wobei jeweils unter a) der günstige und unter b) der ungünstige Fall beschrieben wird:

1. Alter des Wagens

- a) < 20 Jahre: Ersatzteile sind leicht und schnell zu beschaffen, insgesamt relativ häufig guter Allgemeinzustand des Güterwagens
- b) ≥ 20 Jahre: Ersatzteilbeschaffung kann schwierig sein, ggf. Nachbau (Nachkonstruktion) nötig, Güterwagen häufig im schlechten Allgemeinzustand

2. Laufleistung des Wagens

- a) Güterwagen mit hohen Laufleistungen (z.B. Containerwagen): Bremsgestänge in gutem Zustand, aber durch hohe Laufleistung verhärtetes Oberflächenmaterial am Radkranz und allg. stark verschlissene Räder
- b) Güterwagen mit geringer Laufleistung (z.B. Kesselwagen): Bremsgestänge in schlechtem Zustand, aber relativ weiches Oberflächenmaterial am Radkranz und damit einhergehend einfach und schnell zu bearbeitende Radsätze

3. Art des Instandhaltungsvertrages und Güterwagentyp

- a) Langfristige Verträge und Großaufträge für Güterwagenflotten: Instandhaltungswerk hält übliche Komponenten zur Instandhaltung vor (Neubestellungen und Lieferungen entsprechender Komponenten während Revision nicht notwendig)
- b) Ungeplante und kurzfristige Revisionen von einzelnen Güterwagen: Keine Ersatzteillagerung, Neubestellungen und Lieferungen entsprechender Komponenten notwendig

4. Kapazität des Instandhaltungswerkes

- a) Instandhaltungswerk wenig ausgelastet (Güterwagen können direkt in die Hallen rangiert werden)
- b) Instandhaltungswerk stark ausgelastet (Güterwagen müssen auf Abstellgleisen auf Revision warten)

5. Kapazität der Werkstätten (Standplätze)

- a) Freie Plätze z.B. für Drehgestell Instandsetzung verfügbar (sofortige Durchführung von parallelen Instandhaltungsarbeiten möglich)
- b) Keine freien Plätze verfügbar (Komponenten müssen auf freie Plätze warten)

6. Räumlicher Abstand zwischen einzelnen Werkstätten

- a) Klein: Schneller Transport bei guter Logistik möglich
- b) Groß: Zeitintensiver Transport trotz guter Logistik

7. Verfügbarkeit von Mitarbeitern

- a) Hoch, z.B. aufgrund von geringem Krankenstand
- b) Niedrig, z.B. aufgrund von hohem Krankenstand

8. Sonderwünsche von Haltern

- a) Gering, z.B. keine speziellen zusätzlichen Ergänzungen zum VPI-LF

b) Hoch, z.B. Vielzahl von Ergänzungen zum VPI-LF

9. Schäden an der Bremsanlage

a) Nach Wirksamkeitstest: Bremsanlage ist funktionsfähig

b) Nach Wirksamkeitstest: Einzelne Komponenten der Bremsanlage sind defekt und müssen ausgetauscht werden.

Den optimalen, wenn auch unrealistischen Fall stellt die Summe aller Bedingungen aus den Kategorien a) dar. In diesem Fall ist die Durchführung der vollständigen Revision G4.0 schnell ausführbar. Der Güterwagen befindet sich in einem guten Allgemeinzustand. Etwaige Ersatzteile können schnell auf dem Markt beschafft werden und aufgrund von Kapazitäten sowohl im Instandhaltungswerk als auch in den Werkstätten kann der Instandhaltungsprozess sofort gestartet werden.

Obwohl prinzipiell eine hohe Kilometerleistung die Aufbereitung der Radsätze aufwändiger gestaltet, können stattdessen vorrätige bereits aufgearbeitete Radsätze aus dem Lager genommen und 1:1 ausgetauscht werden (Rahmenvertrag von Wagenhalter mit Instandhaltungswerk).

Die Aufbereitung der verschlissenen Radsätze ist somit unabhängig von dem eigentlichen Prozess an sich. Zusätzlich läuft annahmegemäß der Bremstest gegen Ende der Revision erfolgreich, d.h. es werden keine defekten Komponenten detektiert, sodass der Güterwagen direkt wieder ausgeliefert werden kann.

In ungünstigeren Fällen treffen auf den Güterwagen einige der Bedingungen aus den Kategorien b) zu. Ein Beispiel für diesen Fall ist der Kesselwagen. Aufgrund der geringen jährlichen Laufleistung sind die Radsätze des Kesselwagens üblicherweise wenig verschlissen (intakt) und das Oberflächenmaterial der Radkränze eher „weich“, dies bedeutet, dass die Radsätze leicht und schnell instandzusetzen sind. Kesselwagen stehen jedoch einen Großteil des Jahres auf Abstellgleisen. Darunter leidet vor allem das Bremsgestänge, welches nicht für die dauerhafte Anlegung der Bremssohlen auf der Radfläche ausgelegt ist. Es kommt zu einem Verschleiß durch Ausleiern. Aufgrund des durchschnittlich hohen Alters der Kesselwagen sind Bremsgestänge meist lose, Buchsen ausgeleiern und der Bremszylinder und die Bremssteuerung meist defekt. Gerade bei älteren Kesselwagen ist die Ersatzteilbeschaffung zudem schwierig, weil es Ersatzkomponenten oft nicht mehr auf dem Markt zu erwerben gibt. Nachkonstruktionen sind ebenfalls schwierig, da die technischen Zeichnungen teils nicht mehr zu Verfügung stehen. Unabhängig führt die Nachkonstruktion oder Bestellung (teils beim Halter im Ausland) zu einer signifikanten Verlängerung der vollständigen Revision G4.0.

In der Realität dauert eine vollständige Güterwagen-Revision G4.0 üblicherweise 4 Wochen, teilweise sogar noch länger, obwohl die Planzeiten deutlich geringer sind. Maßgeblich verlängert den Aufenthalt des Güterwagens im Instandhaltungswerk die teils langwierige Beschaffung oder zeitintensive Nachkonstruktion von Ersatzteilen. In der Zwischenzeit steht der Wagen bei freien Werkstattplätzen innerhalb der Halle oder mit Ersatz-Drehgestellen auf den Abstellgleisen des Instandhaltungswerkes.

Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, dass ein defektes Teil erst bei der Zerlegung der Komponente (z.B. Achslagergehäuse) detektiert wird. Anschließend entsteht im ungünstigsten Fall die beschriebene Folgekette aus langwieriger Ersatzteilbeschaffung resp. zeitintensiver Nachkonstruktion. Im Kontext der Überprüfung der Wirksamkeit der Bremsanlage (am Ende der vollständigen Revision) wird zudem häufig festgestellt, dass eine Beschädigung der Bremsanlage existiert. Der Güterwagen kann nicht an den Wagenhalter übergeben werden, sondern die fehlerhaften Komponenten müssen ausgetauscht resp. beschafft werden.

Abb. 77 zeigt das GANNT-Diagramm der vollständigen Revision G4.0 eines Güterwagens mit zwei Drehgestellen. Die Prozesszeiten sind idealisiert, d.h. frei von zeitverzögernden Einflussgrößen angegeben; sie entsprechen somit den günstigen Umständen, die in der Aufzählung jeweils unter Kategorie a) beschrieben wurden.

Diese Darstellung wurde gewählt, da sie am besten die Arbeitszeiten bzw. Maschinen- bzw. Werkstatt-Belegungszeiten einer Revision abbildet. In diesem Kontext wird dann im folgenden Abschnitt untersucht, wie die Durchführung lärmmindernder Maßnahmen bei der vollständigen Revision kostengünstig berücksichtigt werden kann.

7.4 Durchführung von Lärminderungsmaßnahmen im Rahmen der regelmäßigen Instandhaltung

Die Ausgangslage der im Folgenden beschriebenen hypothetischen Nachrüstung von Lärminderungsmaßnahmen am Güterwagen ist ein bereits mit K-/LL-Sohlen ausgerüsteter Güterwagen, dessen Lärmemissionen zukünftig noch weiter reduziert werden sollen. Die Nachrüstung folgender Lärminderungsmaßnahmen wird im Folgenden untersucht:

- Anti-Dröhnbeschichtung am Radsatz und am Drehgestellrahmen
- Klemmbare Radschallabsorber
- Drehgestellschürzen
- Kunststoffbuchsen statt Metallbuchsen im Bremsgestänge.

Für die Nachrüstung der Maßnahmen wird die Ausgangslage eines zerlegten Drehgestells gewählt; dies entspricht einem Stadium in der vollständigen Revision G4.0. Wie bereits in Abschnitt 7.3.2 beschrieben, gibt es eine Vielzahl von Einflussgrößen auf den Ablauf und Zeitbedarf einer vollständigen Revision. In unserer Untersuchung treffen wir folgende Annahmen:

1. Ausgangslage: Durchführung der Revision G4.0 für einen Kesselwagen mit zwei Y25 Drehgestellen
2. Kein Rahmenvertrag für Güterwageninstandhaltung, d.h. Art der Instandhaltung ist einzeln, vorab ungeplant und das Instandhaltungswerk hält keine Ersatzradsätze vor, d.h. eine Aufarbeitung ist notwendig
3. Sonstige Ersatzteile liegen vor, d.h. Einflüsse durch fehlende Ersatzteile werden nicht berücksichtigt
4. Allgemeinzustand Güterwagen: Schlecht
5. Werkstattkapazität (parallele Arbeiten an beiden Drehgestellen möglich) und keine Personalknappheit
6. Nachrüstung der genannten Lärminderungsmaßnahmen.

Abb. 78 im Anhang zeigt die Integration der drei Nachrüstungsschritte in den Gesamtablauf der vollständigen Revision. Die Unterschiede zur Abb. 77 im Anhang werden im Folgenden nochmals separat dargestellt und kommentiert.

7.4.1 Nachrüstung Radsätze (vollständige Revision)

Innerhalb der vollständigen Revision G4.0 wird der Radsatz ausgebaut und anschließend in einer separaten Werkstatt aufgearbeitet. Der Umfang der Aufarbeitung hängt vom Ergebnis der gründlichen Vorab-Prüfung ab.

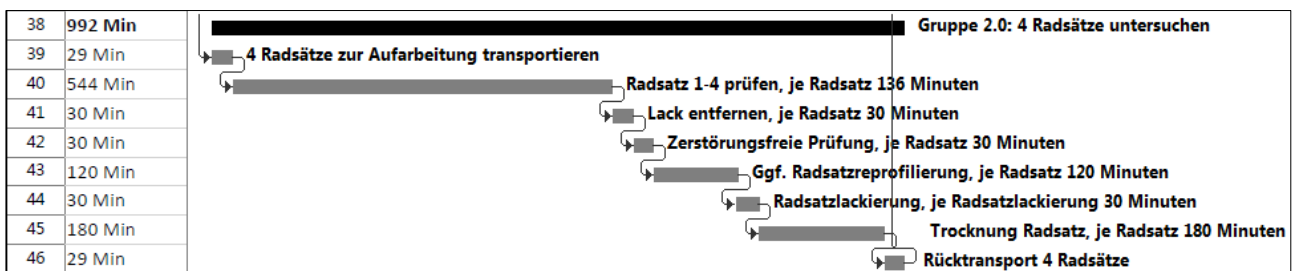
Abb. 59 zeigt einen Ausschnitt des GANNT-Diagramms in Abb. 78 im Anhang, in dem die Instandhaltungsmaßnahmen am Radsatz im Rahmen der vollständigen Revision 4.0 dargestellt sind. Der Prozess gliedert sich in die folgenden Schritte:

- Ausbau der Radsätze und Transport zur Aufarbeitungswerkstatt (insgesamt 29 Minuten)
- Überprüfung der Radsätze und Einstufung in Instandhaltungsstufe (nacheinander, je Radsatz 136 Minuten)

- Entfernung der Lackierung des Radsatzes durch Sandstrahlen (nacheinander, je Radsatz 30 Minuten)
- Überprüfung des Radsatzes durch zerstörungsfreie Prüfung (nacheinander, je Radsatz 30 Minuten)
- Reprofilierung der Radsätze (nacheinander, je Radsatz 120 Minuten)
- Neulackierung (nacheinander, 30 Minuten) und Trocknung der Radsätze (parallel, je Radsatz 180 Minuten)
- Transport zur Aufarbeitungswerkstatt (insgesamt 29 Minuten)

In der Summe dauert die Radsatzrevision im Planfall 992 Minuten, also ca. 2 Arbeitstage.

Abb. 59: Maßnahmen am Radsatz im Rahmen der vollständigen Revision G4.0



Quelle: Eigene Darstellung nach VPI (2013a).

Aktuelle Güterwagen verkehren häufig mit dem Radsatztyp BA004. Nach Aussagen der Firma Schrey & Veit¹⁵⁶ lassen sich klemmbare Radschallabsorber nicht an einem Radsatztyp BA004 befestigen, da es an Platz zur Fräsung der notwendigen Nut fehlt. Dies hat zur Konsequenz, dass eine Nachrüstung der klemmbaren Radschallabsorber einen Austausch des Radsatzes zur Folge hat.

Derzeitige K- und LL-Sohlen erhöhen den Verschleiß des Rades erheblich, sodass deutlich früher der Verschleißvorrat des Rades erschöpft ist. Eine Reprofilierung durch Überdrehen ist dann nicht mehr möglich und ein Abpressen des Rades von der Welle resp. ein Austausch des Radsatz wird notwendig. An dieser Stelle können dann neue Radsätze, z.B. vom Typ BA 308 oder BA 309 eingebaut werden. Diese Radsätze können bereits mit klemmbaren Radschallabsorbern bestellt werden. Das Instandhaltungswerk wird sich einen gewissen Vorrat dieser Radsätze anlegen, um die Radsätze schnell austauschen zu können und nicht erst einen Bestellvorgang auslösen zu müssen, wenn der Güterwagen ins Instandhaltungswerk rollt. Unter dieser Annahme kann bereits vorab zusätzlich eine Anti-Dröhnbeschichtung aufgetragen werden, sodass der fertige Radsatz inklusive der beiden Lärminderungstechnologien direkt eingebaut werden kann.

¹⁵⁶ Vgl. Schrey & Veit (2013b).

Abb. 60: Maßnahmen am Radsatz im Rahmen der vollständigen Revision G4.0 (inkl. Nachrüstung von Anti-Dröhnbeschichtung und Radschallabsorbern)

45	88 Min		Gruppe 2.0: 4 Radsätze untersuchen
46	29 Min		Alle 4 Radsätze zur Aufarbeitung transportieren
47	30 Min		Radsätze 1-4 austauschen (Anti-D, klemmbare Radschallabsorber)
48	29 Min		Rücktransport 4 Radsätze

Quelle: Eigene Darstellung nach VPI (2013a).

Der geänderte Prozess ist in Abb. 60 dargestellt. Die zeitintensive Aufarbeitung des Radsatzes entfällt, sodass sich die Prozesszeit auf 88 Minuten reduziert. Die Prozesszeitreduzierung bringt jedoch keine signifikanten Vorteile. Maßgeblich für die Prozesszeit insgesamt sind nämlich die folgenden Maßnahmen am Drehgestellrahmen, d.h. obwohl die Radsätze nicht aufgearbeitet werden müssen, können die neuen Radsätze nicht früher ins Drehgestell wieder eingebaut werden.

7.4.2 Nachrüstung Drehgestellrahmen (vollständige Revision)

Nachdem die Radsätze aus dem Drehgestellrahmen ausgebaut worden sind, wird der Drehgestellrahmen überprüft. Der Prozess, dargestellt in Abb. 61, gliedert sich in die folgenden Schritte:

- Radsätze vom Drehgestell lösen und ausbauen
- Drehgestellrahmen reinigen, prüfen und vermessen
- Komplette Bremsanlage ausbauen, zerlegen, überprüfen, ggf. Komponenten austauschen, zusammenbauen, einbauen
- Radsätze ins Drehgestell einbauen.

Abb. 61: Maßnahmen am Drehgestell im Rahmen der vollständigen Revision G4.0

29	1058 Min		Gruppe 6.0: Drehgestellrevision (D3) DG2
30	28 Min		Verbindung von Drehgestell 2 und Radsätze lösen
31	5 Min		Radsätze ausbauen
32	222 Min		Drehgestell reinigen, prüfen und vermessen ggf. Teile ersetzen
33	475 Min		Komplette Bremsanlage ausbauen, zerlegen, prüfen, ggf. ersetzen
34	8 Min		Revision auf Bauteilen markieren
35	5 Min		Radsätze einbauen
36	28 Min		Radsätze mit DG2 verbinden

Quelle: Eigene Darstellung nach VPI (2013a).

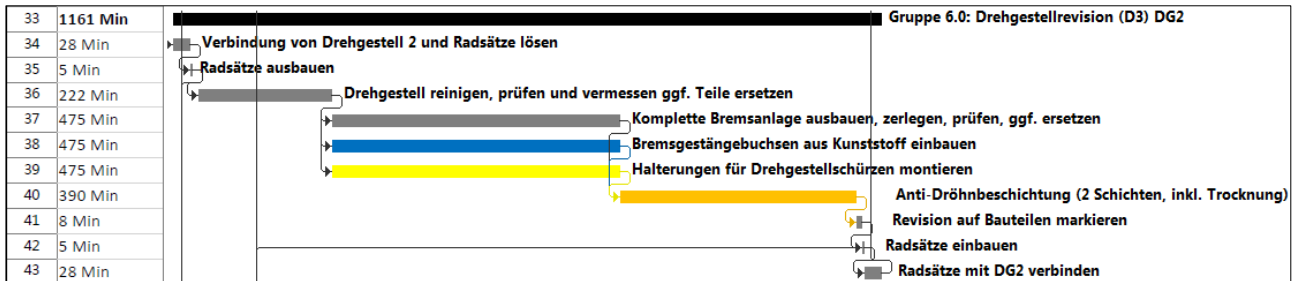
Für die Überprüfung des Drehgestellrahmens wird der Drehgestellrahmen auf spezielle Halterungen (Stahlstreben, an Position der Primärfederung) gelegt. Sofern genügend freie Plätze vorhanden sind, können mehrere Drehgestelle parallel revidiert werden. Insgesamt umfasst die Planzeit für diesen Prozess 1058 Minuten.

Während der Drehgestellrahmen auf den Stahlstreben liegt und das Bremsgestänge ausgebaut worden ist, können folgende Lärmreduzierungstechnologien nachgerüstet werden:

- Anti-Dröhnbeschichtung am Drehgestellrahmen
- Drehgestellschürzen (Montage der Halterungen am Drehgestellrahmen, eigentliche Montage erfolgt später)
- Bremsgestängebuchsen aus Kunststoff

Schematisch sind die zusätzlichen Prozesse in Abb. 62 dargestellt.

Abb. 62: Maßnahmen am Drehgestell im Rahmen der vollständigen Revision G4.0 (inkl. Nachrüstung von Lärminderungsmaßnahmen)



Quelle: Eigene Darstellung nach VPI (2013a).

Anti-Dröhnbeschichtung am Drehgestellrahmen

Nachdem die Bremsanlagen aus beiden Drehgestellen ausgebaut worden sind, können die Drehgestelle per Sandstrahlen vom Lack befreit und anschließend auf Risse geprüft werden. Anschließend erfolgt die Neulackierung mit einer Anti-Dröhnbeschichtung. Der Lackierprozess gliedert sich in zwei Vorgänge. Zunächst wird der Drehgestellrahmen mit einem Korrosionsschutz lackiert (anschließend Trocknung). In einem nächsten Schritt kann die Anti-Dröhnbeschichtung aufgetragen werden, welche anschließend ebenfalls trocknen muss. Die Lackier- und Trocknungsvorgänge je Drehgestell werden mit 300 Minuten angesetzt. Hinzu kommt das vorab notwendige aufwändige vollständige Entfernen des Lacks (je 90 Minuten pro Drehgestell).

Nachrüstung Drehgestellschürzen

Nachdem die Radsätze aus dem Drehgestell ausgebaut worden sind und der Drehgestellrahmen auf den Stahlstreben liegt, können die Halterungen an den Drehgestellrahmen montiert werden. Später, nach der Bremsrevision Br3, erfolgt die Befestigung der Schürzen an den Halterungen. Dieser Vorgang kann nach der Reinigung des Drehgestellrahmens parallel zu anderen Maßnahmen erfolgen.

Nachrüstung Bremsgestängebuchsen aus Kunststoff

Während der Revision wird die komplette Bremsanlage ausgebaut, zerlegt und geprüft. An dieser Stelle können problemlos die alten Metallbuchsen durch neue Kunststoffbuchsen ersetzt werden.

Zwischenfazit

Ein Vergleich der Prozesszeiten der vollständigen Revision G4.0 (1745 Minuten) mit der vollständigen Revision G4.0 inkl. Nachrüstung von Lärminderungstechnologien am Fahrzeug (1856 Minuten) zeigt, dass sich die Planzeit nur marginal erhöht (111 Minuten). Zu beachten ist, dass die reale Zeit für die Güterwageninstandhaltung deutlich größer ist (7-30 Tage, je nach Revisionsstufe) und damit 111 Minuten vernachlässigbar sind. Eine Nachrüstung von Lärminderungstechnologien im Rahmen der vollständigen Revision G4.0 ist demnach möglich, ohne dabei signifikant einen Einfluss auf die Prozesszeit zu erzeugen.

7.4.3 Nachrüstungen am Güterwagen (einfache Revision)

Denkbar ist grundsätzlich auch eine Nachrüstung der Güterwagen im Rahmen der einfachen Revisionen G4.2 und G4.8. Falls schadhafte Komponenten detektiert werden, müssen diese ausgetauscht werden. Demnach könnten z.B. schadhafte Radsätze auch sofort mit Radsätzen inkl. Lärminderungsmaßnahmen ersetzt werden. Aktuelle Untersuchungen zeigen zudem, dass der Verschleißvorrat der Radsätze von Güterwagen mit K/LL-Sohlen deutlich früher erschöpft ist, sodass in Zukunft vermutlich bereits deutlich früher der Radsatz ausgetauscht werden muss.

Im Rahmen einer einfachen Revision könnten natürlich auch funktionsfähige Komponenten wie z.B. das Drehgestell sowie das Bremsgestänge außerplanmäßig instand gesetzt werden, um z.B. Kunststoffbuchsen am Bremsgestänge oder eine Anti-Dröhnbeschichtung am Drehgestellrahmen nachzurüsten. Dies ist in der Regel jedoch nicht sinnvoll. Die dabei anfallenden Zusatzkosten könnten nämlich leicht dazu führen, dass sich die Kosten der einfachen Revision denen einer vollständigen Revision annähern, da der Güterwagen auseinandergebaut werden muss, obwohl ggf. alle relevanten Komponenten noch funktionsfähig sind.

7.5 Zwischenfazit

Folgendes Fazit lässt sich aus der Analyse der Instandhaltungsprozesse und aus den Gesprächen mit Mitarbeitern von verschiedenen Instandhaltungswerken im Hinblick auf die Integration von Lärmmin-derungstechnologien ableiten.

Der Instandhaltungsprozess von Güterwagen als solcher ist sehr dynamisch und muss aufgrund von verschiedenen Einflussgrößen, wie z.B. Problemen bei der Ersatzteilbeschaffung (siehe auch Abschnitt 7.3.2), teils täglich neu geplant werden. Die Instandhaltungswerke zeigen aufgrund dessen eine sehr hohe Flexibilität in der Prozessgestaltung und Prozessanpassung. Aus den Gesprächen mit den Mitarbeitern von Instandhaltungswerken ging hervor, dass eine hohe Bereitschaft für die Integration von neuen Prozessen existiert, welche aus der Nachrüstung von Lärmmin-derungstechnologien zwangsläufig entstehen werden. Die Entwicklung neuer Prozesse stellt grundsätzlich kein Problem dar. Ebenfalls wurden die vorgestellten Maßnahmen diskutiert und bei keiner der diskutierten Maßnahmen wurden Bedenken geäußert, dass das Instandhaltungswerk nicht die technischen Voraussetzungen vorbereiten kann. Die Instandhaltungswerke zeigen auch die Bereitschaft zur Investition in etwaige technische Neuanschaffungen (z.B. Maschinen, neue Lackierhallen etc.).

Die Analyse der Instandhaltungsprozesse gemäß VPI Instandhaltungsleitfaden hat diesen Eindruck bestätigt. In die bestehenden Instandhaltungsprozesse der vollständigen Revision lassen sich die Prozesse der Nachrüstung von Lärmmin-derungstechnologien integrieren, ohne dass die Planzeit signifi-kant erhöht wird. Ohnehin wird die Planzeit in der Realität aufgrund von äußeren Einflüssen stets überschritten (durchschnittliche Aufenthaltszeit eines Güterwagens im Instandhaltungswerk je nach Revisionsstufe 7-30 Tage), sodass eine leichte Erhöhung der Planzeit nicht ins Gewicht fällt.

Aufgrund der hohen Flexibilität der Instandhaltungswerke und ihrer Bereitschaft zur Entwicklung neuer Prozesse sowie in Anbetracht der hohen durchschnittlichen Aufenthaltszeit eines Güterwagens im Instandhaltungswerk ist das Ergebnis auch auf andere lärmmin-dernde Technologien übertragbar.

Lediglich eine Umrüstung im Rahmen der einfachen Revisionen würde zu signifikanten Zusatzkosten führen. Anzuraten ist daher stets die Umrüstung im Rahmen der vollständigen Revision.

8 Kosten des Schienengüterverkehrs und lärmindernder Maßnahmen

In diesem Kapitel werden die Kosten des Schienengüterverkehrs (SGV) im Überblick dargestellt. Neben einer Diskussion der grundlegenden Kostenkategorien werden dabei auch typische Produktionssysteme und Relationen diskutiert.

Die konkreten Kosten des SGV werden für drei beispielhafte Musterzüge, die jeweils für unterschiedliche Kombinationen aus Produktionssystem und Relation stehen, ermittelt. Damit wird ein Bezugssystem geschaffen, mit dessen Hilfe die Kosteneffekte lärmindernder Maßnahmen, die in Kapitel 6 ausführlich diskutiert wurden, auf den konkreten Transport umgerechnet werden können. In diesem Kapitel werden dazu Beispielrechnungen für den Kosteneffekt des Hochgeschwindigkeitsschleifens durchgeführt.

Mögliche Wettbewerbseffekte für den SGV, die aus lärmschutzbedingten Kostenänderungen resultieren können, werden anschließend anhand eines einfachen Elastizitätsmodells diskutiert.

8.1 Überblick zu den Kosten des SGV

Die Kosten des SGV beinhalten zunächst die direkten Kosten des Systems und damit im Wesentlichen

- die betrieblichen Kosten des Transports, inklusive Beladung und Entladung,
- die Kosten für Logistikleistungen (z.B. Disposition),
- die Kosten der Infrastrukturvorhaltung und Betriebssteuerung.

Zusätzlich entstehen externe Kosten, insbesondere durch Lärm und Emissionen, die nicht von den Akteuren des SGV, sondern von Dritten getragen werden.

Die direkten Kosten werden zunächst von den Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) bzw. den Spediteuren und indirekt vom Bund¹⁵⁷ (über die Finanzierung der Infrastruktur) getragen.

¹⁵⁷ Infrastrukturkosten werden zusätzlich von den Ländern und Kommunen getragen, wenn sie Eigentümer nicht-bundeseigener Eisenbahninfrastrukturunternehmen sind bzw. bei diesen spezielle Leistungen einkaufen. Auch Verlader halten teilweise umfangreiche Infrastrukturanlagen vor, angefangen von Gleisanschlüssen bis hin zu eigenen Terminals, Rangieranlagen usw. Im Folgenden werden diese Gruppen zunächst vernachlässigt.

Wesentliche Kostenarten des EVU sind

- Kosten für das Rollende Material,
- Kosten der Infrastrukturnutzung,
- Energiekosten,
- Personalkosten,
- Kosten der Be- und Entladevorgänge,
- Overhead-Kosten (Verwaltung), Mieten, Versicherungen usw.

Diese Kosten werden mit einem Aufschlag für Wagnis und Gewinn (3 bis 10%) des EVU vom Spediteur bzw. dem Verloader gezahlt. Falls Spediteure eingeschaltet sind, entstehen zusätzliche Kosten (insb. Personal, IT, Miete, Overhead sowie ein weiterer Wagnis- und Gewinnaufschlag).

Die Nutzung der Infrastruktur wird von den EVU in Form von Trassenpreisen an die Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) bezahlt. In den Trassenpreisen sind auch die Kosten der Eisenbahnbetriebssteuerung enthalten.

Dem Bund unterliegt laut Artikel 87e Abs. 4 GG (Grundgesetz) die Infrastrukturverantwortung für das Schienennetz der Eisenbahnen des Bundes. Die in Deutschland bedeutendsten EIU, DB Netz AG und DB Station & Service AG, erhalten daher als EIU des Bundes zusätzlich erhebliche öffentliche Mittel.

Im Bundesschienenwegausbaugesetz (BSchwAG) ist geregelt, dass der Bund die Investitionen für den Bau und Ausbau sowie große Ersatzinvestitionen trägt. Die Leistungen erfolgen als nicht aktivierungsfähige Zuschüsse und gehen daher nicht in Form von Abschreibungen oder Zinskosten in die Trassenpreise ein. Hinsichtlich der Ersatzinvestitionen werden diese Bundesmittel im Rahmen der Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung (LuFV) geleistet. Sie betrugen von 2009 bis 2014 pro Jahr 2,5 Mrd. Euro, während für die Jahre 2015 bis 2019 jährliche Mittel zwischen 3 und 3,5 Mrd. Euro vorgesehen sind.¹⁵⁸

¹⁵⁸ Vgl. BMVBS (2009a), BMVI (2014), Anlage 17.7.

8.2 Kosten unterschiedlicher Produktionssysteme im SGV

Um „typische“ Kostenstrukturen von SGV-Leistungen zu analysieren, werden im Folgenden drei Musterzüge verschiedener Transportarten definiert und detailliert analysiert. Mittels dieser Vorgehensweise lassen sich aus den Kostenangaben konkrete Kosten der Leistungserstellung generieren (hier: Kosten pro Tonnenkilometer).

Die Musterzüge stehen für drei typische Güterzugtypen. Musterzug 1 ist ein mit Containern beladener Ganzzug, Musterzug 2 ein Ganzzug mit Schüttgut und Musterzug 3 ein Zug des Einzelwagenverkehrs (EWV).

Für jede Transportart wird eine repräsentative Relation ausgewählt und für diese die Kosten bestimmt.

Als Beispielstrecke wird für den Musterzug 1 die Relation Buchholz - Regensburg angesetzt. Hierbei liegt die Quelle in Buchholz und die Senke 10 km entfernt des KV-Terminals Regensburg. Der Vorlauf ist daher 40 km (von Buchholz nach Billwerder zum KV-Terminal), der Nachlauf 10 km lang. Vor- und Nachlauf werden mit Lkw zurückgelegt.

Musterzug 2 ist ein Schüttgutzug von Bad Harzburg nach Leer.

Für Musterzug 3 verkehrt eine Wagengruppe in drei verschiedenen Zugverbänden. Im ersten Zugverband fährt sie von Neumünster nach Maschen (Rbf), von dort nach Nürnberg (Rbf) und dann nach Regensburg. Dabei werden jeweils die Kosten des gesamten Zuges berechnet, da für die vergleichende Betrachtung die Kosten pro tkm dargestellt werden. Es wird angenommen, dass jeweils ca. 10 km für Bedien- und Zustellfahrten von/zu Gleisanschlüssen einzukalkulieren sind.

Die Beladungsgrade der Containerzüge und des EWV sind in der folgenden Tabelle bereits bei den Zuladungswerten berücksichtigt. Für den Schüttgutzug werden im weiteren Verlauf für einen Transport eine vollbeladene Hinfahrt und eine leere Rückfahrt berechnet.

Die genauen Streckenverläufe auf der Schiene mit denen die Trassenpreise kalkuliert werden, sind im Anhang 16.4 aufgeführt. In der folgenden Tabelle sind die relevanten Eigenschaften der Musterzüge dargestellt.

Tab. 19: Musterzüge

	Musterzug 1 „Ganzzug Container“	Musterzug 2 „Ganzzug Schüttgut“	Musterzug 3 „Einzelwagenverkehr“
Wagen	40 Containertragwagen (A) (Miete)	40 Schüttgutwagen (Miete)	20 Wagen (diverse) (Miete)
Zuladung [t]	832 (B)	2.600 (C)	500
Zugleergewicht [t]	560 (D)	1.126 (E)	500
Gesamtgewicht [t]	1.392	3.726	1.000
Zuglänge [m]	750	500	450
Triebfahrzeug	1 Elektrolok (Miete)	1 Diesellok (Miete)	1 Elektrolok (Miete)
Beladungsgrad [%]	60	100	60
Leerfahrten [%]	20	100	50
Start	Buchholz	Bad Harzburg	Neumünster
Ziel	Regensburg	Leer	Regensburg
über	Billwerder (Umschlag auf Eisenbahn)	-	Maschen Rbf
über	-	-	Nürnberg Rbf
Länge auf Schiene [km]	739,563	410,154	812,802
Vorlauf [km]	40 (Buchholz - Billwerder)	-	10
Nachlauf [km]	10	-	10
Anzahl Lkw-Fahrten für Vor- und Nachlauf	32	-	-

Anm.: (A) 2 TEU/Containertragwagen: zwei 20-Fuß-Container oder ein 40-Fuß-Container

(B) $80 \text{ TEU} * 13 \text{ t/TEU} * 0,8 = 832 \text{ t}$, entspricht einem Beladungsgrad von 60 % und einem Leerfahrtenanteil von 20 %

(C) $40 \text{ Schüttgutwagen} * 65 \text{ t/Wagen} = 2.600 \text{ t}$

(D) $12 \text{ t/Wagen (Eigengewicht)} * 40 \text{ Wagen} + 80 \text{ t/Lok} * 1 \text{ Lok} = 560 \text{ t}$

(E) $25 \text{ t/Wagen (Eigengewicht)} * 40 \text{ Wagen} + 126 \text{ t/Lok} * 1 \text{ Lok} = 1.126 \text{ t}$

Quelle: Eigene Zusammenstellung nach DB Netz AG (2014) (Streckenlängen); eigene Berechnungen, zum Teil auf Basis vertraulicher Betriebsdaten von EVU (Wagenanzahl, Zuladung, Zugleergewicht und Zuglänge).

Für die Kosten einer Elektrolokomotive werden 40.000 Euro Miete pro Monat, für eine Diesellokomotive 30.000 Euro Miete pro Monat¹⁵⁹ und jeweils zwei innerdeutsche Fahrten pro Tag (24 Verkehrstage pro Monat) angenommen.

Für die Containertragwagen wird ein Pauschalwert von 870 Euro/Monat¹⁶⁰ Mietkosten inklusive Full-Service¹⁶¹ angenommen. Schüttgutwagen sind ebenfalls inklusive Full-Service für 1.020 Euro/Monat¹⁶² Miete erhältlich. Für Wagen des EWW wird durchschnittlich mit einem Wert von 900 Euro/Monat¹⁶³ inklusive Full-Service gerechnet. Für die Container- und Schüttgutwagen wird angenommen, dass sie 24 Fahrten pro Monat zurücklegen. Für die Wagen des EWW werden 5 Fahrten pro Monat angesetzt.

Daraus ergeben sich die Kosten pro Fahrt wie folgt:

- Elektrolokomotive:
 $40.000 \text{ Euro/Monat} / (48 \text{ Fahrten/Monat}) = 833,33 \text{ Euro/Fahrt}$
- Diesellokomotive
 $30.000 \text{ Euro/Monat} / (48 \text{ Fahrten/Monat}) = 625,00 \text{ Euro/Fahrt}$
- Containertragwagen:
 $870 \text{ Euro/Monat} / (24 \text{ Fahrten/Monat}) = 36,25 \text{ Euro/Fahrt}$
- Schüttgutwagen:
 $1020 \text{ Euro/Monat} / (24 \text{ Fahrten/Monat}) = 42,50 \text{ Euro/Fahrt}$
- Wagen des EWW:
 $900 \text{ Euro/Monat} / (5 \text{ Fahrten/Monat}) = 180,00 \text{ Euro/Fahrt}$

Durch die Berechnung der Kosten pro Fahrt wird beim EWW automatisch berücksichtigt, dass die Wagen Rangiervorgänge durchlaufen und dadurch mehr Stunden für den Transport benötigen als die Loks, die nach dem Ankommen im Rangierbahnhof zur Zugneubildung i.d.R. zeitnah mit einer anderen Wagengruppe weiter fahren.

Auf die Gesamtkosten werden 5% für Ausfälle oder Ähnliches aufgeschlagen. In der folgenden Tabelle sind die Kosten für das Rollende Material dargestellt.

¹⁵⁹ Vgl. Lehnert (2013).

¹⁶⁰ Eigene Berechnung auf der Basis von Angaben diverser Waggonvermieter.

¹⁶¹ Im Full-Service sind die Mietkosten, die Wartung und Instandhaltung, die Finanzierung sowie die Versicherung enthalten. Selbst zu tragen sind Tankkosten sowie die Kosten zur Behebung selbstverschuldeter Schäden.

¹⁶² Eigene Berechnung auf der Basis von Angaben diverser Waggonvermieter.

¹⁶³ Eigene Berechnung auf der Basis von Angaben diverser Waggonvermieter.

Tab. 20: Kosten des Rollenden Materials für die Fahrten der Musterzüge (in Euro)

	Triebfahrzeug [€]	Wagen [€]	Gesamt [€]
Musterzug 1	875,00	1.522,50	2.397,50
Musterzug 2*	1.312,50	3.570,00	4.882,50
Musterzug 3	875,00	3.780,00	4.655,00

Anm.: * jeweils Hin- und Rückfahrt gesamt berechnet

Quelle: Eigene Berechnung.

Die Kosten für die Schieneninfrastrukturnutzung (Trassenpreis) werden mit dem Trassenpreisrechner der DB AG berechnet. Es werden sowohl die Kosten ohne Lärmabhängigen Trassenpreis (LaTPS) und mit LaTPS angegeben (siehe Tab. 21).

Tab. 21: Kosten für die Schieneninfrastrukturnutzung für die Fahrten der Musterzüge (in Euro)

	ohne LaTPS	mit LaTPS
Musterzug 1	1.985,28	2.024,99
Musterzug 2*	2.840,89	2.897,71
Musterzug 3	2.206,47	2.250,60

Anm.: * jeweils Hin- und Rückfahrt gesamt berechnet

Quelle: DB Netz AG (2014).

In Tab. 22 sind die Energieaufwände und -kosten der Musterzüge auf den auf der Schiene zurückzulegenden Abschnitten dargestellt. Die Energieaufwände (elektrisch) wurden mit EcoTransIT berechnet. Dabei werden die Höhenunterschiede auf den Relationen von EcoTransIT insoweit berücksichtigt, dass Deutschland als „hilly“ eingestuft ist.

Tab. 22: Energieaufwand und -kosten für die Fahrten der Musterzüge (in Euro)

	Energie-auf-wand, elektrisch [kWh]	Diesel-ver-brauch [l]	Energie-kosten [€]
Musterzug 1	14.093,00	-	1.832,09
Musterzug 2*	-	2.871,078	3.445,29
Musterzug 3	12.681,00	-	1.648,53

Anm.: * jeweils Hin- und Rückfahrt gesamt berechnet

Quelle: Eigene Berechnung; Energieaufwand auf Basis von EcoTransIT (2013).

Für diesen Bericht wird mit den Energiekosten bei Bezug des Bahnstroms von DB Energie gerechnet. Durch den Bezug des Stroms von Dritten könnten EVU allerdings rund ein Drittel der Energiekosten einsparen. Zur Ermittlung der Stromkosten nach der „Bahnstrompreisregelung ab 01.01.2015“ der DB Energie¹⁶⁴ werden die folgenden Annahmen getroffen:

- Für die Energiepreise werden der Hochtarif (6-22 Uhr) und der Niedertarif (22-6 Uhr) gemittelt,¹⁶⁵ hierbei wird nicht gewichtet, dass der Hochtarif für einen längeren Zeitraum gilt als der Niedertarif, da bei Güterzügen davon auszugehen ist, dass sie mindestens so lange zur Zeit des Nieder- wie des Hochtarfs verkehren.
- Zur Bestimmung der Netzentgelte werden > 2.500 h/a angenommen. Zur Ermittlung des Leistungspreises wurden verschiedene Energieberechnungen für die Musterzüge 1 und 3 durchgeführt und anhand dieser für ein Beispiel-EVU die Jahreshöchstleistung ermittelt.
- Es wird eine Rückspeisung von 6%¹⁶⁶ angesetzt. Bei der Vergütung der Rückspeiseenergie wird ebenfalls ein Mittelwert aus Hoch- und Niedertarif nach der Bahnstrompreisregelung¹⁶⁷ angesetzt. Eine Rückspeisung ins Mittelspannungsnetz nach dem „Preisblatt für die Nutzung des 16,7-Hz-Bahnstromnetzes“¹⁶⁸ wird nicht angesetzt.
- Zur Ermittlung der geltenden Preise wird angenommen, dass mehr als 2.500 h/a und mehr als 1.000.000 kWh bezogen werden.
- Es wird ein Zähler je Triebfahrzeug vorgesehen.

Unter Berücksichtigung dieser und der im Anhang 16.4, Tab. 47, aufgeführten Randbedingungen wurde ein Energiepreis von ca. 0,13 Euro/kWh ermittelt. Sonntag, Liedtke¹⁶⁹ zeigen die Veränderungen durch die Abgabe nach dem Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien auf.

Für den Musterzug 2 werden im beladenen Zustand ein Dieserverbrauch von 4 l/km und im unbeladenen Zustand 3 l/km angesetzt. Die Dieselposten werden pauschal mit 1,20 Euro/l¹⁷⁰ angesetzt.

Die Personalkosten werden pauschal mit 50 Euro pro Stunde¹⁷¹ (inkl. Arbeitgeberanteil) kalkuliert. Um die Rangierkosten zu bestimmen, werden die Personalkosten inklusive Gemeinkosten, z.B. Leerlaufzeiten, Sonderurlaub, Anfahrt, Fortbildung, Verwaltung usw., und bei eingekaufter Leistung auch Gewinn berechnet. Die Kosten werden für Rangierer bei eingekaufter Leistung bei ca. 45 Euro pro Stunde liegen. Für Triebfahrzeugführer können die Kosten in einigen Fällen über 50 Euro pro Stunde liegen. In dieser Betrachtung wird der Einfachheit halber von dem einheitlichen Wert von 50 Euro pro

¹⁶⁴ Vgl. DB Energie GmbH (2014).

¹⁶⁵ Vgl. DB Energie GmbH (2014).

¹⁶⁶ Vgl. Deutscher Bundestag (2014).

¹⁶⁷ Vgl. DB Energie GmbH (2014).

¹⁶⁸ Vgl. DB Energie GmbH (2015).

¹⁶⁹ Vgl. Sonntag, Liedtke (2015)

¹⁷⁰ Annahme auf Grundlage von Statista GmbH (2015).

¹⁷¹ Vgl. Maksymski (2013).

Stunde ausgegangen. Die Fahrt und die Rangier- / Umschlagvorgänge wurden bei der Kalkulation separat betrachtet:

- Für die Fahrt der Güterzüge wird ein Triebfahrzeugführer eingesetzt. Die Fahrzeiten sind anhand von Güterkursbüchern¹⁷² ermittelt. Die ermittelten Personalkosten sind in Tab. 23 dargestellt.
- Für die Rangier- / Umschlagvorgänge werden je nach Musterzug Arbeitsstunden (z.B. bei Rangierarbeiten) oder Vorgänge (z.B. Umschlag eines Containers) betrachtet.

Tab. 23: Personalkosten für die Fahrten der Musterzüge (nur Fahrzeit, in Euro)

Musterzüge	Musterstrecke 1	
	Arbeitsstunden [h]	Personal-kosten [€]
Musterzug 1	14	700
Musterzug 2	9	450
Musterzug 3	12	600

Quelle: Eigene Berechnung.

Bei Musterzug 1 werden zwei Umschläge der Container durchgeführt. Dies sind die Umschläge in Billwerder vom Lkw auf die Eisenbahn und in Regensburg von der Eisenbahn auf den Lkw. Pro Umschlag werden 23 Euro berechnet. Dieser Preis kann nur bei öffentlich subventionierten Terminals in Deutschland angesetzt werden, zudem enthält er keine Zusatzentgelte, die evtl. durch eine längere Lagerung der Container im Terminal o.ä. anfallen können. Das Aufladen an der Quelle auf den Lkw und das Abladen an der Senke vom Lkw ist in der Kalkulation des Vor- und Nachlaufs enthalten.

Bei Musterzug 2 findet kein Umschlag des Massengutes statt. Die Be- und Entladung an Quelle und Senke wird i.d.R. vom Sender bzw. Empfänger vorgenommen. Vorzuhalten sind vom Transporteur dabei Fahrzeuge und Personal für die Rangiervorgänge. Hierfür wird ein pauschaler Wert von 180 Euro/h angesetzt. Für die Beladung werden 6 h und für die Entladung 2 h angenommen.

Bei Musterzug 3 werden die Züge in Maschen und Nürnberg jeweils neu zusammengestellt. Dafür werden für jeden Vorgang 30 Euro/Wagen kalkuliert.

¹⁷² Vgl. z.B. Deutsche Bundesbahn (1978). Anm.: Es ist zu erwarten, dass die Fahrzeit bis heute etwa gleich geblieben ist.

Die Kosten für Ladevorgänge und Rangieren sind in Tab. 24 dargestellt.

Tab. 24: Kosten für Ladevorgänge und Rangieren (in Euro)

Musterzüge	Vorgänge	Kosten [€]
Musterzug 1	80 Umschläge (A)	1.840
Musterzug 2	8 h Rangieren (B)	1.440
Musterzug 3	2 Zugneuzusammenstellungen	1.200

Anm.: (A) $80 \text{ TEU} * 0,8$ (wegen 20 % Leerfahrtenanteil) = 64 TEU = 16 20-Fuß-Container + 24 40-Fuß-Container = 40 Container

zwei Umschläge

(B) 6 h für das Beladen und 2 h für das Entladen = 8 h Rangieren bei Be- und Entladung

Quelle: Eigene Berechnung.

Für die Vor- und Nachläufe beim Musterzug 1 mit Lkw beim Containertransport werden 600 Euro/(Lkw*Tag) inkl. Fahrer und Maut¹⁷³ angesetzt.

Für die Kosten der Bedien- und Zustellfahrten des Musterzugs 3 werden die Gesamtkosten der vorangegangenen Kostenbestandteile für Rollendes Material, Infrastrukturnutzung, Energie und Fahrpersonal verwendet und auf den Kilometer bezogen. Hieraus ergeben sich ca. 11 Euro/km. Es wird angenommen, dass der Zug in jeweils fünf Bedien- und Zustellfahrten geteilt wird, die die einzelnen Wagengruppen abholen bzw. zustellen. Mit Ausnahme der Wagenkosten liegen die Kosten hier pro km im Bereich des Hauptlaufs. Damit ergeben sich bei jeweils 10 km Vor- und Nachlauf 1.100 Euro.

Die Kosten für die Vor- und Nachläufe sind in Tab. 25 dargestellt.

¹⁷³ Vgl. Wittenbrink (2011).

Tab. 25: Kosten für Vor- und Nachläufe (in Euro)

Musterzüge	Distanz [km]	Anzahl Lkw-Fahrten/ Wagengruppen	Lkw-Tage für Vorlauf	Lkw-Tage für Nachlauf	Kosten [€]
Musterzug 1	50 (A)	32 (B)	8 (C)	4 (D)	7.200
Musterzug 2	-	-	-	-	-
Musterzug 3	20	5	-	-	1.100

Anm.: (A) 40 km für die Strecke von Buchholz nach Billwerder zum Güterverkehrszentrum (GVZ) und 10 km Nachlauf in Regensburg.

(B) Für 24 40-Fuß-Container je ein Lkw und jeweils 2 20-Fuß-Container auf einen Lkw: $24 + 16/2 = 32$ Lkw. Dabei ergibt sich ein Zuladungsgewicht von durchschnittlich 26 t je Lkw.

(C) Jeder Lkw fährt 4 Fahrten an diesem Tag.

(D) Jeder Lkw fährt 8 Fahrten an diesem Tag.

Quelle: Eigene Berechnung.

Insgesamt ergeben sich für die Musterzüge die in den folgenden Tabellen dargestellten Kosten pro tkm.¹⁷⁴

Tab. 26: Kosten des Musterzugs 1 (in Euro)

789,56 km 832,00 t 656.916,42 tkm	Kosten		
	[€]	[Cent/tkm]	Anteil[%]
Rollendes Material	2.397,50	0,3650	15%
Infrastrukturnutzung, Schiene (ohne LaTPS)	1.985,28	0,3022	12%
Energie	1.832,09	0,2789	11%
Personalkosten, Fahrt	700,00	0,1066	4%
Umschlag/Rangieren	1.840,00	0,2801	12%
Vor- und Nachlauf	7.200,00	1,0960	45%
gesamt	15.954,87	2,4288	

Quelle: Eigene Berechnung.

¹⁷⁴ In Hagenlocher (2015) werden die Kostenstrukturen von Schienenverkehren für Beispiele differenziert dargestellt. Diese bewegen sich in einer ähnlichen Größenordnung wie die Kostenstrukturen, die in diesem Bericht berechnet wurden. Abweichungen sind bei Beispielen mit langem Vor- oder Nachlauf vorhanden. Auch die Eingangswerte wie Energiekosten pro kWh und Kosten für Lokomotiven und Wagenmaterial sind vergleichbar. In Sonntag, Liedtke (2015) werden dagegen deutlich geringere Kosten des Bahn-Transports angegeben (37 bis 49 % der hier ermittelten Werte); da die Berechnungsmethode nicht dargestellt ist, kann der Grund für die Abweichung nicht geklärt werden.

Tab. 27: Kosten des Musterzugs 2 (in Euro)

410,15 km 2.600,00 t 1.066.400,40 tkm	Kosten		
	[€]	[Cent/tkm]	Anteil[%]
Rollendes Material	4.882,50	0,4578	37%
Infrastrukturnutzung, Schiene (ohne LaTPS)	2.840,89	0,2664	22%
Energie	3.445,29	0,3231	26%
Personalkosten, Fahrt	450,00	0,0422	3%
Umschlag/Rangieren	1.440,00	0,1350	11%
Vor- und Nachlauf	0,00	0,0000	0%
gesamt	13.058,68	1,2246	

Quelle: Eigene Berechnung.

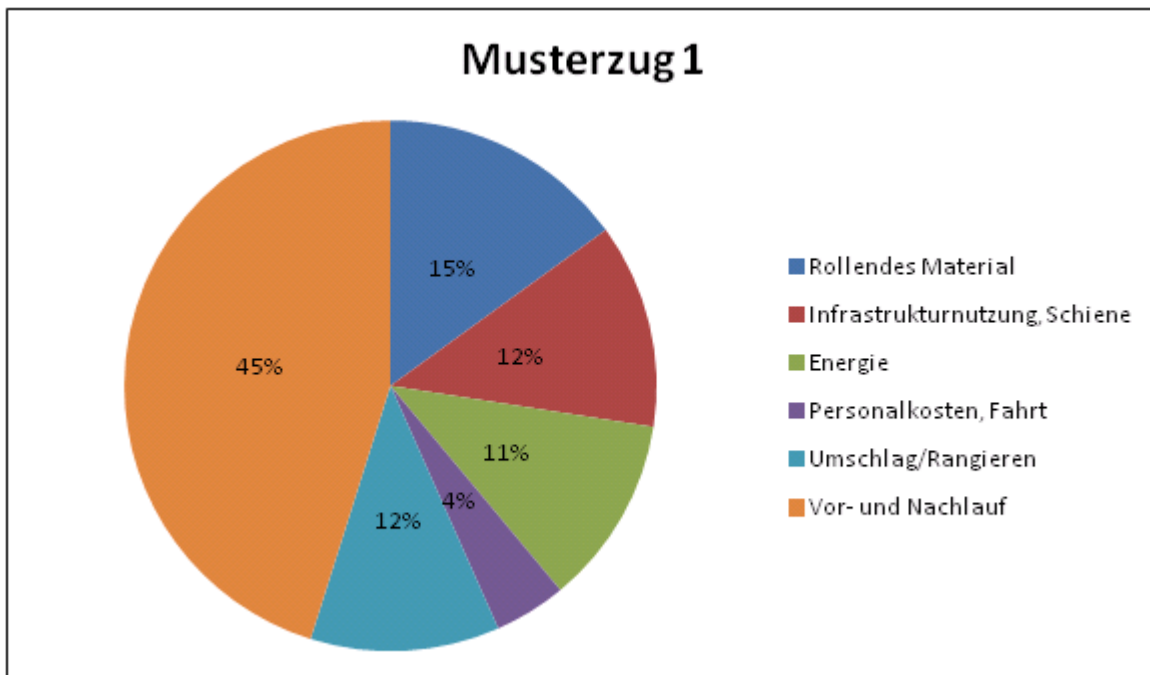
Tab. 28: Kosten des Musterzugs 3 (in Euro)

832,80 km 500,00 t 416.401,00 tkm	Kosten		
	[€]	[Cent/tkm]	Anteil[%]
Rollendes Material	4.655,00	1,1179	41%
Infrastrukturnutzung, Schiene (ohne LaTPS)	2.206,47	0,5299	19%
Energie	1.648,53	0,3959	14%
Personalkosten, Fahrt	600,00	0,1441	5%
Umschlag/Rangieren	1.200,00	0,2882	11%
Vor- und Nachlauf	1.093,90	0,2627	10%
gesamt	11.403,90	2,7387	

Quelle: Eigene Berechnung.

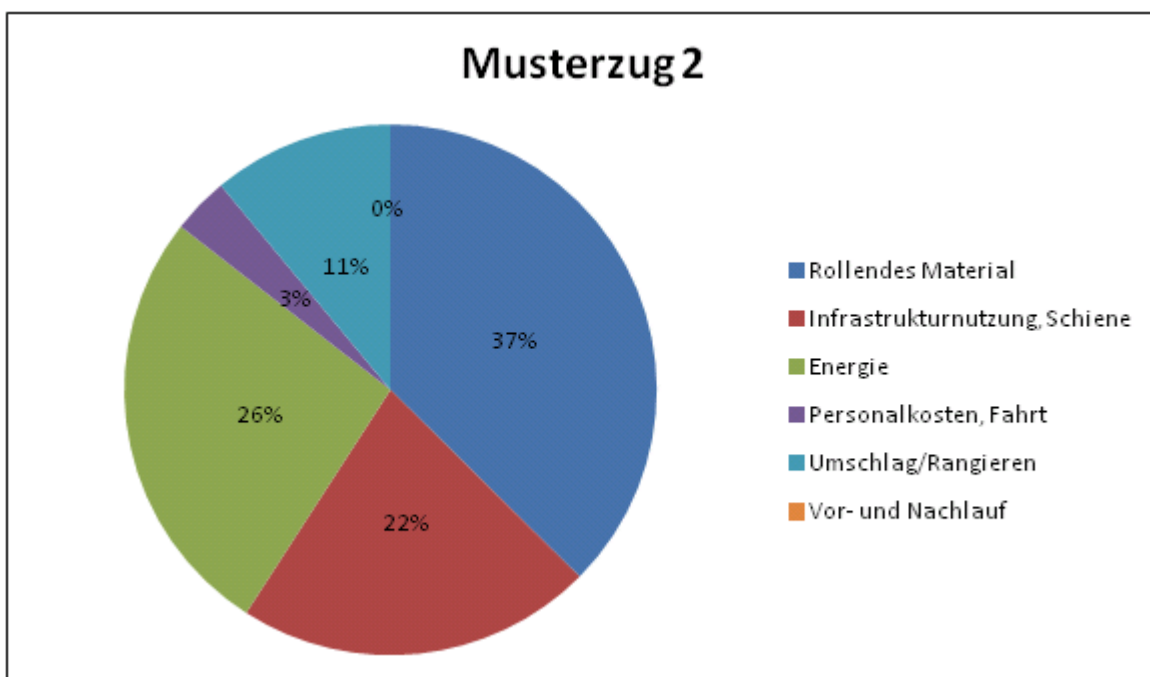
Die Kostenstrukturen der Tab. 26 bis Tab. 28 werden in den Abb. 63 bis Abb. 65 grafisch dargestellt:

Abb. 63: Kostenanteile des Musterzugs 1 (in %)



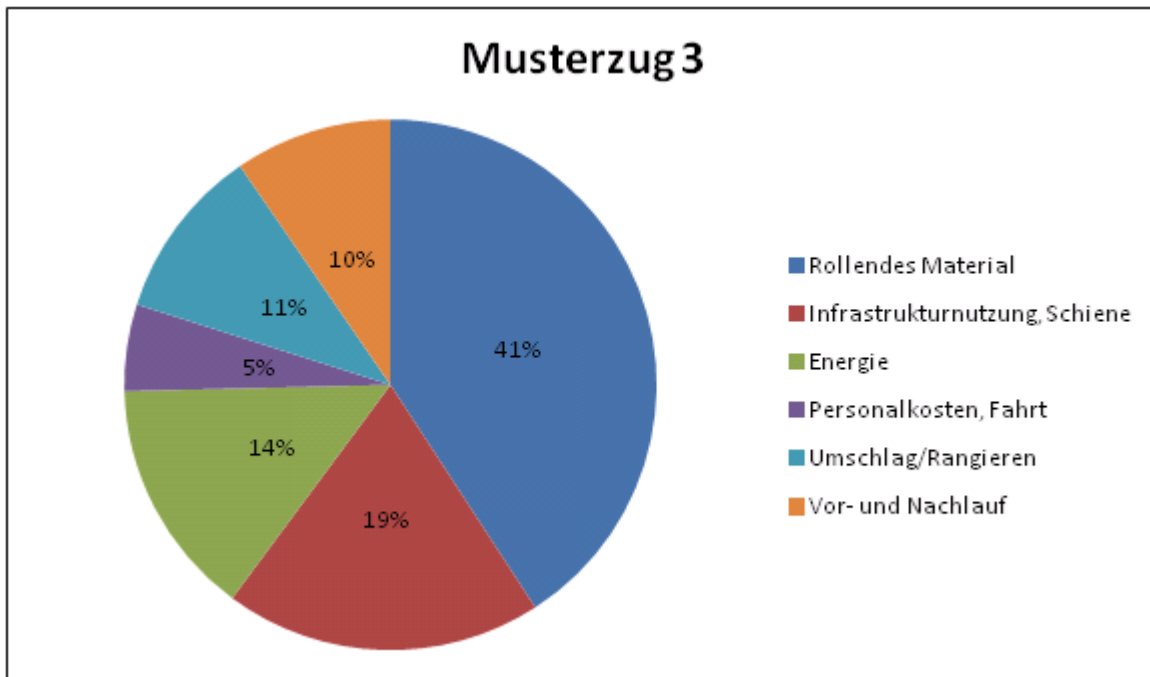
Quelle: Eigene Darstellung.

Abb. 64: Kostenanteile des Musterzugs 2 (in %)



Quelle: Eigene Darstellung.

Abb. 65: Kostenanteile des Musterzugs 3 (in %)



Quelle: Eigene Darstellung.

8.3 Kosteneffekte von Maßnahmen zur Lärminderung

Die Kosteneffekte werden im Folgenden am Beispiel des Hochgeschwindigkeitsschleifens (HGS) verdeutlicht. Es wird angenommen, dass die Maßnahme HGS für das gesamte Kernnetz der DB, das aus etwa 12.000 Strecken-km besteht, vorgenommen wird und dass zur Finanzierung der Maßnahme deren Kosten auf die derzeitigen Trassenpreise umgelegt werden.

Die Kosten für HGS betragen 4.800 Euro/(Jahr*km). Die Betriebsleistung auf dem DB-Netz betrug im Jahr 2011 1,037 Mrd. Trassenkilometer (tr-km).¹⁷⁵ Das Kernnetz besteht aus etwa 12.000 Strecken-km, bei angenommenen zweigleisigen Strecken also 24.000 km Gleis. Auf dem Kernnetz werden 90% der Betriebsleistung erbracht. Damit ergeben sich die folgenden Gesamtkosten und Kosten pro Trassenkilometer (tr-km):

$$4.800 \text{ Euro}/(\text{Jahr} \cdot \text{km}) \cdot 24.000 \text{ km} = 115,2 \text{ Mio. Euro}/\text{Jahr}$$

$$115,2 \text{ Mio. Euro}/\text{Jahr} / (1,037 \text{ Mrd. tr-km}/\text{Jahr} \cdot 0,9) = 0,12343 \text{ Euro}/\text{tr-km}$$

Wir wollen den Effekt dieser Trassenpreiserhöhung auf unsere Musterzüge berechnen. Wenn diese Kosten auf die zuvor berechneten Kosten hinzugerechnet werden, ergeben sich die in den folgenden Tabellen dargestellten Kosten.

¹⁷⁵ Vgl. DB Netz AG (2012c), S. 9.

Tab. 29: Kosten des Musterzugs 1 ohne / mit Hochgeschwindigkeitsschleifen

789,56 km 832,00 t 656.916,42 tkm	ohne HGS			mit HGS		
	[€]	[Cent/ tkm]	Anteil [%]	Anteil [%]	[Cent/ tkm]	Anteil [%]
Rollendes Material	2.397,50	0,3650	15%	2.397,50	0,3650	15%
Infrastrukturnut- zung, Schiene (ohne LaTPS)	1.985,28	0,3022	12%	2.076,57	0,3161	13%
Energie	1.832,09	0,2789	11%	1.832,09	0,2789	11%
Personalkosten, Fahrt	700,00	0,1066	4%	700,00	0,1066	4%
Umschlag/Rangie- ren	1.840,00	0,2801	12%	1.840,00	0,2801	11%
Vor- und Nachlauf	7.200,00	1,0960	45%	7.200,00	1,0960	45%
gesamt	15.954,8 7	2,4288		16.046,16	2,4426	
Kostensteigerung um 0,57 %						

Quelle: Eigene Berechnung.

Tab. 30: Kosten des Musterzugs 2 ohne / mit Hochgeschwindigkeitsschleifen

410,15 km 2.600 t 1.066.400,40 tkm	ohne HGS			mit HGS		
	[€]	[Cent/ tkm]	Anteil [%]	Anteil [%]	[Cent/ tkm]	Anteil [%]
Rollendes Material	4.882,50	0,4578	37%	4.882,50	0,4578	37%
Infrastrukturnut- zung, Schiene (ohne LaTPS)	2.840,89	0,2664	22%	2.942,14	0,2759	22%
Energie	3.445,29	0,3231	26%	3.445,29	0,3231	26%
Personalkosten, Fahrt	450,00	0,0422	3%	450,00	0,0422	3%
Umschlag/Rangie- ren	1.440,00	0,1350	11%	1.440,00	0,1350	11%
Vor- und Nachlauf	0,00	0,0000	0%	0,00	0,0000	0%
gesamt	13.058,6 8	1,2246		13.159,94	1,2341	
Kostensteigerung um 0,78 %						

Quelle: Eigene Berechnung.

Tab. 31: Kosten des Musterzugs 3 ohne / mit Hochgeschwindigkeitsschleifen

832,80 km 500,00 t 416.401 tkm	ohne HGS			mit HGS		
	[€]	[Cent/ tkm]	Anteil [%]	Anteil [%]	[Cent/ tkm]	Anteil [%]
Rollendes Material	4.655,00	1,1179	41%	4.655,00	1,1179	40%
Infrastrukturnut- zung, Schiene (ohne LaTPS)	2.206,47	0,5299	19%	2.306,80	0,5540	20%
Energie	1.648,53	0,3959	14%	1.648,53	0,3959	14%
Personalkosten, Fahrt	600,00	0,1441	5%	600,00	0,1441	5%
Umschlag/Rangie- ren	1.200,00	0,2882	11%	1.200,00	0,2882	10%
Vor- und Nachlauf	1.093,90	0,2627	10%	1.100,00	0,2642	10%
gesamt	11.403,90	2,7387		11.510,33	2,7642	
Kostensteigerung um 0,93 %						

Quelle: Eigene Berechnung.

Nach den Berechnungen führt also das Hochgeschwindigkeitsschleifen im gesamten Kernnetz der DB auf Steigerungen zwischen 0,5 und 1% der Gesamtkosten der Musterzüge. Dies erscheint als eine sehr moderate Kostensteigerung. Auch die Steigerung der Kosten für die Trassennutzung selbst hält sich für die Musterzüge im Rahmen; sie liegt zwischen 3,5 und 4,6%.

Allerdings sind die geringen Margen im Schienengüterverkehr zu berücksichtigen. Laut Marktuntersuchung der Bundesnetzagentur¹⁷⁶ weisen 81% der Schienengüterverkehrsunternehmen im Jahr 2013 ein positives Betriebsergebnis aus - und damit 19% ein negatives Betriebsergebnis. Die erzielte Umsatzrendite (Anteil Betriebsergebnis am Umsatz) betrug im Mittel jedoch 0%; im Personenfernverkehr bzw. -nahverkehr konnten dagegen Umsatzrenditen von 6,4% bzw. 8,1% realisiert werden.

Die ausgesprochen schwierige wirtschaftliche Lage zeigt sich auch an anderen Kennziffern: So beträgt das Betriebsergebnis pro Trassen-km im SGV nur 4 Cent (SPFV: 181 Cent; SPNV: 128) und das Betriebsergebnis pro tkm 0,01 Cent.

¹⁷⁶ Vgl. Bundesnetzagentur (2015).

8.4 Konsequenzen für die Wettbewerbsposition

Die durchgeführten Abschätzungen zu den Kosteneffekten lärmmindernder Maßnahmen zeigen ausgesprochen geringe Kostensteigerungen je Leistung (Fahrt oder Umlauf) bzw. je tkm.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass

- in diesem Abschnitt nicht die Gesamtbelastung des Systems betrachtet wurde,
- einzelne Kostenkomponenten, wie etwa Transaktionskosten, noch nicht berücksichtigt wurden,
- jede hoch aggregierte Analyse Annahmen verwendet muss, die - wie etwa die jährliche Laufleistung - nur für einen Teil der Verkehre gilt.

Eine Möglichkeit, diese Kosteneffekte mit ihren Konsequenzen für die Marktposition der Bahn zu verknüpfen, besteht in der Verwendung von Elastizitätsansätzen.¹⁷⁷

Die direkte Preiselastizität der Nachfrage einer Verkehrsart gibt dabei die relative Änderung des Aufkommens (t) oder der Verkehrsleistung (tkm) bei einer einprozentigen Kostenänderung an.

Die vorliegenden empirischen Arbeiten zur Preiselastizität der Nachfrage im Güterverkehr bzw. speziell im Schienengüterverkehr weisen dabei allerdings einen extrem breiten Ergebniskorridor auf.¹⁷⁸

Dabei variieren die Ergebnisse sowohl nach den untersuchten Ländern, Zeiträumen und Gütern als auch nach den verwendeten Methoden der Elastizitätsschätzung. Es ist auch festzuhalten, dass die einzelnen Studien keine einheitliche Systematik von Produktionssystemen oder durchschnittlichen Merkmalen der Züge / Relationen aufweisen.

In der folgenden Tabelle werden beispielhaft Preiselastizitäten aus aktuellen Untersuchungen gegenübergestellt. Die zu erkennenden Unterschiede sowohl hinsichtlich der unterschiedlich abgegrenzten Marktsegmente sowie der Elastizitäten sind typisch für den Bereich des Schienengüterverkehrs.¹⁷⁹

¹⁷⁷ Alternativen hierzu sind insbesondere Simulationen, in denen die Entscheidung über die Auswahl einer Verkehrsart anhand expliziter Präferenzfunktionen oder anhand der verallgemeinerten Logistikkosten getroffen wird. In beiden Fällen gehen neben den reinen Transportkosten der Verkehrsart immer auch qualitative Unterschiede in die Betrachtung ein. Zur Diskussion vgl. z.B. Blauwens u.a. (2006); Daduna (2009).

¹⁷⁸ Für Übersichten vgl. Litman (2013), Oum / Waters / Yong (1990) sowie Weyerstrass / Jaenicke (2009).

¹⁷⁹ Vgl. insbesondere den Überblicksartikel von Litman (2013).

Tab. 32: Beispiele für (direkte) Preiselastizitäten im SGV

Bühler u.a. (2009)		Sonntag, Liedtke (2015)	
Marktsegmente	Elastizität	Marktsegmente	Elastizität
Kombinierter Verkehr	-0,7 bis -0,89	Kombinierter Verkehr (maritim)	-1,40
		Kombinierter Verkehr (kontinental)	-1,30
		Wagenladungsverkehr (Einzelwagen)	-2,00
Ganzzüge (Massengut ohne Wettbewerb Binnenschiff-fahrt)	-0,02	Ganzzugverkehr	-0,20
Ganzzüge (Massengutverkehr mit Wettbewerb Binnenschiff-fahrt)	-0,79		

Quelle: Bühler u.a. (2009); Sonntag, Liedtke (2015).

Im Folgenden werden für den kombinierten Verkehr und den Ganzzugverkehr die Werte beider Studien verwendet, um die mögliche Spannbreite der Ergebnisse abdecken zu können.

Unter Verwendung dieser Elastizitäten lassen sich für die betrachteten Beispielzüge und Maßnahmen moderate Mengeneffekte erwarten.

Tab. 33: Nachfrageeffekte auf die verwendeten Musterzüge

	Musterzug 1	Musterzug 2	Musterzug 3
Segment	Ganzzug Container	Ganzzug Schüttgut	Einzelwagenverkehr
Relative Kostensteigerung (in v.H.)	0,57%	0,78%	0,93%
Verwendete Preiselastizität	-0,7 bis -1,3	-0,7 bis -1,3	-2,0
Relative Nachfrageänderung (in v.H.)	-0,40% bis -0,74%	-0,55% bis -1,01%	-1,86%

Quelle: Eigene Berechnung.

Teil 2: Politische Handlungsalternativen zur Lärminderung

9 Monitoring des Schienenverkehrslärms in Deutschland

Strategien und Maßnahmen für die Lärminderung des Schienenverkehrs sollten von einem Monitoring begleitet werden, wobei im Folgenden von einem Monitoring der Emissionen (nicht der Immissionen) ausgegangen wird. Monitoring bedeutet dabei eine Messstrategie, die ein möglichst repräsentatives Gesamtbild der Schallemissionen, die von vorbeifahrenden Zügen ausgehen, generiert. Es geht also nicht nur um eine singuläre Schallmessung, sondern um langandauernde Schallmessreihen an mehreren geeigneten Punkten sowie um deren Aus- und Bewertung. So wird die Möglichkeit geschaffen, die derzeitige Situation des Schienenverkehrslärms und die Effektivität von ergriffenen Maßnahmen möglichst nachvollziehbar darzustellen. Anschließend können Langzeituntersuchungen die Entwicklung des Schienenverkehrslärms aufzeigen. Darüber hinaus erscheint es auch möglich, das Monitoring des Schienenverkehrslärms als Kontrollen direkt mit dem Einsatz politischer Instrumente zur Lärmreduzierung zu verbinden.

Nachfolgend werden beispielhaft die vorhandenen Monitoringstationen in der Schweiz, in Österreich und in Deutschland kurz vorgestellt. Aufbauend auf der Darstellung vorhandener Monitoringstationen werden Konzept-Ansätze für ein Monitoring des Schienenverkehrslärms in Deutschland entwickelt. Hieraus ergeben sich die erforderliche Grundausstattung für ein Monitoringsystem und die notwendige Anzahl sowie die Verteilung von Messstellen im Eisenbahnnetz. Abschließend kann darauf aufbauend eine Grobschätzung der Kosten für das Monitoring angegeben werden.

9.1 Monitoringstationen in der Schweiz

Im Zuge der Recherchearbeit wurde eine Monitoringstation in Wichtrach in der Schweiz besichtigt. Erfahrungen und der Konzeptentwurf der bereits bestehenden Stationen können genutzt werden, um für das deutsche Schienennetz ein erfolgreiches System zu entwickeln.

9.1.1 Konzept und Finanzierung der Monitoringstationen

In der Schweiz existieren derzeit sechs ortsfeste Monitoringstationen für die Schienenverkehrslärmemissionen. Hinzu kommt eine mobile Messstation. Entwicklung, Installation und Betrieb der Monitoringstationen wurden in einem Gesamtprojekt für eine Laufzeit von 2003 bis 2015 durch das Bundesamt für Verkehr Schweiz (BAV) ausgeschrieben. Die Stationen dienen u.a. zur Erfolgskontrolle des Emissionsplans 2015.¹⁸⁰ Dieser besteht aus einer Tabelle mit Lärmemissionshöchstwerten für alle Strecken des schweizerischen Schienennetzes, die ab dem Jahr 2015 einzuhalten sind.

Andernfalls müssen die Infrastrukturbetreiber auf betroffenen Streckenabschnitten Lärminderungsmaßnahmen auf eigene Kosten ergreifen.

Das Lärmmonitoring dient auch dazu, die Akzeptanz der Lärmprognosen und des Lärmsanierungsprogramms bei der Bevölkerung zu verbessern. Durch die laufenden Messungen und die schnelle Veröffentlichung der Messergebnisse über das Internet ist die Zahl der Forderungen nach Lärmmessungen aus der Bevölkerung deutlich zurückgegangen.

¹⁸⁰ Der Emissionsplan 2015 steht auf der Website des BAV (www.bav.admin.ch) unter Themen, Projekte, Lärmsanierung zur Verfügung.

Das gesamte Projekt wurde über den Zeitraum von 2003 bis 2015 an mehrere Auftragnehmer vergeben. Das Kostenrisiko wurde dabei durch Forderung eines Fixpreises für 15 Jahre an die Auftragnehmer übertragen. Die Stationen gehören somit nicht dem BAV oder den Schweizerischen Bundesbahnen, sondern den unabhängigen Auftragnehmern.

Folgende Punkte sollten für die Kostenkalkulation einer Monitoringstation nach den Erfahrungen der Auftragnehmer in der Schweiz beachtet werden:

- Höhe der Investitionskosten für die Messtechnik
- Höhe der Baukosten
- Häufigkeit von Instandhaltungsmaßnahmen am Gleis wie z.B. Schienenwechsel – mit denen die Gefahr der Beschädigungen der Messinstallation wie z.B. der Kabel verbunden ist
- Häufigkeit und Umfang von Schäden durch Vandalismus
- Häufigkeit des Austauschs von Computer-Hardware und Messtechnik z.B. aufgrund des Alters oder eines Totalausfalls – Bestimmte Ersatzteile wurden für 5 Jahre im Voraus angeschafft, da mit einem Auslaufen ihrer Produktion zu rechnen war.
- Kostenkalkulation für Inspektion und Wartung der Anlagen – In der Schweiz erfolgt vier Mal im Jahr die Inspektion einer Messstation. Zur Wartung zählen beispielsweise die Kalibrierung der Mikrofone, die Überprüfung der gesamten Messeinrichtung, die Durchführung eines Testalarms der Warneinrichtung bei Störungen der Messtechnik und die Kontrolle der Restkapazität des Datenspeichers sowie der Datenmenge.
- Häufigkeit von Synchronisations- und Kommunikationsfehlern
- Berücksichtigung eventueller Softwareprobleme z.B. bei Nutzung neuer Softwareversionen mangels Testmöglichkeiten
- Häufigkeit von Kabelbrüchen
- Kosten für die Stromzuführung und den Internetanschluss.

Mit eingerechnet war ein Prozentsatz von 20% für Leistungen, die im Zuge des Betriebes, der Erstellung der Monitoringstation und bei der Datenkontrolle auftreten können, jedoch vorher nicht benannt werden konnten. Ein Akustiker wurde als Mitarbeiter beim BAV eingesetzt, um die aufgenommenen Daten zu kontrollieren und zu bewerten.

Für die genannte Laufzeit wurde von den Auftragnehmern ein Kostensatz von ca. 5 Mio. CHF (4,8 Mio. Euro) errechnet. Dieser wird als Jahreszahlung an die Hersteller und Betreiber der Stationen vom BAV gezahlt.

Ungefähre Gestellungskosten:

- 200.000 CHF (162.600 Euro) pro Messstation – davon 10.000 CHF (8.100 Euro) pro Mikrofon und 15.000 bis 20.000 CHF (12.200-16.300 Euro) für die örtliche Installation der Messstation
- 50.000 CHF (40.650 Euro) für die mobile Messstation

Folgende Leistungen werden vom BAV zusätzlich an weitere Unternehmen in Auftrag gegeben:

- Messung der Schienenrauheit im Messungsquerschnitt einmal pro Jahr an jeden der sechs Orte der Monitoringstationen in der Schweiz – Pegelkorrekturen werden für diese Rauheiten nicht

vorgenommen. Die Ergebnisse werden nur zur Dokumentation in den Jahresbericht des BAV aufgenommen.

- Messung der Track Decay Rate für die einzelnen Messungsquerschnitte – Mit der Track Decay Rate wird die Abklingrate des Gleises bestimmt. Diese hat nach TSI Lärm, ebenso wie die Schienenrauheit, für Abnahmemessungen auf einem Referenzgleis bestimmte Grenzwerte einzuhalten. Eine hohe Abklingrate des Gleises bedeutet eine hohe Dämpfung und damit eine geringere Luftschallabstrahlung des Gleises. Auch die Bestimmung der Track Decay Rate dient nur der Dokumentation.
- Betrieb der mobilen Monitoringstation.
- Datenverwaltung in einer Datenbank durch ein separates Unternehmen.
- Aktualisierung und Bereitstellung der Daten über das Internet für die Bevölkerung – Dafür wurde ein Webtool implementiert. Diese Onlinestellung erfolgt ebenfalls durch ein separates Unternehmen.

Folgende Probleme sind bisher vom BAV während der Betriebszeit dokumentiert worden:

- Bei Gleisarbeiten Beschädigung sämtlicher Kabel, die das Gleis querten
- Einzelne Kommunikations- und Synchronisationsprobleme des Messsystems
- Unterbrechungen aufgrund von Problemen mit dem Rechner und dem Filesystem (defekte unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV), defekter PC)
- Defekte Speisung der Achszähler und Kabelbruch
- Durch Nagetiere angefressene Mikrofonkabel
- Ersatz eines defekten Mikrofons
- Blitzeinschlag (Defekt der Mikrofone inkl. Speisegerät und Vorverstärker sowie weiterer Geräte)
- Vandalismus (Abbrennen der Windschirme, Besprühen der Messcontainer)
- Lärmstörungen durch Bauarbeiten und Arbeiten der Anrainer auf den angrenzenden Feldern unmittelbar neben den Messstationen
- Falsche Zuordnung der Zugtypen (fälschliche Einordnung eines Personenzuges als Güterzug)

Die Projektleitung wurde an die Planteam GHS AG vergeben. Die Bereitstellung und Wartung der Messtechnik wurde durch die Norsonic Brechbühl AG übernommen. Für den Bau der Messstation war die WILD Ingenieure AG zuständig und die Datenspeicherung erfolgt durch inNET Umweltmonitoring. Diese liefern gegen Zahlung die Daten an das BAV. Die Messmittel bleiben in Besitz der Auftragnehmer. Die Messdaten werden im Rhythmus von etwa acht Stunden im Internet für die Website des BAV für die Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Diese Arbeiten wurden von einem Mitarbeiter des BAV kontinuierlich begleitet.

9.1.2 Datenerfassung

Durch die Monitoringstation werden die in

Tab. 34 aufgeführten Daten erhoben. An der jeweiligen Strecke befinden sich zwei Mikrofone – die bei Vorbeifahrten von Zügen auf beiden Gleisen den Schalldruckpegel erfassen – sowie zwei Achszähler

pro Gleis. Die beiden Achszähler pro Gleis befinden sich in einem Abstand von 30 m. So kann die Ein- und Ausfahrtzeit der Züge in den Messungsquerschnitt erfasst werden. Aus den Achsdaten wird der Zugtyp nach Güterzug und Personenzug (auf Basis des Achsabstandes) kategorisiert. Eine genauere Bestimmung der Zugart erfolgt mit diesem System nicht. Im Nachhinein kann jedoch nach Bedarf ein Abgleich mit den Daten des Cargo Infosystems der SBB erfolgen.

Die Wagendaten der einzelnen Züge werden ab dem Grenzübertritt in die Schweiz für jeden Wagen ermittelt und können im Nachhinein durch das BAV abgerufen werden. Somit kann manuell auch auf die einzelnen Wagennummern der erfassten Zugvorbeifahrten geschlossen werden. Eine Zuordnung der einzelnen Wagen ist jedoch nicht möglich, da der Vorbeifahrtpegel in Abhängigkeit von der Vorbeifahrtzeit nicht routinemäßig gespeichert wird. Aus diesem Grund ist auch eine spektrale Auflösung aller Zugvorbeifahrten nicht möglich.

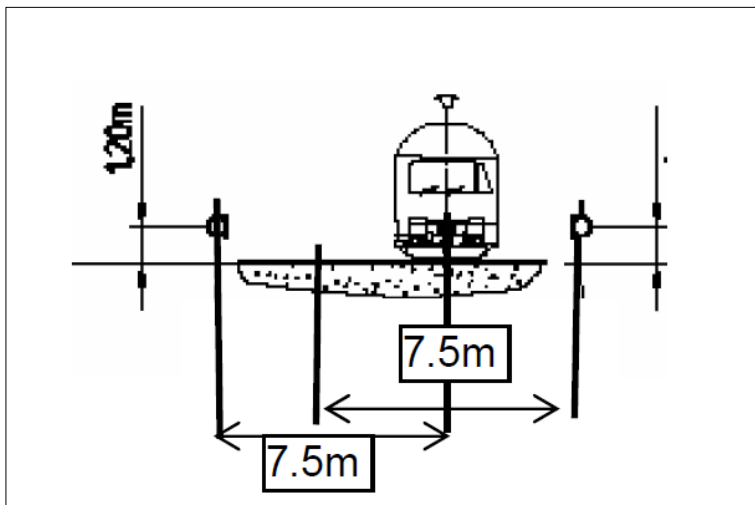
Tab. 34: Aufgezeichnete Messgrößen durch Monitoringstationen des BAV

Aufgezeichnete Messgröße	Einheit	Wert
Datum	DD:MM:YY	Datum Messbeginn
Zeit von	HH:SS	Einfahrt Messquerschnitt
Zeit bis	HH:SS	Ausfahrt Messquerschnitt
Leg A	[dBA]	
Leg C	[dBC]	
Leg lin	[db]	
Geschwindigkeit Zuganfang	[km/h]	Kontrolle Beschleunigung
Geschwindigkeit Zugende	[km/h]	
Durchfahrtszeit	[s]	
Achszahl		
Zuglänge	[m]	Berechnet
Transit Exposure Level (TEL)	[dBA]	Berechnet
Zugtyp	Reisezug Güterzug Nicht definiert	Ermittlung aufgrund der Achsdaten

Quelle: Bundesamt für Verkehr (2008).

Aus den aufgezeichneten Daten der Achszähler werden die Geschwindigkeiten bei Ein- und Ausfahrt in den Messungsquerschnitt für das erste und letzte Drehgestell errechnet. Die Zuglänge wird ebenfalls über die Achszähler errechnet. Die Mikrofone sind so angeordnet, dass im Abstand von 7,5 m über die Gleise hinweg gemessen werden kann. Abb. 66 zeigt die Anordnung der Mikrofone in der Messungsebene.

Abb. 66: Messungsquerschnitt in Mikrofonebene



Quelle: Bundesamt für Verkehr (2008).

Aufgrund dieser Anordnung treten bei Zugkreuzung im Messbereich stets Fehlmessungen auf. Um dennoch eine lückenlose Erfassung der Züge zu gewährleisten, wird auf Zugvorbeifahrten aus der Vergangenheit für beide Gleise zurückgegriffen, die zur gleichen Zeit und am gleichen Tag stattgefunden haben und vom gleichen Zugtyp sind. So wird die Datenbank automatisch lückenlos nach einer bestimmten Zeit vervollständigt.

Die Mikrofone zeichnen ab einem bestimmten Schwellenwert des Vorbeifahrtsschalldruckpegels den gemittelten Schalldruckpegel einer Zugfahrt auf. Das Signal wird an einen Messcontainer weitergeleitet, der sich ebenfalls an der Strecke befindet (siehe Abb. 67). Die Mikrofone werden intern täglich über einen Aktuator überprüft. Die Abweichungen der Kalibrierungswerte sind in der Regel sehr gering. Der Großteil der Mikrofone ist bereits seit 10 Jahren im Einsatz.

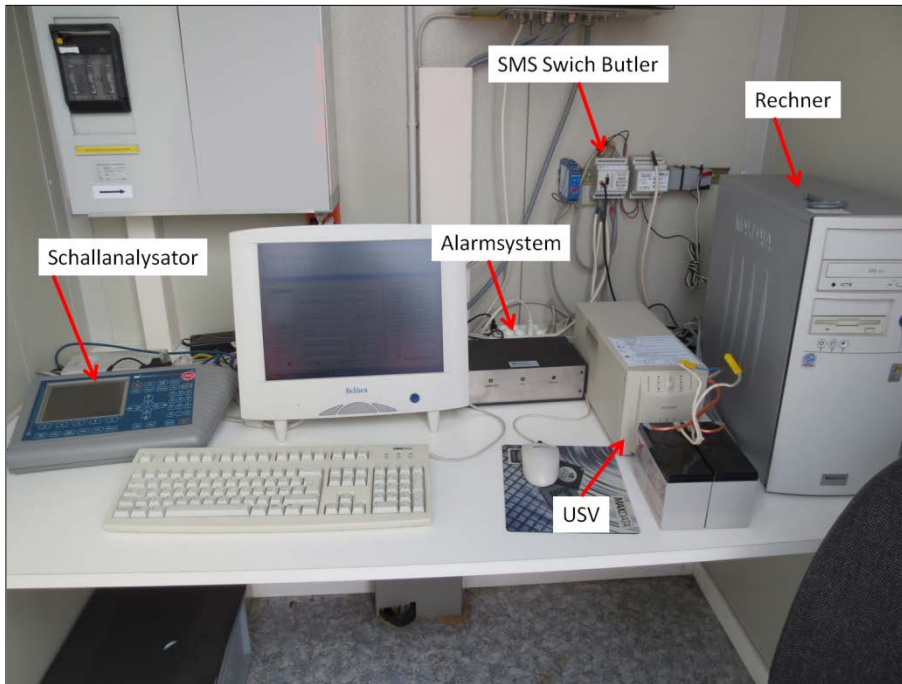
Abb. 67: Container mit Messtechnik an der Strecke bei Wichtrach



Quelle: Eigenes Bild.

Im Messcontainer befindet sich die Rechnertechnik. Es wurde bewährte Standardmesstechnik verwendet, um das Ausfallrisiko zu senken. Die Messung selbst wurde mit Algorithmen automatisiert, die von den Betreibern eigens hierfür entwickelt wurden. Enthalten sind unter anderem ein Rechner mit Monitor, eine unterbrechungsfreie Stromversorgung, der Schallanalysator und ein Warnsystem, falls das System die Daten nicht korrekt aufzeichnen oder übermitteln kann. Das Warnsystem ist dabei so konzipiert, dass eine Warnung per SMS an die Norsonic Brechbühl AG als Verantwortliche für die Wartung der Messtechnik vom System automatisch übermittelt wird. Das System kann per SMS durch die Norsonic Brechbühl AG komplett neu gestartet werden. Dieses Verfahren erwies sich im Betrieb günstiger als z.B. die Kommunikation mit der Station über das Internet. Abb. 68 zeigt einen Blick in den Messcontainer.

Abb. 68: Blick in den Messcontainer

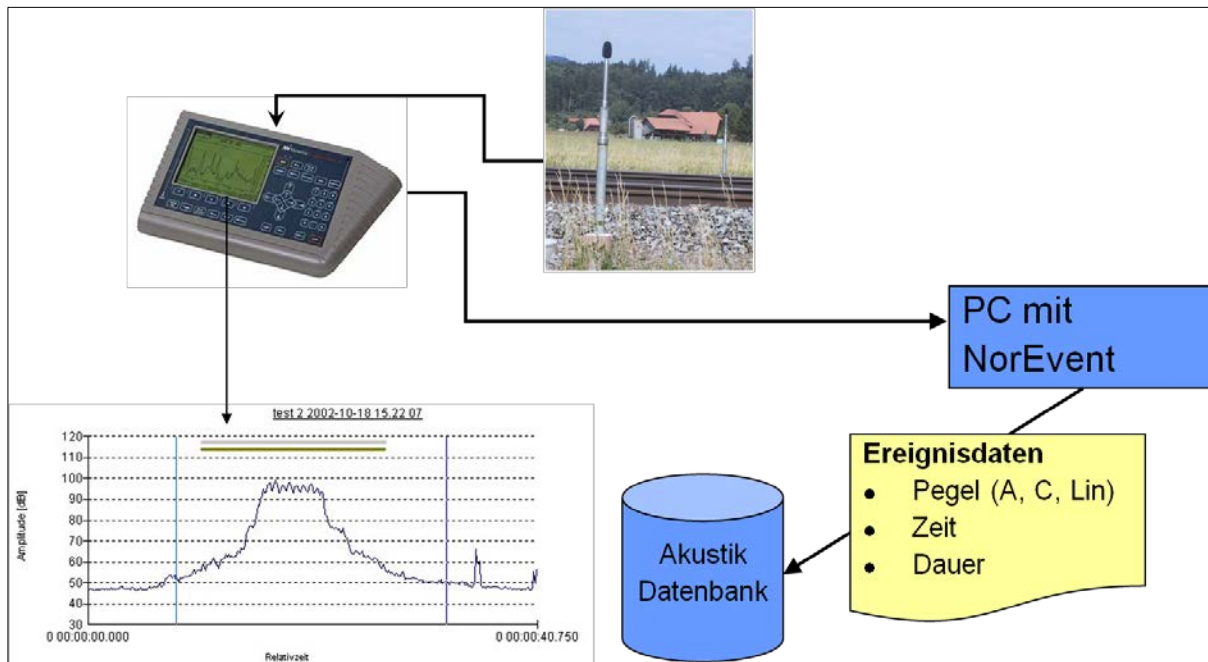


Quelle: Eigenes Bild.

Das Schema für die Erfassung der akustischen Messdaten wird in Abb. 69 gezeigt. Das Mikrofonsignal wird über den Schallanalysator an den Rechner mit dem Programm NorEvent übertragen. Aus den Daten werden die A-bewerteten und C-bewerteten gemittelten Schalldruckpegel über die Vorbeifahrt, die momentane Zeit sowie die Dauer der Vorbeifahrt am Mikrofon berechnet. Aus allen Vorbeifahrten wird der Beurteilungs-Emissionspegel $L_{r,e}$ für die Tag- und Nachtstunden berechnet. Der Tag ist dabei der Zeitraum von 06:00 Uhr bis 22:00 Uhr. Die Nacht bezeichnet den Zeitraum von 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr.

Die Anzahl der Achsen wird über Dehnungsmessstreifen an den Schienen erfasst. Bei Überfahrt eines Zuges erfassen die Dehnungsmessstreifen die Dehnung der Schiene unter Last. Das Messsignal wird über einen A/D-Wandler an das Programm NorAxle auf dem PC des Messcontainers übertragen. Die Anzahl der Achsen, die Zuggeschwindigkeit, die Zuglänge und der Zugtyp (Güterzug oder Personenzug) werden im Programm ausgewertet. Die Achszählerdaten aller sechs Monitoringstationen werden an einem separaten zentralen Ort gespeichert. Die Zugkreuzungen werden bei gleichzeitiger Erfassung von Zügen durch die Achszähler auf beiden Gleisen ebenso erfasst.

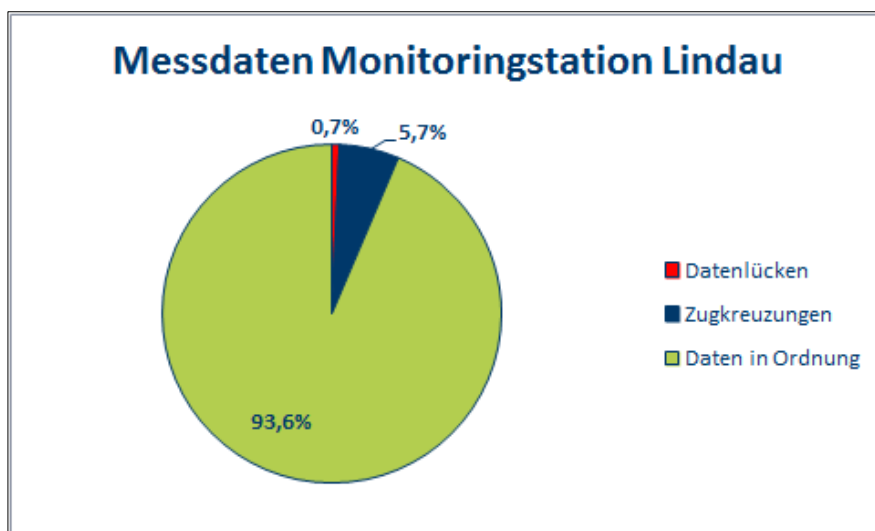
Abb. 69: Messkette der akustischen Messung



Quelle: Attinger (2013).

Treten akustische Ereignisse auf, ohne dass gleichzeitig durch die Achszähler eine Zugvorbeifahrt registriert wurde, werden diese Daten als Störgeräusche eliminiert. Die Datenbereinigung erfolgt einmal im Monat. Trotz dieser Fehlerquellen beträgt die Datenverfügbarkeit für alle sechs Messstationen der Schweiz mindestens 90% bezogen auf ein Jahr. Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft für die Station Lindau die Datenstatistik für das Jahr 2011.

Abb. 70: Statistik der erfassten Messdaten für die Monitoringstation Lindau im Jahr 2011



Quelle: Eigene Darstellung nach Planteam (2013).

Die Datensicherung erfolgt dreifach. Zum einen werden die Daten auf dem Rechner der Messstation gesichert. Die Datenbereinigung erfolgt erst, wenn die Festplatte des Rechners in der Messstation voll ist. Zum anderen werden die Daten über das Internet dreimal am Tag (ISDN-Verbindung) auf einen FTP-Server außerhalb der Messstation transferiert. Die dritte Sicherung geschieht über einen Download von Hand.

Die Daten werden in einer Microsoft Excel-Datei abgelegt und dem BAV zur Verfügung gestellt. Um die Datenmenge gering zu halten, werden Detaildaten wie die Wagennummern nur bei Bedarf aus der Datenbank der SBB Cargo ermittelt.

9.2 Monitoringstationen in Österreich

In Österreich existiert derzeit ebenfalls ein Messsystem für den Schienenverkehrslärm, welches in der Nähe von Wien in Deutsch Wagram, im Eisenbahnnetz der ÖBB seit 2006 eingesetzt wird.¹⁸¹

Das Messsystem für den Schienenlärm wurde durch psiacoustic Umweltforschung und Engineering GmbH entwickelt. Das Messsystem wird mittlerweile unter dem Firmierung acramos® frei am Markt angeboten. Das acramos®-Messsystem ist Teil des Schienenfahrzeug-Messsystems Argos®, das unter anderem zur Entgleisungsdetektion, automatischen Zugüberwachung und zur Überwachung des Bogenlaufverhaltens genutzt werden kann.¹⁸²

Seit 2008 sind auch mobile Lärmmesssysteme im Einsatz, die flexibel angemietet werden können und die die gleichen Funktionen bieten wie die ortsfesten Dauermessstellen.

9.2.1 Messparameter

Mittels des österreichischen Messsystems werden automatisch und fahrzeugselektiv die Geräuschemission und Erschütterungsemission von Schienenfahrzeugen erfasst. Das System wurde bereits genutzt, um den Nachweis für lärmreduzierende Maßnahmen längerfristig zu erbringen, Trends in der Geräuschbelastung nachzuverfolgen sowie das Monitoring für betriebliche Zwecke zu nutzen. Eine Weitergabe betriebsrelevanter Informationen an die Leitstelle ist möglich. Die Nutzung des Systems für die Erfassung von lärmabhängigen Trassenpreisen wird ebenfalls in Betracht gezogen.

¹⁸¹ Vgl. Acramos (2013).

¹⁸² Vgl. Argos (2013).

Das mehrkanalige Messsystem kann eine Vielzahl von Messgrößen erfassen. Dies sind unter anderem:

- A-bewerteter Vorbeifahrtpegel $L_{p,A,eq,T}$ des Zuges
- A-bewertete Pegelstatistik $L_{p,A,01}$, $L_{p,A,10}$, $L_{p,A,90}$, $L_{p,A,95}$ des Zuges
- A-bewerteter Vorbeifahrtpegel $L_{p,A,eq,WG}$ der einzelnen Wagen im Zug
- A-bewerteter Vorbeifahrtpegel $L_{p,A,eq,AX}$ jeder einzelnen Achse im Zug
- Terzspektren des Zuges und der Wagen
- Optionale Aufzeichnung des Zeitsignals der Vorbeifahrt
- Achsmustererkennung und Schallpegelzuordnung – insbesondere wichtig für eine Erkennung von Flachstellen
- Zuordnung von Zugkategorien – wobei alle gängigen Zugtypen, die auf dem Netz der ÖBB verkehren, berücksichtigt werden.
- Wetteraufzeichnung mittels integrierter Wetterstation

Die Messwerte werden in einer Datenbank gespeichert. In dieser werden die A-bewerteten Vorbeifahrtpegel in Abhängigkeit der Vorbeifahrtgeschwindigkeit für die jeweiligen Zugkategorien ausgewertet.

Die Statusabfrage der Station erfolgt mittels SMS, sodass Störungsfälle schnell behoben werden können. Die Datenabfrage kann mittels mobilen Internets direkt nach dem jeweiligen Ereignis aus der Ferne erfolgen.

9.2.2 Konfiguration des Messsystems

Die Grundkonfiguration der Mikrofone entspricht der Technischen Spezifikation - TSI Lärm. Aus statistischen Gründen werden zwei Messquerschnitte verwendet. Dafür werden verwendet:

- Zwei wetterfeste Mikrofone, jeweils in 7,5 m Entfernung von der Gleismitte und in 1,2 m Höhe über Schienenoberkante (SOK)
- Zwei schienenseitig angebrachte induktive Radsensoren für das Achssignal
- Beschleunigungsaufnehmer auf den Schwellen für vertikale Schwellenbeschleunigungen
- Beschleunigungsaufnehmer für eine Messung der horizontalen und vertikalen Schienenbeschleunigungen

Mit der Verwendung von Beschleunigungsaufnehmern umfasst das Messsystem mehr als nur die Erfassung von Schalldruckpegelsignalen. Mit Hilfe der Beschleunigungsaufnehmer am Gleis können Flachstellen auch dann erkannt werden, wenn die Schalldruckpegelsignale keine Aussage liefern können.

Messwertverfälschungen aufgrund von Zugkreuzungen werden automatisch durch das System herausgefiltert.

9.2.3 Fahrzeugerkennung

Für die Erkennung der Zugkategorien greift das Messsystem auf eine Datenbank mit gespeicherten Achsabständen verschiedener Zugtypen zurück. Die Datenbank wird fortlaufend erweitert und umfasst derzeit etwa 40 Zug- bzw. Lokomotivkategorien. Im Personenverkehr können in Österreich alle verkehrenden Zugkategorien erkannt werden. Im Schienengüterverkehr können die Zugkategorien Güterzug-Kfz (Wagen für die PKW Beförderung), Rollende Landstraße und allgemeine Güterzugwagen erkannt werden.

Außerdem bietet das Messsystem Schnittstellen an, über die z.B. elektronisch geführte Listen der Wagennummern und deren Reihung im Zug in das Messsystem einfließen könnten. Dadurch wäre eine Fahrzeugerkennung ebenfalls denkbar.

Als weitere Möglichkeit ist die Erkennung von Zugnummern oder Wagennummern mittels RFID möglich. Diese Fahrzeugerkennung mittels RFID ist derzeit für Testzwecke im Hauptsystem Argos® integriert. RFID bezeichnet die Identifizierung mittels elektromagnetischer Wellen, wobei ein zu erfassender Gegenstand einen Transponder besitzen muss. In diesem Transponder können Daten gespeichert werden, wie zum Beispiel die Wagennummern und die Namen der Wagenhalter einzelner Wagen. Ein Empfänger an einer Messstation könnte diese Daten dann auslesen.

Im Eisenbahnwesen wird allerdings derzeit eine Fahrzeugidentifikation mittels RFID nicht flächendeckend eingesetzt. Insbesondere im Schienengüterverkehr ist außerdem ein Einsatz ohne eine Abstimmung auf internationaler bzw. europäischer Ebene kaum vorstellbar, da Güterwagen in der Regel grenzüberschreitend von unterschiedlichen Eisenbahnverkehrsunternehmen gefahren werden.

9.3 Messungen und Monitoring des Schienenverkehrslärms in Deutschland

Derzeit bestehen in Deutschland weder ein rechtlicher Rahmen für die Zielsetzungen eines Monitorings noch technische Standards für Messungen des Schienenverkehrslärms im laufenden Eisenbahnbetrieb. Auch erfolgen bisher keine Messungen für eine quasi netzweite Erfassung oder Überwachung des Schienenverkehrslärms vergleichbar dem Vorgehen in der Schweiz.

Die bisher erfolgten Messungen – insbesondere bis zum Jahr 2010 – können daher als punktuelle Messungen angesehen werden. Die mit den Messungen verfolgten Zielsetzungen und darauf aufbauende Messkonzepte waren bzw. sind sehr unterschiedlich.

So erfolgen z.B. bei Anwendung der Regel gemäß TSI Lärm Emissionsmessungen – d.h. fahrwegseitige Messungen des vom Schienenverkehr ausgehenden Schalls. Dagegen können mit Bezug auf die Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) Immissionsmessungen erfolgen, die örtliche Gegebenheiten berücksichtigen, haus- oder gar wohnungsspezifisch sind.

Daher muss davon ausgegangen werden, dass bisher vorliegende Messergebnisse von unterschiedlichen Messstellen nur schwer miteinander vergleichbar sind oder dass die Vergleichbarkeit für jeden Einzelfall besonders geprüft werden muss.

Erste Ansätze für ein fahrwegseitiges Monitoring des Schienenverkehrslärms des laufenden Eisenbahnbetriebes in Deutschland entwickelten sich seit 2010 im Mittelrheintal. Grundlage und Anlass

hierzu war das 10-Punkte-Programm „Leises Rheintal“¹⁸³ der Umwelt- und Verkehrsminister der Länder Rheinland-Pfalz und Hessen.

Derzeit werden die folgenden vier Schallmessstellen betrieben. Alle vier Schallmessstellen erfassen Schallemissionen:

- durch das Land Hessen: in Rüdesheim-Assmannshausen an der Strecke 2630 (linke Rheinseite),
- durch das Land Rheinland-Pfalz: in Oberwesel an der Strecke 3507 (rechte Rheinseite),
- durch die Deutsche Bahn AG bzw. die DB Netz AG:
 1. in Bad Salzbig an der Strecke 2630 (linke Rheinseite) und
 2. in Osterspai an der Strecke 3507 (rechte Rheinseite)

Die Lage der Messstellen ist in Abb. 71 dargestellt. Die Messstelle in Oberwesel (Rheinland-Pfalz) liefert seit Sommer 2010 durchgehende Messungen, die Messstelle in Rüdesheim-Assmannshausen (Hessen) seit Februar 2011. Die Messstellen der DB AG wurden zwischen 2013 und 2014 errichtet. Seit Anfang 2015 werden die Messergebnisse von allen vier Messstellen auf den Seiten der jeweiligen Betreiber im Internet veröffentlicht.

In Tab. 35 sind die wesentlichen Merkmale der vier Messstellen im Mittelrheintal und in der Schweiz gegenübergestellt. Dabei werden einerseits die unterschiedlichen Randbedingungen für die Messungen nochmals deutlich. So können z.B. unterschiedliche Messabstände aufgrund bisher nicht vorhandener technischer Standards festgestellt werden. Andererseits haben die Eisenbahninfrastrukturbetreiber problemlos Zugriff auf weitere Datenquellen, die bei der Auswertung der Schallmessungen berücksichtigt werden können. So ist es z.B. möglich, die Vorbeifahrt von mehreren Zügen auf den zweigleisigen Strecken zu erkennen und bei den Messergebnissen zu berücksichtigen.

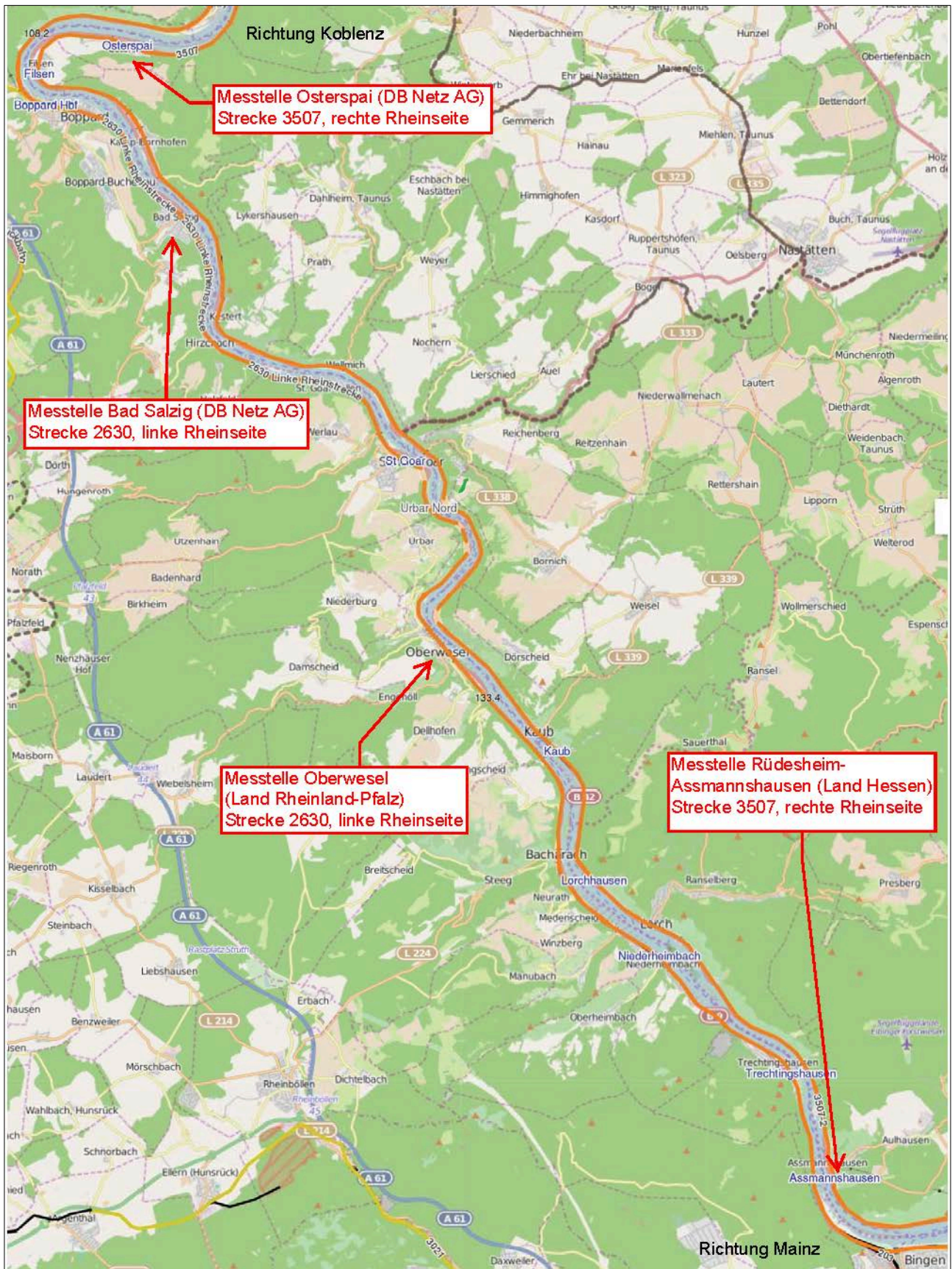
¹⁸³ Möller, Eberle (2010).

Tab. 35: Vergleich der derzeit vorhandenen Messstellen im Mittelrheintal und in der Schweiz

Messstation	Rüdesheim- Assmannshausen	Oberwesel	Osterspai, Bad Salzig	Monitoring Schweiz
Betreiber	Hessen	(Rheinland-Pfalz)	DB Netz AG	Bundesamt für Verkehr
Messbeginn	2010	2010	2013	2003
Angewandte Normen	DIN 45642	in Anlehnung an DIN 45642	DIN EN ISO 3095 DIN 45643	DIN EN ISO 3095
Abstand Messung über Gleis	ca. 2 m	3,5 m	1,2 m	1,2 m
Abstand Messung zur Gleismitte	ca. 7 m	4,7 m	7,5 m	7,5 m
Messgeräte	1 Schallpegelmessgerät, 1 Mikrofon für beide Gleise	1 Schallpegelmessgerät, 1 Mikrofon für beide Gleise	1 Schallpegelmessgerät, 1 Mikrofon für beide Gleise mit Pegelkorrektur, 1 Achszähler pro Gleis	1 Schallpegelmessgerät für beide Gleise, 1 Mikrofon für jedes Gleis, 2 Achszähler pro Gleis
Beurteilungsparameter Einzelschallereignis	Zugzahl, LTO (Zug) LAF max (Höchstwert pro Zug, pro Tag, pro Nacht)	Zugzahl LAF max (Höchstwert pro Tag, pro Nacht)	Zugzahl Vorbeifahrpegel LAeq (Zug)	Zugzahl Vorbeifahrpegel (TEL, TEL 80)
Beurteilungsparameter Mittelungspegel	Gesamtgeräuschpegel LAeq (Tag, Nacht, Monat)	Gesamtgeräuschpegel LAeq (Tag, Nacht, Monat)	Zugzahl, Zugvorbeifahrpegel LAeq (Tag, Woche, Monat, Jahr)	Beurteilungs-Emissionspegel Lr,e (Tag, Nacht)
Bezugsort Beurteilung	Messort	Messort	25m Entfernung zur Gleismitte	1m Entfernung zur Gleismitte
Zugtyp	-	-	ja, nicht öffentlich,	ja
Zuggeschwindigkeit	-	-	ja, nicht öffentlich,	nur für Auswertung
Zuglänge	-	-	ja, nicht öffentlich,	ja, nicht öffentlich,
Zugrichtung	-	-	nur für Auswertung	nur für Auswertung
Achszahl	-	-	nur für Auswertung	ja
Berücksichtigung Gleisbeschaffenheit	-	-	Erfassung Schienenrauheit ohne Berücksichtigung bei den Messergebnissen	Erfassung Schienenrauheit und Abklingrate, separate Bewertung im Jahresbericht ohne Berücksichtigung bei Messergebnissen
Link	www.hlug.de/no_cache/start/laerm/schienenverkehrs-laerm-im-mittelrheintal.html	www.luwg.rlp.de/Aufgaben/Gewerbeaufsicht/Laerm/Schienenverkehrs-laerm/	www1.deutschebahn.com/laerm/Messstationen/	www.bav.admin.ch

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten (2014).

Abb. 71: Übersicht der derzeit betriebenen Schall-Messstellen im Rheintal



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von OpenStreetMap und OpenRailwayMap (www.openrailwaymap.org).

9.4 Konzept-Bausteine für ein Monitoringsystem in Deutschland

Für das (Emissions-) Monitoring des Schienenverkehrslärms sind einerseits die Züge, also ihre Fahrzeuge und das (Güter-) Verkehrsaufkommen, und andererseits der Fahrweg Untersuchungs- sowie Bewertungsgegenstand. Zur Bewertung der Emissionsursache „Züge“ muss die Schallmessung fahrwegseitig erfolgen. Der vorhandene Einfluss des Fahrwegs, z.B. durch unterschiedliche Oberbauformen, wird dabei durch Vorgaben zu einem normierten (Mess-) Umfeld möglichst gering gehalten.

Fahrzeugseitige Schallmessungen dienen dagegen für die schalltechnische Bewertung der Emissionsursache „Fahrweg“, also von Oberbaukomponenten. Solche Messungen werden z.B. durch den Schallmesszug der DB Netz AG im Zulassungsprozess dieser Komponenten vorgenommen.

Ein Monitoring von Schallimmissionen des Schienenverkehrs würde neben den Einflüssen aus Fahrweg, Fahrzeug und Verkehrsaufkommen auch Einflüsse der baulichen Gegebenheiten wie z.B. Stellung der Gebäude zum Schienenweg, Anzahl und Größe der vorhandenen Fenster, Stärke der Verglasung und eventuell (weiterer) schon vorhandener Lärmschutzmaßnahmen beinhalten.

In diesem Kapitel wird nur das Monitoring der Emissionsursache „Züge“ betrachtet, also fahrwegseitige Messungen. Mit dem (fahrwegseitigen) Monitoringsystem wird die Gesamtheit aller Anlagen, Funktionen, Verfahrensweisen und Rahmenbedingungen für die messtechnische Erfassung des Schienenverkehrslärms bezeichnet. Hierzu gehören Schallmessstellen sowie entsprechende Verfahrensweisen für den Umgang und die Verwaltung der Messergebnisse. Da klar ist, dass mehrere Messstellen für ein Monitoring des Schienenverkehrslärms in Deutschland notwendig sind, ist zudem eine entsprechende Vernetzung der Messstellen in einer Systemumgebung zu berücksichtigen.

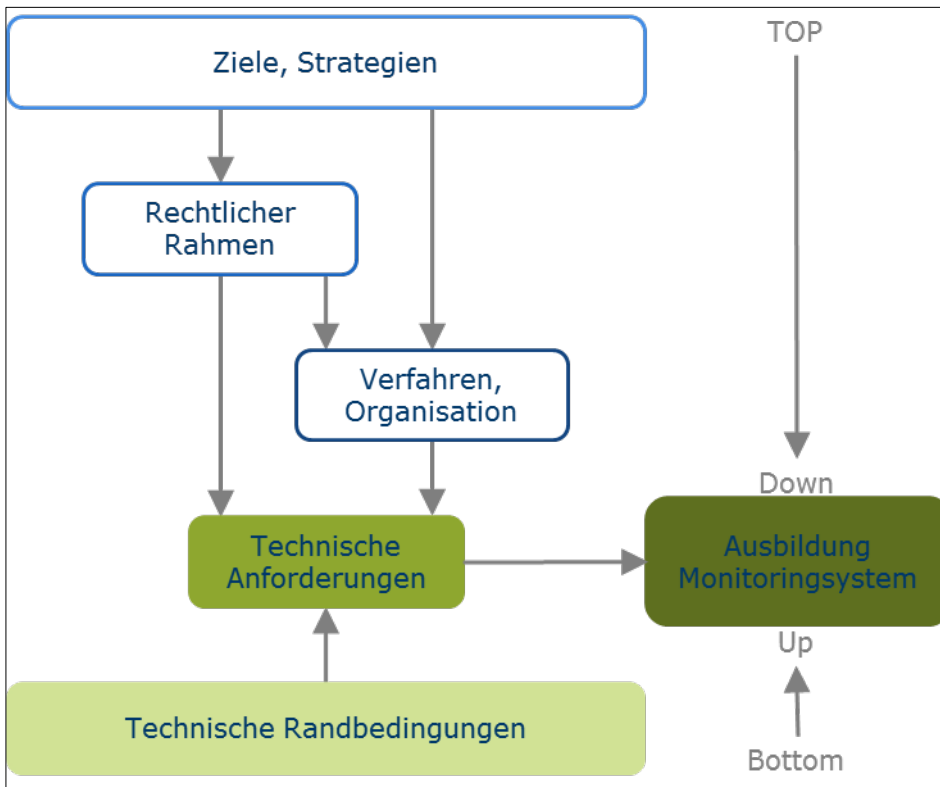
Die Entwicklung eines Monitoringsystems für den Schienenverkehrslärm in Deutschland kann entsprechend Abb. 72 aus zwei Richtungen erfolgen:

Top-Down

Ausgangspunkt sind die Ziele und Strategien, die mit dem Monitoring des Schienenverkehrslärms verfolgt werden. Aufgrund der Zielsetzungen müssen zunächst ein Ordnungsrahmen in rechtlicher sowie in organisatorischer Hinsicht festgelegt werden. Aus den Zielsetzungen und dem Ordnungsrahmen ergeben sich weiterführend die technischen Anforderungen an das Monitoringsystem.

In der folgenden Darstellung liegt der Fokus auf einer technisch geprägten Sichtweise. Zu einem rechtlichen Rahmen für das Monitoring werden nachfolgend nur Hinweise gegeben, soweit sie sich aus dieser technischen Sichtweise ergeben.

Abb. 72: Konzept-Bausteine und Entwicklungsrichtungen



Quelle: Eigene Darstellung.

Bottom-Up

Neben den Zielen und Strategien müssen zudem Randbedingungen berücksichtigt werden. Hierzu gehören z.B. die Art und Weise schalltechnischer Messungen. Auch hieraus ergeben sich weitere technische Anforderungen.

Wie bei der Entwicklungsrichtung Top-Down liegt auch hier der Fokus der Darstellung auf den technischen Randbedingungen.

9.4.1 Mögliche Zielsetzungen und rechtlicher Rahmen

Ziel „Erfassung der Lärmsituation“

Primäre Zielsetzung sollte die messtechnische Erfassung des Schienenverkehrslärms mit besonderem Schwerpunkt auf den Schienengüterverkehr sein.

Die Erfassung dient im ersten Schritt der Darstellung der derzeitigen (Lärm-)Situation bzw. des Ist-Zustands an den Eisenbahnfahrwegen. Die Messergebnisse der Erfassung können z.B. dazu genutzt werden, die berechneten Werte der Lärmkartierung zu überprüfen oder gar an die Messergebnisse anzupassen.

Nach einer längeren Betriebszeit und mit entsprechenden Anwendungserfahrungen kann in einem folgenden Schritt die zeitliche Entwicklung des Schienengüterverkehrslärms angegeben werden. Außerdem werden Prognosen für Langzeitentwicklungen möglich.

Damit kann die Effektivität von ergriffenen Maßnahmen für die Lärmminderung dargestellt bzw. die Wirkung zukünftiger technischer Innovationen oder Entwicklungen kontrolliert werden. Beides erfolgt auf Basis einer messtechnischen und damit weitestgehend objektiven Grundlage.

Die Erfassung sollte möglichst nachvollziehbar sein und ein adäquates Abbild der Gesamtsituation der Lärmbelastung liefern. Hierfür ergeben sich entsprechend einer differenzierten Zielsetzung unterschiedliche Bedeutungen. Beispielsweise ist für die Überprüfung der Lärmkartierung eine flächendeckend-repräsentative Erfassung über das Eisenbahnnetz wünschenswert. Dies erfordert tendenziell eine recht große Zahl und gute Streuung der Messstellen. Hingegen sollte für eine umfassende Darstellung der derzeitigen (Lärm-) Situation ein Großteil des Schienengüterverkehrs erfasst werden, d.h. beispielsweise ca. 50% der Verkehrsleistung. Zudem würde man insbesondere die Brennpunkte der Lärmbelastung berücksichtigen wollen. Im Folgenden wird eher diese zuletzt genannte Sichtweise verfolgt.

Ziel „Identifikation lauter Züge oder Wagen“

Eine weitere Zielsetzung kann die Identifikation lauter Güterzüge oder Güterwagen sein.

Von besonderem Interesse wäre dabei die Zuordnung der Messergebnisse zu einzelnen Wagen in einem Zug. Dabei reicht in einem ersten Schritt aus, die Position der Wagen im Zug und eventuell eine Wagenklasse, wie z.B. Wagen mit zwei Drehgestellen anzugeben. Auf dieser Basis wäre z.B. eine Information der EVU und Wagenhalter über die gemessene Lautstärke ihrer Wagen möglich. Weitergehende Schritte wären dann mit einer Bewertung der Messergebnisse und mit der Festlegung von Grenz- oder Eingreifwerten verbunden.

Technische Vorraussetzung für eine Identifikation lauter Züge oder Wagen sind

1. die Zuordnung des Zuges bzw. der Wagen im Messabschnitt zum Zeitverlauf der Schallmessung sowie
2. der Zugriff auf weitere Systeme zur Fahrzeugidentifikation.

Die Identifikation kann in mehrere Äste weiter differenziert werden, beispielsweise:

- Zuordnung der Messergebnisse zu einzelnen Wagen, Wagenklassen: Auch ohne genaue Wagen-Identifikation durch eine Wagennummer könnte die erfasste Lärmsituation und Langzeitentwicklung an den Eisenbahnfahrwegen z.B. nach Wagenklassen differenziert werden. Ergebnisse dieser Art können einerseits zur weiteren Forschung und Entwicklung lärmreduzierter Eisenbahnfahrzeuge und andererseits für die Gestaltung von Regelwerken der Wagenkonstruktion verwendet werden.

- Information der Wagenhalter und EVU: Die Wagenhalter können die Informationen nutzen, um laute Güterwagen der Fahrzeuginstandhaltung zuzuführen. Die schnelle Fahrzeuginstandhaltung lauter Güterwagen kann z.B. mit einem Anreizsystem berücksichtigt oder gefördert werden.

Soweit diese Informationen für die Wagenhalter in Instandhaltungsverfahren integriert werden, bedeutet ein möglichst umfassendes Monitoring, dass ein Großteil ihres Fahrzeugparks erfasst werden sollte.

Darüber hinaus würde für Wagenhalter bzw. EVU ein Monitoring besonders attraktiv werden, wenn das Monitoring zusätzlich die Ursache für den lauten Güterwagen liefern würde und damit behandelbar ist, z.B. als Angabe „Schallquelle Drehgestell“ oder „Schallquelle Bremsgestänge“. Hierzu wäre eine weitere Auswertung der Schallmessung erforderlich.

- Überwachung und Sanktionsregime: Die Überwachung im laufenden Eisenbahnbetrieb findet Eingang in Sanktionsregime. In Sanktionsregimen können Strafzahlungen bzw. Bonus-Malus-Systeme genauso vorgesehen sein wie Betriebsbeschränkungen, etwa für bestimmte Strecken und/oder Tageszeiten.

Inwieweit die Überwachung mit Sanktionsregimen verknüpft werden sollte, ist eine strategische Entscheidung in Hinblick auf weiterführende Zielsetzungen, die mit der Überwachung verbunden werden. Soweit die Überwachung eine flankierende Maßnahme zur Umsetzung von lärmmindernden Maßnahmen an Fahrzeugen sein soll, muss die Überwachung nicht flächendeckend oder kontinuierlich sein. Eine stichprobenhafte Überwachung – vergleichbar mit Geschwindigkeitsmessungen im Straßenverkehr – könnte ausreichend sein.

Für die genannten Zielsetzungen steigen mit der Reihenfolge ihrer Aufzählung nicht nur die technischen Anforderungen an. Auch die Anzahl der beteiligten Akteure nimmt zu. Darüber hinaus müssen entsprechende rechtliche Randbedingungen festgelegt werden. Sie betreffen z.B. folgende Punkte:

- Die Schallmessungen erfordern Eingriffe an den Eisenbahnfahrwegen.
- Der Zugriff auf Daten der Messstelle muss festgelegt sein. Hierzu gehören nicht nur die Messergebnisse und ihre Metadaten wie z.B. Uhrzeit oder Geschwindigkeit, sondern auch Daten aus weiteren Systemen, insbesondere zur Zug- oder Fahrzeugidentifikation.
- Der Datenschutz nicht nur der Messergebnisse, sondern auch weiterer verwendeter Daten wie Zugnummern oder Wagennummern, muss sichergestellt werden.

9.4.2 Technische Randbedingungen

Für die Schallmessung an den Eisenbahnfahrwegen können am Markt erhältliche Komponenten eingesetzt werden.

Für die Zielsetzung „Erfassung“ kann die Grundausstattung einer Messstelle mit folgenden notwendigen Systemen angegeben werden:

- zwei Mikrofone bzw. je Gleis ein Mikrofon für die Schalldruckmessung
- Achsdetektoren zur Eingrenzung einer Messstrecke, Steuerung des Auswertzeitraums und eindeutige Zuordnung der Messergebnisse zur Zugvorbeifahrt
- Auswertesystem mit entsprechender Hard- und Software, insbesondere mit entsprechenden Auswertealgorithmen
- Kommunikationssysteme mit Schnittstellen für eine (datentechnische) Vernetzung

Die Schalldruckmessung muss durch Achsdetektoren gesteuert werden. Nur so können Nebenquellen eindeutig ausgeschlossen werden. Insbesondere ist es an zweigleisigen Streckabschnitten nur so möglich, im Fall der gelegentlich auftretenden Zugkreuzungen auf der Messstrecke die dann unbrauchbaren Messergebnisse auszusortieren.

Mittels der Auswertealgorithmen werden einerseits die maßgebenden Parameter der Messung bestimmt. Andererseits kann durch die Bestimmung der Achsabstände und Achsmuster ein sogenanntes Zugbild erstellt werden, das die Unterscheidung von Personen- und Güterzügen ermöglicht. Für die Zielsetzung „Identifikation“ ist eine zusätzliche wagenscharfe Zuordnung der Schalldruckpegel zum Zugbild sowie eine Bewertung der Pegel erforderlich.

Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass jede Messstelle mit einem geeigneten Kommunikationssystem auszustatten ist. Für eine sehr geringe Anzahl von ca. vier bis sechs Messstellen kann eventuell noch auf eine Vernetzung verzichtet werden. Allerdings wird davon ausgegangen, dass das Monitoringsystem in jedem Fall aus mehr als 10 Messstellen besteht. Die Messstellen sollten daher in eine gleichwertig anspruchsvolle Systemumgebung eingebettet werden. Weitere Spezifikationen zu einem Kommunikationssystem werden in Abschnitt 9.4.4 dann als technische Anforderungen angegeben

9.4.3 Verfahren und Organisation

Eine grundlegende organisatorische Frage betrifft das Betreibermodell des Monitoringsystems. Entsprechend der Beispiele aus Österreich und der Schweiz ist ein Betrieb durch private Firmen praktikabel. Auch andere Betreibermodelle, z.B. Private-Public-Partnerships, wären denkbar. Klar zu empfehlen ist eine möglichst starke Unabhängigkeit von Eisenbahninfrastruktur- oder Eisenbahnverkehrsunternehmen. Die Hauptkontrolle über das Monitoringsystem sollte bei einer öffentlichen Stelle liegen.

Eine weitere Frage der Organisation betrifft die Veröffentlichung der Messergebnisse, beispielsweise im Internet. So könnte Transparenz bei Lärmproblemen insbesondere bei betroffenen Anwohnern erzeugt werden.

Verfahrensweisen beziehen sich auf die technische Umsetzung des Monitoringsystems. Hierzu gehören entsprechend den Zielsetzungen z.B.:

- inwieweit Einfach-, Doppel- oder Mehrfachmessungen eines Zuges erfolgen sollen: Im Hinblick auf die schlechte Reproduzierbarkeit der Schallmessungen aufgrund einer Vielzahl von Abhängigkeiten wird insbesondere für die Zielsetzung „Sanktionierung lauter Güterwagen“ mindestens eine Doppelmessung an zwei Messstellen empfohlen.
- eine Festlegung der Meldewege: Soweit beispielsweise eine Möglichkeit oder Verpflichtung der Weitergabe von Boni oder Strafzahlungen von Eisenbahnverkehrsunternehmen zu den Wagenhaltern besteht, wäre die technisch einfachere Zug-Identifikation und die Angabe der Position der Wagen im Zugverband anstelle einer Wagen-Identifikation mit Wagennummer ausreichend.

9.4.4 Ableitung technischer Anforderungen

Die technischen Anforderungen an ein Monitoringsystem für den Schienengüterverkehrslärm leiten sich ab

- aus den definierten Zielsetzungen und den daraus entsprechend gestalteten rechtlichen Rahmenbedingungen sowie Verfahrensweisen und Organisationsformen einerseits (Top-Down) und
- aus den technischen Randbedingungen andererseits (Bottom-Up).

Die Anforderungen werden den unterschiedlichen Anlagen bzw. Subsystemen für das Monitoring zugeteilt. Nachfolgend werden zunächst das Akustikmodul an einer Messstelle (bzw. Monitoringstation am Eisenbahnfahrweg) gegenüber weiteren Ergänzungssystemen unterschieden.

Akustikmodul an der Messstelle (Monitoringstation)

Die Messstelle besteht aus der Grundausstattung für die Schallmessung, die unter den technischen Randbedingungen schon angegeben wurde. Diese Grundausstattung mit Mikrofonen, Achsdetektoren und Auswertesystem wird im Akustikmodul zusammengefasst.

Für die Schallmessung am Eisenbahnfahrweg ist ein normiertes Umfeld erforderlich, damit die Messergebnisse unterschiedlicher Zugvorbeifahrten und mit unterschiedlichen Messstellen im Netz vergleichbar werden.

Für die Örtlichkeit der Messstelle ergeben sich folgende Vorgaben zumeist aus den technischen Randbedingungen:

- Die erfassten Züge sollten Regel-Geschwindigkeit – d.h. nicht zu langsam – und konstant fahren. Die Messstellen sollten daher an der freien Strecke mit Geschwindigkeiten über ca. 60 km/h liegen. Weichenbereiche oder Bereiche vor Einfahrten bzw. nach Ausfahrten aus Rangierbahnhöfen sind ungeeignet, da hier situationsbedingt oft nicht mit konstanter Geschwindigkeit gefahren wird.
- Die Streckenabschnitte sollten ein- oder zweigleisig sein und nicht in Bögen liegen. Mehr als zwei Gleise können messtechnisch schlechter erfasst werden und würden häufigere Zugkreuzungen und damit Messstörungen nach sich ziehen.
- Die Infrastruktur für die Messstellen sollte einfach erreichbar und benutzbar sein. Hierzu gehören entsprechende Flächen bzw. Grundstücke, ein Wetterschutzcontainer sowie z.B. die Möglichkeit der Stromversorgung vor Ort.

Weitere Vorgaben können bei Anwendung der DIN EN ISO 3095:2010 bzw. der TSI Lärm abgeleitet werden:

- Die Gleislage innerhalb der Messstrecke muss eine bestimmte Qualität besitzen bzw. in einer bestimmten Qualität gehalten werden. Diese Gleislagequalität ist nicht zwingend vergleichbar mit der Qualität, die durch den Eisenbahninfrastrukturbetreiber ohnehin gefordert wird.
- Die Schienen müssen den Anforderungen an die Schienenrauigkeit und an das vertikale und horizontale Abklingverhalten genügen. Hierzu sind Überprüfungen durch regelmäßige Messungen und eventuelle Maßnahmen wie Schienenschleifen bzw. Austausch/Einbau von Zwischenlagen oder Schienenstegdämpfern vorzusehen.

Ergänzungssysteme

Neben dem Akustikmodul an einer Messstelle können unterschiedliche Ergänzungssysteme vorgesehen werden. Ihre Notwendigkeit ergibt sich insbesondere aus der jeweiligen Zielsetzung.

Wie schon in Abschnitt 9.4.2 dargestellt, wird davon ausgegangen, dass mehr als 10 Messstellen für das Monitoring notwendig sein werden. Damit werden an den Messstellen Kommunikationssysteme und eine datentechnische Vernetzung notwendig. Bestimmte Subsysteme stellen Funktionen für alle Messstellen zentral bereit. Diese Subsysteme werden hier zunächst als Ergänzungssysteme mit aufgeführt, im Weiteren aber der Netzwerk-Umgebung zugeordnet.

Folgende Ergänzungssysteme können unterschieden werden:

Kommunikationssysteme

Für die Zielsetzung „Erfassung“ wäre im ersten Schritt eine einseitige Kommunikation durch den Versand von Protokollen ausreichend. Für weitere Anforderungen wie eine Fernwartung oder rudimentäre Fernsteuerung durch Befehlsdateien ist aber schon eine Zwei-Wege-Kommunikation erforderlich. Stand der Technik ist eine netzwerkfähige Datenverbindung per TCP/IP. Die Datenverbindung kann per DSL, per Mobilfunk oder durch eine Schnittstelle zu einem vorhandenen LAN hergestellt werden. Anhand der genutzten Kommunikationssysteme ergeben sich die Anforderungen an die Meldewege, die wiederum abhängig sind von den beteiligten Akteuren.

Datenarchivierung

Für die Zielsetzung „Erfassung“ mit einem umfassenden Monitoring ist ein zentraler Zugriff auf die Messergebnisse aller Messstellen notwendig. Für die Zielsetzung „Überwachung“ und Strategien mit Doppel- oder Mehrfach-Auswertungen eines Zuges sind neben dem zentralen Datenzugriff auch entsprechende zentrale Auswertelgorithmen und Redundanzen des Systems notwendig. Daher wird unterschieden zwischen:

- Datenbank Akustik für Langzeitauswertungen und Darstellung der Lärmsituation an mehreren Messstellen
- Auswerte-Server Überwachung für die Zuordnung von Zügen oder Wagen, die auf mehreren Messstellen erfasst wurden.

Identifikationssysteme

Soweit die Zielsetzung „Überwachung“ verfolgt werden soll, ist eine Zug- oder Fahrzeugidentifikation notwendig. Für den Schienengüterverkehr wären folgende Möglichkeiten technisch denkbar, ohne weitere Beachtung rechtlicher Rahmenbedingungen:

- Durch eine Schnittstelle zur Leit- und Sicherungstechnik kann die Zug-Nummer am Zug-Bus ausgelesen und den Metadaten der Messung hinzugefügt werden. Hierüber kann der Zug und damit das Eisenbahnverkehrsunternehmen identifiziert werden, nicht aber der Wagen und der einzelne Wagenhalter.
- Mittels eines Videosystems und einer automatischen Bildauswertung können einzelne Wagennummern erkannt werden. Die Wagenhalter können über die AVV-Wagendatenbank abgefragt werden. Der Allgemeine Vertrag für die Verwendung von Güterwagen (AVV) ist ein Vertragswerk des UIC und regelt den Einsatz der Güterwagen auf dem Netz der Mitgliedsbahnen. In Deutschland ist davon auszugehen, dass alle in Betrieb befindlichen Güterwagen gemäß dem AVV verwendet werden.

- Videosysteme für das automatische Erkennen von Wagen- oder Zugnummern werden bisher in eng definierten Situationen eingesetzt – z.B. in Verladestellen oder Werken – nicht aber auf der freien Strecke. Fehlerquellen können verschmutzte Wagen oder Wettereinflüsse sein. Ein Videosystem, insbesondere die Software für das automatische Erkennen von Wagennummern, müsste daher von anderen Anwendungen adaptiert oder erst entwickelt werden.
- Am Rande sei darauf hingewiesen, dass auch Schnittstellen zu weiteren Balisen für die Fahrzeugidentifikation denkbar wären. So werden die ICE-Züge z.B. über SOFIS-Tags der Firma Siemens identifiziert. Im Schienengüterverkehr gibt es erste Versuche von Wagenhaltern bzw. Verkehrsunternehmen Güterwagen mit RFIDs auszurüsten.

Bisher hat sich im Schienengüterverkehr kein System zur automatischen Wagenidentifikation durchgesetzt. Auch mittelfristig ist nicht zu erwarten, dass Wagenidentifikationssysteme eingeführt werden.

Alle angegebenen Identifikationssysteme benötigen Schnittstellen zu weiteren Datenbanken. Sie sind daher eng mit dem genutzten Kommunikationssystem verbunden.

Technischer Daten-Server

Da davon ausgegangen wird, dass für das Monitoring mehr als 10 Messstellen notwendig werden, ist eine Verwaltung der Messstellen notwendig. Die Messstellen sollten Lebenszeichen und Fehlerprotokolle senden können, die automatisch auf dem technischen Daten-Server verwaltet werden. Die Behandlung von Fehlerprotokollen sollte über weitere Möglichkeiten für die Fernwartung oder Fernsteuerung erfolgen können.

9.5 Grobkonzeption für ein fahrwegseitiges Monitoringsystem

9.5.1 Erforderliche Messstellen im Eisenbahnnetz

Für die Bestimmung von Anzahl und Lage der Messstellen im deutschen Eisenbahnnetz wird das Aufkommen des Schienengüterverkehrs in Deutschland betrachtet.

1. Ansatz: 15 Messstellen für die Erfassung der Schallemissionen

In einem ersten Ansatz werden 15 Messstellen im Eisenbahnnetz positioniert

- an den aufkommensstarken Hauptstrecken zwischen Hamburg/Bremen – Hannover – Fulda sowie Köln/Bonn – Koblenz – Mainz
- an den Grenzübergängen als Portale, wie z.B. Frankfurt/Oder, Pirna, Passau, Emmerich.

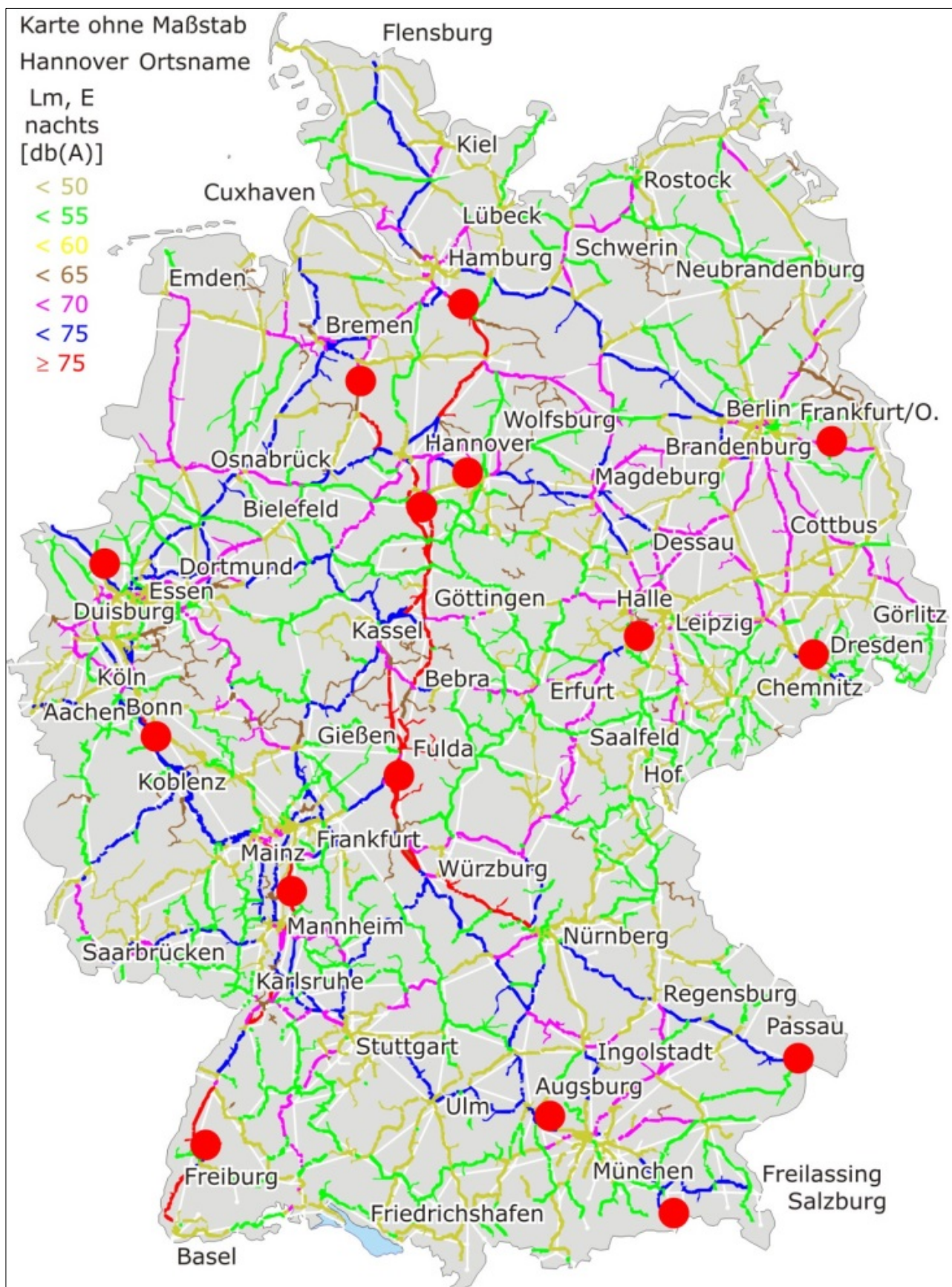
In Abb. 73 wird die Verteilung der 15 Messstellen mit dem Zustand des Schienenverkehrslärms 2012 abgeglichen. Auf den aufkommensstarken Hauptstrecken treten erwartungsgemäß die höchsten Schallemissionen auf. Die Verteilung der Messstellen in Einklang mit der Stärke des Güterverkehrsaufkommens führt daher dazu, dass die Abschnitte mit hohen Schallemissionen im Eisenbahnnetz erfasst werden.

In Abb. 74 werden die Anteile der Verkehrsleistung an der Gesamtverkehrsleistung angegeben, die durch die einzelnen Messstellen erfasst werden. Inwieweit ein Zug von mehreren Messstellen erfasst wird, wurde nicht beachtet. Die Anteile der einzelnen Messstellen können daher nicht direkt – sondern nur unter Berücksichtigung der Zugläufe – aufaddiert werden.

Mit allen 15 Messstellen können ca. 69% des Schienengüterverkehrsaufkommens erfasst werden. Mit den sechs Messstellen bei Maschen, Elze, Fulda, Bonn, Mainz und – die in rot eingefärbt sind – werden schon 49% des Schienengüterverkehrsaufkommens erfasst.

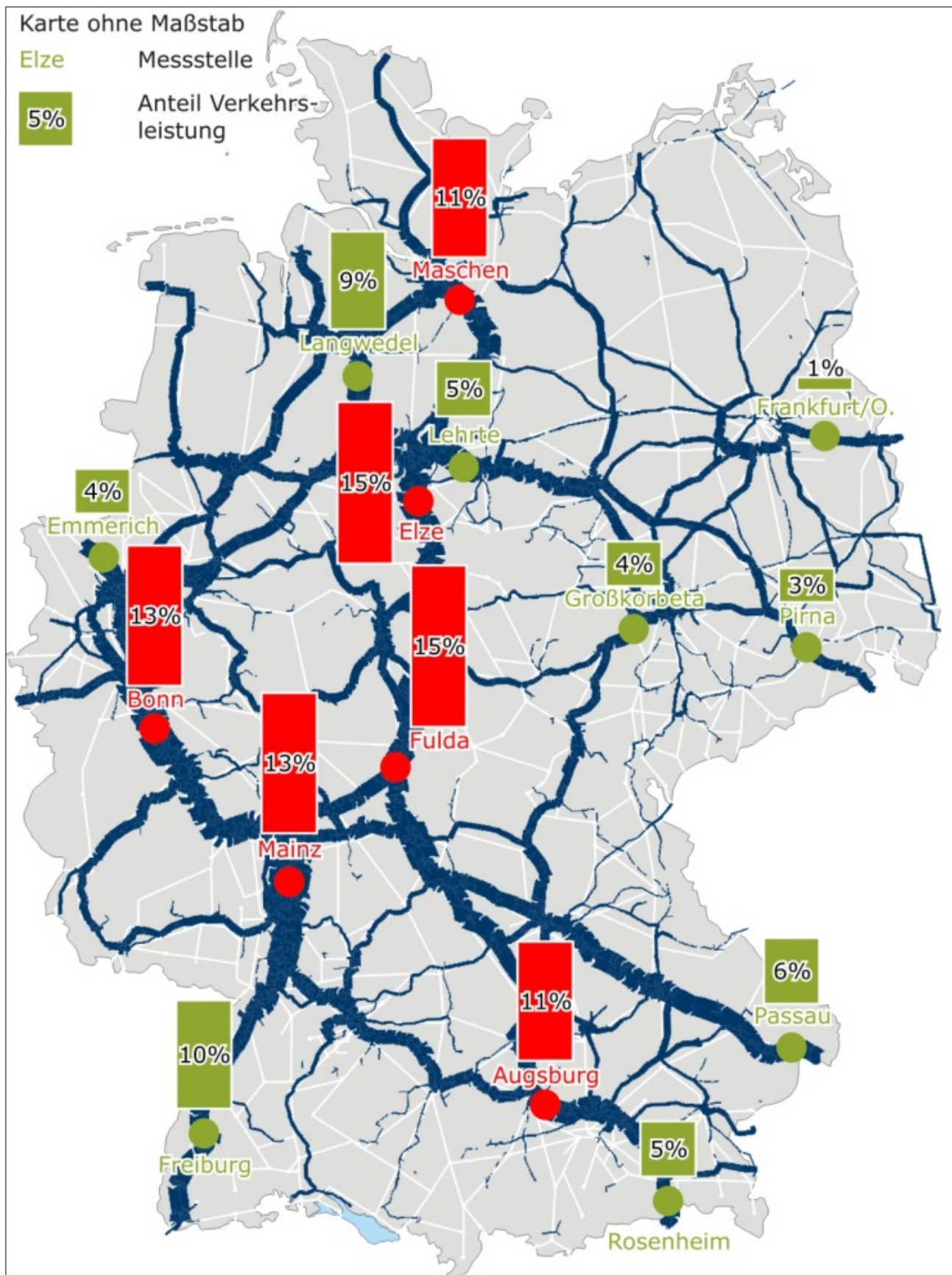
Für die Zielsetzung „Erfassung“ ist vorab festzulegen, wie hoch der Anteil des zu erfassenden Schienengüterverkehrs sein soll. Empfohlen wird ein Anteil von mindestens 50%. Daraus ergibt sich, dass mindestens 6 Messstellen erforderlich sind. Für die Zielsetzung „Überwachung“ ist die Verteilung der mindestens 6 oder 15 Messstellen nur dann anwendbar, wenn eine Einfach-Auswertung als ausreichend angesehen wird.

Abb. 73: Verteilung der Messstellen im Hinblick auf den Zustand des Schienenlärms 2012



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von DB Umweltzentrum (2013).

Abb. 74: Verteilung der Messstellen und erfasster Anteil an der Verkehrsleistung



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von DB Umweltzentrum (2013).

2. Ansatz: Streckenbereiche mit mehreren Messstellen für Doppel- oder Mehrfach-Auswertungen

Trotz der Normierung der Messumgebung und der Messstellen – wie unter Abschnitt 9.4.4 für das Akustikmodul beschrieben – bleiben wesentliche exogene Einflüsse auf den Schallpegel bestehen. Hierzu gehören z.B. der Sinuslauf der Eisenbahnräder über den Schienenkopf oder Polygonisierung des Rades. Für eine zuverlässige Feststellung von Radfehlern durch fahrwegseitige Messungen im Eisenbahnbetrieb sind daher Mehrfachauswertungen sinnvoll.

Soweit die Zielsetzung „Überwachung“ mit Sanktionsregimen verknüpft werden soll, wird eine Doppel-Auswertung empfohlen, laut derer Güterwagen erst dann als laut eingestuft werden, wenn sie bei mindestens zwei Messstellen auffällig wurden. Dazu sollte die Verteilung der Messstellen angepasst werden. Anhand der Messstellen, die einen hohen Anteil der Verkehrsleistung erfassen, werden Streckenabschnitte ermittelt, auf denen zwei Messstellen in einem gewissen Abstand hintereinander installiert werden können.

Mit den folgenden acht Streckenabschnitten können 52% der Verkehrsleistung erfasst werden. Soweit auf jedem Abschnitt zwei Messstellen installiert werden, ist die angestrebte Doppel-Auswertung möglich:

- Neuhof (Kr. Fulda), Strecke 3600
- Unkel, rechte Rheinstrecke, Strecke 2324
- Nauheim, südöstlich Mainz-Bischofsheim, Strecke 3530
- Elze (Han), Strecke 1732
- Vöhrum, Lehrte – Braunschweig, Strecke 1730
- Parsberg, Regensburg – Nürnberg, Strecke 5850
- Gersthofen, nördlich Augsburg, Strecke 5300
- Buggingen, bei Freiburg, Strecke 4000

9.5.2 Kostenhochrechnung für das Monitoringsystem

Wir betrachten separat die Investitionsausgaben oder „Einmalkosten“ und die laufenden Kosten, z.B. für Betrieb und Unterhaltung. Tab. 36 listet die Kosten für eine einzelne Monitoringstation auf, während in Tab. 37 die Kosten für die Netzwerk-Umgebung angegeben werden, die nicht nur einer Messstelle zugeordnet werden können. Dies sind z.B. Kosten der Software-Entwicklungen, die im Server-Bereich oder an allen Messstellen verwendet werden können.

Tab. 36: Kostenhochrechnung für eine Messstelle

Subsystem	Investitionskosten, Einmalkosten [EUR]	Lebensdauer, Revisionszeit- raum [a]	Laufende Kosten, Unterhaltung [EUR/a]
Energie und Infrastruktur mit Stromanschluss, USV bzw. Batteriepufferung gegen Ausfall und Wetterschutzhaus bzw. -container	20.000	20	12.000
Akustikmodul mit zwei Mikrofonen, Verstärker, Achsdetektoren Auswertesystem mit Hard- und Software, Erstkalibrierung und Installation	70.000	6	15.000
Identifikationssystem mit intelligenter Videotechnik	80.000	5	10.000
Kommunikationssystem mit netzwerkfähiger Datenverbindung per Festnetz oder Mobil	15.000	5	2.000
Instandhaltung der Messstelle mit Kalibrierung und System-Checks			2.000
Instandhaltung der Gleise mit Messung der Schienenfahrflächenrauigkeit und Messung der vertikalen und lateralen Abklingrate sowie eventuelle Instandhaltungsmaßnahmen wie Schienenschleifen und Einbau von Schienenstegdämpfern			15.000
Summe	185.000		56.000

Quelle: Eigene Berechnung.

Für eine Messstelle werden die Investitionskosten mit 185.000 Euro und die laufenden Kosten mit 56.000 Euro/a angegeben. Darin enthalten sind die Kosten eines Video-Identifikationssystems. Diese Kosten multiplizieren sich mit der Anzahl der Messstellen.

Für die Netzwerk-Umgebung werden die Investitionskosten mit 305.000 Euro und die laufenden Kosten mit 590.000 Euro/a angegeben. Auch hierbei wurde ein Wagen-Identifikation mittels eines Videosystems berücksichtigt. Für die Zielsetzung „Überwachung“ mit 16 Messstellen ergeben sich hieraus Investitionskosten von 3,265 Mio. Euro und laufende Kosten von 1,486 Mio. Euro.

Soweit nur die Zielsetzung „Erfassung“ verfolgt werden soll, können einzelne Kostenanteile reduziert werden. Da die Kostenabschätzung sehr grob ist, wurde hierauf verzichtet.

Tab. 37: Kostenhochrechnung für Netzwerk-Umgebung und Einmalkosten für mehrere Messstellen

Subsystem	Investitionskosten, Einmalkosten [EUR]	Lebensdauer, Revisionszeit- raum [a]	Laufende Kosten, Unterhaltung [EUR/a]
Datenbank Akustik mit zentralem Datenbank-Server, zwei Technikern und einem Ingenieur	60.000	3	195.000
Auswerte-Server Überwachung	60.000	3	5.000
Entwicklung Bildauswerte-Software für ein automatische Lesen von Wagennummern per Video	100.000	4	0
Schnittstellen zur Zug-/ Wagenidentifikation an die AVV-Wagendatenbank einschließlich Nutzungsgebühren	50.000		250.000
Technischer Daten-Server für die Verwaltung der Messstellen bzw. Lebenszeichen, Fehlerprotokolle, Module für die Fernwartung und Fernsteuerung der Messstellen von zentraler Stelle einschließlich zwei Techniker	35.000	3	140.000
Summe	305.000		590.000

Quelle: Eigene Berechnung.

10 Nationale und internationale politische Instrumente und Initiativen zur Minderung des SGV-Lärms

In den folgenden Abschnitten werden Initiativen und Instrumente dargestellt, die in Deutschland, der Europäischen Union und einzelnen europäischen Ländern eingesetzt werden.

Angestrebt wird dabei kein vollständiger Überblick über die verwendeten Maßnahmen des Lärmschutzes im Bahnbereich. Stattdessen werden insbesondere Maßnahmen zur aktiven Lärminderung vorgestellt.

Maßnahmen des passiven Lärmschutzes werden dagegen ungeachtet ihrer großen Bedeutung für die Betroffenen nur für Deutschland näher betrachtet. Auch der wichtige Bereich des Monitoring, der in Kapitel 9 ausführlich dargestellt wurde, wird im Folgenden nicht betrachtet.

10.1 Überblick über bisherige politische Instrumente zur Lärminderung in Deutschland

Das Ziel der Bundesregierung ist es, bis 2020 die Lärmemissionen der Schiene um 50% zu reduzieren.¹⁸⁴ Dies entspricht einer Reduzierung um 10 dB(A).

Der wichtigste Hebel hierzu ist die weitgehende Abschaffung von mit GG-Sohlen gebremsten Wagen auf dem deutschen Netz mit Hilfe des lärmabhängigen Trassenpreissystems (laTPS) und den laufleistungsabhängigen Bonus-Zahlungen des Bundes sowie eine im März 2016 mit der Bahnbranche geschlossene Übereinkunft.

Zusätzlich zu diesem Maßnahmenpaket, das in den Abschnitten 0 und 10.3 ausführlich dargestellt wird, hat die Bundesregierung

- zentrale rechtliche Rahmenbedingungen und Regelungen für den Lärmschutz geschaffen,
- Lärmschutzprogramme aufgesetzt, die am Gleis ansetzen und den passiven Lärmschutz zum Gegenstand haben (primär durch Lärmschutzwände und -wälle, aber auch Schallschutzfenster oder finanzielle Entschädigungen),
- Pilotprojekte zur Umrüstung durchgeführt sowie
- Forschung und Entwicklung zum Lärmschutz gefördert.¹⁸⁵

¹⁸⁴ Vgl. dazu auch den Koalitionsvertrag der Regierungsparteien (CDU Deutschlands / CSU-Landesleitung / SPD (2013)) und BMVBS (2009b), S. 2.

¹⁸⁵ Die folgende Darstellung orientiert sich insbesondere an BMVI (2015).

Rechtliche Regelungen und Instrumente

Im Bereich der **Lärmvorsorge** sind die §§ 41 - 43 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) in Verbindung mit der Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV) und der Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung (24. BImSchV) entscheidend.

Danach sind bei Neubau oder wesentlichen Änderungen von Schienenwegen (§§ 41, 67 a BImSchG) schädliche Verkehrsgeräusche soweit wie möglich zu vermeiden. Beim Überschreiten festgelegter Grenzwerte¹⁸⁶ sind beim Neubau oder wesentlichen Änderungen von Schienenwegen vorrangig Schutzmaßnahmen am Verkehrsweg, etwa Lärmschutzwände und -wälle, durchzuführen.

Sind diese Maßnahmen nicht möglich oder wirtschaftlich nicht zu rechtfertigen,¹⁸⁷ müssen geeignete Lärmschutzmaßnahmen (z.B. Schallschutzfenster, aber auch Schutz des Außenwohnbereichs) an den betroffenen Gebäuden durchgeführt werden. Diese passiven Lärmschutzmaßnahmen müssen vom Eigentümer vorgenommen werden und die entstandenen (angemessenen) Kosten werden ersetzt.

Abb. 75 zeigt das Ablaufschema der Prüfung.

Weitere wichtige rechtliche Instrumente sind die **Lärmkartierung und die Lärmaktionspläne**. Sie basieren auf der EG-Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG und wurden im Wesentlichen durch die Einfügung der §§ 47a-f BImSchG in deutsches Recht überführt.

Die Lärmkartierung an Schienenwegen des Bundes ist abgeschlossen und die Ergebnisse veröffentlicht.¹⁸⁸

Die Zuständigkeit für die Lärmaktionsplanung an den Haupteisenbahnstrecken des Bundes mit Maßnahmen in Bundeshoheit wurde ab dem 1. Januar 2015 auf das Eisenbahn-Bundesamt übertragen.¹⁸⁹ Bei der Lärmaktionsplanung für Ballungsräume sieht das Gesetz eine Mitwirkung des Eisenbahn-Bundesamtes vor.

Bis Mitte 2016 wird die Behörde nach eigenen Angaben den ersten bundesweiten Lärmaktionsplan erstellen; eine zweistufige Öffentlichkeitsbeteiligung (Juni 2015 und Dezember 2015) ist bereits durchgeführt worden.

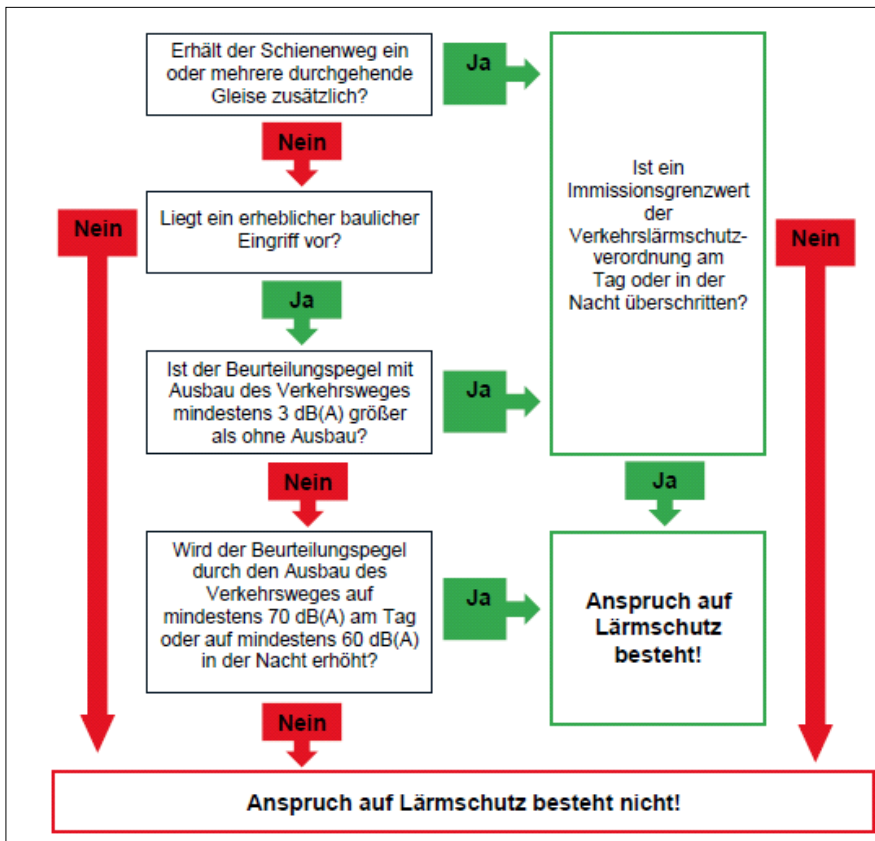
¹⁸⁶ Zu den Immissionsgrenzwerten der Lärmvorsorge vgl. § 2 Absatz 1 der 16. BImSchV.

¹⁸⁷ § 41 Abs. 2 BImSchG: „[Stehen] die Kosten der Schutzmaßnahmen außer Verhältnis zu dem angestrebten Schutzzweck ...“.

¹⁸⁸ Für Ballungsräume mit mehr als 100.000 Einwohnern sowie Haupteisenbahnstrecken mit einem Verkehrsaufkommen von über 30.000 Zügen pro Jahr. Die Ergebnisse der Lärmkartierung veröffentlicht das Eisenbahn-Bundesamt auf seinen Internet-Seiten (http://www.eba.bund.de/DE/HauptNavi/Finanzierung/Umgebungs-laermrichtlinie/Laermkartierung/laermkartierung_node.html).

¹⁸⁹ Elfte Gesetz zur Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, das am 6.7.2013 in Kraft getreten ist.

Abb. 75: Lärmvorsorge an Schienenwegen - Prüfschema



Quelle: BMVI (2015), S. 25.

Zuständig für die Lärmaktionsplanung an Haupteisenbahnstrecken, die nicht den bundeseigenen EIU gehören, sind die Gemeinden oder die nach Landesrecht zuständigen Behörden.¹⁹⁰

Finanzielle und planerische Instrumente

Die **Lärmsanierung** an bestehenden Strecken der Eisenbahnen des Bundes ist gesetzlich nicht vorgeschrieben. Um dennoch die Lärmbelastung im Bestandsnetz zu verringern, führt der Bund seit 1999 ein freiwilliges Lärmsanierungsprogramm durch.

„Mit den Mitteln können aktive Schallschutzmaßnahmen wie Schallschutzwände oder -wälle, passive Maßnahmen wie Schallschutzfenster, schallgedämpfte Lüfter und in besonderen Fällen auch die Dämmung der Außenwände und Dächer finanziert werden. Auch Maßnahmen zur Lärminderung am Fahrweg, wie z.B. die Brückenentdröhnung, die Minderung des Quietschens in engen Kurven und das Schienenschleifen aus akustischen Gründen im Rahmen des Verfahrens „Besonders überwachtes Gleis“ (BüG) sind ganz oder teilweise zuwendungsfähig.“¹⁹¹

¹⁹⁰ Vgl. BMVI (2015), S. 56.

¹⁹¹ Vgl. BMVI (2015), S. 29.

Neben erheblichen finanziellen Mitteln, zwischen 1999 und 2015 wurden etwa 1,4 Mrd. Euro bereit gestellt,¹⁹² wurden planerische Instrumente, etwa zur Priorisierung oder Immissionsgrenzwerte für Lärmsanierungsmaßnahmen, entwickelt.

Bis zum Jahr 2020 sollen 2.000 km Streckennetz, bis spätestens 2030 dann der definierte Gesamtumfang von 3.700 Kilometern saniert sein. Seit Beginn der Lärmsanierung wurden nach Angaben der DB AG (Stand Februar 2016) knapp 1.500 km Strecke saniert, über 610 km Schallschutzwände errichtet und in rund 55.300 Wohnungen passive Schallschutzmaßnahmen eingebaut.¹⁹³

Weitere Programme zur finanziellen Förderung der Lärmsanierung bzw. der Lärmvorsorge umfassen insbesondere:

- Sonderprogramm Lärmschutz Schiene. 2013 und 2014 wurden insgesamt rund 27 Mio. Euro in Projekte zur Minderung des Lärms an Brennpunkten investiert.
- Zukunftsinvestitionsprogramm. Aus dem Zukunftsinvestitionsprogramm der Bundesregierung sind für die Jahre 2016 bis 2018 zusätzliche Mittel für Lärmschutz an Brennpunkten vorgesehen.
- Pilot- und Innovationsprogramm „Leiser Güterverkehr“. Das 2008 bis 2012 laufende Projekt beinhaltete u.a. die Umrüstung von 1.510 Güterwagen auf K- oder LL-Sohlen mit einem Förder volumen von 8,65 Mio. Euro.

¹⁹² Auf Basis von BMVI (2015), S. 29, und DB AG (2016).

¹⁹³ Vgl. DB AG (2016).

Innovationsprogramme

Ein weiteres wichtiges Instrument der Lärmpolitik ist die Förderung von Forschung und Entwicklung. Neben den allgemeinen Fördermaßnahmen sind zahlreiche speziell lärmorientierte Projekte durchgeführt worden.

Beispielhaft sollen hier nur zwei Programme der letzten Jahre genannt werden:

- Verbundprojekt „LäGiV – Lärmreduzierter Güterverkehr durch innovative Verbundstoff-Bremsklotzsohlen“ (2010 bis 2015). Im Projekt wurden von Herstellern Verbundstoff-Sohlen für unterschiedliche Konfigurationen und Bauformen entwickelt und nach UIC-Vorschriften getestet.
- Konjunkturprogramm II: „Erprobung innovativer Techniken“. Im Projekt (2009 bis 2011) wurden neuartige Lärminderungstechnologien getestet. Ziel war es, die praktische Eignung der Technologien und ihr Lärminderungspotenzial zu untersuchen.

Der weitere angesprochene Schwerpunkt der Politik, der Einsatz anreizorientierter Instrumente zur Umrüstung von Güterwagen, steht im Mittelpunkt des folgenden Abschnitts.

10.2 Das deutsche Anreizsystem aus lärmabhängigem Trassenpreissystem und Wagenhalterboni

Um bei Altwagen Anreize für eine Umrüstung von GG-Sohle auf LL-Sohle zu setzen, wurde vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur und der DB Netz AG zum Fahrplanwechsel 2012/2013 ein Anreizsystem bestehend aus einem lärmabhängigem Trassenpreissystem und Wagenhalterboni eingeführt. Es besteht aus den folgenden Komponenten:¹⁹⁴

- **Boni für Wagenhalter und EVU:** Für Wagen des Altbestandes, die nach dem 9. Dezember 2012 auf LL- oder K-Sohle umgerüstet wurden, werden jährliche Bonuszahlungen a) an die Wagenhalter und b) an die die Wagen mitführenden Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) geleistet. Die Boni betragen derzeit jeweils 0,5 Cent pro Achskilometer, der auf dem Streckennetz der DB Netz in dem jeweiligen Jahr zurückgelegt wurde. Doch sind für jede Achse die Summen jedes Bonus-Typs über alle Jahre auf 211 Euro gekappt (beide zusammen also auf 422 Euro pro Achse).

Der an die Wagenhalter gezahlte Bonus wird vom Bund finanziert und vom EBA ausgezahlt; er wird im Folgenden als „**Wagenhalterbonus**“ bezeichnet. Der an die EVU gezahlte Bonus ist Bestandteil des lärmabhängigen Trassenpreissystems und wird von der DB Netz ausgezahlt; er wird im Folgenden als „**laTPS-Bonus**“ bezeichnet.

Die zum Erhalt der Boni relevanten Daten werden vom Wagenhalter bzw. EVU per Selbstdeklaration dem EBA bzw. der DB Netz übermittelt, die zu diesem Zweck Umrüsteregister führen.

- **Mali für EVU:** EVU zahlen für Güterzüge, die über 10% aus lauten (d.h. mit GG-Sohlen gebremsten) Wagen bestehen, einen Malus an die DB Netz. Dieser ist Bestandteil des laTPS und

¹⁹⁴ Siehe zum Folgenden insbesondere die Schienennetzbenutzungsbedingungen 2016 der DB Netz (DB Netz AG, 2015) sowie die Förderrichtlinie „Lärmabhängiges Trassenpreissystem“ vom 17.10.2013 (BMVBS, 2013c).

wird daher im Folgenden als „**laTPS-Malus**“ bezeichnet. Seine Höhe ermittelt sich aus dem geschätzten Finanzbedarf zur Zahlung der laTPS-Boni. Seit Dezember 2015 beträgt der Malus 2,5% des sonstigen Trassenentgelts. Im Dezember 2016 soll der Trassenpreiszuschlag auf 3,0% angehoben werden.

Die für eine Befreiung von dem Malus notwendigen Daten werden der DB Netz per Selbstdeklaration der EVU übermittelt und können von ihr kontrolliert werden.

Zum Vergleich: Die Trassenpreise im Güterverkehr liegen derzeit (ohne laTPS) zwischen 1,10 und 9,20 Euro pro km, mit einem Schwerpunkt bei 3 Euro (im Einzelwagenverkehr etwas weniger). Der laTPS-Malus von 2,5% des sonstigen Trassenentgelts beläuft sich dementsprechend auf 2,75 bis 23 Cent pro km, mit Schwerpunkt bei 7,5 Cent. Ein vierachsiger Wagen, der umgerüstet wurde, erhält pro km 4 Cent Boni (Summe der laTPS- und Wagenhalterboni); dies liegt zwischen 0,4% und 3,6% des gesamten Trassenpreises pro km, mit Schwerpunkt bei 1,3%. Die gesamte Spreizung des Anreizsystems – d.h. die Summe aus laTPS-Malus und beiden Boni – beläuft sich damit auf 2,9% bis 6,1% des normalen Trassenpreises, mit Schwerpunkt bei 3,8%. Diese Spreizung entspricht dem maximalen wirtschaftlichen Vorteil, der aus dem Einsatz umgerüsteter Wagen gezogen werden kann. Das ganze Anreizsystem stellt daher nur einen marginalen Zusatz zum normalen Trassenpreissystem dar.

Die dem System zugrundeliegenden Kalkulationen basierten auf der Annahme, dass eine Umrüstung auf LL-Sohlen erfolgt, denn für diese wurden im Vorfeld Umrüstkosten in Höhe von 422 Euro pro Achse geschätzt. Gefördert wird jedoch auch eine Umrüstung auf K-Sohlen.

Die grundsätzliche Wirkungsweise dieses Anreizsystems kann wie folgt beschrieben werden: EVU, die mehr als 10% laute Wagen in einem Zug einsetzen, zahlen den laTPS-Malus; dies erzeugt grundsätzlich Anreize, die Malus-Zahlungen zu vermeiden, indem eigene laute Wagen umgerüstet und generell weniger laute und mehr leise Wagen beschafft oder gemietet und leise Wagen auch vermehrt eingesetzt werden. Allerdings lohnen sich diese Maßnahmen nur mit der Wahrscheinlichkeit, dass ein Wagen einen Zug gerade unter die 10%-Schwelle drückt; dies schwächt den Anreiz deutlich ab. Zusätzlich erhalten EVU, die umgerüstete Altwagen einsetzen, den laTPS-Bonus.

Auf dem Markt für Mietwagen müsste dies dazu führen, dass leise Wagen – und insbesondere umgerüstete Altwagen – verstärkt nachgefragt werden und daher einen höheren Mietpreis realisieren. Dies würde auch bei den Wagenverleihern einen Anreiz erzeugen, laute Wagen umzurüsten bzw. mehr leise Neuwagen zu beschaffen. Allerdings wurde in der Branche stark bezweifelt, ob dieser Wirkungskanal in der Praxis wirklich greift.

Daher erhalten Wagenhalter (egal ob EVU oder Verleiher), die Bestandswagen auf LL-Sohle umrüsten, den Wagenhalterbonus direkt vom EBA. Dies stellt einen weiteren und unmittelbaren Anreiz für die Wagenhalter dar.

Der 9.12.2012 gilt als offizieller Startschuss für das Anreizsystem, doch wurde das laTPS erst ab 1. Juni 2013 voll implementiert, nachdem kurz zuvor die ersten LL-Bremssohlen aus Verbundstoff EU-weit zugelassen wurden. Inzwischen wurde auch eine zweite Verbundstoff-LL-Bremssohle von einem konkurrierenden Hersteller genehmigt.

Das Anreizsystem hat eine Laufzeit von acht Jahren, also bis zum Fahrplanwechsel 2020 / 2021. Als offizielles Ziel wurde formuliert, dass in diesem Zeitraum mindestens 80% der in Deutschland eingesetzten Bestandswagen umgerüstet werden sollen. Im Ergebnis soll – im Verbund mit anderen Maßnahmen z.B. am Gleis – die Lärmbelastung dann halbiert sein; dies entspricht einer Lärminderung um 10 dB(A).

Seit Einführung des Anreizsystems wird dessen Eignung und Wirksamkeit kontrovers diskutiert. Die Branche steht insbesondere dem laTPS traditionell sehr kritisch gegenüber. Diese Diskussion wird in Abschnitt 11.3.2, insbesondere im Unterkapitel „Treffsicherheit und Anreizstärke von laTPS und Wagenhalterboni“ ausführlich wiedergegeben.

Aus dem internationalen Kontext erreichen weitere Fördermittel die Wagen, die in Deutschland und den Nachbarländern eingesetzt werden. So fördert die EU 20% der Umrüstkosten im Rahmen der Connecting Europe Facility (CEF). In den Niederlanden und der Schweiz erhalten Wagenhalter, die mit umgerüsteten Wagen fahren, für die dort zurückgelegten Achs-km Fördermittel. Diese Entwicklungen werden im Abschnitt 10.4 dargestellt.

Eine **Anschlussregelung für die Jahre nach 2020** ist ebenfalls vorgesehen. Hierzu formuliert die DB Netz in ihren Schienennetzbenutzungsbedingungen (SNB):¹⁹⁵

„Für den Fall, dass bis zum Ende der Laufzeit des laTPS im Dezember 2020 keine sektorspezifischen ordnungspolitischen Vorgaben Dritter zum Tragen kommen, die den Einsatz nicht umgerüsteter Güterwagen entweder erheblich verteuern oder einschränken, wird die DB Netz AG in den SNB entsprechende Folgemaßnahmen regeln.“

Monetäre Maßnahmen würden nach aktuellem Planungsstand die möglichst umfassende Anlastung der externen Effekte für Lärm einschließen. Nach dem aktuellen wissenschaftlichen Stand wäre hierdurch eine deutliche Vertuierung der Nutzung nicht umgerüsteter Güterwagen zu erwarten. Bei betroffenen Güterzügen würde dies bis zu einer Verdopplung der Trassenentgelte führen. Maßnahmen, die den Einsatz nicht umgerüsteter Güterwagen einschränken, würden nach gegenwärtigem Planungsstand u.a. Geschwindigkeitsreduzierungen in besonders von Schienenlärm betroffenen Gebieten umfassen.“

Hier wird also in einem höchst offiziellen und praxisrelevanten Dokument ein recht umfassender Katalog von ggf. sehr starken Sanktionen formuliert. Bemerkenswert ist die Androhung „bis zu einer Verdopplung der Trassenentgelte“ - dies würde bedeuten, dass der laTPS-Malus von gegenwärtig 2,5% auf 100% des normalen Trassenentgelts angehoben werden könnte! Allerdings sagen Insider, dass sich die angedrohte Verdopplung nur auf die Höhe des laTPS selbst beziehen soll, das demnach von derzeit 2,5% bis auf 5% des Trassenentgeltes erhöht werden solle. Wie dem auch sei, neben der Erhöhung der Trassenentgelte deutet die Passage sowohl auf ein angestrebtes Verbot der GG-Sohle als auch auf den Einsatz von Geschwindigkeitsreduzierungen für nicht umgerüstete Wagen hin. Es ist gut möglich, dass diese Drohkulisse gegen die GG-Sohle am Ende mehr bewirken wird als das Anreizsystem selbst.

¹⁹⁵ Das folgende Zitat findet sich wortgleich in den SNB 2014, SNB 2016 und auch schon in den SNB 2017 (Redaktionsstand 31.12.2015) jeweils am Schluss von Abschnitt 6.2.4 unter der Überschrift „c) Laufzeit LaTPS“.

10.3 Die Übereinkunft zwischen Bund, Bahnbranche und Bürgerinitiativen vom März 2016

Im März 2016 kam es zu einer programmatischen Übereinkunft zwischen dem Bund und Vertretern der Branche (darunter DB AG und VPI) wie auch einiger Bürgerinitiativen unter Moderation der Allianz pro Schiene.¹⁹⁶ Von den sieben Haupt- und verschiedenen weiteren Unterpunkten der Übereinkunft seien die Folgenden hier genannt:¹⁹⁷

1. Anspruchsvollere globale Lärm-minderungsziele des Bundes für den Verkehr unter Einbeziehung der Länder und Kommunen.
2. Verbot lauter Güterwagen ab 2020 / 2021: Der Bund prüft derzeit gesetzgeberische Maßnahmen zum Verbot der GG-Sohlen. Dies wird von den Güterwagenhaltern in Deutschland unterstützt. Die EU sollte dies ebenfalls unterstützen – insbesondere aber zulassen - und sich auch für ein EU-weites Verbot einsetzen.
3. Ab 2017 soll ein bundesweit einheitliches Lärm-Monitoringkonzept mit den dafür notwendigen Messstationen umgesetzt werden. Die Messergebnisse sind im Internet zu veröffentlichen.
4. Lärm-minderungspotenziale bei der Infrastruktur ausschöpfen.
5. Lärm-minderungspotenziale bei den Fahrzeugen ausschöpfen:
 - a) Die deutschen Wagenhalter haben sich zur vollständigen Lärmsanierung der eigenen Güterwagen bis 2020 / 2021 bekannt. Diese soll durch Umrüstung der Bremssohlen von GG auf LL, durch Neubeschaffung lärm-arter Wagen und durch Verschrottung von lauten Bestandswagen erreicht werden.
 - b) Für besonders leise Wagen (noch 3 dB(A) unterhalb der TSI-Noise Grenzwerte) sollen, befristet bis 2020 / 2021, Investitionszuschüsse gewährt werden. Diese sollen zahlbar sein, sofern für jeden geförderten Neuwagen dieser Art jeweils ein alter, lauter Güterwagen aus dem Verkehr gezogen wird („Abwrackprämie“).
 - c) Der Bund soll sich bei der EU dafür einsetzen, dass in der TSI Noise die Grenzwerte der Lärmemissionen für neue Lokomotiven und neue Güterwagen abgesenkt werden.
 - d) Die EU soll klarstellen, dass die EU-Zuschüsse zur Flottensanierung im Rahmen des CEF-Programms *zusätzlich* zu den nationalen Förderungen der Umrüstung gezahlt werden können.
 - e) Die EU sollte ein Förderprogramm auflegen, um eine anteilige Rückerstattung von Betriebsmehrkosten an diejenigen Wagenhalter zu ermöglichen, die durch Umrüstung auf die lärm-mindernden Verbundstoff-Bremssohlen höhere Kosten für den Betrieb ihrer Güterwagen haben.

¹⁹⁶ Siehe Allianz pro Schiene (2016).

¹⁹⁷ Die Zeitangabe „2020 / 2021“ bezieht sich immer exakt auf den Fahrplanwechsel 2020 / 2021.

6. Betriebliche Optimierungen und Innovationen sollen erlauben, dass zukünftig mehr „leise Züge“ zusammengestellt werden können; dies sind Züge, die aus mindestens 90% leisen (d.h. nicht mit GG-Sohlen gebremsten) Wagen bestehen.
7. Forschungs- und Innovationspotenziale zur Lärminderung ausschöpfen.

Viele der hier genannten politischen Instrumente werden in den folgenden Kapiteln genauer beschrieben und diskutiert. Auffällig ist, dass die Branche die vollständige Umrüstung bis 2020 / 2021 zusagt (Punkt 5.a) und der Bund dafür weitere finanzielle Förderungen in Aussicht stellt (Punkte 5.b, d, und e) und die Drohung – für den Fall, dass das Umrüstungsziel nicht erreicht würde – mit Betriebsbeschränkungen oder einer Ausweitung des laTPS *nicht* wiederholt. Sie wird durch das anzustrebende Verbot der GG-Sohle ersetzt (Punkt 2).

Ein Verbot ist natürlich das stärkst mögliche ordnungspolitische Instrument gegen die GG-Sohle. Dennoch würde die Branche ein Verbot begrüßen, denn es garantiert, „dass Investitionen und Mehrkosten für die Lärmsanierung der Güterwagen am Ende nicht doch im Verkehrsmarkt von Güterbahnen unterlaufen werden, die weiterhin laute Wagen einsetzen.“¹⁹⁸ Für die Branche ist dies ein wichtiges Thema – umgekehrt mag sie die Chance sehen, dass nach ihrer eigenen, geförderten Umrüstung ausländische Konkurrenten, die nicht umrüsten, durch umweltpolitische Instrumente aus dem Markt gedrängt werden. Dafür könnten im Prinzip alle bisher genannten Instrumente eingesetzt werden: ein verschärftes laTPS, Geschwindigkeitsbegrenzungen für laute Züge oder das Verbot der GG-Sohle. Da die Branche traditionell gegen laTPS und Geschwindigkeitsbegrenzungen eingestellt ist und das Verbot der GG-Sohle ein einfaches, klares und wirklich auch geeignetes Instrument für dieses Ziel ist, konnten sich Bund, Branche und Bürgerinitiativen leicht auf dieses Instrument einigen.

Allein: ob das Instrument des Verbots in Deutschland einsetzbar ist, ist eine Frage des europäischen Rechtsrahmens und der europäischen Politik. So ist der Punkt 2 der Übereinkunft mit Blick auf die EU richtig formuliert worden. Die Übereinkunft lässt aber offen, was passieren soll, wenn ein Verbot der GG-Sohle nach 2020 von der EU *nicht* ermöglicht wird (was, wie in Abschnitt 11.3.3 dargelegt wird, sogar recht wahrscheinlich ist). Branche, Bund und Bürgerinitiativen müssten sich dann nach anderen politischen Instrumenten zum Schutz ihres – dann gemeinsamen – Interesses an der Verdrängung der GG-Sohle umsehen. Es ist deshalb kein Zufall, dass sich im Vorfeld dieser Übereinkunft erstmals ein bedeutender Branchenvertreter für eine deutliche Stärkung des laTPS ausgesprochen hat, mit einer Erhöhung der Spreizung auf 30% des Trassenpreinsniveaus (zur Erinnerung: derzeit sind es etwa 4%).¹⁹⁹ Dieses politische Instrument könnte EU-kompatibel in nationaler Kompetenz entsprechend geändert werden.²⁰⁰ Dieser Gedanke konnte sich jedoch in der Branche aufgrund der traditionell ablehnenden Haltung gegenüber einem laTPS offensichtlich nicht durchsetzen.

¹⁹⁸ Allianz pro Schiene (2016), S.7

¹⁹⁹ Sven Wellbrock, stellvertretender Vorsitzender des VPI, in einer Präsentation am 19.3.2016; Wellbrock (2016).

²⁰⁰ Es sei hinzugefügt, dass auch lokale Betriebsbeschränkungen - insb. Nachtfahrverbote – auf nationaler Ebene EU-kompatibel und so gestaltet werden könnten, dass nur oder überwiegend die Betreiber von lauten Zügen betroffen werden. Im Vergleich dazu ist das laTPS jedoch das einfachere und flexiblere Instrument. Siehe dazu Kapitel 11 oder zusammenfassend Abschnitt 13.1.

Als Folge hat nun die Übereinkunft eine „Lücke“ für den Fall, dass ein Verbot der GG-Sohle europarechtlich nicht möglich sein wird. Dies ist aber nicht ungewöhnlich: man steuert zunächst die präferierte Lösung an und wird nicht im Detail festlegen, was passiert, wenn diese Lösung nicht gangbar ist – sondern dann erneut verhandeln. Für den Bund (und die Bürgerinitiativen) ist zunächst nichts wichtiger, als dass die Branche handelt und die GG-Sohlen sukzessive beseitigt. Daher ist es nachvollziehbar, dass man zunächst auf den Erfolg des Verbots setzt.

Es sei angemerkt, dass einige Wagenhalter offenbar vorhaben, die vollständige Lärmsanierung des eigenen Güterwagenparks zu einem substanziellen Teil durch Außerdienststellung alter, lauter Wagen zu erfüllen. Angesichts des Überhangs alter Wagen im Markt ist dies auch sinnvoll und zu begrüßen. Wenn diese Außerdienststellung jedoch verzögert wird oder die außer Dienst gestellten Wagen reaktivierbar bleiben, könnten diese Wagenhalter im Fall eines Scheiterns des Verbots – wenn sozusagen der Bund seinen Teil der Vereinbarung nicht einhalten konnte – die lauten (und mit geringeren Betriebskosten operierenden) Wagen erneut einsetzen, um zum Beispiel keine Wettbewerbsnachteile gegenüber solchen ausländischen Unternehmen, die nicht umrüsten, zu erleiden. Das Ziel der Lärmreduktion würde dann jedoch einen jähen Rückschlag erleiden und sofort den Ruf nach Anreizinstrumenten gegen die GG-Sohle laut werden lassen.

Für die Thematik dieser Studie ist es wichtig festzuhalten, dass die Diskussion der politischen Instrumente weiterhin offen ist. Um technische Maßnahmen am Wagen, die über den Ersatz der GG-Sohle hinausgehen, zu induzieren, kann ein laTPS weiterhin ein sinnvolles Instrument sein, auch über das Jahr 2021 hinaus. Und wenn ein Verbot der GG-Sohle nicht zustande kommt, wird man eine Stärkung des laTPS schon für das Ziel der Beseitigung der GG-Sohlen benötigen. Dies wird im folgenden Kapitel 11 herausgearbeitet (siehe zusammenfassend auch Abschnitt 13.1).

Sehr positiv ist an der Übereinkunft ihre breite Herangehensweise zu bewerten. Es werden eine Verschärfung der allgemeinen politischen Lärminderungsziele angesprochen, ein Lärmmonitoring gefordert und angekündigt, Maßnahmen nicht nur am Wagen, sondern auch an den Lokomotiven und an der Infrastruktur angekündigt, und es wird in den Punkten 5.b und c angesprochen, dass bei den Wagen durchaus noch mehr getan werden kann als die bloße Beseitigung der GG-Sohlen. Der Punkt 5.b knüpft an einen Vorschlag aus der Branche an, die eine „Abwrackprämie“ für alte, laute Wagen in Zusammenhang mit dem Neukauf von besonders innovativen, „sehr leisen“ Wagen vorgeschlagen hat.²⁰¹ Auch dieser Gedanke wird in den folgenden Kapiteln wieder aufgenommen.

²⁰¹ Vgl. VDB (2015).

10.4 Entwicklungen im europäischen Ausland

Bei der folgenden Darstellung von Maßnahmen und Initiativen europäischer Staaten beschränken wir uns auf anreizorientierte und ordnungsrechtliche Instrumente.

Die **Schweiz** besitzt in Europa die Vorreiterrolle für die Minderung des Schienenverkehrslärms. Da die Schweiz jedoch ein Transitland ist, wird der Großteil des verursachten Lärms von ausländischen Güterwagen erzeugt. Die Schweiz führte im Jahr 2000 einen lärmabhängigen Bonus von einem Rappen pro Achskilometer für lärmarme Güterwagen ein. Dieser bewirkte jedoch bisher keine verstärkte Umrüstung ausländischer Güterwagen durch ausländische Fahrzeughalter.²⁰²

Die Schweiz fördert die Umrüstung auch ausländischer Wagen seit dem 1. Januar 2013 durch ein differenziertes Bonussystem für Wagen mit lärmarmen Bremsen. Die wichtigsten Kategorien sind:

- Wagen mit Verbundstoff-Bremsklötzen oder Trommelbremsen (und Raddurchmesser über 50 cm) erhalten einen Bonus von zwei Rappen pro Achskilometer.
- Wagen mit Scheibenbremsen (und Raddurchmesser über 50 cm) erhalten einen Bonus von drei Rappen pro Achskilometer.

Mit der Förderung moderner Bremstypen, insbesondere Scheibenbremsen, geht dieses System schon über die bloße Ersetzung von Bremssohlen hinaus und adressiert zusätzliche Lärminderungspotenziale.

Die Eisenbahn-Netzzugangsverordnung regelt den Lärmbonus.²⁰³ Die Wagenhalter erhalten von den Infrastrukturbetreibern auf Antrag den Lärmbonus je nach Bremssystem.

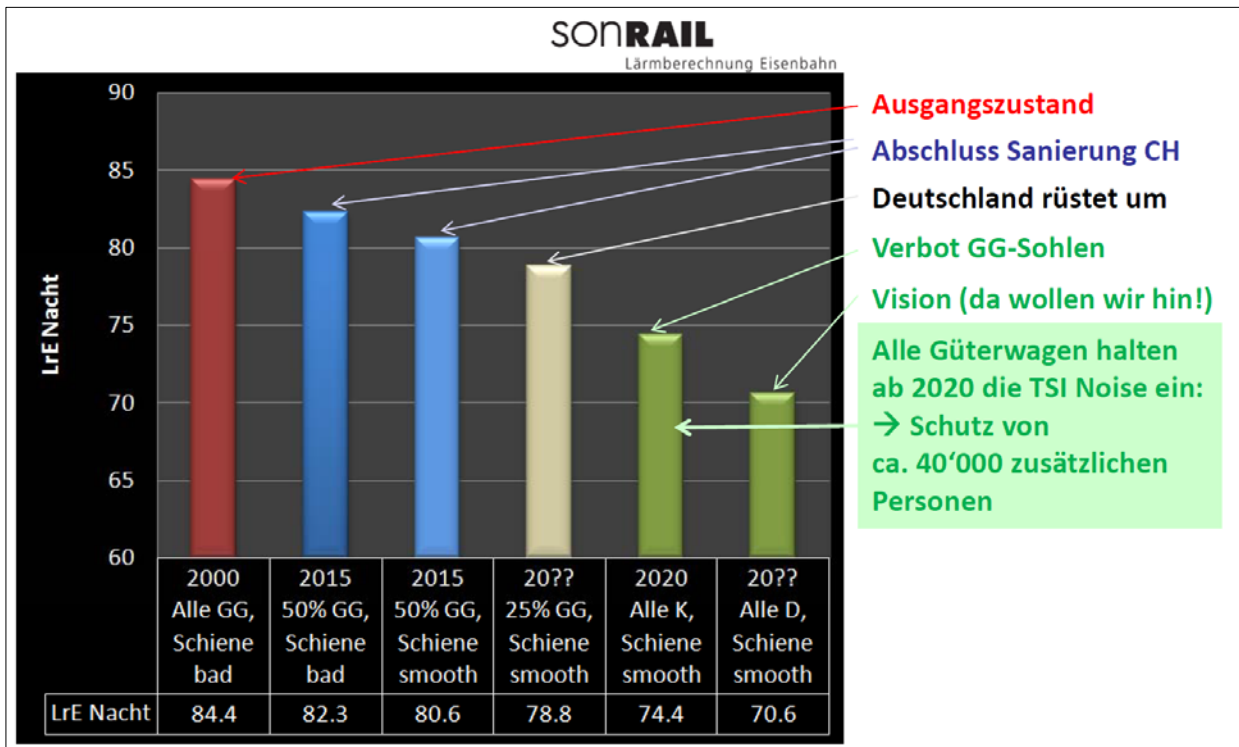
Abb. 76 zeigt ein Lärmprognose Szenario, welches mit dem Lärmemissionstool sonRAIL²⁰⁴ berechnet wurde. Ausgehend vom Jahr 2000 wird die mögliche Reduktion des Schienenlärms bis zum Jahr 2020 aufgezeigt. Voraussetzung dafür ist, dass die Schienen eine geringe Schienenrauheit aufweisen, Deutschland seine Wagen auf lärmarme Bremssohlen umrüstet (K-Sohle) und ab 2020 alle Güterwagen, die in der Schweiz verkehren die TSI Noise Grenzwerte einhalten. Die als „Vision 20??“ bezeichnete Option zeigt die mögliche Lärmreduktion beim ausschließlichen Einsatz von Scheibenbremsen („Alle D“) bei Güterwagen und bei glatter Schiene (vgl. die folgende Abbildung).

²⁰² Vgl. Fischer / Walker (2013).

²⁰³ Vgl. Schweizerischer Bundesrat (1998).

²⁰⁴ Für weitere Informationen siehe <http://www.sonrail.net/>.

Abb. 76: Lärmprognose mit sonRAIL für den Schalldruckpegel über alle Wagen in der Nacht



Quelle: Fischer (2012).

In den **Niederlanden** werden Eisenbahnlärmemissionen seit 1987 durch die Verordnung „Geräuschbeeinträchtigung durch Bahnen“ geregelt.²⁰⁵

Die niederländische Lärmpolitik sieht eine schrittweise Reduzierung des Schienenlärms vor. Auf die Senkung der Lärmerzeugung der meisten Züge um 7 dB(A) bis 2010 folgt bis 2015 als Langfristziel die Senkung um 10 bis 12 dB(A). Außerdem sollen ab 2015 nachts nur noch lärmarme Züge auf dem niederländischen Netz verkehren.²⁰⁵

Das Primärziel der Lärminderung um bis zu 12 dB(A) soll durch diverse Maßnahmen und Umrüstungen erreicht werden. Als nationaler Anreiz wurde dafür ein differenziertes Trassenpreissystem in Bezug auf Lärm festgelegt.²⁰⁶ Die rechtliche Grundlage war eine spezielle Auslegung des Artikels 11 der EU-Richtlinie 2001/14 zur leistungsabhängigen Entgeltregelung. Es kann ein Bonus angewandt werden, der 0,04 Euro/Wagen-km beträgt und zwei Jahre für Güterverkehrs- aber auch Personenzüge gezahlt wird. Die maximale Zahlung liegt dabei bei 4800 Euro.²⁰⁷

Weitere Schritte zur Minderung von Schienengüterverkehrslärm wurden von einigen Studien und Pilotprojekten für Versuche mit Verbundstoffbremssohlen begleitet. Entscheidend waren dabei die Flüsterzüge, bei denen im Zuge des „Innovation Programme Noise“ mehrere Züge mit LL- und K-Sohlen umgerüstet wurden. Die dadurch erzeugte Lärminderung liegt zwischen 7 und 10 dB(A).

²⁰⁵ Vgl. CER / UIC (2007b).

²⁰⁶ Vgl. CER / UIC (2007a).

²⁰⁷ Vgl. UIC (2010).

Die Lärminderung erfolgt über Lärmschutzwände, Lärmschutzfenster und Schienendämpfer, deren Gesamtkosten sich auf 430 Mio. Euro belaufen. Weitere umgesetzte oder geprüfte Maßnahmen sind Schienenschmierung und Entfernung von Schienenstößen in Rangierbahnhöfen. Forschungsprojekte existieren zu Reibungsmodifikatoren gegen Kurvenkreischen, zur Beeinflussung der Schienenrauheit und im Bereich des Managements Überwachung von Lärmobergrenzen und Kapazitätsmanagement.²⁰⁸

10.5 Entwicklungen auf EU-Ebene

Die Europäische Kommission hat sich frühzeitig und intensiv mit dem Problem des Schienenverkehrslärms auseinander gesetzt, obwohl es sich um lokal wirkende Emissionen handelt. Zentrale Motive waren dabei der Schutz der Bürger vor Lärm - etwa 13% der EU-Bürger fühlen sich nach den Ergebnissen der EU-weiten Befragung Eurobarometer durch Schienengüterverkehrslärm belastigt - sowie die Sicherstellung, dass lärmvermeidende Maßnahmen nicht die Interoperabilität einschränken.

Zentrale Maßnahmen auf europäischer Ebene waren:

- Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm

Die Richtlinie verpflichtete die Mitgliedsstaaten u.a. zur Erstellung von Lärmkarten und Aktionsplänen für Haupteisenbahnstrecken (Verkehrsaufkommen von über 30.000 Zügen pro Jahr) und für Ballungsräume. Festgelegt werden ebenfalls Belastungsindikatoren, nicht jedoch verpflichtende Grenzwerte.

- Richtlinien zur Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Gemeinschaft²⁰⁹

Seit 2006 bestehen bindende Emissionsgrenzwerte für das rollende Material, die in der Technical Specification for Interoperability festgelegt sind. Die Grenzwerte gelten ausschließlich für neue und erneuerte Fahrzeuge.^{210,211}

Die Kommission hat (Artikel 12 der Verordnung (EG) Nr. 881/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates) der Europäischen Eisenbahnagentur die Aufgabe zugeordnet, „die technischen Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI) an den technischen Fortschritt, die Marktentwicklungen und die gesellschaftlichen Anforderungen“ anzupassen und der Kommission dazu erforderliche Änderungen vorzuschlagen.

²⁰⁸ Vgl. UIC (2010).

²⁰⁹ Insbesondere Richtlinie 2008/57/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Gemeinschaft (Neufassung).

²¹⁰ Im Dezember 2005 verabschiedete die Kommission die technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) „Lärm des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems“ (Entscheidung 2006/66/EG der Kommission vom 23. Dezember 2005, Amtsblatt L 37 vom 8.2.2006, S. 1).

²¹¹ Zusätzliche Spezifikationen gibt es z.B. für Hochgeschwindigkeitssysteme, die für den Güterverkehr nur von geringer Bedeutung sind; etwa „Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems "Fahrzeuge" des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems gemäß Artikel 6 Absatz 1 der Richtlinie 96/48/EG (Entscheidung 2002/735/EG der Kommission vom 30. Mai 2002, Amtsblatt Nr. L 245 vom 12/09/2002 S. 0402 - 0506).

Dies hat zuletzt 2014 zur Verordnung (EU) Nr. 1304/2014 der Kommission vom 26. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge — Lärm“ sowie zur Änderung der Entscheidung 2008/232/EG und Aufhebung des Beschlusses 2011/229/EU geführt.

- Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat zu Lärmschutzmaßnahmen am aktuellen Schienenfahrzeugbestand, KOM(2008) 432 endgültig, Brüssel, 08.07.2008

In der Mitteilung wird insbesondere das Problem der Umrüstung der Bestandsflotte angesprochen und eine Vielzahl von Maßnahmen angekündigt bzw. befürwortet. Dabei sieht die Kommission „eine Kombination aus lärmabhängigen Trassenpreisen, Lärmemissionsgrenzen und Selbstverpflichtungen“ (Kom, 2008) als den geeignetsten Instrumentenmix an.

Die Kommission

- o kündigte daher an, im Zuge der Neufassung der Richtlinie 2001/14/EG Rechtsvorschriften für die Einführung lärmabhängiger Trassenpreise vorzuschlagen,
 - o empfahl den Mitgliedstaaten die Einführung von Lärmemissionsgrenzen für die Hauptstrecken des Schienengüterverkehrs und
 - o forderte den Eisenbahnsektor eindringlich auf, unverzüglich eine Selbstverpflichtung einzugehen, den von den Infrastrukturbetreibern gewährten Lärmbonus an die Wageneigner weiterzugeben.
- Richtlinie 2012/34/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. November 2012 zur Schaffung eines einheitlichen europäischen Eisenbahnraums (Neufassung)

Während die Kommission in ihrer Mitteilung 2008 eine generelle Einführung lärmabhängiger Trassenpreise befürwortete,²¹² setzten das Europäische Parlament und der Rat nur eine Kann-Regelung im folgenden Eisenbahn-Recast um. Gleichzeitig wurde die Kommission mit der Harmonisierung der Entgeltgrundsätze beauftragt (Erlass einer Durchführungsverordnung).

Gegenwärtig haben nur zwei Mitgliedsstaaten, die Niederlande und Deutschland, lärmabhängige Trassenpreissysteme etabliert.

- Durchführungsverordnung (EU) 2015/429 der Kommission vom 13. März 2015 zur Festlegung der Modalitäten für die Anlastung der Kosten von Lärmauswirkungen

Die Verordnung, die seit dem 16. Juni 2015 gilt, legt einheitliche Modalitäten fest, die von Infrastrukturbetreibern bei der Anlastung der Kosten der Lärmauswirkungen von Güterfahrzeugen zu beachten sind.

Die einzelnen Regelungen und ihre Beziehung zum deutschen lärmabhängigen Trassenpreissystem werden in Kapitel 12 genauer dargestellt und in Kapitel 13 kritisch diskutiert.

- Verordnung (EU) Nr. 1316/ des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2013 zur Schaffung der Fazilität „Connecting Europe“, zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 913/2010 und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 680/2007 und (EG) Nr. 67/2010

²¹² Vgl. Europäische Kommission (2015).

Neben rechtlichen Anpassungen hat die Europäische Union mittlerweile auch eine direkte finanzielle Förderung der Umrüstung lauter Güterwagen ermöglicht. Dazu wird die sogenannte Fazilität „Connecting Europe“ verwendet.

Im Rahmen der Fazilität werden insbesondere nicht rückzahlbare finanzielle Zuschüsse für Projekte aus den drei thematischen Schwerpunkten Energie, digitale Netze und Transport vergeben.²¹³ Zur Modernisierung der europäischen Verkehrsinfrastruktur, zur Schaffung fehlender Verkehrsverbindungen und zur Beseitigung von Engpässen stehen im Zeitraum 2014 bis 2020 etwa 26,25 Mrd. Euro zur Verfügung.

Nach Artikel 7 sind „Maßnahmen zur Verringerung des Güterschienenverkehrslärms, unter anderem durch Nachrüstung vorhandenen Rollmaterials, in Zusammenarbeit unter anderem mit dem Eisenbahnsektor“ förderfähig. Artikel 10 legt fest, dass bei diesen Maßnahmen 20%²¹⁴ der förderfähigen Kosten als Zuschüsse gezahlt werden können. Gleichzeitig wird eine Obergrenze für die gesamten Zuwendungen festgelegt: Die Zuschüsse dürfen 262,5 Mio. Euro nicht überschreiten (1% der in Artikel 5 genannten Haushaltsmittel des Verkehrssektors).

Um Mittel zu erhalten, müssen die Marktteilnehmer Projekte definieren und sich an den sogenannten Projektaufrufen (Calls) beteiligen. Die eingehenden Projektanträge werden durch externe Experten auf der Basis von festgelegten Kriterien evaluiert. Die Projektaufrufe werden regelmäßig sowohl für das Jahres- als auch für das Mehrjahresarbeitsprogramm veröffentlicht.

Der erste Call für den Verkehrssektor wurde 2014-2015 durchgeführt. Zwei Projekte wurden dabei im Bereich Lärminderung ausgewählt:

- o Deutsche Bahn Schenker Rail AG: Schenker hat die Umrüstung von 16.000 Güterwagen von Grauguss- auf LL-Sohlen angemeldet. Als Gesamtkosten sind 28 Mio. Euro angegeben; die EU-Förderung soll 5,6 Mio. Euro betragen. Als Implementierungszeitraum werden drei Jahre angegeben (Januar 2014 bis Dezember 2016).²¹⁵
- o Société Belge de transport par le système combiné route-wagon (TRW): TRW, ein Unternehmen der SNCB Logistics Group,²¹⁶ plant ebenfalls die Umrüstung seiner Güterwagen. Insgesamt sollen 300 2-achsige (Typ LGNSS) und 798 4-achsige Containertragwagen (Typ SGNSS) mit LL-Sohlen ausgestattet werden. Als Gesamtkosten wurden 3 Mio. Euro veranschlagt; die Förderung beläuft sich auf 608.561 Euro. Der Implementierungszeitraum beträgt etwa drei Jahre (Juli 2015 bis Juni 2018).²¹⁷

²¹³ Neben Fördermitteln für Projekte werden die Mittel für innovative Finanzierungsinstrumente, für die Vergabe öffentlicher Aufträge und die eigene Verwaltung eingesetzt.

²¹⁴ Die Fördersätze variieren zwischen den Themen; Investitionen zur Enpassbeseitigung oder in die Leit- und Sicherungstechnik (ERTMS) werden beispielsweise zu 30% bzw. 50% gefördert. Einen Überblick gibt Buscaglia (2016).

²¹⁵ Vgl. Europäische Kommission (2014a).

²¹⁶ Vgl. Europäische Kommission (2014b).

²¹⁷ Vgl. Europäische Kommission (2014b)

Besonders interessant ist, dass die Förderung nicht nur mit dem Ziel der Lärmminde-
rung um 7-10 dB(A) begründet wird, sondern explizit auch mit den Wirkungen lärmab-
hängiger Trassenpreise: „Secondly, because the use of noisy brake systems will be pe-
nalised in the coming years by the systematic introduction of NDTAC (noise differentia-
ted Track Access Charging) in Europe. The wagons may become obsolete if too expen-
sive to operate.”

Der aktuelle Call läuft bis Februar 2016.

Beobachter erwarten in den nächsten Jahren weitere Aktivitäten der Europäischen Kommission im
Bereich des Schienengüterverkehrs. Im Mittelpunkt könnten dabei folgende Initiativen stehen:²¹⁸

- Stärkung der Möglichkeit der Mitgliedstaaten, restriktive ordnungsrechtliche Maßnahmen und
/ oder anreizorientierte Maßnahmen umzusetzen
- Verstärkte europäische Förderung der Umrüstung
- Anwendung der TSI-Noise-Grenzwerte auf Bestandswagen²¹⁹
- Förderung der Entwicklung von Güterwagen, die die bestehenden Grenzwerte deutlich unter-
schreiten.

²¹⁸ Vgl. Europäische Kommission (2015) und Hulan (2015).

²¹⁹ In Europäische Kommission (2015), einem „Staff Working Document“ der Kommission, wird die Anwendung der TSI-
Geräuschgrenzwerte für den Bestand in zwei Stufen vorgeschlagen: zunächst für international verkehrende Güterwa-
gen, dann für alle Güterwagen. Ergänzend wird die Verbesserung der akustischen Qualität der Schienenwege empfoh-
len.

11 Politische Ziele und Instrumente der Lärminderung: Diskussion aus ökonomischer Sicht

11.1 Politische Ziele der Lärminderung angesichts der technischen Möglichkeiten

Das wichtigste Ziel der Politik besteht derzeit in der möglichst weitgehenden Beseitigung der GG-Sohlen von in Deutschland verwendeten Bestandswagen schon bis 2020.²²⁰ Die GG-Bremssohlen haben durch die Aufrauhung der Laufflächen der Räder einen starken lärmerzeugenden Effekt. Der Ersatz von GG-Sohlen durch „leise“ LL-Sohlen, welche die Räder deutlich weniger stark aufrauen, kann bei gut gepflegtem Gleis zu einer Lärminderung von etwa 10 dB(A) führen.²²¹ Obwohl die LL-Sohlen zu einem stärkeren Radverschleiß führen und damit die Betriebskosten erhöhen, ist diese Maßnahme relativ kostengünstig. Dies gilt insbesondere, da nunmehr sogar zwei genehmigte LL-Verbundstoffsohlen zur Verfügung stehen, die von konkurrierenden Herstellern angeboten werden. Es gibt keine andere technische Maßnahme, die einen derart starken lärmmindernden Effekt so kostengünstig bewirken könnte. Die Beseitigung der GG-Bremssohlen stellt daher gewissermaßen den „Königsweg“ der Lärmreduktion dar.

Allerdings wird auch nach vollständigem Ersatz der GG-Sohlen das Lärmproblem noch nicht beseitigt sein. Es verbleibt ein Bedarf für Lärmreduktionen um weitere 10 dB(A), teilweise sogar um 15 dB(A); siehe Abschnitt 5.2.

Der durch GG-Sohlen verursachte Schall der Räder übertönt derzeit viele andere Lärmquellen oder lässt sie jedenfalls als zweitrangig erscheinen.

Nach dem Ersatz der GG-Sohlen und der Abnahme der Radrauheit wird eine Vielzahl anderer Lärmquellen in den Vordergrund der Wahrnehmung und Beachtung treten:

- Weitere Lärmquellen am Wagen (z.B. klappernde Bremsgestänge)
- Lärmquellen an der Infrastruktur (insb. Schienenrauheiten)
- Kurven- und Bremskreischen
- Schadhafte Stellen am Wagen (insb. Flachstellen am Rad) oder am Gleis (z.B. schadhafte Schienenstoßstellen)
- Lärmquellen an der Lokomotive.

Um diese Lärmquellen einzudämmen, müssen weitere Maßnahmen ergriffen werden. Die Betrachtung und Analyse der technischen Maßnahmen der Lärminderung in Kapitel 6 erweckt jedoch den Ein-

²²⁰ Vgl. die Aussagen des Koalitionsvertrages der Regierungsparteien; CDU Deutschlands / CSU-Landesleitung / SPD (2013).

²²¹ Unter einem „gut gepflegten Gleis“ wird ein Gleis gesehen, dass eine niedrige Schienenrauheit und eine hohe Abklingrate aufweist. Eine hohe Abklingrate kann durch eine optimierte Gleiskonstruktion (z.B. weiche Zwischenlagen) und / oder zusätzliche Maßnahmen am Gleis (z.B. Schienenstegdämpfer) erreicht werden. Die Notwendigkeit, lärmmindernde Maßnahmen am Wagen durch Maßnahmen an der Infrastruktur zu ergänzen, wird im Folgenden noch öfter betont.

druck, dass es – nach Beseitigung der GG-Sohlen – keinen zweiten „Königsweg“ der weiteren Lärmreduktion mehr gibt. Zwar gibt es noch einige weitere Maßnahmen oder Kombinationen von Maßnahmen, die zu einer *starken* Lärmreduktion führen würden, doch sind diese Optionen, wie Tab. 38 zeigt, bei Altwagen mit vergleichsweise hohen Kosten verbunden.

Tab. 38: Einzel- und Kombinationsmaßnahmen mit großem Potenzial der Lärmreduktion

Maßnahme	Wirkung	Kostenfaktor
Schallschutzwände (SSW)	10-25 dB(A) (abhängig von der Höhe der SSW)	Hohe Investitionskosten. Zudem Nachteile im Landschaftsbild und für Reisende in Personenzügen.
Scheibenbremsen und verbesserte Radbauformen	6-7 dB(A)	Prohibitiv hohe Kosten für Bestandswagen. Kostenlos für Neuwagen, deren Laufleistung mindestens durchschnittlich sein wird.
Schallschürzen an Rad oder Wagen in Verbindung mit niedrigen Schallschutzwänden (nSSW)	6-10 dB(A)	Recht hohe Investitionskosten der nSSW am Gleis. Veränderung am Lichtraumprofil des Wagens und Erhöhung der Kosten für Wartung der Drehgestelle und für Bremsprobe am Wagen und der Instandhaltung des Gleises.

Quelle: Eigene Darstellung.

Bemerkenswert ist allerdings **das hohe Lärmminderungspotenzial von Scheibenbremsen im Verbund mit verbesserten Radbauformen**. Diese Maßnahme ist zwar bei Wagen des Altbestandes prohibitiv teuer, doch für Neuwagen erschwinglich und bei hoher geplanter Laufleistung aufgrund der niedrigeren Betriebskosten sogar umsonst. Neuwagen werden derzeit überwiegend mit traditioneller Klotzbremse und K-Sohle beschafft; sie sind damit um 10 dB(A) leiser als Altbestandswagen mit GG-Sohle. Würde man die Neuwagen jedoch statt mit K-Sohlen-Klotzbremse mit Scheibenbremsen und verbesserten Radbauformen ausstatten, dann reduzierte sich die Lärmbelastung der Neuwagen um *zusätzliche* 6-7 dB(A) („sehr leise Wagen“).

Diese Lärmreduktion wäre praktisch *umsonst*, wenn der Neuwagen eine durchschnittliche Laufleistung ab etwa 60.000 km / Jahr hätte.

Der Übergang zur Scheibenbremse scheint daher doch ein zweiter „Königsweg“ der Lärmreduktion zu sein, der allerdings nur im Rahmen der Neubeschaffung beschränkt werden kann. Nun werden im Laufe der Zeit alle Altwagen durch Neuwagen ersetzt; aufgrund der langen Lebensdauer der Wagen dauert dieser Vorgang allerdings sehr lange. Könnte man jedoch Anreize setzen, einen größeren Teil der Neuwagen nicht mit K-Sohle, sondern mit Scheibenbremse auszustatten und diese Wagen dann auch verstärkt einzusetzen, dann könnte der Anteil der „sehr leisen“ Wagen im täglichen Betrieb recht rasch ansteigen.

Zugleich wäre es unproblematisch, wenn relativ selten fahrende Züge z.B. des Einzelwagenverkehrs noch für längere Zeit mit Klotzbremse und K- oder LL-Sohlen ausgestattet wären.²²² Aus ökonomischer

²²² Im Grunde gilt diese Aussage sogar auch für den vereinzelt Einsatz der herkömmlichen GG-Sohle bei Wagen, die nur

Sicht wäre dies geradezu zu empfehlen, denn für Wagen mit ausgesprochen geringer Laufleistung (Wagen des Einzelwagenverkehrs weisen oft eine geringe Nutzungsintensität auf) lohnt sich der Einsatz der relativ teuren Scheibenbremse noch nicht einmal bei Neuwagen. Da eine große Zahl von Altbestandswagen existiert, wäre es anzustreben, für Einsatzzwecke mit geringer jährlicher Laufleistung möglichst nur Altwagen einzusetzen. Umgekehrt sollten bis auf Weiteres möglichst alle Neuwagen mit Scheibenbremsen und lärmoptimierten Radbauformen ausgestattet werden und diese Wagen sollten demzufolge die Einsatzzwecke mit den höchsten jährlichen Laufleistungen erfüllen. Demnach ist es bis auf Weiteres nicht wünschenswert, dass überhaupt mit K-Sohle ausgestattete Neuwagen beschafft werden.

Ein zentrales Ziel der Politik sollte darin bestehen, dass möglichst viele Neubeschaffungen mit Scheibenbremsen erfolgen. Parallel ist darauf hinzuwirken, dass die mit den Scheibenbremsen verknüpften Radbauformen lärmoptimiert sind. In der sehr langen Sicht sollten dann allerdings auch Wagen mit K-Sohle, für die Einsatzzwecke mit sehr geringer Laufleistung, beschafft werden können.

Abgesehen von der Option der Scheibenbremse für Neuwagen gibt es für alle Wagen eine **Vielzahl von technischen Maßnahmen, die zu einer moderaten Lärmreduktion führen** und nur mit moderaten Kosten verbunden sind. Anknüpfend an Abschnitt 6.3 listet die folgende Tabelle die wichtigsten Maßnahmen dieser Art auf, die im Moment bekannt sind.

Die Tatsache, dass all diese Maßnahmen am Wagenbestand nur recht überschaubare Lärmminde- rungseffekte haben, unterstreicht, dass die Politik zur Erreichung einer effektiven Lärmreduktion auch auf die Umsetzung von Maßnahmen an den Lokomotiven und der Infrastruktur hinwirken sollte. Der Fokus dieser Studie liegt allerdings auf den Maßnahmen am Wagen und den dafür geeigneten politischen Instrumenten.

sehr wenig bewegt werden. Dem steht allerdings die Tatsache entgegen, dass schon wenige Wagen mit GG-Sohle einen ganzen Zug als laut erscheinen lassen.

Tab. 39: Einzelmaßnahmen am Wagen mit moderatem Potenzial der Lärmreduktion

Maßnahme	Angriffspunkt der Wirkung
Beschichtete Radsätze	Reduktion Schallemission Rad generell um 1-2 dB(A)
Beschichtete Drehgestelle	Verbesserung des Dämpfungsverhaltens des Drehgestellrahmens
Kunststoffbuchsen im Bremsgestänge	Reduktion Klappern des Bremsgestänges [nicht bei Scheibenbremse]
Viskoelastische Federung	Reduktion Schallemission um 2 dB(A) und Kurvenkreischen
Radschallabsorber	Reduktion Kurven- und Bremskreischen, auch des Rollgeräuschs (aber recht teuer)
Beseitigung Flachstellen am Rad	Reduktion schlagender Geräusche am Wagen
Kleinere Räder	Reduktion Schallemission [nur bei Neuwagen und geeigneten Einsatzzwecken der Wagen]

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Politik sollte für den Wagenaltbestand auf den Einsatz der in Tab. 39 gelisteten technischen Maßnahmen - und weiterer ähnlicher Maßnahmen, die in der Zukunft sicherlich noch entwickelt werden - in der Praxis hinwirken. Dabei gibt es allerdings keine klaren Prioritäten für bestimmte Maßnahmen aus diesem Katalog. Einige Maßnahmen sind zudem kombinierbar, während sich andere gegenseitig ausschließen oder in Kombination sinnlos wären. Erwünscht sind natürlich sinnvolle Kombinationen dieser Maßnahmen mit möglichst hohem Lärminderungseffekt. Diese vielschichtige Zielsetzung steht in Kontrast zu der aktuellen, auf die Beseitigung der GG-Sohle stark fokussierten Zielsetzung. Der Unterschied im Charakter der politischen Zielsetzungen wird sich auf die Wahl und Gestaltung der politischen Instrumente auswirken.

Zusammenfassend lassen sich **drei relevante politische Zielsetzungen** zur Erreichung einer Lärmreduktion des Schienengüterverkehrs festhalten:

- A) Der Ersatz der GG-Sohlen am Wagenaltbestand**
- B) Darüber hinausgehende technische Maßnahmen zur Lärmreduktion am Wagenbestand**
- C) Durchsetzung der Scheibenbremse und lärmoptimierter Radbauformen als Standardausrüstung bei Wagenneubeschaffungen**

Dabei ist das Ziel A), der Ersatz der GG-Sohlen, eigentlich nicht der Untersuchungsgegenstand dieser Studie. In den letzten Jahren wurden jedoch zahlreiche politische Instrumente gerade an diesem Ziel erprobt oder diskutiert. An diese Erfahrungen soll für die Ziele B) und C) angeknüpft werden.

11.2 Anforderungen an die politischen Instrumente zur Erreichung der unterschiedlichen politischen Ziele

Die politischen Instrumente zur Beeinflussung der Lärmemissionen von Wagen (und Lokomotiven) im Schienengüterverkehr reichen von Formen der Direktförderung über ein lärmabhängiges Trassenpreissystem oder andere Formen von Bonussystemen bis hin zu ordnungsrechtlichen Maßnahmen wie Verboten oder Betriebsbeschränkungen (z.B. Geschwindigkeitsbeschränkungen oder Nachtfahrverbote).

Bevor diese Instrumente im Detail auf ihre Eignung zur Erreichung der politischen Ziele A), B) und C) geprüft werden, sollen zunächst allgemeine Anforderungen an politische Instrumente beschrieben werden, die sich aus den drei Zielen ergeben.

11.2.1 Anforderungen an politische Instrumente zum Ersatz der GG-Sohlen am Wagenaltbestand

Die Ersetzung von GG-Bremssohlen durch LL-Bremssohlen am Wagenaltbestand (Ziel A) ist ein außergewöhnlich scharf beschriebenes umweltpolitisches Ziel. Die politischen Instrumente können daher sehr genau auf die Umsetzung dieser spezifischen Maßnahme zugeschnitten werden.

Wenn ein politisches Instrument darauf zielt, *ökonomische Anreize* zur Ersetzung der GG-Sohlen zu setzen, ist zu berücksichtigen, dass nicht nur die einmaligen Umrüstkosten von GG- auf LL-Sohlen, sondern auch die durch LL-Sohlen bedingten erhöhten Kosten des Radverschleißes sowie möglicherweise auch höhere Verbrauchskosten der LL-Sohlen selbst zu kompensieren sind. Dies sind erhöhte laufleistungsabhängige Betriebskosten. Andernfalls wäre der Anreiz zur Umrüstung insgesamt ungenügend. Besonders hervorzuheben ist, dass laufleistungsabhängige Betriebskosten auch durch **eine laufleistungsabhängige Form der Anreizsetzung** zu kompensieren sind. Das heißt, es ist ein politisch bedingter Vorteil zu etablieren, der proportional zu den Einsatz-km der umgerüsteten Wagen anfällt. Andernfalls bestände der Anreiz, die umgerüsteten, leisen Wagen so *wenig* wie möglich einzusetzen, solange noch Wagen mit GG-Sohle vorhanden sind. Dies würde die umweltpolitische Zielsetzung konterkarieren.

Das Problem der verfehlten Einsatzanreize könnte zwar als ein Übergangsproblem – und damit als zweitrangig – betrachtet werden, wenn sichergestellt wäre, dass die weitgehende Ersetzung der GG-Sohlen im gesamten Wagenaltbestand innerhalb der nächsten Jahre vollzogen wird. Dies hängt aber stark vom europäischen Kontext ab.

Einerseits gibt es nicht nur in Deutschland, sondern in vielen EU-Staaten und bei der EU selbst starke Bestrebungen, die GG-Sohle beim gesamten Wagenaltbestand zu ersetzen. Vor diesem Hintergrund streben z.B. Deutschland und die Schweiz ein EU-weites Verbot der GG-Sohle an. Andererseits gibt es in der EU auch viele Länder, in denen das Lärmproblem eine untergeordnete Rolle spielt und die eine Erhöhung der Kosten des SGV vermeiden wollen. Daher bleibt offen, ob es zu einer koordinierten Politik zur Ersetzung der GG-Sohle kommen wird.

Wenn es auf europäischer Ebene nicht zu einer Abschaffung oder weitgehenden Zurückdrängung der GG-Sohle kommt, müssen die national einsetzbaren politischen Instrumente für sich genommen ausreichende ökonomische Anreize zur Umrüstung und zum bevorzugten Einsatz umgerüsteter Wagen – überhaupt und insbesondere in Deutschland - bieten.

Es ist dann auch damit zu rechnen, dass das häufig auszutauschende Betriebsmittel LL-Bremssohle in den Ländern, die an der GG-Sohle festhalten, nicht flächendeckend vorgehalten wird. Dies wäre ein europaweites Kompatibilitätsproblem der LL-Sohle, das wenigstens in der Einführungszeit auftreten kann.

Eine **Zweiteilung Europas in „GG-Länder“ und „LL-Länder“** hätte weitere Folgeeffekte. Zum einen steigt die ökonomische Hürde für eine Umrüstung auf LL-Sohlen, denn ein umgerüsteter Wagen hat in den „GG-Ländern“ erhöhte Betriebskosten (erhöhter Radverschleiß und ggf. verschleißbedingte Sohlenkosten ohne kompensierende Anreizinstrumente sowie ggf. Zusatzkosten wegen unzureichender Vorhaltung von LL-Sohlen). Es könnte sogar vorkommen, dass aus betriebswirtschaftlichen Gründen ein auf LL-Sohle umgerüsteter Wagen auf GG-Sohle zurückgerüstet werden soll. Unter anderem aus diesem Grund zögerten die europaweit agierenden Wagenvermieter lange Zeit mit der Umrüstung von Altwagen. Die GG-Wagen haben gewissermaßen einen zusätzlichen Optionswert, der durch Umrüstung zerstört würde und daher durch Anreizinstrumente überwunden werden muss.

Um diesen Problem betriebswirtschaftlich zu begegnen, haben EVU und Wagenhalter allerdings von sich aus einen Anreiz, auf LL-Sohle umgerüstete Wagen möglichst nur in den „LL-Ländern“ einzusetzen. Dies entspricht natürlich der umweltpolitischen Zielsetzung dieser Länder; d.h. die oben angesprochene Notwendigkeit, den Einsatz der umgerüsteten Wagen in diesen Ländern durch politische Instrumente sicherzustellen, wird dadurch etwas gemildert. In jedem Fall bleibt aber die Notwendigkeit bestehen, den Einsatz von Wagen mit GG-Sohlen in den „LL-Ländern“ zu reduzieren und den Einsatz von Wagen mit LL-Sohlen generell anzuregen.

11.2.2 Anforderungen an politische Instrumente für weitere technische Maßnahmen am Wagenbestand

Wenn die Zurückdrängung der GG-Sohle erfolgreich ist und eine weitgehende Umrüstung des Wagenaltbestandes auf LL-Sohlen erfolgt ist, bietet sich eine Vielzahl weiterer technischer Maßnahmen zur moderaten Lärmreduktion am Wagenaltbestand wie auch bei Neuwagen an (Ziel B). Keine dieser Maßnahmen bringt jedoch so viele Vorteile – weder absolut gesehen, noch gegenüber den anderen möglichen Maßnahmen – dass ein drastisch wirkendes politisches Instrument für eine spezifische Maßnahme aus diesem Katalog rechtlich oder ökonomisch gerechtfertigt wäre. Vielmehr sollte die Politik den Wagenhaltern die freie Auswahl aus diesen Maßnahmen lassen und gleichzeitig Anreize setzen, eine sinnvolle Auswahl und Kombination von Maßnahmen selbst vorzunehmen.

Dies spricht für ein **gestuftes Anreizsystem**, bei dem verschiedene gleichrangige Maßnahmen gleichermaßen belohnt werden, während besonders stark wirkende Maßnahmen oder gleichrangig wirkende Kombinationen von Maßnahmen stärker belohnt werden. Ein derartiges gestuftes Anreizsystem kann in Form eines Punktesystems oder einer Klassenhierarchie gestaltet werden. Im Folgenden gehen wir beispielhaft von der Realisierung eines *Systems von Lärmklassen* aus. Wagen mit LL- oder K-Sohle, aber sonst keiner weiteren lärm mindernden Maßnahmen, bilden eine untere („recht laute“) Lärmklasse. Die dann folgende Lärmklasse verlangt die Umsetzung einer oder einiger der in Tab. 39 genannten Maßnahmen – wobei diese Tabelle laufend zu ergänzen ist, wenn in der Zukunft weitere ähnliche Maßnahmen entwickelt werden. Wenn besonders viele dieser Maßnahmen umgesetzt wurden, sollte dies als eine weitere, bessere Lärmklasse honoriert werden.

Die politischen Instrumente sollten auf allen Stufen wirken, d.h. sie sollen Anreize setzen, Wagen aller Lärmklassen (außer der obersten) durch Umrüstungen in höhere (leisere) Lärmklassen zu heben. Außerdem soll der Anreiz bestehen, Wagen umso bevorzugter in Deutschland einzusetzen, je höher deren Lärmklasse ist.

Derartige Klassensysteme sind in der Umweltpolitik nicht unüblich. Bereits jetzt gibt es im deutschen Anreizsystem zur Lärminderung im Schienengüterverkehr mehrere Klassen von Wagen, da das Anreizsystem auf Achs-km abstellt, nicht auf Wagen-km. Ein umgerüsteter Wagen mit vier Achsen erhält doppelt so viele laTPS- und Wagenhalterboni wie ein zweiachsiger umgerüsteter Wagen; dies repräsentiert praktisch zwei verschiedene Wagen-Lärmklassen innerhalb der Gruppe der umgerüsteten Wagen. In der Schweiz wurde das Lärmklassensystem weiter ausgebaut, um auch Anreize für weitere Maßnahmen zur Lärminderung im Schienengüterverkehr zu setzen (siehe Abschnitt 10.4). Im Luftverkehr werden Flugzeuge nach Lärmemissionsklassen eingeteilt und die Flughafengebühren stehen in Abhängigkeit zu dieser Kategorisierung. Zur Reduktion der Schadstoffemissionen von Lkw in der EU wurden sechs Emissionsklassen eingeführt und nationale Lkw-Mautsysteme müssen die jeweils besten Emissionsklassen bevorteilen.

Finanzielle Anreize für diese Maßnahmen sollten sich an den moderaten Investitionskosten bzw. laufenden Kosten einerseits und ihren moderaten Lärmreduktionen andererseits orientieren. Einige Maßnahmen erzeugen lediglich einmalige Kosten (z.B. Kunststoffbuchsen im Bremsgestänge). Andere Maßnahmen sind mit laufenden Kosten verbunden, die jedoch nicht laufleistungsabhängig sind (z.B. lärmmindernde Beschichtungen). Die einzige Maßnahme aus Tab. 39, bei der *laufleistungsabhängige Kosten* entstehen könnten, ist die frühzeitige Beseitigung von Flachstellen am Rad. Diese Maßnahme stellt in Wirklichkeit eine kontinuierliche Instandhaltungspolitik dar, bei der Flachstellen am Rad schon ab einer kritischen Größe beseitigt werden, die deutlich unter den gesetzlich aus Sicherheitsgründen festgelegten 6 cm liegt. Statistisch treibt dies die durchschnittlichen Kosten der Raderneuerung – und damit die Betriebskosten – nach oben, und zwar umso mehr, je höher die Laufleistung eines Wagens ist. Allerdings erfuhren wir von Praktikern, dass die Beseitigung von Flachstellen schon unterhalb der sicherheitsrelevanten Grenze von 6 cm wünschenswert sein kann, um die Betriebskosten *gering* zu halten, denn Flachstellen am Rad führen zu Belastungen der Achsen, Lager und Drehgestelle. Es ist daher nicht sicher, ob die Maßnahme „frühzeitige Beseitigung von Flachstellen“ überhaupt die Betriebskosten erhöht oder sie gar senkt – in letzterem Fall wäre diese lärmmindernde Maßnahme kostenfrei.

Zusammengefasst scheinen laufleistungsabhängige Kosten bei den weiteren Maßnahmen am Wagenbestand keine oder eine nur untergeordnete Rolle zu spielen. Dies vereinfacht zunächst die Anreizsetzung.

Andererseits ist nicht davon auszugehen, dass ein EU-weiter Konsens über die Notwendigkeit dieser weitergehenden Maßnahmen erzielt und damit eine EU-weit geltende Bevorteilung der entsprechend ausgerüsteten Wagen erreicht werden kann. Das bedeutet für die nationale Politik, die politischen Instrumente so zu gestalten, dass der Einsatz derart aufgewerteter Wagen *in Deutschland* und insbesondere an lärmbelasteten Strecken honoriert wird.

11.2.3 Anforderungen an politische Instrumente zur Durchsetzung der Scheibenbremse und lärmoptimierter Radbauformen bei Wagenneubeschaffungen

Hinsichtlich des Ziels C) geht es lediglich darum, beim Neukauf eines Wagens Anreize für die Entscheidung zugunsten der Scheibenbremse zu setzen. Wagen mit Scheibenbremse weisen geringere Betriebskosten auf als Wagen mit Klotzbremzen. Sie werden daher bevorzugt eingesetzt und sind bei hohen Laufleistungen sogar von sich aus günstiger, sobald die Ersparnis bei den Betriebskosten die höheren Anschaffungskosten überkompensiert. Auch das Rad mit geradem Steg, das bereits eine lärmoptimierte Radbauform darstellt, ist günstiger in der Anschaffung als das herkömmliche Rad.

Eine umweltpolitisch motivierte Bevorzugung solcher Wagen hätte zur Folge, dass die kritische jährliche Laufleistung, ab der die Scheibenbremse günstiger als die Klotzbremse wird, sinkt und die Scheibenbremse eher zum Einsatz kommt. Genau das ist beabsichtigt, damit die geringere Lärmemission eines solchen Wagens von dem EVU internalisiert wird.

Allerdings werden sich Scheibenbremsen auch auf längere Sicht kaum europaweit flächendeckend durchsetzen, denn hohe Laufleistungen können in Europa voraussichtlich auch in Zukunft nur unter besonderen Voraussetzungen realisiert werden. Gute Voraussetzungen sind **auf den zentraleuropäischen Korridoren** gegeben, ansonsten nur bei selektiven Einsatzzwecken. Dementsprechend werden auch notwendige Bremsbacken oder -scheiben oder Räder für den Austausch nicht europaweit überall vorgehalten werden (Inkompatibilitätsproblem).

Dies bedeutet zum einen, dass der wirtschaftliche Vorteil von Scheibenbremsen nur bei einer funktionierenden Einsatzplanung der Wagen voll realisiert werden kann. Zum anderen bedeutet es aber, dass scheibengebremsste Wagen die lärmpolitisch erwünschte Eigenschaft haben, sich als leiseste aller Wagen dorthin zu sortieren, wo die leisen Wagen auch am meisten gebraucht werden: zu den zentraleuropäischen Korridoren, an denen sich auch die besonders lärmbelasteten Streckenabschnitte befinden. Dieser volkswirtschaftliche Vorteil der erwünschten regionalen „Selbstselektion“ addiert sich noch zu den anderen, in Abschnitt 11.1 genannten Vorteilen der Scheibenbremse als lärmmindernde Maßnahmen hinzu, d.h. er stellt eine zusätzliche Begründung für das politische Ziel C) – Förderung der Scheibenbremse – dar.

11.2.4 Zusammenfassung der Anforderungen an die politischen Instrumente

Die bisherigen Überlegungen zu den Anforderungen der drei politischen Ziele an die politischen Instrumente lassen einige Verallgemeinerungen zu, welche Ziel-übergreifend von Bedeutung sind:

- Es bedarf eines gestuften Systems von Wagenlärmklassen, das als Ansatzpunkt der politischen Instrumente für alle drei Ziele dienen kann.
- Innerhalb jeder Lärmklasse sollte nach Achsenzahl differenziert werden.
- Wenn überhaupt Anreizinstrumente (und nicht nur Verbote) eine Rolle spielen sollen, dann müssen diese auch *laufleistungsabhängige* Anreize setzen.
- Im Zuge einer fortgeschrittenen Politik der Lärminderung wird es unerlässlich sein, dass die EVU ihre Fähigkeit zur zeitlich-räumlichen Einsatzsteuerung leiser Wagen verbessern.

Diese vier Punkte werden im Folgenden erläutert.

Gestufte Lärmklassen von Wagen als Ansatzpunkt politischer Instrumente

Im Kontext des politischen Ziels B), der Förderung weiterer Maßnahmen am Wagenbestand (zu diesen Maßnahmen siehe Tab. 39), wurde dargestellt, dass es zielführend ist, zunächst ein gestuftes, hierarchisches System verschiedener Lärmklassen von Wagen zu bilden. Dabei sollten verschiedene Maßnahmen mit etwa gleichwertigen Effekten derselben Klasse angehören, während Maßnahmen oder Kombinationen von Maßnahmen mit höherwertigen Lärminderungseffekten einer höheren (leiseren) Klasse angehören. Dies lässt den Wagenhaltern die Wahl, *wie* sie in eine höhere Klasse aufsteigen können. An ein solches System von Lärmklassen können die politischen Instrumente zur Lärminderung sinnvoll ansetzen.

Im Gegensatz zu dem vielschichtigen Ziel B) sind die politischen Ziele A) und C) - der Ersatz der GG-Sohle bei Altwagen bzw. die Förderung der Scheibenbremse und lärmoptimierter Radbauformen bei Neuwagen - enger und eindeutiger definiert. Sie lassen sich einfach in ein System von Lärmklassen integrieren, indem sie die unterste bzw. oberste Lärmklasse bilden: Wagen mit GG-Sohle würden die unterste (lauteste) Klasse bilden. Dann kämen Wagen mit LL- oder K-Sohle, aber sonst keiner weiteren lärmmindernden Maßnahme, worauf verschiedene Stufen für Wagen des Altbestandes folgen würden, bei denen einige der weiteren Maßnahmen am Wagenbestand umgesetzt wurden. Die oberste Lärmklasse würden (Neu-)Wagen mit Scheibenbremse und lärmoptimierter Radbauform bilden.

Natürlich lässt sich das System noch nach oben erweitern, indem Wagen mit Scheibenbremse, lärmoptimierter Radbauformen sowie mit weiteren lärmmindernden Maßnahmen (z.B. beschichtete Radsätze, Radschallabsorber oder kleinere Räder) zusätzlich honoriert werden. Diese Möglichkeit kann im Folgenden mitgedacht werden, wird aber nicht weiter vertieft, denn sie wird langfristig zweitrangig bleiben gegenüber der zentralen Frage, ob die Scheibenbremse im Verbund mit lärmoptimierten Radbauformen stärkere Verbreitung finden wird.

Innerhalb jeder Lärmklasse sollte nach Achszahl differenziert werden

Ein Blick auf die technischen Maßnahmen über alle Ziele A), B) und C) zeigt, dass in fast allen Fällen sowohl die lärmmindernde Wirkung als auch die Kosten der Maßnahme proportional zur Zahl der Achsen eines Wagens sind. Dies gilt sowohl für die LL-Sohle (Ziel A), wie für die Scheibenbremse und Radbauformen (Ziel C) und für die weiteren Maßnahmen am Wagenbestand (Ziel B), die in Tab. 39 gelistet sind: die Anzahl der Bremsgestänge, Radsätze, Räder und Federungen sind alle proportional zur Achszahl. Lediglich die Beschichtung der Drehgestelle bildet eine Ausnahme.

Daher bietet es sich an, die Achszahl durchgängig als Differenzierungskriterium der Wagenklassen zu verwenden. Dies geschieht am besten in der Form, dass man innerhalb jeder – durch andere, qualitative Merkmale definierten – Wagenklasse nochmal nach der Achszahl differenziert. Politische Anreizinstrumente, die auf einer Messung der gefahrenen km eines Wagens basieren, können direkt auf gefahrene Achs-km (statt Wagen-km) bezogen werden.

Sollten zukünftig weitere lärmmindernde Maßnahmen am Wagen hinzukommen, die nicht proportional zur Achszahl sind, müsste man diese Vorgehensweise überdenken und ggf. variieren. Es hat aber Vorteile, wenn alle Anreizinstrumente einheitlich von den Achs-km abhängig gemacht werden können.

Zentrale Bedeutung laufleistungsabhängiger Anreize

Die meisten politischen Instrumente wirken ganz oder teilweise auf dem Wege einer Anreizsetzung, indem sie das ökonomische Kalkül von Wagenhaltern oder EVU so beeinflussen, dass die Durchführung einer lärm mindernden Maßnahme bzw. der vorzugsweise Einsatz der lärmreduzierten Wagen betrieblich sinnvoll wird. Dies trifft natürlich besonders für die finanziellen und preislichen Instrumente wie Direktförderung oder lärmabhängiges Trassenpreissystem zu, aber auch für einige ordnungsrechtliche Instrumente wie z.B. Geschwindigkeitsbeschränkungen. Das ordnungsrechtliche Instrument des Verbots hingegen schafft unmittelbar Fakten, es basiert nicht auf einer Anreizsetzung. Die folgenden Überlegungen beziehen sich auf anreizsetzende politische Instrumente.

Ginge es nur darum, Anreize für eine einmalige Investition oder Umrüstung zu setzen, dann wäre die spezielle Form der Anreizsetzung nicht wichtig. Es käme allein darauf an, dass das politische Instrument dazu führt, dass der Gegenwartswert der Investition den Gegenwartswert der Kosten übersteigt.

Die Überlegungen der vorigen Abschnitte 11.2.1 bis 11.2.3 haben jedoch gezeigt, dass zur Erreichung der politischen Ziele A) und B) - Ersatz der GG-Sohle und weitere lärm mindernde Maßnahmen am Wagenbestand - insbesondere laufleistungsabhängige Anreizinstrumente benötigt werden, bei denen der ökonomische Anreiz mit der Anzahl der gefahrenen Wagen-Kilometer zunimmt. Dies soll hier noch einmal zusammengefasst dargestellt werden:

- **Einsatzanreize bei laufleistungsabhängigen Kosten:** Zur Zurückdrängung der GG-Sohle (Ziel A) ist es notwendig, die bei Verwendung von LL-Sohlen (und K-Sohlen) anfallenden Kosten des erhöhten Radverschleißes durch laufleistungsabhängige Anreizsetzung zu kompensieren. Andernfalls hätten EVU und Wagenhalter den Anreiz, die vorhandenen leisen Wagen so *wenig* wie möglich einzusetzen, solange noch Wagen mit GG-Sohle erlaubt und vorhanden sind (was auch langfristig der Fall sein kann).

Bei den weiteren Maßnahmen am Wagenbestand (Ziel B) spielen laufleistungsabhängige Kosten hingegen keine Rolle. Nirgendwo am Wagen spielt Verschleiß eine so starke Rolle wie bei Bremssohlen oder -backen und an den Objekten, an denen diese angreifen. Scheibenbremsen (Ziel C) weisen in dieser Hinsicht sogar einen genuinen Vorteil gegenüber allen Klotzbremsen auf.

- **Regionale bzw. lokale und zeitliche Einsatzanreize:** In einem Europa, das sowohl laute als auch leise Wagen zulässt, besteht für ein Land, das Wert auf Lärminderung legt, die Notwendigkeit, besondere Anreize für den Einsatz leiser Wagen und die Vermeidung lauter Wagen *im eigenen Land* zu setzen. Dies könnte auch noch verfeinert werden, indem besondere Anreize für die Präferenzierung leiser Wagen an besonders lärmbelasteten Strecken oder Streckenabschnitten und zu besonderen Zeiten (z.B. in der Nacht) gesetzt werden. Eine solche Anreizsetzung zielt darauf, jeden einzelnen Einsatz eines lauten Wagens in dem Land bzw. an den lärmbelasteten Abschnitten zur entsprechenden Zeit ökonomisch unattraktiver zu machen – in diesem weiten Sinne des Wortes muss sie also laufleistungsabhängig sein. Insbesondere eine räumlich und zeitlich differenzierte laufleistungsabhängige Anreizsetzung steht auch in Einklang mit dem Grundprinzip, dass Anreize sich an den jeweils anfallenden externen Kosten des Lärms orientieren sollten.

Dies gilt für die Ziele A) (solange die GG-Sohle nicht verboten ist) und B) gleichermaßen. Die Ausnahme stellt, wie in Abschnitt 11.2.3 dargestellt wurde, das Ziel C) dar, die Förderung der Scheibenbremse. Aufgrund ihrer genuin laufleistungsabhängigen ökonomischen Vorteile ist

die Scheibenbremse für den Einsatz auf den großen zentraleuropäischen Korridoren prädestiniert – genau dort befinden sich auch die besonders lärmbelasteten Streckenabschnitte. Ein Wagen mit Scheibenbremse, der sich in der europäischen Fläche verliert, wäre verschwendet, und wenn dort auch noch Mangel an Verbrauchs- und Ersatzteilen für Scheibenbremsen auftritt, würden sogar Zusatzkosten entstehen.²²³

Es zeigt sich also, dass eine Anreizsetzung für lärm mindernde Maßnahmen in der Regel eine ausreichend starke lauleistungsabhängige Komponente enthalten muss. Dies gilt für fast alle politischen Ziele der Lärminderung, wenn auch teilweise aus unterschiedlichen Gründen.

Lediglich die Förderung von Scheibenbremsen stellt aus sehr spezifischen Gründen eine Ausnahme dar. Sie funktioniert auch ohne lauleistungsabhängige Komponente, aber sie kann natürlich auch lauleistungsabhängig gestaltet werden.

Notwendigkeit der Einsatzsteuerung von leisen Wagen

Obwohl EVU nur begrenzten Einfluss auf die Wagenzusammensetzung ihrer Züge haben (etwa bei internationalen Zügen oder wenn sie Wagen von Kunden in ihre Züge aufnehmen), können sie mit einem gewissen Managementaufwand doch Einfluss darauf nehmen. Die Höhe des Managementaufwands zum gezielten Einsatz leiser Wagen in Deutschland bzw. an lärmbelasteten Strecken kann im Rahmen dieser Studie nicht ermittelt werden und wird ohnehin sehr situationsabhängig sein.

Grundsätzlich müssen anreizbasierte politische Instrumente darauf angelegt sein, diesen Managementaufwand mit zu entlohnen. Dabei gilt graduell: Je stärker der gesetzte Anreiz ist, desto mehr Managementaufwand wird betrieben und desto effektiver wird der Einsatz leiser Wagen gesteuert.

Für viele EVU (und Wagenhalter) ist der Gedanke an eine Einsatzsteuerung einzelner Wagen neu und unangenehm. Oft werden die Güterwagen als eine Masse betrachtet, in die man an den Kunden- und Umschlagterminals hereingreift und dann einfach den Wagen nimmt, der gerade am leichtesten zur Hand ist. Doch auf die Dauer muss diese Herangehensweise einer intelligenten Einsatzsteuerung der Wagen weichen. Dies ist nötig, um das Lärminderungspotenzial leiser Wagen an den europäischen Brennpunkten der Lärmbelastung mit Hilfe von maßgeschneiderten Anreizsystemen nutzen zu können. Es ist auch nötig, um das wirtschaftliche Potenzial der Scheibenbremse nutzen zu können und um die wirtschaftlichen Potenziale weiterer, rein betriebswirtschaftlich motivierter Innovationen an den Hochleistungstrecken des Schienengüterverkehrs – also den zentraleuropäischen Korridoren - nutzen zu können.²²⁴ Ein Festhalten an den traditionellen, „blinden“ Produktionssystemen im SGV würde die seit langem zu beobachtende Innovationsunfähigkeit des Sektors zementieren.

²²³ Wie bereits erwähnt wurde, könnte das Problem der fehlenden Vorhaltung von Teilen auch bei der LL-Sohle auftreten und damit den Anreiz der regionalen Sortierung erleichtern (allerdings auch die Zusatzkosten der LL-Sohle erhöhen). Vermutlich wird dieser Effekt jedoch bei der LL-Sohle nicht ausreichend und nur vorübergehend sein.

²²⁴ Man denke an die automatische Mittelpufferkupplung mit Strom- und Datenkabelverbindungen, die elektropneumatische Scheibenbremse, moderne Drehgestelle und insbesondere die Kombination aller dieser Maßnahmen. Diese Technologien entfalten ihr Potenzial besonders auf den großen zentraleuropäischen Korridoren und in homogenen Zügen, bei denen solche Wagen im Verbund eingesetzt werden. Solange diese Techniken nicht allgemeiner Standard sind, verlangt dies Sortierfähigkeit beim Wageneinsatz.

Vielleicht bedarf es des Impulses, der von einer überzeugenden Politik der Lärminderung ausgehen könnte, um diese althergebrachten Produktionssysteme aufzubrechen und damit die Zukunftsfähigkeit des Schienengüterverkehrs erst wieder zu ermöglichen.

Der Managementaufwand einer Einsatzsteuerung wird ceteris paribus geringer ausfallen, wenn wenigstens in den Nachbarländern, mit denen ein hoher internationaler Güterzugverkehr besteht, eine koordinierte Politik verfolgt wird. Die Chancen, dass dies mit den Niederlanden, der Schweiz und Österreich gelingen kann, sind hoch und sollten genutzt werden. In Hinblick auf die wichtigen Nord-Süd-Korridore wäre es sehr wünschenswert, wenn auch (Nord-)Italien in eine solche Kooperation mit eingebunden werden könnte. Für die internationalen Korridore existieren seit Kurzem internationale Managementgremien; diese könnten eine koordinierte Politik der Lärminderung und technologischer Innovationen mittragen und aktiv vorantreiben.

11.3 Eignung der unterschiedlichen politischen Instrumente aus ökonomischer Sicht

Vor dem Hintergrund der im vorigen Abschnitt diskutierten Anforderungen an die politischen Instrumente zur Verwirklichung der politischen Ziele werden in diesem Abschnitt die verfügbaren politischen Instrumente aus ökonomischer (und teils bahnbetrieblicher) Sicht ausführlich besprochen. Juristische Beschränkungen werden dabei nur cursorisch angesprochen. Der Grund für diese Vorgehensweise besteht darin, dass eine mögliche Änderung der Rechtslage – auch des EU-Rechts – grundsätzlich zu den Handlungsoptionen zählt. Es ist also sinnvoll, die politischen Optionen zunächst unabhängig von speziellen rechtlichen Regelungen zu besprechen und nur solche allgemeinen Rechtsgrundsätze mit einzubeziehen, die als nicht änderbar erscheinen oder deren Änderung wir auch später nicht in Betracht ziehen möchten. In Kapitel 12 folgt dann eine ausführliche rechtliche Bewertung der politischen Instrumente.

Zunächst sei erneut an die drei politischen Ziele erinnert:

- A) Der Ersatz der GG-Sohlen am Wagenaltbestand
- B) Darüber hinausgehende technische Maßnahmen zur Lärmreduktion am Wagenbestand
- C) Durchsetzung der Scheibenbremse und lärmoptimierter Radbauformen als Standardausrüstung bei Wagenneubeschaffungen

Folgende politische Instrumente stehen zur Verfügung:

- a) Laufleistungsunabhängige finanzielle Anreize
 - 1. Pauschale staatliche Direktförderung der Umsetzung technischer Maßnahmen
- b) Laufleistungsabhängige finanzielle Anreize
 - 2. Lärmabhängiges Trassenpreissystem mit Boni für leise und Mali für laute Wagen oder Züge
 - 3. Wagenhalterbonus: Staatliche Boni für leise Wagen oder Züge²²⁵

²²⁵ Der Wagenhalterbonus ist eine nicht pauschale, sondern laufleistungsabhängige Form der Direktförderung. Beide Instrumente werden im Folgenden auch als „finanzielle Förderung“ (durch den Staat) bezeichnet. Ein laTPS setzt zwar

c) Ordnungsrechtliche Instrumente

4. Verbote: Vorgaben zum technischen Mindeststandard (Emissionsgrenzwerte) und damit Verbote technischer Lösungen, die diese Standards nicht einhalten, da sie mit zu hohen Lärmemissionen verbunden sind.
5. Räumlich / zeitlich definierte Betriebsbeschränkungen für laute Wagen, unterhalb des Verbots. Insbesondere Geschwindigkeitsbegrenzungen oder Nachtfahrverbote.
6. Lärmkontingente für das Infrastrukturunternehmen, die von diesem in unterschiedlicher Form als Anreizsetzung oder Vorgaben an die Eisenbahnverkehrsunternehmen und ggf. Wagenhalter weiter zu leiten sind.

Diese Instrumente werden im Folgenden ausführlich beschrieben und diskutiert. Ein relativer Vergleich der Instrumentengruppen a), b) und c) wird dabei noch weitgehend vermieden. Er wird in Kapitel 13 unter Berücksichtigung der rechtlichen Erwägungen aus Kapitel 12 vorgenommen.

11.3.1 Potenziale und Probleme einer pauschalen Direktförderung

Eine pauschale Direktförderung ist eine Zahlung des Staates zur (Teil-) Finanzierung bzw. Belohnung einer lärmreduzierenden technischen Maßnahme. Verschiedene Formen sind denkbar, doch gemeinsam ist allen, dass die Förderung *nicht laufleistungsabhängig*, sondern *maßnahmenabhängig* ist. Zum Beispiel wird sie auf den Nachweis einer Umrüstung durch eine Werkstatt hin gezahlt. Dieses Definitionsmerkmal stellt zugleich die wesentliche Schwäche der pauschalen Direktförderung dar.

Entlastung und Förderung der Eisenbahngüterverkehrsunternehmen (EVU)

Für die Branche – oder jedenfalls einen Teil von ihr – ist die pauschale Direktförderung das Mittel der Wahl. Eine vollständige Förderung würde sie von den Kosten der Lärmreduktion entlasten.

Problematisch an einer Direktförderung ist dabei allerdings die Durchbrechung des Verursacherprinzips, das einer vollständigen Kostenübernahme durch den Staat entgegensteht. Mit dem Verursacherprinzip ist auch die Anlastungsgerechtigkeit angesprochen: Jeder Sektor soll grundsätzlich die externen Kosten, die er erzeugt, selbst tragen.²²⁶

Andererseits verfolgen Staat und EU explizit das Ziel, den Schienenverkehr gegenüber dem Straßengüterverkehr zu fördern; das relativiert die Forderung nach Anlastungsgerechtigkeit. Da diese Förderabsicht bislang nur zu wenigen wirksamen Förderinstrumenten für die EVU führte (sondern im Wesentlichen auf die Infrastrukturförderung gemünzt ist), kann man die Direktförderung lärmmindernder Maßnahmen als eine *willkommene Gelegenheit* zur gezielten Förderung des Schienengüterverkehrs betrachten. Gerade diese Sichtweise ruft wiederum die Problematik staatlicher, wettbewerbsverzerrender Beihilfen auf den Plan, so dass eine gezielte Förderung stets im Rahmen beihilferechtlicher Be-

ebenso wie diese „finanzielle Anreize“, doch enthält es – wenn es aufkommensneutral ist – keine „finanzielle Förderung“ durch den Staat. Ordnungspolitische Instrumente setzen hingegen keine „finanziellen Anreize“ (und enthalten schon gar keine „finanzielle Förderung“), können aber durchaus auch „ökonomische Anreize“ setzen.

²²⁶ So vertritt auch das EU-Weißbuch zum Verkehr von 2011 das „user pays and polluter pays principle“

schränkungen bleiben muss. Die entlastende Wirkung einer Direktförderung würde für die Unternehmen des Schienengüterverkehrs sehr spürbar und willkommen sein, da diese sich gerade in einer besonders schwierigen wirtschaftlichen Phase befinden.

Probleme der Treffsicherheit

Das Instrument der pauschalen Direktförderung scheint zudem eine hohe Treffsicherheit zu haben und zwar in dem Sinne, dass die getätigten Aufwendungen sehr stark auf die Förderung des eigentlich beabsichtigten Zwecks, nämlich Umrüstung zur Lärminderung, fokussiert werden können. Es scheinen bei effizienter Gestaltung dieses Instruments nur geringe Transaktionskosten und praktisch keine Wirkungsbrüche und Mitnahmeeffekte anzufallen.

Der Eindruck der hohen Treffsicherheit hält jedoch einer genaueren Überprüfung nicht stand. Da eine pauschale Direktförderung nicht laufleistungsabhängig ist, hat sie die in Abschnitt 11.2.4 beschriebenen Nachteile. Ein weiteres Grundproblem der pauschalen Direktförderung ergibt sich aus dem europäischen Kontext. Aus beihilferechtlichen und allgemein wettbewerbspolitischen Erwägungen kann eine Direktförderung nicht auf nationale Wagen oder Unternehmen beschränkt werden. Das wäre ja auch nicht ausreichend, da in Deutschland viele Wagen aus dem Ausland verkehren und schon ein geringer Anteil lauter Wagen in einem Zug den ganzen Zug laut erscheinen lässt. Man müsste also wohl *allen* europäischen Wagenhaltern eine Investitionshilfe auf Kosten des deutschen Steuerzahlers anbieten. Dies könnte aber wiederum bedeuten, dass viele europäische Wagen, die nie oder kaum in Deutschland unterwegs sind, mit deutschem Steuergeld gefördert würden. Damit träten hohe Mitnahmeeffekte auf, die Treffsicherheit wäre gering. Dem deutschen Staat und Steuerzahler wäre das sicherlich zu teuer.²²⁷

Ein Sonderproblem liegt in der Gefahr, dass die Erwartung einer zukünftigen Direktförderung zu unerwünschtem Attentismus führen kann (Problem der Zeitinkonsistenz). Wenn Wagenhalter damit rechnen, dass zukünftig eine höhere Direktförderung gezahlt wird als gegenwärtig, gibt es einen Anreiz, die Durchführung einer lärmindernden Maßnahme zu verschieben. Die Politik kann und sollte dem entgegenwirken, indem sie möglichst glaubhaft ankündigt, dass entweder zukünftig keine großzügigeren Direktförderungen eingeführt werden oder dass, falls sie eingeführt werden, sie rückwirkend auch für Maßnahmen gelten, die vorher durchgeführt wurden. Das Problem bleibt aber, dass solche Ankündigungen nicht unbedingt glaubhaft sind. So gibt es im Nachhinein immer den Anreiz, rückwirkende Ansprüche zu begrenzen, um Geld zu sparen.

Hinsichtlich des Ziels A), der Ersetzung der GG- durch LL-Sohlen, sind alle oben bzw. in Abschnitt 11.2.4 genannten Probleme mangelnder Treffsicherheit einer pauschalen Direktförderung relevant, wenn es *nicht* zu einer einheitlichen europäischen Lösung kommt, sondern die GG-Sohle weiterhin erlaubt bleibt. Eine Direktförderung würde zur Folge haben, dass die mit Steuergeld umgerüsteten Wagen wegen ihrer höheren Betriebskosten (insb. höherer Radverschleiß durch die LL-Sohle) möglichst *wenig* eingesetzt werden, was den Sinn der Maßnahme konterkariert. Zudem setzt die Direktförderung keine Anreize, die leisen Wagen bevorzugt in Deutschland und an lärmbelasteten Streckenabschnitten einzusetzen.

²²⁷ Diese Problemlage führte letztlich zur Entwicklung der Wagenhalterboni, die in Abschnitt 0 dargestellt wurden.

In der Folge würde eine – aus beihilferechtlichen Gründen – europaweit angebotene Direktförderung besonders starke Verlusteffekte aufweisen, d.h. es würden viele Wagen gefördert werden, die nur wenig in Deutschland verkehren.

Anders stellt sich die Situation dar, wenn auf europäischer Ebene die Zurückdrängung der GG-Sohle sinnvoll ist und ein entsprechender Beschluss zustande kommt. Dann wäre eine EU-weite Direktförderung der Umrüstung aus EU-Mitteln deutlich treffsicherer. Die Bundesregierung strebt eine solche europaweite Lösung inkl. einer EU-weiten Direktförderung an. Es bleibt allerdings auch bei einer EU-weiten pauschalen Förderung – z.B. im Rahmen der CEF-Fazilitäten – das Problem, dass die umgerüsteten Wagen aufgrund ihrer höheren Betriebskosten möglichst wenig eingesetzt werden, solange sie erlaubt sind und keine anderen, die Betriebskosten kompensierenden Anreizsysteme in Kraft treten. Das gilt auch dann, wenn die pauschale Direktförderung damit gerechtfertigt wird, die höheren Betriebskosten zu kompensieren, dies jedoch in einer pauschalen Form getan wird.

Hinsichtlich des Ziels B), der Förderung weiterer lärmindernder Maßnahmen am Wagenbestand, ist eine einheitliche europäische Politik nicht absehbar. Eine Direktförderung würde es nicht leisten, die notwendigen Anreize für den Einsatz der Wagen in Deutschland und insbesondere an lärmbelasteten Streckenabschnitten zu setzen. In der Folge würde eine – aus beihilferechtlichen Gründen – europaweit angebotene Direktförderung besonders starke Verlusteffekte aufweisen, d.h. es würden viele Wagen gefördert werden, die nur wenig in Deutschland verkehren.

Allein **hinsichtlich des Ziels C), der Förderung der Scheibenbremse und lärmoptimierter Radbauformen bei Neuwagen**, wären die genannten Probleme der Direktförderung – sofern diese nicht zu stark ist – weitgehend irrelevant, weil die Scheibenbremse von sich aus die richtigen Einsatzanreize setzt (siehe Abschnitt 11.2.3). Eine Direktförderung könnte der Scheibenbremse auf den großen zentraleuropäischen Korridoren (welche die meisten lärmbelasteten Strecken umfassen) zum Durchbruch und zu einer weiteren Verbreitung helfen, als sie sonst erlangen würde. Das eigentliche Durchsetzungsproblem der Scheibenbremse – ihre hohen Anschaffungskosten – wird durch eine pauschale Direktförderung ideal adressiert.²²⁸

Eine Direktförderung der Scheibenbremse darf nur nicht so stark werden, dass die Scheibenbremse in der europäischen Fläche attraktiv wird, wo sie eigentlich fehlt am Platze ist.

Erst dann würde auch wieder das Problem auftreten, dass eine von Deutschland (oder besser: von den Ländern der zentraleuropäischen Korridore) finanzierte pauschale Direktförderung stärkere Verlusteffekte durch den Wageneinsatz in anderen Ländern nach sich ziehen würde. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass dieser Fehler einer zu starken Förderung nicht begangen wird.

Der Verband der Bahnindustrie (VDB) schlägt einen Innovationsbonus in Form einer pauschalen Direktzahlung in Höhe von 15.000 Euro für „sehr leise Wagen“ in Verbindung mit der Pflicht zur Verschrottung von lauten Altwagen vor.²²⁹ Dieses Instrument erscheint aus unserer Sicht durchaus sinn-

²²⁸ Allerdings kann man Scheibenbremsen ebenso gut auch durch laufleistungsabhängige Anreize fördern.

²²⁹ Vgl. VDB (2015). Die Idee erinnert an das konjunkturpolitische Instrument der Umweltprämie oder „Abwrackprämie“ für den Automobilmarkt, das unter dem Eindruck der einbrechenden Konjunktur 2009 vorübergehend eingeführt wurde. Der Neukauf eines Autos bei gleichzeitiger Verschrottung eines Altwagens wurde mit einer Prämie in Höhe

voll, um für einen Teil der Flotte einen drastischen Übergang von Altwagen mit GG-Sohle auf Neuwagen mit Scheibenbremse zu erreichen. Diese Förderung sollte jedoch an starke Anforderungen hinsichtlich der Lärminderung geknüpft sein, die (derzeit) ausschließlich von Wagen mit Scheibenbremse und Rädern mit geradem Steg erfüllt werden können.

Zusammengefasst:

- Eine Direktförderung kommt nur dann in Frage, wenn der Staat bereit ist, die Unternehmen des Schienengüterverkehrs gezielt zu fördern bzw. die Internalisierung externer Kosten finanziell zu kompensieren. Eine solche Entlastung kann grundsätzlich ökonomisch gerechtfertigt werden, da der Verkehrsträger Schiene ohnehin gefördert wird. Sie ist allerdings auch nicht zwingend.
- Für das Ziel C) der Förderung der Scheibenbremse scheint eine pauschale Direktförderung gut geeignet zu sein. Nicht jedoch für die Ziele A) und B), des Ersatzes der GG-Sohle (es sei denn, dieses Ziel wird europaweit verfolgt) bzw. der weiteren lärmindernden Maßnahmen am Wagenbestand.

Ein naheliegender Gedanke ist es, für die Ziele A) und B) eine pauschale Direktförderung mit laufleistungsabhängigen Instrumenten zu verknüpfen: Letztere sollen die nötigen laufleistungsabhängigen Anreize setzen, während die Direktförderung den Sektor entlasten (und zusätzliche Investitionsanreize setzen) soll. Eine solche Verknüpfung birgt jedoch das Problem, dass die Existenz und (nötige) Relevanz laufleistungsabhängiger Instrumente den potenziell wettbewerbsverzerrenden Charakter einer Direktförderung noch verschärfen kann.

Die Kombination erweckt den Verdacht, dass Hürden für ausländische Wettbewerber geschaffen werden sollen, von denen die inländischen Unternehmen durch Direktförderung entlastet werden. Dies könnte zu rechtlichen Problemen führen.

Oft wird für eine pauschale Direktförderung mit dem Argument geworben, sie sei im Vergleich zu anderen politischen Instrumenten administrativ sehr einfach zu handhaben und daher kostengünstig gestaltbar (ein weiterer Aspekt der Treffsicherheit). Dieser Vorteil gilt natürlich nicht mehr, wenn ein anderes, kostenintensiveres Instrument zur Direktförderung noch hinzukommen muss.

11.3.2 Potenziale und Probleme lärmabhängiger Trassenpreissysteme und laufleistungsabhängiger Boni

Der letzte Abschnitt zeigte, dass ein wesentlicher Nachteil einer pauschalen Direktförderung in ihrer Laufleistungsunabhängigkeit besteht. Wir wenden uns nun jenen laufleistungsabhängigen politischen Instrumenten zu, die ebenfalls mit finanziellen Anreizen operieren.²³⁰

Das **Trassenpreissystem (TPS)** dient eigentlich und ursprünglich der Finanzierung des Schienennetzunternehmens (DB Netz AG). Es wurde schon immer in laufleistungsabhängiger Form erhoben, also als Preis pro Zug-km oder Trassen-km. Ein lärmabhängiges Trassenpreissystem liegt vor, wenn die

von 2500 Euro staatlich gefördert.

²³⁰ Politische Instrumente, die *nicht* mit finanziellen Anreizen operieren, gehören dem Ordnungsrecht an und werden in Abschnitt 11.3.3 besprochen. Auch die ordnungsrechtlichen Instrumente können laufleistungsabhängig oder –unabhängig sein.

Höhe der Trassenpreise pro km von den Lärmemissionen der Züge abhängig ist. Ein laTPS ist damit automatisch laufleistungsabhängig. Der laTPS-Bonus für leise Züge²³¹ erscheint als Abschlag vom normalen Trassenpreis, der laTPS-Malus für laute Züge als Aufschlag auf diesen. Als „Spreizung“ des laTPS sei im Folgenden die Summe aus laTPS-Bonus und laTPS-Malus bezeichnet.

Ein staatliches **laufleistungsabhängiges Bonussystem** belohnt den Einsatz leiser Wagen durch eine Bonuszahlung des Staates (Subvention) pro gefahrener km. Ein Bonus kann grundsätzlich entweder an die EVU oder direkt an die Wagenhalter gezahlt werden. In der Schweiz und in Deutschland wird er derzeit an die Wagenhalter gezahlt.

Wird der staatliche Bonus an die Wagenhalter gezahlt, um eine Umrüstung zu refinanzieren, so handelt es sich faktisch um eine Form der Direktförderung, die jedoch, im Gegensatz zur *pauschalen* Direktförderung, laufleistungsabhängig gestaltet ist.

Wird der staatliche Bonus an die EVU gezahlt, so ist dies im Endergebnis äquivalent mit einer staatlichen Zahlung an das Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) mit der Maßgabe, dass das EIU die Trassenpreise für Züge mit leisen Wagen entsprechend senkt – im Ergebnis also wieder ein laTPS.

Grundsätzliche Eignung eines laTPS als preisliches und laufleistungsabhängiges Instrument mit geringen Transaktionskosten

In der Praxis wird bei einem lärmabhängigen Trassenpreissystem die Festsetzung der Boni und Mali nicht von einer aktuellen Messung der Lärmemission des Zuges abhängig gemacht. Vielmehr gilt ein Zug in dem Maße als „leise“, wie er aus Wagen (und ggf. einer Lokomotive) besteht, die zuvor aufgrund von Prüfstand- und Feldversuchen als „leise“ klassifiziert wurden. Damit knüpft das laTPS an andere, seit langem praktizierte Differenzierungsformen des Trassenpreissystems an, die ebenfalls nach vordefinierten Zugkategorien unterscheiden (z.B. nach Güter- versus Personenzügen, und diese nach weiteren Klassen differenziert).

Der Erhebungs- und Verwaltungsapparat für die Abwicklung eines ausdifferenzierten, laufleistungsabhängigen Trassenpreissystems ist für die Finanzierungsfunktion des TPS ohnehin notwendig und seit langem existent und erprobt. Daher besteht die Chance, ein laTPS so zu gestalten, dass nur geringe zusätzliche Transaktionskosten entstehen. Als neuartiges Element muss für das laTPS nur die Zusammensetzung der Züge nach den „Lärmklassen“ ihrer Wagen kommuniziert und irgendwie kontrolliert werden. Die relativ geringen zusätzlichen Transaktionskosten sind ein Aspekt der Treffsicherheit dieses Instruments.

Auch EU-rechtlich wurden der Einführung eines laTPS nie Steine in den Weg gelegt. Vielmehr wurde mit dem Recast des ersten Eisenbahnpakets die Einsetzbarkeit dieses Instruments im nationalen Rahmen explizit zugelassen, wenn nicht sogar empfohlen; vgl. Abschnitt 12.1.1.

Von daher verwundert es, dass vor der Einführung des laTPS in Deutschland sachlich verfehlte Vorbehalte grundsätzlicher Art gegenüber diesem Instrument geäußert wurden, die teilweise im Hintergrund immer noch vorhanden sind. So wird gesagt, man solle das der Finanzierung dienende Trassenpreissystem nicht für andere Zwecke „missbrauchen“ und es damit „unnötig komplex“ werden lassen.

²³¹ In diesem Kapitel wird das Begriffspaar „leise / laute Züge“ nicht im strikten Sinn der EU Durchführungsverordnung 2015 / 429, sondern in einem allgemeinen Sinn verwendet, der jeweils aus dem Kontext deutlich wird. Letzteres gilt auch für das Begriffspaar „leise / laute Wagen“.

Es ist weder nachvollziehbar, weshalb die Einbeziehung eines laTPS den davor schon bestehenden Komplexitätsgrad des TPS in besonders signifikanter Weise erhöht hätte – noch, dass der Komplexitätsgrad des TPS überhaupt besonders hoch sei und ein praktisches Problem darstelle.²³²

Auch das Argument, eine Umweltkomponente sei dem TPS „sachfremd“, entbehrt der Grundlage. Bei anderen Infrastrukturnutzungsgebühren ist es längst üblich, Umweltexternalitäten zu berücksichtigen. So variieren Luftlandegebühren auf Flughäfen mit den Lärmemissionsklassen der Flugzeuge. Bei der Festlegung der Lkw-Maut fordern EU Richtlinien z.B. die Differenzierung der Maut nach Emissionsklassen oder eine direkte Berücksichtigung externer Kosten. Die Bahnbranche unterstützt diese Forderung nachdrücklich. Die Berücksichtigung von Umweltexternalitäten in Nutzergebühren stellt zudem eine natürliche Erweiterung des Prinzips der adäquaten Kostenzuweisung dar, das der europäischen Rechtslage zugrunde liegt („user pays principle – polluter pays principle“).²³³ Dieses Prinzip wird auch im aktuellen deutschen Trassenpreissystem berücksichtigt, wenn z.B. die Trassenpreise von Güterzügen nach Zuggewicht differenziert werden. Daher sollte es nicht allzu ungewöhnlich erscheinen, wenn mit der Einführung des laTPS auch externe Kosten von Zügen im Trassenpreissystem berücksichtigt werden.

Notwendigkeit staatlicher Vorgaben zum laTPS

Trassenpreise werden bisher nicht von der Politik festgesetzt, sondern von der DB Netz AG - im Rahmen regulatorischer Regeln. Das aktuelle laTPS beruht auf einer Eckpunktevereinbarung zwischen Bund und DB AG. Bei derzeitiger Rechtslage wird der Einsatz des laTPS als politisches Instrument dadurch verkompliziert, dass stets eine Verhandlungsrunde mit der DB Netz einzuplanen ist – die nicht ohne Auswirkungen auf das Ergebnis und seine zeitliche Umsetzung sein wird.

Um Zeitverluste und mögliche Verzerrungen im Rahmen der erforderlichen Abstimmung mit der DB Netz AG, der Bundesnetzagentur und dem Sektor zu vermeiden, sollte eine Gesetzesänderung zur Umsetzung eines politisch verordneten laTPS erwogen werden. Dies scheint aus übergeordneter rechtlicher Perspektive möglich.

²³² Die komplexeste Komponente des TPS ist jedenfalls nicht dessen lärmabhängige Komponente, sondern die sog. leistungsabhängige Komponente, die Anreize für einen störungsfreien Betrieb setzen soll.

²³³ Vgl. EU Kommission (2011b).

Zur Erlösneutralität eines laTPS

Die EU-Richtlinie 2012/34/EU Art. 31 Abs. 5 besagt: „Eine Anlastung umweltbezogener Kosten, die eine Erhöhung der Gesamterlöse des Infrastrukturbetreibers mit sich bringt, ist jedoch nur dann zulässig, wenn auch im Straßengüterverkehr in Einklang mit dem Unionsrecht eine solche Anlastung erfolgt.“ Das Netzunternehmen darf daher keinen Gewinn aus einem laTPS ziehen. Bei dieser Vorschrift handelt es sich um eine (ungewöhnliche) Vorgabe zur Sicherstellung der „modalen Gerechtigkeit“, denn es soll vermieden werden, dass dem Schienenverkehr externe Kosten angelastet werden, die nicht auch dem Straßenverkehr angelastet werden.

Die deutsche Eisenbahninfrastruktur-Benutzungsverordnung (EIBV) § 21 Abs. 2 geht noch einen Schritt weiter und verlangt die Erlösneutralität eines laTPS, so dass das Netzunternehmen weder Gewinn noch Verlust aus dem laTPS ziehen darf.²³⁴

Erlösneutralität bedeutet, dass die Gesamteinnahmen des Netzunternehmens aus den laTPS-Mali seinen Gesamtausgaben für die laTPS-Boni in etwa entsprechen. Leichte zufällige Divergenzen von der Erlösneutralität sind sicherlich unproblematisch, wenn sie keine signifikante und systematische Benachteiligung des SGV gegenüber dem Straßengüterverkehr darstellen.

Die Erlösneutralität eines laTPS kann theoretisch und praktisch sehr leicht und transparent sichergestellt werden. Wenn in einem Jahr eine Abweichung von der Erlösneutralität auftritt, so kann am Jahreswechsel - wenn sowieso die reguläre Neubestimmung aller Trassenpreise ansteht - eine Adjustierung vorgenommen werden. Wenn also zum Beispiel ein Überschuss auftritt, werden im kommenden Jahr die Boni etwas erhöht und / oder die Mali etwas abgesenkt.

Diese Adjustierung ist stets so möglich, dass für ein gegebenes Mengengerüst aus leisen und lauten Wagen und bei *gegebener* Spreizung des laTPS der Ausgleich erreicht wird.²³⁵

Diese Aussage gilt auch dann, wenn Boni und Mali auf unterschiedlich definierte Mengengerüste bezogen werden; also zum Beispiel, wenn die Boni pro leisem Wagen gezahlt werden, während die Mali pro „lautem Zug“, welcher weniger als X Prozent leise Wagen mitführt, eingenommen werden.

Als erwartetes Mengengerüst wird man das bekannte Mengengerüst des gerade ablaufenden Jahres benutzen, ggf. korrigiert um eine geschätzte Änderung für das kommende Jahr.

Im Laufe der Zeit wird nämlich der Anteil der leisen Wagen zunehmen und dies muss zur Folge haben, dass die Boni sinken, die Mali steigen. Dieser Trend sollte antizipiert werden, um systematische Abweichungen von der Erlösneutralität zu vermeiden.

Trendschätzung und die übrigen einfachen Rechnungen können für jeden nachvollziehbar auf Internetseiten dokumentiert werden, außerdem wird die Bundesnetzagentur mit eingebunden sein.

²³⁴ EIBV § 21 Abs. 2: „Die Höhe des Gesamterlöses des Betreibers der Schienenwege darf [...] nicht verändert werden.“ Im Gegensatz zur Richtlinie ist dies nicht mehr an Regelungen für den Straßenverkehr geknüpft. Allerdings kann die EIBV relativ leicht auf nationaler Ebene geändert werden.

²³⁵ Würde der laTPS-Bonus auf Null gesetzt, so gäbe es bei gegebener Spreizung nur den laTPS-Malus, so dass das EIU einen Überschuss realisierte. Würde umgekehrt bei gegebener Spreizung der laTPS-Malus auf Null gesetzt, so würde das EIU ein Defizit realisieren. Also existiert dazwischen eine Kombination aus positivem laTPS-Bonus und positivem laTPS-Malus, die erlösneutral ist. Ihre exakte Position hängt vom Mengengerüst ab.

Leichte, nicht-systematische Divergenzen von der Erlösneutralität, die jedes Jahr auftreten werden, sind unproblematisch.

In ähnlicher Weise kann vorgegangen werden, wenn – im Sinne der EU-Richtlinie (und nach Änderung der deutschen Rechtslage) - das Netzunternehmen aus dem laTPS ein Defizit bestimmter Höhe realisieren soll. Auch dies ließe sich anhand des Mengengerüsts prognostizieren und zielgenau umsetzen.

Dies wäre von Interesse, wenn der Staat laufleistungsabhängige Boni für leise Züge an die EVU (nicht die Wagenhalter) bereitstellt und dies in der Form gestaltet, dass er die Boni an das EIU zahlt und mit diesen eine Reduzierung der Trassenpreise für leise Züge vereinbart. In diesem Fall müsste sichergestellt werden, dass das EIU aus dem laTPS ein Defizit realisiert, welches gerade den für diesen Zweck vorgesehenen staatlichen Zahlungen entspricht. Die praktische Vorgehensweise wäre wiederum die gleiche.

Hierzu äquivalent wäre auch folgende Vorgehensweise: Der Staat gibt dem Netzunternehmen die Subvention mit der Vereinbarung oder Vorgabe (die mit der Bundesnetzagentur abzustimmen wäre), dass die *normalen* Trassenpreise für den SGV entsprechend zu mindern sind. Diese werden sodann um ein erlösneutrales laTPS ergänzt.

Strecken- und zeitbezogene Ausdifferenzierung eines laTPS

Ein lärmabhängiges Trassenpreissystem kann problemlos so ausgestaltet werden, dass ein Anreiz gesetzt wird, leise Züge insbesondere an lärmbelasteten Strecken(-Abschnitten) und zu lärmsensiblen Zeiträumen einzusetzen. Dazu werden für diese Trassen – im Vergleich zu anderen Trassen - höhere laTPS-Boni für leise und höhere laTPS-Mali für laute Züge angesetzt. Für Trassen, bei denen Lärmbelastung gar keine Rolle spielt, könnten laTPS-Boni und -Mali auf Null gesetzt werden.

Aufgrund der dadurch induzierten Sortiereffekte könnte dies sogar zu einer raschen Verbesserung der Situation an lärmbelasteten Strecken führen. Daher ist eine solche streckenbezogene Differenzierung dringend anzuraten. Sie kann immer so gestaltet werden, dass die Erlösneutralität des Gesamtsystems gewahrt bleibt. In der folgenden Darstellung wird eine trassenbezogene Differenzierung allerdings nicht wieder angesprochen; am einfacheren Beispiel eines *einheitlichen* laTPS pro Wagen- bzw. Achskm sollen andere Eigenschaften diskutiert werden.

Es sei allerdings angemerkt, dass trassenspezifische Elemente eines laTPS hinsichtlich der Trassenpreisgestaltung ein Novum darstellen würden. Bisher werden die normalen Trassenpreise nicht nach einzelnen Strecken bzw. Zeiten differenziert. Dies stellt aber eine Kuriosität des normalen Trassenpreissystems dar, die sicherlich auch nicht ewig Bestand haben wird. Jedenfalls ist es organisatorisch kein Problem, Trassenpreise nicht nur nach Streckenkategorien und Zuggattungen, sondern auch nach einzelnen Strecken und Zeitintervallen zu differenzieren. Es würde die Transaktionskosten des Systems nicht und seine Übersichtlichkeit nur unwesentlich beeinflussen.

Zum Neutralitätseffekt eines laTPS im Fall der DB

Im Fall der DB ist zur Kenntnis zu nehmen, dass Trassenzahlungen von DB Cargo zugleich Einnahmen von DB Netz sind; sie sind daher innerhalb des Konzerns neutral. Dies gilt auch für das laTPS, so dass dessen Anreizwirkung gerade beim größten Akteur, der DB, fraglich ist. Nur ein staatlich finanzierter Anteil der Boni (egal ob laTPS-Boni oder Wagenhalterboni) würde bei der DB vollständig wirken.

Allerdings sprechen auch Argumente gegen eine *völlige* Neutralität des laTPS bei der DB Netz: Wenn DB Cargo keine leisen Züge einsetzt, Wettbewerber im SGV aber doch, dann werden die Trassenpreise

für die Wettbewerber sinken (Erhalt von laTPS-Boni und ggf. Befreiung von laTPS-Mali). Ihre Wettbewerbsposition gegenüber DB Cargo - und gegenüber dem Lkw - verbessert sich also zunächst. Der Spielraum für DB Netz, die normalen Trassenpreise im Güterverkehr kompensierend anzuheben, um die Wettbewerber zu treffen (während die Trassenpreise im DB Konzern weiterhin neutral sind) ist politisch und regulatorisch nicht unbeschränkt. Außerdem würde solch eine Kompensation eine Gewinnverschiebung innerhalb des Konzerns von DB Cargo zu DB Netz implizieren, die gegebenenfalls DB-intern zu Konflikten führen könnte.

Gerade im Fall der DB ist jedoch auch zu berücksichtigen, dass die DB, die in permanenten Verhandlungen mit dem Bund steht und von Zuwendungen des Bundes vollständig abhängig ist, über diesen Kanal separat politisch unter Druck gesetzt werden kann, im Güterverkehr lärmmindernde Maßnahmen durchzuführen. Dabei könnte ein laTPS-Saldo von DB Cargo zukünftig auch als Messlatte benutzt werden:

Die DB könnte in einem bilateralen Abkommen mit ihrem Geldgeber (z.B. im Rahmen der Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung, LuFV) verpflichtet werden, ein laTPS-Defizit von DB Cargo stets unterhalb einer kritischen Grenze zu halten.

Insgesamt entsteht daher der Eindruck, dass die Wirksamkeit des laTPS innerhalb des integrierten Konzerns wohl etwas abgeschwächt sein mag, aber sicherlich nicht bis hin zur völligen Neutralität.

Treffsicherheit und Anreizstärke von laTPS und Wagenhalterboni

Im Folgenden werden die ökonomischen Potenziale und Probleme von laTPS und staatlichen Wagenhalterboni gemeinsam und vergleichend diskutiert.²³⁶ Im Vordergrund steht dabei – wie zuvor schon bei der Diskussion der pauschalen Direktförderung - das Kriterium der **Treffsicherheit** in seinen drei Aspekten:²³⁷

- Transaktionskosten – dies sind Zusatzkosten, die bei verschiedenen Akteuren für den Aufbau und die Handhabung des Instrumentes selbst anfallen.
- Mitnahmeeffekte – dies sind Inanspruchnahmen staatlicher Förderung durch Akteure, die gar keine Lärmminderungsmaßnahme vornehmen. Möglicherweise können hierunter auch unerwünschte, signifikante Umverteilungseffekte innerhalb der Branche verstanden werden.
- Wirkungsbrüche – dies sind Verluste der ursprünglichen Anreizstärke eines politischen Instruments, die auftreten können, wenn das Instrument bei einem Akteur ansetzt, der nicht identisch mit demjenigen ist, der eine lärmrelevante Entscheidung zu treffen hat. Je mehr Akteure zwischen diesen beiden stehen, desto höhere Wirkungsbrüche sind zu vermuten.

Zudem soll in diesem Kontext auch auf die **Anreizstärke** der beiden Instrumente sowie auf mögliche Grenzen der Spreizung eines laTPS eingegangen werden.

²³⁶ Es wurde bereits erwähnt, dass staatliche EVU-Boni weitgehend äquivalent zu einem laTPS sind. Sie brauchen also im Folgenden nicht separat angesprochen zu werden. Der schon beschriebene Effekt der – teilweisen - Neutralität des laTPS innerhalb der DB wird nicht mehr berücksichtigt.

²³⁷ Siehe zu allen drei Aspekten auch die Transaktionskosten-Studie KCW (2011b).

- 1. Wirkungsbrüche bei laTPS und Wagenhalterboni:** Das laTPS setzt bei den EVU an, da Trassenpreise von diesen gezahlt werden. Hingegen setzen Wagenhalterboni bei den Wagenhaltern an, die nicht immer mit den EVU identisch sind.

Die Wagenhalter entscheiden über alle Ausstattungs- und Umrüstungsmaßnahmen; dies betrifft den Ersatz von GG- durch LL-Sohlen, den Einsatz weiterer lärmmindernder Maßnahmen am Wagenbestand und die Ausstattung von Neuwagen mit Scheibenbremsen und neuartigen Radbauformen. Zudem tragen in der Regel die Wagenhalter die Kosten des Radverschleißes, welche bei K- und LL-Sohlen höher sind als bei GG-Sohlen und bei Scheibenbremsen. Um lärmmindernde Ausstattungs- und Umrüstungsmaßnahmen zu incentivieren, muss ein ökonomisches Instrument daher die Wagenhalter erreichen.

Hingegen entscheiden die EVU über den *Einsatz* von Wagen. Auch wenn es viele Wagen gibt, die den EVU einfach von Kunden oder von anderen EVU zum Transport überlassen werden, sind die EVU doch diejenigen Akteure, die den stärksten Einfluss auf Wagenauswahl und -einsatz haben. Um zu incentivieren, dass leise Wagen überhaupt und insbesondere in Deutschland eingesetzt werden, muss ein ökonomisches Instrument die EVU erreichen.

Ein schwach ausgelegtes laTPS (also mit geringer Bonus-Malus-Spreizung) ohne ergänzende Wagenhalterboni läuft Gefahr, bei Wagenverleihern nicht ausreichend stark anzukommen, um die Umrüst- / Ausstattungskosten sowie ggf. Verschleißkosten am Rad zu kompensieren. Selbst wenn wagenleihende EVU solche Wagen gern einsetzen würden, um den laTPS-Bonus zu erhalten, ständen solche Wagen am Markt kaum zur Verfügung. Die **These des Wirkungsbruchs** besagt, dass der Mietpreis nicht ausreichend reagieren wird, um dies zu korrigieren. Genauer ausgedrückt, besagt sie: Wenn die laTPS-Spreizung gerade so groß ist, dass ein EVU den Anreiz hat, eine lärmmindernde Maßnahme an seinen *eigenen* Wagen vorzunehmen,²³⁸ dann setzen noch keine ausreichenden Mietpreissteigerungen für leise Wagen ein, dass auch vermietende Wagenhalter diesen Anreiz haben.

Andererseits existiert aber stets eine hinreichend starke Bonus-Malus-Spreizung, bei der der Mietpreis ausreichend stark reagiert, so dass auch vermietende Wagenhalter ausreichende Anreize zur Ausführung der anvisierten technischen Maßnahme haben werden.

Nun sei der umgekehrte Fall betrachtet: es würden ausschließlich Wagenhalterboni eingesetzt, kein laTPS. Dann werden zwar die Wagenhalter direkt angesprochen, doch fehlen Anreize für die EVU, die leisen Wagen auch einzusetzen.

Das ändert sich auch nicht, wenn die Wagenhalterboni erhöht werden. Wagenhalterboni allein sind daher nicht ausreichend.

Eine geeignet gewählte Kombination aus laTPS und Wagenhalterboni kann natürlich alles erreichen, was ein laTPS alleine auch erreichen kann. Die notwendige Spreizung des laTPS ist geringer, wenn zusätzlich Wagenhalterboni zur Verfügung gestellt werden. Hierin kann man einen Vorteil

²³⁸ Um bei einem EVU, das eigene Wagen einsetzt, ausreichende Anreize zu setzen, muss das laTPS alle Zusatzkosten der technischen Maßnahme über den Lebenszyklus des Wagens kompensieren.

der Mischung beider Elemente sehen, auch wenn dieser Vorteil gar nicht leicht begründbar ist, wie der folgende Punkt zeigt.²³⁹

2. **Weite Grenzen der Spreizung eines laTPS:** Ein erlösneutrales laTPS belastet die Branche insgesamt nicht. Es führt im ersten Schritt zu finanziellen Umverteilungen von EVU mit lauten Zügen zu EVU mit leisen Zügen. Jedoch kann jedes EVU seine Belastung aus laTPS-Mali reduzieren, indem es mit leiseren Zügen fährt. Die bei solchen lärm mindernden Anpassungen anfallenden Kosten treffen die Branche allerdings (sofern sie nicht durch eine pauschale Direktförderung oder staatliche Boni erstattet werden), aber dies zu bewirken ist ja der politische Zweck des laTPS. Die Kosten der lärm mindernden Anpassung stellen also stets die Obergrenze der finanziellen Belastung eines EVU durch ein laTPS dar.

Daher stellt sich die Frage, welche Grenzen es für die Spreizung (Summe aus Boni und Mali) eines laTPS eigentlich gibt. Aus ökonomischen und allgemeinen rechtlichen Grundsätzen sollte die Spreizung nicht so weit gehen, dass Züge nach Erhalt der Boni weniger zahlen als die Grenzkosten, die beim EIU unmittelbar aufgrund des Zugbetriebs anfallen.²⁴⁰ Dies entspricht dem Trassenpreisgrundsatz des Artikel 31, Abs. 3, der Richtlinie 2012/34/EU. Da im deutschen Trassenpreissystem beträchtliche Aufschläge auf die Grenzkosten genommen werden, ist diese Untergrenze weit entfernt vom normalen Trassenpreis. Sie erlaubt also eine starke Spreizung.

Zu einer möglichen Obergrenze für die Spreizung bzw. für den höchsten Trassenpreis kann man verschiedene Überlegungen anstellen. Aus wohlfahrtsökonomischer Sicht sollte der Trassenpreis *inklusive der Mali* die Summe aller sozialen Grenzkosten nicht übersteigen. Hierzu wären also die Grenzkosten des EIU, die unmittelbar aufgrund des Zugbetriebs anfallen, und die externen Grenzkosten der Lärmbelastung zu addieren. Im Fall einer Lärmbelastung sind allerdings die Grenzkosten fallend (während sie bei vielen anderen Umweltbelastungen zunehmend sind). In der Konsequenz sollten daher nicht die Grenzkosten, sondern die Durchschnittskosten der Lärmbelastung ersetzt werden.²⁴¹ Dementsprechend sollte der Trassenpreis *inklusive der Mali* die Summe aus den Grenzkosten des EIU, die unmittelbar aufgrund des Zugbetriebs anfallen, und den externen Durchschnittskosten der Lärmbelastung nicht übersteigen. Aufgrund der beträchtlichen Aufschläge, die im deutschen Trassenpreissystem auf die Grenzkosten des EIU genommen werden, kann es sein, dass diese Obergrenze nicht sehr hoch relativ zu den normalen Trassenpreisen liegt. Die Spreizung wäre dann eng begrenzt.

²³⁹ Wagenhalterboni beinhalten zudem eine staatliche Förderung des SGV – zur Wünschbarkeit einer solchen Förderung siehe die Überlegungen zur pauschalen Direktförderung in Abschnitt 11.3.1. Aber wiederum sei betont, dass auch ein laTPS eine staatliche Förderung derselben Höhe beinhalten kann. Hierzu würde der Staat das EIU gezielt subventionieren und in gleicher Höhe würde das laTPS für das EIU ein Defizit generieren, d.h. das EIU würde in der Summe mehr laTPS-Boni auszahlen als es laTPS-Mali einnimmt.

²⁴⁰ Das bedeutet insbesondere, dass der Trassenpreis auch nach Abzug der Boni stets positiv sein muss. Andernfalls könnte der Fehlanreiz entstehen, (leere) leise Wagen auf der Infrastruktur zu bewegen, nur um laTPS-Boni zu kassieren.

²⁴¹ In der Wohlfahrtsökonomie wird das sonst gültige Grenzkostenprinzip unter der Annahme *zunehmender* Grenzkosten hergeleitet, die im Fall des Lärms nicht zutrifft.

In der Politik und in allgemeinen Rechtsgrundsätzen weicht man allerdings von der genannten wohlfahrtsökonomischen Maxime dahingehend ab, dass der Malus die externen Durchschnittskosten des Lärms nicht überschreiten sollte (anstatt dass die *Summe* aus normalem Trassenpreis und Lärm-Malus mit der *Summe* der Grenz- bzw. Durchschnittskosten zu vergleichen wäre). Diese Obergrenze für den laTPS-Malus eröffnet einen deutlich größeren Spielraum.

In beiden Fällen ist es allerdings sehr schwierig, die jeweilige Obergrenze zu bestimmen, da die externen Durchschnittskosten des Eisenbahnlärms schwer zu quantifizieren sind.²⁴²

Ohnehin stellt sich die Frage, ob diese Kriterien wirklich die relevanten Obergrenzen beschreiben sollen, wenn der Markt durch Wirkungsbrüche, wie unter Punkt 1 geschildert, charakterisiert ist. Die Grenzkostenregel der Wohlfahrtsökonomie basiert auf einem ökonomischen Modell ohne Wirkungsbrüche und Transaktionskosten.

In einer Welt mit Wirkungsbrüchen und Transaktionskosten ist es möglich, folgende wohlfahrtsökonomische Regel zu formulieren:

Wenn die Kosten einer lärmindernden Maßnahme oder Anpassung unter den externen Kosten des Lärms liegen, dann sollte die Spreizung eines erlösneutralen laTPS soweit verstärkt werden, bis alle Wirkungsbrüche und Transaktionskosten überwunden sind und die Anreize des laTPS wirken. Die entscheidende allokative Frage ist die nach der Durchführung der Maßnahme. Demgegenüber sind Umverteilungseffekte zwischen Unternehmen wohlfahrtsökonomisch zweitrangig. Zudem ist, wie schon gesagt, jedes EVU grundsätzlich in der Lage, hohe Belastungen aus dem laTPS abzuwehren, indem es leise Züge betreibt; diese Tatsache wirkt sozusagen wie eine eingebaute Härtefallregelung.

Folgt man dieser Überlegung, gibt es kaum eine relevante Obergrenze für die Spreizung des laTPS. Jedoch sollte man immer einen Blick auf die von einem laTPS induzierten Umverteilungseffekte werfen und allzu große Verwerfungen zwischen verschiedenen EVU oder zwischen diesen und anderen Akteuren vermeiden – wobei es allerdings kein klares Kriterium für „allzu große Verwerfungen“ gibt. Von Vorteil wäre es sicherlich, wenn nicht nur die Kosten der angestrebten Verhaltensänderung, sondern auch die Spreizung des laTPS selbst noch unterhalb der externen Durchschnittskosten des Lärms lägen.

- 3. Transaktionskosten von laTPS und Wagenhalterboni:** Derzeit argumentieren die Wagenvermieter, dass der administrative Aufwand zur Beantragung der Wagenhalterboni in keinem guten Verhältnis zur Höhe dieser Boni stehe. Zudem ergeben sich Probleme mit der europäischen Einsatzperspektive der Wagenverleiher: Der Einsatz eines Wagens in anderen europäischen Ländern würde in einigen Fällen eine Rück-Umrüstung auf die GG-Sohle erfordern, um die Verschleißkosten zu reduzieren und um ggf. auftretende Inkompatibilitätsprobleme (keine Vorhaltung von LL-Sohlen in den Instandhaltungswerken dieser Länder) zu vermeiden. Eine Rück-Umrüstung auf GG-Sohlen könnte aber rechtliche Probleme aufwerfen, wenn für den Wagen zuvor staatliche Boni für die Umrüstung auf LL-Sohle in Anspruch genommen wurden.²⁴³ Daher verzichten Wagenverleiher derzeit auf die Beantragung von Wagenhalterboni, selbst wenn sie Wagen umrüsten (was

²⁴² Konzeptionelle Überlegungen und empirische Hinweise dazu finden sich in Jäcker-Cüppers / Weinandy (2011).

²⁴³ Dasselbe Problem würde übrigens im Fall einer pauschalen Direktförderung der Umrüstung auftreten.

sie nur in sehr geringem Umfang tun).²⁴⁴ Dies alles sind Aspekte von Transaktionskosten, also von verminderter Treffsicherheit der Wagenhalterboni. Demgegenüber sei wiederholt, dass ein laTPS nur geringe zusätzliche Transaktionskosten generiert.

4. **Unzureichende Anreize aufgrund zu starker Fragmentierung der Anreizelemente:** Das in Deutschland geltende Anreizsystem ist durch eine Aufspaltung der ohnehin schwachen Anreize auf zwei Komponenten charakterisiert, die unterschiedliche Akteure adressieren (EVU und Wagenhalter). Dies könnte dazu führen, dass beide Komponenten unterhalb der Wahrnehmungs- oder Handlungsschwelle der jeweiligen Akteure verbleiben.
5. **Verminderte laufleistungsabhängige Anreize aufgrund von Kappungsgrenzen und begrenzten Geltungsdauern von laTPS und Wagenhalterboni:** Beim derzeit in Deutschland geltenden Anreizsystem unterliegen sowohl die staatlichen Wagenhalterboni als auch die laTPS-Boni einer Kappungsgrenze: Ein umgerüsteter Wagen kann über alle Jahre, in denen das Anreizsystem überhaupt gilt, kumulativ nur maximal so viele Bonuszahlungen erhalten wie von den Kappungsgrenzen vorgegeben ist. Die beiden gleich hohen Kappungsgrenzen wurden so gewählt, dass die beiden kumulierten Zahlungen in ihrer Gesamthöhe die Umrüstkosten von GG- auf LL-Sohlen decken. Die erhöhten Kosten des Radverschleißes werden also im deutschen Anreizsystem nicht berücksichtigt, was eines seiner Hauptprobleme ist.

Der Sinn einer Kappungsgrenze besteht darin, Vorgaben des Beihilferechts einzuhalten und Mitnahmeeffekte zu beschränken (ein Aspekt der Treffsicherheit). Hinsichtlich staatlicher Wagenhalterboni sind diese Motive auch ökonomisch nachvollziehbar, da Steuergelder sparsam und nicht wettbewerbsverzerrend einzusetzen sind. Hinsichtlich eines erlösneutralen laTPS gilt dies jedoch nicht; vgl. auch die Darstellung zu Transaktionskosten von laTPS und Wagenhalterboni.

Grundsätzlich bedeutet eine Kappungsgrenze jedoch, dass der laufleistungsabhängige Charakter des laTPS und der Wagenhalterboni irgendwann endet. Dies ist ein grundlegender Nachteil, wenn es zeitlich unbegrenzte laufleistungsabhängige Kostennachteile einer lärmindernden Maßnahme gibt (wie die erhöhten Kosten des Radverschleißes bei der LL-Sohle) oder wenn die Entscheidung über den *Einsatz* von Wagen dauerhaft beeinflusst werden sollte. Den gleichen Nachteil hat eine *zeitliche* Begrenzung des Anreizsystems.

Die derzeitigen Regelungen sehen vor, dass das Anreizsystem aus laTPS und Wagenhalterboni Ende 2020 endet. Danach würde es keinen Anreiz zur Umrüstung oder zum Einsatz leiser Wagen mehr geben.²⁴⁵

²⁴⁴ Nach Aussagen von Wagenhaltern aus dem Jahre 2014.

²⁴⁵ Die Auslaufregelung wurde in der Überzeugung getroffen, dass bis 2021 praktisch alle in Deutschland eingesetzten Wagen auf LL-Sohle umgerüstet sind und ein EU-weites Verbot der GG-Sohle gilt. Unter diesen Bedingungen wäre ein Auslaufen des Anreizsystems natürlich unproblematisch hinsichtlich des Ziels A), Ersatz der GG-Sohle. Ein EU-weites Verbot der GG-Sohle ist aber keineswegs sicher. Solange sie nicht verboten ist, sollte auch das laTPS verlängert werden. Zudem könnte das laTPS auch für die anderen politischen Ziele der Lärminderung, B) und C), dauerhaft von Nutzen sein.

- 6. Verminderte Anreize des laTPS aufgrund hoher Anforderungen an „leise Züge“:** Im deutschen laTPS werden die EVU-Boni proportional zur Anzahl der auf Verbundstoffsohlen umgerüsteten Wagen eines Zuges gezahlt, doch der Malus für laute Züge ist nicht proportional zur Zahl der lauten Wagen eines Zuges. Vielmehr wird nur ein Zug mit mindestens 90% leisen (die TSI-Noise einhaltenden) Wagen von der Zahlung des laTPS-Malus befreit. Die Intention dieser Regelung ist klar: Da schon wenige laute Wagen dafür sorgen, dass ein Zug als laut wahrgenommen wird, soll ein Anreiz gesetzt werden, *reine* leise Züge zu bilden.

Der entscheidende Nachteil dieser Regelung ist jedoch, dass damit der Anreiz zur Umrüstung / Ausstattung und ggf. auch zum Einsatz leiser Wagen in der Regel deutlich geringer ausfallen wird als bei proportionaler Befreiung vom Malus. Wenn für ein EVU keine Aussicht besteht, bei einem Zug die 90%-Hürde zu schaffen, dann geht von der Malus-Befreiung kein handlungsrelevanter Anreiz aus. Sollte die 90%-Hürde einmal genommen worden sein, dann wird ein EVU für den Einsatz eines *weiteren* leisen Wagens auch nicht mehr durch den weiteren Wegfall von Mali belohnt. Da derzeit und auf längere Zeit die Anzahl leiser Wagen relativ klein ist und daher die Themen der Umrüstung / Ausstattung und auch des Einsatzes leiser Wagen im Vordergrund stehen werden, wäre es wohl besser, die Befreiung vom laTPS-Malus proportional zur Anzahl der mitgeführten leisen Wagen zu gestalten. Die exakte Anzahl der von einem Zug mitgeführten leisen Wagen für die Feststellung der Boni muss ohnehin ermittelt werden.

Empfehlungen zur Gestaltung von laTPS und Wagenhalterboni aus ökonomischer Sicht

Aus den bisherigen Betrachtungen sollen nun einige Gestaltungsempfehlungen zu laTPS und Wagenhalterboni aus ökonomischer Sicht gezogen werden hinsichtlich der drei Zielstellungen:

- A) Der Ersatz der GG-Sohlen am Wagenaltbestand
- B) Darüber hinausgehende technische Maßnahmen zur Lärmreduktion am Wagenbestand
- C) Durchsetzung der Scheibenbremse und lärmoptimierter Radbauformen als Standardausrüstung bei Wagenneubeschaffungen

Konkrete rechtliche Beschränkungen werden dabei weiterhin nicht berücksichtigt, da die politische Option besteht, konkrete Rechtsvorschriften zu ändern - ggf. auch im EU-Kontext.²⁴⁶

zu A) *laTPS und Wagenhalterboni mit dem Ziel der Ersetzung von GG- durch LL-Sohlen am Altwagenbestand*

Das derzeitige deutsche Anreizsystem aus laTPS und Wagenhalterboni, das auf die Ersetzung von GG- durch LL-Sohlen zielt, ist stark ausdifferenziert und fragmentiert, aber zugleich mit nur schwachen Anreizen ausgestattet, insbesondere ist die wirksame Spreizung des laTPS sehr gering. Dadurch hat sich bei diesem System ein problematisches Verhältnis aus hohen Transaktionskosten und ungenügenden Anreizeffekten ergeben.

Die wichtigste Empfehlung lautet daher, das Anreizsystem so zu stärken, dass die Anreize zur Umrüstung auf LL-Sohle und zum *Einsatz* dieser umgerüsteten Wagen ausreichend stark werden. Dazu bedarf es nach unserer Auffassung folgender Änderungen des bisherigen laTPS:

²⁴⁶ In Kapitel 13 werden Empfehlungen unter Berücksichtigung aller möglichen politischen Instrumente und des rechtlichen Rahmens ausgearbeitet.

1. **Die Befreiung von laTPS-Mali sollte proportional zur Zahl der leisen Wagen erfolgen.** Die derzeitige Praxis, dass ein Zug nur dann vom EVU-Malus befreit wird, wenn er 90% oder mehr leise Wagen vorweisen kann, sollte abgelöst werden durch eine Befreiung pro leisem Wagen.²⁴⁷
2. **Die Kappungsgrenze für die laTPS-Boni und die Begrenzung der Geltungsdauer des laTPS bis 2020 / 2021 sollten wegfallen (solange kein EU-weites Verbot der GG-Sohle wirksam wird).**

Im Gegensatz dazu ist es nachvollziehbar, dass die staatlichen Wagenhalter-Boni einer Kappungsgrenze unterliegen müssen, um Fiskus und Steuerzahler vor Finanzrisiken zu schützen. Wenn die Wagenhalterboni einer Kappungsgrenze unterliegen, können sie aber nicht dauerhaft eingesetzt werden, um die laufleistungsabhängige Betriebskostendifferenz zwischen GG- und LL-Sohlen zu kompensieren und so den Einsatz der leisen Wagen zu belohnen. Diese Aufgabe muss daher das laTPS erfüllen, das deshalb von Kappungsgrenzen und Grenzen der Geltungsdauer befreit werden muss.²⁴⁸

3. **Nicht die absolute Höhe der Boni, sondern die Boni-Mali-Spreizung des laTPS ist zu fixieren, zusammen mit der Erlösneutralität.** Derzeit wird in Deutschland die Höhe der laTPS-Boni fest vorgegeben, während die laTPS-Mali so bestimmt werden, dass die Erlösneutralität gewahrt bleibt. Dies ist in einem System mit Kappungsgrenzen für die Boni und einer festen zeitlichen Geltungsdauer des ganzen Systems problemlos möglich. Bei einem zeitlich unbegrenzt wirkenden System führt es jedoch zu Problemen: Wenn immer mehr Wagen umgerüstet werden, müssen in einem erlösneutralen System die Mali pro Achs-km schließlich explodieren, damit die wenigen verbleibenden lauten Wagen die fixen Boni der vielen leisen Wagen finanzieren. Eine solche Explosion einer Komponente des Systems ist sicherlich nicht beabsichtigt und nicht zu empfehlen. Wenn hingegen die Boni-Mali-Spreizung fest vorgegeben wird, dann erzwingt die Erlösneutralität des Systems eine moderate, kontinuierliche und gleichzeitige Reduktion der Boni und Erhöhung der Mali.
4. **Ausreichende Spreizung des laTPS.** Die unter Punkt 2 genannten Überlegungen legen folgende Arbeitsteilung der beiden Instrumente nahe: Wagenhalterboni dienen dem Zweck, die Umrüstung für in Deutschland eingesetzte Wagen zu subventionieren, während das laTPS in erster Linie den Zweck hat, laufleistungsabhängige Anreize zu setzen, die die Betriebskostendifferenz zwischen GG- und LL-Sohlen dauerhaft kompensieren und sogar darüber hinausgehen, um den Einsatz eines lauten Wagens in Deutschland und insbesondere an den lärmbelasteten Strecken unattraktiv zu machen. Wie in Abschnitt 11.2.4 dargestellt wurde, besteht die Betriebskostendifferenz zwischen GG- und LL-Sohlen aus den zusätzlichen Verschleißkosten der LL-Sohlen am Rad, aber ggf. auch aus zusätzlichen Verbrauchskosten an den Sohlen selbst. Wie dort ebenfalls dargestellt wurde, bedarf es eines gewissen Managementaufwands auf Seiten der EVU, um möglichst viele leise Wagen in diejenigen Züge aufzunehmen, die in Deutschland und insbesondere auf den lärmbelasteten Strecken fahren sollen. In dieser Studie ist es nicht möglich, diesen Managementaufwand zur Wageneinsatzsteuerung (in Relation zum Steuerungserfolg) zu quantifizieren.

²⁴⁷ Zur Begründung siehe Punkt 6 in der vorherigen Auflistung zur Treffsicherheit und Anreizstärke von laTPS und Wagenhalterboni.

²⁴⁸ Siehe auch Punkt 5 in der vorherigen Auflistung.

Werden die Umrüstkosten aus den Wagenhalterboni – sowie ggf. aus pauschalen Direktförderungen - nur teilweise refinanziert (wie derzeit nur zur Hälfte), dann muss das laTPS zusätzlich einen Aufschlag enthalten, dessen Gegenwartswert für den Rest der Umrüstkosten kompensiert. Die genaue rechnerische Bestimmung dieses Aufschlags wird in Kapitel 13 (und Anhang 16.5) dargestellt; sie hängt auch von der politischen Entscheidung ab, ab welcher kritischen jährlichen Laufleistung eines Wagens der Anreiz zur Umrüstung wirken soll.

Derzeit setzt das laTPS effektive Anreize nur in Höhe des laTPS-Bonus; wenn künftig auch der Malus proportional zur Zahl der leisen Wagen erhoben wird – wie gerade unter Punkt 1 vorgeschlagen wurde -, dann setzt das laTPS Anreize in Höhe der Summe aus laTPS-Bonus und laTPS-Malus, also der vollen laTPS-Spreizung. Dies wird im Folgenden vorausgesetzt.

Damit ergibt sich im ersten Schritt die folgende Untergrenze für die laTPS-Anreize pro Achs-km:

$$\begin{aligned} \text{laTPS-Bonus plus laTPS-Malus} \geq & \\ & \text{Betriebskostendifferenz LL zu GG} \\ & \text{plus Managementaufwand zur Wageneinsatzsteuerung} \\ & \text{plus Aufschlag für den Rest der Umrüstkosten (nach Abzug der Kappungs-} \\ & \text{grenze Wagenhalter-Boni und sonstiger Direktförderungen)} \end{aligned}$$

Dies reicht jedoch noch nicht aus, um wirksame Anreize zu setzen. Die im System vorhandenen Transaktionskosten, die Fragmentierung des Anreizsystems und die Wirkungsbrüche aufgrund der Vielzahl beteiligter Akteure (siehe Punkte 1, 3 und 4 in der vorherigen Auflistung zur Treffsicherheit und Anreizstärke von laTPS und Wagenhalterboni) sowie die partiellen Neutralitätseffekte des laTPS innerhalb des DB-Konzerns (siehe weiter oben in diesem Kapitel) erfordern eine stärkere Spreizung des laTPS, um all diese Widerstände zu überwinden. Daher ist der laTPS-Spreizung ein „X-Faktor“ hinzuzufügen, der sich wie folgt auswirken soll:

$$\begin{aligned} \text{laTPS-Bonus plus laTPS-Malus} = & \\ & [\text{Betriebskostendifferenz LL zu GG} \\ & \text{plus Managementaufwand zur Wageneinsatzsteuerung} \\ & \text{plus Aufschlag für den Rest der Umrüstkosten}] \\ & \text{mal } (1+X) \end{aligned}$$

Aufgrund der vielen möglichen Wirkungsbrüche und Transaktionskosten ist der X-Faktor großzügig zu wählen, zumal aus ökonomischen Gründen wenig für eine enge Beschränkung der möglichen Spreizung des laTPS zu sagen ist (siehe Punkt 2 in der vorherigen Auflistung zur Treffsicherheit und Anreizstärke von laTPS und Wagenhalterboni). Durchaus kann an einen Aufschlag von 100% gedacht werden; dies entspräche dem Zahlenwert $X = 1$.²⁴⁹

²⁴⁹ Siehe dazu Beispielrechnungen im Anhang zu Kapitel 13; dort werden X-Faktoren zwischen 0 und 100% betrachtet und schließlich 75% ausgewählt. Es sei angemerkt, dass für jedes X das laTPS so justiert werden kann, dass es insgesamt erlösneutral ist.

zu B) *LaTPS und Wagenhalterboni mit dem Ziel weiterer technischer Maßnahmen zur Lärmreduktion am Wagenbestand*

LaTPS und Wagenhalterboni können auch eingesetzt werden, um die Umsetzung weiterer technischer Maßnahmen am Wagen zu fördern (Ziel B). Wie in Abschnitt 11.3.2 dargestellt wurde, sollten diese Maßnahmen in ein Punkte- oder Klassensystem eingeordnet werden, so dass unterschiedliche Niveaus der Lärmreduktion stufenweise erfasst werden können und gleichzeitig Raum für eine Technikwahl gegeben wird.

Auch in diesem Fall geht es darum, Anreize zur Umrüstung und zum Wageneinsatz zu setzen. Gerade hinsichtlich des Wageneinsatzes in Deutschland müssen diese Anreize zeitlich unbegrenzt gegeben werden. In der EU werden auf lange Zeit viele Wagen in Verwendung sein, bei denen diese Maßnahmen nicht umgesetzt sind, so dass ein Steuerungsanreiz notwendig ist, die leisen Wagen vorzugsweise in Deutschland und auf den lärmbelasteten Strecken einzusetzen. Daher ist von den beiden hier zur Diskussion stehenden Instrumenten in erster Linie ein zeitlich unbegrenztes laTPS notwendig, während die zeitlich oder in der Gesamtzahlung begrenzten Wagenhalterboni nur nachgeordnet als staatliche Fördermaßnahme und Entlastung des Sektors zu betrachten sind. Es gelten daher auch hier die ersten drei Gestaltungsempfehlungen, die schon für das Ziel A), Ersatz der GG-Sohle, galten:

1. Die Befreiung von laTPS-Mali sollte proportional zur Zahl der leisen Wagen erfolgen.
2. Das laTPS sollte keiner Kappungsgrenze und keiner zeitlichen Grenze unterliegen.
3. Nicht die absolute Höhe der Boni, sondern die Boni-Mali-Spreizung des laTPS ist zu fixieren, zusammen mit der Erlösneutralität.

Hinsichtlich der Stärke der Anreize ist zu berücksichtigen, dass bei den weitergehenden Maßnahmen am Wagenbestand laufleistungsabhängige Betriebskostendifferenziale keine signifikante Rolle spielen. Dafür spielen die Managementanreize zur Wageneinsatzsteuerung eine größere Rolle als bei Ziel A). Für die Bestimmung des durch die Anreize zu überwindenden „Managementaufwands zur Wageneinsatzsteuerung“ wären vertiefende exemplarische Studien notwendig, doch wird man letztlich auf eine pragmatische Vorgehensweise zurückgreifen und im Laufe der Zeit Erfahrungen mit der praktischen Wirksamkeit des Instruments sammeln müssen.

Um wirksame Anreize für die Durchführung einer lärmmindernden Maßnahme zu setzen, sind zudem die Investitionskosten zu decken. Da es bei den weitergehenden Maßnahmen um mehrere Klassen von technischen Maßnahmen oder Maßnahmenpaketen geht, die unterschiedliche Kosten aufweisen, sollten zunächst für jede Klasse „typische Aufrüstkosten“ gegenüber einer Basisklasse (LL- oder K-Wagen ohne weitere Maßnahmen) spezifiziert werden. Diese sollten mindestens den geringsten Kosten aller Maßnahmen einer Klasse entsprechen, können aber auch darüber liegen. Sie müssen nicht unbedingt den höchsten Kosten aller einzelnen Maßnahmen (oder gar Kombinationen von Maßnahmen) aus einer Klasse entsprechen, sollten darin aber ihre Obergrenze finden. Unter Beachtung der verschiedenen Optionen und ihrer Auswirkungen auf den Lärm sind für jede Klasse die „typischen Aufrüstkosten“ sinnvoll festzusetzen.

Zur Vereinfachung soll ferner folgende Bezeichnungsweise eingeführt werden, die von der Bisherigen etwas abweicht. Die unterste, also lauteste Klasse von Wagen (an der gar keine lärmmindernde Maßnahme realisiert wurde) muss natürlich einen TPS-Aufschlag auf den normalen Trassenpreis zahlen. Dieser TPS-Aufschlag der untersten Klasse wird nun als „laTPS-Malus“ bezeichnet. Alle höheren Klassen von Wagen zahlen ebenfalls diesen laTPS-Malus (der also *nicht* klassenspezifisch ist), bekommen aber auch einen „klassenspezifischen laTPS-Bonus“.

Mit diesen Vorüberlegungen und Definitionen sowie unter Rückgriff auf den oben unter A) beschriebenen „X-Faktor“ können die Stufen wie folgt beschrieben werden (pro Achs-km):

$$\begin{aligned} \text{Klassenspezifischer laTPS-Bonus} = & \\ & [\text{Managementaufwand zur Wageneinsatzsteuerung} \\ & \text{plus klassenspezifische Umrüstkosten [nach Abzug der Kappungsgrenze Wagenhalter-} \\ & \text{Boni und sonstiger Direktförderungen)]} \\ & \text{mal } (1+X) \end{aligned}$$

Der X-Faktor ist nötig, da auch bei diesen weitergehenden Maßnahmen am Wagenaltbestand Wirkungsbrüche und Transaktionskosten auftreten und zu überwinden sind. Der nicht klassenspezifische laTPS-Malus wird so justiert, dass das gestufte laTPS insgesamt erlösneutral ist.

Natürlich ist es möglich, das Anreizsystem zur Ersetzung der GG-Sohle aus A) in diese Systematik zu integrieren. Wagen mit GG-Sohle wären dann die unterste Klasse. Wagen mit LL- oder K-Sohle, aber sonst keiner weiteren lärm mindernden Maßnahme, wären die nächst höhere Klasse.²⁵⁰

zu C) *laTPS und Wagenhalterboni mit dem Ziel der Durchsetzung der Scheibenbremse und lärmoptimierter Radbauformen als Standardausrüstung bei Wagenneubeschaffungen*

Bei Neuanschaffungen von Wagen, die hohe Laufleistungen absolvieren sollen, ist die Ausstattung mit Scheibenbremse sowie mit Rädern mit geradem Steg (Ziel C) ohnehin betriebswirtschaftlich vorteilhafter als die Ausstattung mit K-Sohlen und herkömmlichen Rädern. Dies liegt an den niedrigeren Betriebskosten der Scheibenbremse gegenüber der K-Sohle und den niedrigeren Anschaffungskosten des Rades mit geradem Steg gegenüber dem herkömmlichen Rad. Dem stehen die hohen Anschaffungskosten der Scheibenbremse gegenüber, weshalb Scheibenbremsen bei geringen Laufleistungen nicht kostengünstig sind.

Wagen mit Scheibenbremsen und lärmoptimierten Rädern sind aber deutlich leiser als Neuwagen mit K-Sohle. Eine Förderung der Scheibenbremse durch das laTPS soll daher bewirken, dass die kritische Laufleistung, ab der die Scheibenbremse betriebswirtschaftlich vorteilhaft wird, gesenkt wird, so dass mehr Wagen mit Scheibenbremse beschafft werden. Da die Scheibenbremse bei Güterwagen noch recht selten im Einsatz ist, soll ihr die Förderung auch zum Durchbruch verhelfen, so dass Wagenhalter und EVU mehr Erfahrungen damit sammeln können und in Instandhaltungswerken standardmäßig Scheibenbremsbacken und Ersatzteile bereitgehalten werden.

Die Bestimmung des laTPS-Bonus für die Klasse „scheibengebremste Wagen mit Rädern mit geradem Steg“ kann aber nicht an der Differenz der Anschaffungskosten zum K-Sohlenwagen erfolgen und natürlich erst recht nicht an der negativen Differenz der Betriebskosten. Interessanter wäre es, den Managementaufwand der Wageneinsatzsteuerung zu ersetzen, der anfällt, um die Wagen mit Scheibenbremsen innerhalb Deutschlands oder auf den zentraleuropäischen Korridoren einzusetzen und dort zu halten. Wie in Abschnitt 11.3.2 dargestellt wurde, ist es aus betriebswirtschaftlichen Gründen wichtig, Wagen mit Scheibenbremsen möglichst auf diesen Korridoren zu halten.

²⁵⁰ Lediglich wäre umzubenennen: Was unter A) als „laTPS-Bonus plus laTPS-Malus“ bezeichnet wurde, heißt nun „Klassenspezifischer laTPS-Bonus“ dieser Klasse. Außerdem ist, wie unter A) beschrieben, bei der Bestimmung der klassenspezifischen Kosten auch die laufleistungsabhängige Betriebskostendifferenz zu berücksichtigen.

Man braucht diesen Anreiz also nicht künstlich zu setzen. Andererseits fallen damit jedoch die Kosten der Wageneinsatzsteuerung bei scheibengebremsen Wagen notwendigerweise an - und erweisen sich womöglich als ein Hemmnis für die Ausbreitung der Scheibenbremse. Zusätzliche Anreize, diesen laufenden Managementaufwand auf sich zu nehmen, könnten daher besonders hilfreich sein.

Vermutlich werden politische Instrumente zur Förderung der Scheibenbremsen bei Neuwagen nur dann ergriffen, wenn auch weitere Maßnahmen zur Lärminderung beim Wagenbestand gefördert werden, wie unter B) beschrieben. In diesem Kontext sollte der scheibengebremsste Neuwagen mindestens in die höchste Stufe des gestuften laTPS für Altwagen eingeordnet werden. Da im Rahmen eines gestuften Anreizsystems für das Ziel B) auch schon eine pragmatische Abschätzung des Managementaufwands der Wageneinsatzsteuerung getroffen wird, ist dieses Element bereits enthalten.

Aufgrund der zusätzlichen Lärminderung bei scheibengebremsen Wagen könnte für diese Wagen eine gesonderte, allerhöchste Stufe des laTPS eingerichtet werden. Eine pragmatische Vorgehensweise wäre dann, dass der Zusatzbonus für diese Klasse in etwa der Differenz der Bonuszahlungen zwischen anderen Klassen entspricht.

11.3.3 Potenziale und Probleme ordnungsrechtlicher Instrumente

Wie das lärmabhängige Trassenpreissystem, so setzen auch ordnungsrechtliche Instrumente an einer rechtlichen Definition unterschiedlicher „Lärmklassen“ von Wagen an. Die Wagen werden je nach ihrer technischen Ausstattung mindestens zwei unterschiedlichen Lärmklassen zugeordnet, und die Wagen höherer Lärmklassen (die leiseren Wagen) werden durch die ordnungsrechtlichen Instrumente gegenüber den anderen Wagen bevorteilt.

Zu den ordnungsrechtlichen Instrumenten gehören:

- Das Verbot von Wagen der geringsten Lärmklasse
- Betriebsbeschränkungen für Wagen niedriger Lärmklassen, insb. Nachtfahrverbote, lokale Fahrverbote oder Geschwindigkeitsbegrenzungen
- Lärmkontingente für bestimmte Strecken, die von den EIU einzuhalten sind.

Die Eignung dieser ordnungsrechtlichen Instrumente wird wieder diskutiert für die drei politischen Zielsetzungen:

- A)** Der Ersatz der GG-Sohlen am Wagenaltbestand
- B)** Darüber hinausgehende technische Maßnahmen zur Lärmreduktion am Wagenbestand
- C)** Durchsetzung der Scheibenbremse und lärmoptimierter Radbauformen als Standardausrüstung bei Wagenneubeschaffungen

Verbote

Ein Verbot ist ein drastisches Instrument mit hoher Umsetzungseffizienz (ein Aspekt der Treffsicherheit). In Bezug auf den Wagenaltbestand steht ihm allerdings das rechtliche und ökonomische Gebot des Bestandsschutzes entgegen. Dies kann das Inkrafttreten eines Verbotes zeitlich verzögern. Andererseits entfaltet aber ein glaubhaft angekündigtes Verbot schon vom Moment der Ankündigung an seine Wirkung auf den Umrüstprozess. Die Wagenhalter müssen vor Inkrafttreten des Verbots ihre Altwagen umgerüstet haben und wenn dies kostengünstig im Zuge der siebenjährigen Hauptrevisionen der Wagen geschehen soll, müssen sie frühzeitig damit beginnen.

Aus dem europäischen Kontext ergeben sich jedoch hohe Hürden für das Zustandekommen eines Verbots. Interoperabilität ist aus ökonomischer und rechtlicher Sicht ein hohes Gut im europäischen Eisenbahnwesen. Sie fordert, dass technische Systeme, die in einem EU-Land zugelassen sind, zugleich in allen anderen EU-Ländern zugelassen und einsetzbar sein müssen. Die europäische Güterwagenflotte ist einer der wenigen Bereiche des Eisenbahnwesens, in dem die Interoperabilität erreicht ist. Bei ihr ist Interoperabilität auch besonders wichtig, damit internationale Züge aus Wagen unterschiedlicher Herkunft zusammengestellt werden können. Durch regional oder national beschränkte Verbote würde die EU-weite Interoperabilität der vom Verbot betroffenen Wagenklassen verloren gehen. Wenn dies vermieden werden soll, müsste das Verbot gleich EU-weit gelten. Dies erfordert aber eine europäische Mehrheit zu diesem Verbot, die angesichts divergierender Interessen nicht leicht zu erlangen sein wird. Außerdem muss eine europaweite Regelung den Bestandsschutz in jedem einzelnen Land bzw. eben EU-weit achten, so dass in einzelnen Ländern gemachte Vorankündigungen ggf. nicht relevant sind.

Ein ökonomischer Nachteil eines Verbots folgt aus seiner Pauschalität. Es gibt bestimmte Einsatzgebiete von Wagen, in denen Lärmemissionen eine untergeordnete Rolle spielen; z.B. Wagen für einen Einsatz mit geringer jährlicher Laufleistung oder auf Strecken, an denen nur wenige Menschen leben. Bei diesen Wagen ist eine teure Auf- oder Umrüstung zur Lärminderung wohlfahrtsökonomisch nicht gerechtfertigt. Ein Verbot unterscheidet aber in der Regel nicht zwischen verschiedenen Einsatzzwecken. Dies gilt natürlich insbesondere dann, wenn aus Gründen der Interoperabilität ein Verbot nur EU-weit ausgesprochen werden soll. Aus ökonomischer Sicht führt diese Pauschalität von Verboten zu Wohlfahrtsverlusten, ein Aspekt mangelnder Treffsicherheit dieses Instruments.

Allerdings wird dieser Nachteil durch die Tatsache relativiert, dass bereits wenige laute Wagen einen ganzen Zug als laut erscheinen lassen. Daher ist eine sehr umfassende Umsetzung lärmmindernder Maßnahmen mit möglichst wenigen Ausnahmen anzustreben. Der Nachteil der Pauschalität dieses Instruments sollte daher im Lärmkontext nicht so hoch bewertet werden, wie bei vielen anderen Umweltproblemen.

Damit ergibt sich aber als Mindestanforderung für den Einsatz eines Verbots, dass die durch das Verbot induzierte pauschale Umrüstung aller Altwagen bzw. Ausstattung aller Neuwagen ökonomisch gerechtfertigt sein muss. Der Gewinn in Form von bewerteter Lärminderung muss die ggf. beträchtlichen Zusatzkosten der pauschal wirkenden Maßnahme übersteigen.

Diese allgemeinen Vorüberlegungen zum politischen Instrument des Verbots sollen nun auf die drei relevanten politischen Zielsetzungen A), B) und C) angewandt werden.

Für das Ziel A), die Beseitigung der GG-Sohle, ist das pauschale EU-weite Verbot der GG-Sohle die Maßnahme der Wahl, sofern europaweit Einigkeit darüber herrscht. Gerade das ist aber nicht sicher, da der Nutzen aus der Lärminderung sicherlich nicht in allen Mitgliedstaaten die Kosten der pauschalen Umrüstung aller Altwagen übersteigt.

Die Strategie der Bundesregierung, auf ein europaweites Verbot der GG-Sohle hinzuwirken, ist hier genau richtig, denn sie bedeutet ja, dass ein europaweites Meinungsbild zu dieser Frage erstellt werden soll.

Nun wird sich kaum ein Mitgliedstaat dagegen sträuben, die GG-Sohle nach beispielsweise 50 Jahren zu verbieten – denn die Lebensdauer eines Wagens liegt unter dieser Frist und Neuwagen dürfen ja schon jetzt nicht mehr mit GG-Sohle beschafft werden; die Zustimmung zu einer solchen Regelung wäre also für alle Mitgliedstaaten kostenlos. Eine solche lange Umsetzungsfrist des Verbots würde gar

keine Umrüstanreize mehr setzen und wäre daher aus deutscher Sicht völlig unbefriedigend. Im Tauziehen zwischen „lärmempfindlichen“ und „weniger lärmempfindlichen“ Mitgliedstaaten wird es daher vermutlich in erster Linie um die Frage gehen, wie lange die Wartefrist bis zum Inkrafttreten des Verbots der GG-Sohle sein soll. Es sei hier die Prognose gewagt, dass aus deutscher Sicht die Einigung zwar einen Teilerfolg darstellen, jedoch zugleich so unzureichend sein wird, dass der Einsatz zusätzlicher politischer Instrumente notwendig sein wird, welche die GG-Sohlen auf nationaler Ebene schon deutlich vor dem Inkrafttreten eines EU-weiten Verbots zurückdrängen.

Für das Ziel B), die Umsetzung weiterer Maßnahmen zur Lärmreduktion am Wagenbestand, erscheint ein pauschales Verbot weitaus problematischer, eigentlich ungeeignet. Will man den Unternehmen eine Technikwahl zur Erreichung einer höheren (leiseren) Lärmklasse lassen, dann kann man nicht einzelne Techniken vorschreiben bzw. andere verbieten. Vielleicht könnte man die niedrigste Lärmklasse verbieten, so dass den Unternehmen die Wahl bleibt, *wie* sie den Aufstieg in eine höhere Lärmklasse bewerkstelligen wollen. Doch wird voraussichtlich auch diese Option keine europaweite Zustimmung finden. Viele Mitgliedstaaten werden den Standpunkt vertreten, dass nach Beseitigung der GG-Sohle keine weiteren Kosten zur Lärminderung mehr ökonomisch vertretbar seien.

Auch aus deutscher Sicht stellt sich nach Abschaffung der GG-Sohle die Frage, ob weitere pauschale Verbote noch zu rechtfertigen sind. Bei Wagen, die nur sehr selten an lärmbelasteten Strecken eingesetzt werden, sind diese weitergehenden Maßnahmen nur kostentreibend. Zudem ist eine gestufte Belohnung höherer (leiserer) Lärmklassen mit einem Verbot nicht umsetzbar.

Das schließt allerdings nicht aus, dass das Instrument des Verbots in spezifischen Fällen doch eingesetzt werden könnte. So erscheint es möglich, dass die herkömmlichen „**lauten**“ **Buchsen im Bremsgestänge** kurzerhand EU-weit verboten werden. Sie müssten dann nach und nach durch leisere Kunststoffbuchsen ersetzt werden. Der Kostenaufwand wäre gering, die dadurch erreichte Lärminderung immerhin schon spürbar. Hierbei könnte man sich zunutze machen, dass der Austausch einer alten Buchse durch eine neue Kunststoffbuchse eine Neuanschaffung darstellt – auch am Altwagen. Für die Beibehaltung des alten Buchsentyps kann kein Bestandsschutz reklamiert werden, wenn eine Buchse sowieso ausgetauscht werden muss.

Auch wenn man etwas weiter ginge und gesetzlich forderte, dass bei jeder (großen) Wagenrevision alte Buchsen (selbst wenn noch verwendbar) durch neue Kunststoffbuchsen ersetzt werden müssten, kann wegen der Geringfügigkeit der Kosten dieser Maßnahme kaum der Einwand des Bestandsschutzes dagegen erhoben werden. Man sollte bei einem Verbot „lauter“ Buchsen den Bestandsschutz jedoch insofern beachten, dass Wagen nicht extra für diesen Zweck in die Revision gegeben oder außerhalb einer Revision umgebaut werden müssen. Auch sollte aus ökonomischer Sicht ein Verbot „lauter“ Buchsen so rechtzeitig angekündigt werden, dass für verschiedene potenzielle Produzenten von Kunststoffbuchsen ausreichend Zeit besteht, solche Buchsen zu entwickeln und auf den Markt zu bringen, so dass rechtzeitig ein kompetitiver Markt für Kunststoffbuchsen entstehen kann.

Das Instrument des Verbots kann auch hinsichtlich der Beseitigung von **Flachstellen am Rad** eingesetzt werden. Bisher sind Flachstellen am Rad erst ab einer Größe von 6 cm aus gesetzlichen Gründen zu beseitigen, da erst dann Sicherheitsprobleme entstehen. Aus Gründen der Lärminderung sollten Flachstellen aber schon ab einer deutlich geringeren Größe beseitigt werden. Doch sollten Flachstellen auch aus wirtschaftlichen Gründen schon früher beseitigt werden, da sie zu außerordentlichen Belastungen von Radlagern, Achsen und Drehgestellen führen. Dies weist auf Koordinationsprobleme innerhalb der Branche hin: Viele Instandhaltungswerke halten sich an das gesetzliche Kriterium von 6 cm, auch wenn das aus Sicht der Wagenhalter wirtschaftlich nicht sinnvoll ist. Es sollte geprüft werden, ob

hier nicht für Branche und Politik Handlungsspielraum für eine Verschärfung des gesetzlichen Eingriffskriteriums gegeben ist.

Für das Ziel C, die Durchsetzung der Scheibenbremse und lärmoptimierter Radbauformen als Standardausrüstung bei Wagenneubeschaffungen, scheint ein Verbot auf den ersten Blick geeignet zu sein, wenn europaweit Einigkeit darüber bestände. Da es hier um Wagenneuanschaffungen geht, spielt der Bestandsschutz keine Rolle. Ein pauschales, sofort wirksames Verbot sämtlicher Formen von Klotzbremsen (also aller Bremsen, bei denen die Bremsbacken direkt auf die Laufflächen der Räder greifen) und aller Radbauformen, die mehr Schall abstrahlen als das Rad mit geradem Steg, wäre das ideale Instrument zur Durchsetzung der Scheibenbremse bei Neuwagen.

Auf den zweiten Blick erscheint jedoch ein solches Verbot noch nicht einmal aus Sicht eines „lärmkritischen“ und „Scheibenbremsen-affinen“ Landes wie Deutschland adäquat. Auch innerhalb Deutschlands gibt es viele Einsatzzwecke für Wagen mit geringer Laufleistung, bei denen die Scheibenbremse nicht angezeigt ist. Auch wenn für die nächsten ca. zwanzig Jahre möglichst *alle* Neuwagen mit Scheibenbremse ausgestattet werden sollten, da man für Einsatzzwecke mit geringer Laufleistung ausreichend viele umgerüstete Altwagen mit LL-Sohle haben wird, werden diese Wagen doch nach zwanzig oder dreißig Jahren die Grenze ihrer Einsatzfähigkeit erreichen; dann würde man sie möglichst durch Neubeschaffungen von Wagen mit K-Sohle ersetzen wollen.

Es ist fraglich, ob ein Verbot der K-Sohle für Einsatzzwecke mit geringer Laufleistung ökonomisch sinnvoll ist, und daher wäre es wohl auch schwer zu rechtfertigen.

Dies gilt umso mehr auf europäischer Ebene, da viele Mitgliedstaaten eben nicht „Scheibenbremsen-affin“ sind – d.h. dort sind Scheibenbremsen betriebswirtschaftlich in der Regel nicht lohnend – und diese Länder sind auch meistens nicht „lärmkritisch“. Das Verbot ist also kein probates Mittel zur Durchsetzung des (richtig verstandenen) Ziels C).

Betriebsbeschränkungen

Neben dem Verbot verfügt das Ordnungsrecht über das Instrument der Betriebsbeschränkungen für „laute“ Wagen. In der Diskussion stehen insbesondere Geschwindigkeitsbeschränkungen und Nachtfahrverbote.

Betriebsbeschränkungen weisen folgende vorteilhafte Eigenschaften auf:

- Im Gegensatz zu einem Verbot, das nur EU-weit entschieden werden kann, kann über eine Betriebsbeschränkung von der nationalen Regierung entschieden werden.²⁵¹
- Betriebsbeschränkungen können (und sollen) an die Stärke der Lärmbelastung angepasst werden, sowohl strecken- bzw. abschnittsbezogen als auch zeitlich.
- Betriebsbeschränkungen sind den laufleistungsabhängigen Instrumenten zuzuordnen, denn ein lauter Wagen wird umso mehr von ihnen betroffen, je größer seine jährliche Laufleistung ist bzw. sein soll.

²⁵¹ Dies findet eine Grenze erst darin, dass der Einsatz EU-weit zugelassener Wagen nicht nahezu unmöglich werden darf. Wenn infolge massiver Betriebsbeschränkungen der Einsatz bestimmter Wagen in einem Land kaum mehr praktikabel würde, wäre die Interoperabilität praktisch nicht mehr gegeben.

- Betriebsbeschränkungen reduzieren den Lärm unmittelbar, denn sie sollten aus ökonomischen (und müssen aus rechtlichen Gründen) so gestaltet werden, dass sie als eine ordnungspolitische Maßnahme mit dem unmittelbaren Zweck der Lärmreduzierung erscheinen, nicht nur als Instrumente der Bestrafung oder Anreizsetzung. Eine Geschwindigkeitsbeschränkung führt direkt zu einer Lärmreduktion, da viele Lärmemissionen mit der Geschwindigkeit eines Zuges stark zunehmen. Ein Nachtfahrverbot schützt Anwohner in der besonders sensiblen Zeit des Nachtschlafs vor Lärm.

Der zuletzt genannte Punkt sollte aber nicht darüber hinweg täuschen, dass Betriebsbeschränkungen für laute Wagen auch einen starken ökonomischen Anreiz setzen können, leise Wagen einzusetzen. Im Folgenden werden die Betriebsbeschränkungen in erster Linie in Hinblick auf diese Anreizfunktion analysiert und bewertet.

Hinsichtlich der vier soeben genannten Punkte (Vorteile der Betriebsbeschränkungen) soll zunächst ein kurzer **Vergleich zum Instrument des Verbots** vorgenommen werden. Der zuletzt genannte Punkt trifft natürlich auch - und verstärkt - für Verbote zu. Der erste Punkt benennt hingegen einen wichtigen politischen Implementierungsvorteil von Betriebsbeschränkungen gegenüber Verboten. Der zweite Punkt benennt einen anderen potenziellen Vorteil gegenüber dem Verbot; dem steht allerdings auf Seiten des Verbots der Vorteil der hohen Umsetzungseffizienz gegenüber. Hinsichtlich des gewünschten Um- / Ausrüstungs- oder Einsatzziels kann eine Betriebsbeschränkung eben „nur“ Anreize setzen, deren effektive Wirkung abzuwarten ist, während ein Verbot zwingend Fakten schafft.

Außerdem sind die konkrete Planung und Durchsetzung von Betriebsbeschränkungen sicherlich mit höheren Transaktionskosten verbunden als die eines Verbots.

Ein zentraler Nachteil von Betriebsbeschränkungen (den Verbote nicht haben) besteht darin, dass sie **negative externe Effekte auf die Kapazität der Schieneninfrastruktur** und damit auf den übrigen Schienenverkehr haben können. Das ist dann der Fall, wenn eine Betriebsbeschränkung, die ja nur laute Wagen bzw. Züge treffen soll, indirekt auch die leisen Wagen bzw. Züge in Mitleidenschaft zieht. Dies mindert die Treffsicherheit und Anreizschärfe dieses Instruments und belastet den gesamten Schienengüterverkehr, ggf. auch den Personenverkehr.

Ein negativer externer Effekt tritt immer dann notgedrungen auf, wenn leise und laute Wagen in einem gemeinsamen Zug mitgeführt werden. Unterliegt ein solcher Zug der Betriebsbeschränkung, werden die leisen Wagen mit behindert. Bei Betriebsbeschränkungen ist es notwendig, eine kritische Schwelle oder Quorum „lauter Wagen“ zu definieren, ab der ein Zug als „laut“ gelten und der Betriebsbeschränkung unterliegen soll.²⁵²

Ob und wie stark negative externe Effekte von lauten, den Betriebsbeschränkungen unterliegenden Zügen auf andere Güter- oder Personenzüge ausgehen, hängt stark von der speziellen Situation ab: von der strecken- bzw. abschnittsbezogenen Infrastrukturgestaltung, dem Betriebsprogramm / Auslas-

²⁵² Beim gegenwärtig in Deutschland gültigen lärmabhängigen Trassenpreissystem wird ebenfalls eine kritische Schwelle für „leise Züge“, die den laTPS-Malus nicht zu zahlen brauchen, definiert. Beim laTPS ist dies jedoch nicht sachlich notwendig; die Befreiung vom laTPS-Malus könnte auch proportional zur Zahl der leisen Wagen sein, und dies empfehlen wir auch; siehe Abschnitt 11.3.2.

tungsgrad der Infrastruktur, der spezifischen Art der Betriebsbeschränkung und der relativen Häufigkeit der Züge, die der Betriebsbeschränkung direkt unterliegen. Wenn nur wenige Züge direkt betroffen sind, wird man durch Anpassung der Trassenallokation und Nutzung von Infrastrukturreserven (wie Ausweichgleise) meistens dafür sorgen können, dass keine oder nur wenige andere Züge in Mitleidenschaft gezogen werden. Wenn jedoch sehr viele „laute“ Züge direkt betroffen sind, werden Auswirkungen auf andere Züge kaum vermeidbar sein.²⁵³

Dies deutet allerdings auf eine einfache administrative Möglichkeit hin, die negativen externen Effekte von Betriebsbeschränkungen zu kontrollieren und zu minimieren: Man passt die Definition eines „lauten Zuges“, der der Betriebsbeschränkung unterliegt, dynamisch dem allgemeinen Verbreitungsgrad „leiser Wagen“ an. Anfangs, wenn nur wenige leise Wagen im Umlauf sind, reicht schon ein sehr geringer Anteil leiser Wagen, um einen Zug als „leise“ gelten zu lassen. Demzufolge gibt es nur wenige Züge, die als „laut“ gelten und der Betriebsbeschränkung unterliegen, und von diesen wenigen Zügen werden nur geringe negative externe Effekte auf den übrigen Zugverkehr ausgehen. Zugleich wird aber ein starker Anreiz für die EVU gesetzt, das für einen „leisen Zug“ geforderte niedrige Quorum leiser Wagen mitzuführen, woraus sich ein Anreiz zur lärmmindernden Aus- oder Umrüstung von Wagen ergibt. Wenn im Zeitablauf der Verbreitungsgrad „leiser Wagen“ zunimmt, kann das für einen „leisen Zug“ geforderte Quorum leiser Wagen schrittweise erhöht werden. Dies sollte stets so geschehen, dass der Anreiz zur Durchführung lärmmindernder Maßnahmen stark, das Ausmaß negativer externer Effekte auf den sonstigen Zugbetrieb hingegen gering bleibt.

Die Anforderungen dieser Strategie an ein geschicktes dynamisches Politikmanagement sind allerdings hoch. Es besteht z.B. die Gefahr, dass eine solche Strategie im Kräftefeld der Interessengruppen erlahmt. Zudem muss die dynamische Strategie eigentlich für jede Strecke bzw. jeden Streckenabschnitt unterschiedlich angepasst werden. Dies wäre natürlich völlig unpraktikabel. Als praktikabel erscheint allein eine Vorgehensweise, bei der zu jedem Zeitpunkt ein „lauter Zug“ bundesweit einheitlich definiert wird.²⁵⁴

Das hat jedoch zur Folge, dass eine *perfekte* dynamische Anpassung nicht möglich ist. Demzufolge werden weder die Anreize zur Um- bzw. Ausrüstung maximal noch die negativen externen Effekte auf den Zugbetrieb minimal sein.

²⁵³ Vgl. die Studie von Via Consulting und Railistics (2014), in der die Konsequenzen einer pauschalen Geschwindigkeitsbeschränkung für alle Züge des SGV auf eine Beispielstrecke betrachtet wurden. Neben Betriebsbeschränkungen für laute Züge sind auch „Betriebsprivilegierungen“ für leise Züge vorstellbar. So wird es z.B. in der Regel leicht möglich sein, im Tagesverkehr die Durchschnittsgeschwindigkeit eines einzelnen leisen Güterzuges durch Vorzugsbehandlung gegenüber den lauten Güterzügen deutlich zu erhöhen. Eine solche Privilegierung wird aber nur umsetzbar sein, solange es relativ wenige „leise“, privilegierte Züge gibt.

²⁵⁴ Möglicherweise würde sich auch die EU einschalten, um eine europaweit einheitliche Definition zu erwirken. Wenn dies eine dynamische Strategie nicht ausschließen soll, dann müsste sie es so arrangieren, dass die jeweils geltende Definition eines „lauten Zuges“ von denjenigen Staaten bestimmt wird, die ein Interesse an Lärminderung haben und bereit sind, Betriebsbeschränkungen als Instrument einzusetzen. Dies wären neben Deutschland, die Niederlande, Österreich sowie die Schweiz.

Obwohl die negativen externen Effekte auf den Zugbetrieb stark von der Einzelsituation abhängen, kann man doch einige Aussagen über zu erwartende Effekte bestimmter Betriebsbeschränkungen treffen. Wichtig ist dabei die Unterscheidung, ob eine Betriebsbeschränkung den **Tag- oder den Nachtbetrieb** betrifft.

Das Lärmproblem ist besonders auf den Strecken virulent, auf denen im sogenannten „Nachtsprung“ viele Güterzüge nachts eng getaktet verkehren und mit ihrem Lärm die Menschen beim Nachtschlaf stören. Der Nachtsprung ist auf den großen Korridoren üblich, insbesondere auf der Rheinschiene, da dort die Nachfrage nach Gütertrassen besonders hoch ist und durch Tagesbetrieb allein nicht befriedigt werden kann, zumal am Tage viele Personenzüge des Nah- und Fernverkehrs fahren. Die Korridore verbinden dicht bevölkerte Gebiete und sind daher auch wichtige Verbindungen des Personenverkehrs. In der Folge müssen im Tagesverkehr Güterzüge den Personenzügen oft ausweichen und damit Fahrtunterbrechungen hinnehmen; generell ist die für Güterzüge verbleibende Trassenkapazität am Tag gering. Im Nachtverkehr hingegen sind die Güterzüge unter sich, und gerade durch die Harmonisierung ihrer Geschwindigkeiten lässt sich eine enge Taktung und damit hohe Auslastung der Infrastrukturkapazität erreichen.

Bei einer **Geschwindigkeitsbeschränkung für laute Züge auf den großen Korridoren während der Nacht** ist die Höhe der Absenkung der Geschwindigkeit ein zu berücksichtigender Einflussfaktor. Generell aber würde schon eine relativ kleine Anzahl „lauter“ Züge recht starke negative Auswirkungen auf die harmonisierte Konstruktion der Güterzugtrassen im Nachtsprung haben. Die Folge wäre entweder, dass *alle* Güterzüge langsamer verkehren müssen – dann würde aber zwischen leisen und lauten nicht mehr diskriminiert und kein Anreiz zur Lärmreduktion mehr gegeben. Oder die Netzgesellschaft müsste die Harmonisierung der Geschwindigkeiten aufgeben und schnelle und langsame Trassen mischen. Dies würde aber die Infrastrukturkapazität während des Nachtsprungs deutlich reduzieren und könnte zur Folge haben, dass auch leise Züge unter der Trassenknappheit leiden. In beiden Fällen führt dieses Instrument also zu negativen externen Effekte, wenn die Anzahl der direkt betroffenen „lauten Züge“ nicht vernachlässigbar gering ist.

Ähnliches gilt für eine **Geschwindigkeitsbeschränkung für laute Züge auf den großen Korridoren während des Tages**, obwohl sich die Bedingungen am Tag von denen in der Nacht stark unterscheiden.

Hier ist Mischbetrieb die Regel, aber auch dies bei hoher Infrastrukturauslastung. Güterzüge müssen oft ausweichen und warten. Wenn in der Folge auch die Maximalgeschwindigkeit eines Güterzuges eine untergeordnete Rolle für die gesamte Transportzeit spielt, dann wirkt sich die Geschwindigkeitsbeschränkung für laute Züge auf diese selbst gar nicht aus. Sie wäre ein taubes Instrument, eine Restriktion, die in der Praxis gar nicht bindet. Dann würden auch keinerlei Anreize von diesem Instrument ausgehen.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass eine hohe Maximalgeschwindigkeit der Güterzüge, die ja ohnehin die langsamsten Züge auf dem Netz sind, den gesamten Betriebsablauf auf der Infrastruktur beschleunigt. Sie erleichtert tendenziell das Eintakten der Güterzüge in Lücken des Personenverkehrs, um in kurzen Sprüngen von einer Warteposition in die nächste zu kommen.

Angesichts der unvermeidlichen Wartezeiten und der damit geringen Durchschnittsgeschwindigkeit von Güterzügen nützt jedoch eine hohe Maximalgeschwindigkeit zwischen den Wartepositionen dem einzelnen Zug selbst fast nicht. Sie ist fast ausschließlich für den höheren Durchsatz des Netzes, und

damit sozusagen für die *anderen* Züge von Bedeutung. Demzufolge schadet man in diesem Fall mit einer Beschränkung der Maximalgeschwindigkeit für laute Züge fast ausschließlich den *anderen* Zügen, nicht denen, die man treffen will.

Falls also eine Geschwindigkeitsbeschränkung für laute Züge während des Tages auf den großen Korridoren überhaupt einen wirtschaftlichen Effekt hat, dann ist dies der unerwünschte negative externe Effekt auf die anderen Züge. Anreize zur lärm mindernden Aus- oder Umrüstung von Wagen gehen von diesem Instrument nicht aus.

Daher sind aus ökonomischer Perspektive **Geschwindigkeitsbeschränkungen für laute Züge auf den großen Korridoren** uninteressant bis kontraproduktiv, sowohl tagsüber als auch nachts. Lediglich der unmittelbar lärm mindernde Effekt einer Geschwindigkeitsbeschränkung bleibt ggf. als positiver Effekt dieses Instruments bestehen. Es gibt jedoch andere politische Instrumente, die eine deutlich bessere Gesamtbilanz aufweisen.

Auf weniger stark belasteten Strecken kann das Instrument der Geschwindigkeitsbeschränkung interessanter sein als auf den großen Korridoren. Wenn die Belastung einer Strecke sinkt, nehmen die negativen externen Effekte auf andere Züge vermutlich schnell ab, genauso wie die erwünschte effektive Diskriminierung zwischen leisen und lauten Zügen vermutlich spürbar zunimmt. Dies wird von der konkreten Infrastrukturausstattung abhängen und müsste genauer untersucht werden. Allerdings ist das Lärmproblem vor allem auf den großen Korridoren relevant. Daher kommen Geschwindigkeitsbeschränkungen allenfalls als ein Zusatzinstrument für die weniger wichtigen Fälle in Frage.

Ein **Nachtfahrverbot für laute Züge auf den großen Korridoren** führt nicht zu Behinderungen der leisen Züge im Nachtsprung. Die lauten Züge werden sich teilweise andere Routen suchen.

Wenn dies möglich ist, stellt es eine Reallokation dar, die aus Lärm- und Auslastungsgründen erwünscht ist. Zum anderen Teil werden sich diese Züge auf den Tagesverkehr ergießen und dort allerdings die tendenziell schon vorhandene Überlastungssituation verschärfen. Als Reaktion auf die zunehmende Überlastung am Tage werden wiederum einige leise Züge, die bisher am Tage verkehren, auf die frei gewordenen Slots im Nachtverkehr ausweichen. Dies stellt aus Lärmgründen eine weitere erwünschte Reallokation dar. Ein Nachtfahrverbot führt also zu einigen erwünschten verkehrlichen Anpassungen, solange sich die Situation am Tage nicht allzu stark verschärft. Das Nachtfahrverbot lässt sich aber stufenlos so einstellen, dass sich die Situation am Tage nicht zu stark verschlechtern muss, indem die zeitliche Geltungsdauer des Verbots entsprechend verkürzt wird.

Einschränkend muss dabei allerdings auf den Verkehrsfluss entlang des gesamten Korridors geachtet werden, so dass eine streckenabschnittsbezogene zeitliche Feinsteuerung schwierig sein könnte.

Bei der zeitlichen Gestaltung eines Nachtfahrverbots ist eine gewisse Überlastung des Tagesverkehrs absichtlich in Kauf zu nehmen (wobei der Personenverkehr aber möglichst wenig behindert werden sollte). Dann ergeben sich aus dem Gegensatz zu einem sehr reibungslos funktionierenden Nachtverkehr die erwünschten Anreizeffekte zur Bildung leiser Züge, die in der Nacht eingesetzt werden können. Auf den großen Korridoren erscheint daher das politische Instrument des Nachtfahrverbots für laute Züge wesentlich interessanter zu sein als das Instrument der Geschwindigkeitsbegrenzungen.

Diese allgemeinen Vorüberlegungen zu den politischen Instrumenten der Betriebsbeschränkungen sollen nun auf die drei relevanten politischen Zielsetzungen A), B) und C) angewandt werden.

Für das Ziel A), die Beseitigung der GG-Sohle, wäre ein zeitnah inkrafttretendes EU-weites Verbot gegenüber allen Formen der Betriebsbeschränkung klar vorzuziehen. Wenn das Verbot aber auf europäischer Ebene nicht rechtzeitig wirksam wird, bietet sich als Substitut insbesondere das Instrument des Nachtfahrverbots auf den großen Korridoren an. Wie oben beschrieben, sollte der Zeitraum des Nachtfahrverbots geschickt gewählt werden. Als Grundlage sollten nationale und internationale Güterverkehrsstrassen auf den Korridoren vorkonstruiert werden, die keinen Platz für weitere nächtliche Trassen lassen und als „Trassen-Fertigprodukte“ verkauft werden können. Diejenigen vorkonstruierten Trassen, die zu einer nächtlichen Kernzeit an einem vorher bestimmten, zentralen und neuralgischen Ort (z.B. Boppard am Rhein) verlaufen, dürfen nur von „leisen Zügen“ genutzt werden. Dabei werden, solange die GG-Sohle an den Wagen noch vorherrschend ist, „leise Züge“ großzügig definiert (z.B. mindestens 10% leise Wagen) und die nächtliche Verbotszeit eng bemessen (z.B. von 0.30 bis 3.00 Uhr). Auf diese Weise können verkehrliche Probleme vermieden und schon spürbare Anreize gesetzt werden.

In dem Maße, wie die GG-Sohle seltener wird, werden dann die „leisen Züge“ strenger definiert und die nächtliche Verbotszeit ausgeweitet. Es sollte von Anfang an ein politischer Fahrplan der Verschärfung bekannt gegeben werden, der *mindestens* eingehalten wird. Allerdings kann sich die Politik dabei die Option offenhalten, diesen Fahrplan ggf. auch zu verschärfen (möglichst an überprüfbare Kriterien geknüpft). Unterstützend kann auf anderen, nicht überlasteten Eisenbahnstrecken eine Geschwindigkeitsbegrenzung für laute Züge eingesetzt werden, wenigstens in der Nacht, wenn daraus in der Konsequenz keine Behinderung von Personenzügen am Tage resultiert.

In Hinblick auf das **Ziel B), die Umsetzung weiterer Maßnahmen zur Lärmreduktion am Wagenaltbestand,** sind Betriebsbeschränkungen nicht praktikabel, dieses Ziel in seiner vollen Breite zu fördern. Es sei daran erinnert, dass diese Zielsetzung die Definition mehrerer Lärmklassen von Wagen erfordert. Auf dieser Basis müssten zunächst in einer komplizierten Abbildung Lärmklassen von *Zügen* definiert werden, da nur ganze Züge einer Betriebsbeschränkung unterliegen können. Die mehreren verschiedenen Zugklassen müssten dann unterschiedlich starken Betriebsbeschränkungen unterworfen werden, die so zu konstruieren wären, dass die EVU spürbare Anreize zum Einsatz von immer mehr immer leiseren Wagen hätte. Allein dies theoretisch zu konstruieren wäre eine anspruchsvolle Aufgabe. Eine ex post Untersuchung, welche Anreize solch ein System in der Praxis setzt und welche negativen externen Effekte auf den Zugbetrieb es generiert, wäre eine weitere anspruchsvolle Aufgabe. Das System dann anhand dieser Erfahrungen zu optimieren wäre die nächste anspruchsvolle Aufgabe, die mit einem solchen System verbunden wäre.

Ein solch kompliziertes System von Betriebsbeschränkungen erscheint daher unrealistisch und nicht erstrebenswert. Vorstellbar wäre hingegen ein selektiver Einsatz von Betriebsbeschränkungen lediglich für die unterste (lauteste) Lärmklasse von Wagen; aber auch hierfür wäre eine Definition „lauter Züge“ notwendig. Anreize, um von höheren auf noch höhere Lärmklassen aufzusteigen, müssten dann von einem anderen politischen Instrument ausgehen, z.B. einem laTPS.

Betriebsbeschränkungen für die unterste Lärmklasse von Wagen könnten in fernerer Zukunft relevant werden, wenn nicht nur die GG-Sohle weitgehend abgeschafft ist, sondern durch andere Anreizinstrumente wie das laTPS auch die nächste Lärmklasse bereits rar geworden ist. Dann möchte man vielleicht zusätzliche, stark wirkende Instrumente einsetzen, um diese Lärmklasse an neuralgischen Punkten noch weiter zurückzudrängen. Ein Nachtfahrverbot für diese Lärmklasse wäre ein Kandidat.

In Hinblick auf das **Ziel C), die Durchsetzung der Scheibenbremse und lärmoptimierter Radbauformen als Standardausrüstung bei Wagenneubeschaffungen**, ist das Instrument der Betriebsbeschränkung gänzlich untauglich.

Wie früher dargestellt wurde, können Wagen mit Scheibenbremse im Rahmen einer Hierarchie von Lärmklassen, wie sie zur Erreichung des Ziels B) notwendig wäre, als die oberste (leiseste) Lärmklasse aufgefasst werden. Während Betriebsbeschränkungen für die unterste Lärmklasse noch vorstellbar sind, ist es nicht sinnvoll, sie als Anreizinstrument im oberen Spektrum der Lärmklassen einzusetzen.

Lärmkontingente

Ein Lärmkontingent ist eine strecken- und zeitbezogene ordnungsrechtliche Vorschrift, die sich an das Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) richtet. Das EIU hat dafür zu sorgen, dass die gesamte in einem definierten Zeitraum emittierte „Lärmmenge“ eine Obergrenze nicht überschreitet. Dabei ergibt sich die „Lärmmenge“ aus laufenden Lärmmessungen an der Strecke, deren Werte über den Zeitraum addiert werden. Bei Überschreiten der Obergrenze müssen Sanktionen gegenüber dem EIU greifen. Dies könnten Strafzahlungen des EIU sein, oder die Strecke könnte zwangsweise für den Rest des Zeitraums praktisch stillgelegt oder einer drastischen Geschwindigkeitsbeschränkung unterworfen werden. Ziel der Sanktionsdrohung ist es, das EIU zu bewegen dafür zu sorgen, dass die Sanktion nicht ergriffen werden muss.

Die Besonderheit des Lärmkontingents besteht also darin, dass über die eigentlichen Instrumente zur Lärminderung, die gegenüber den EVU und Wagenhaltern eingesetzt werden, nicht der Staat selbst, sondern das EIU entscheidet. Der potenzielle Vorteil dieser Konstruktion liegt darin, dass das EIU als Wirtschaftsunternehmen einen Anreiz hat, die Instrumente der Lärminderung möglichst effizient zu wählen, zu kombinieren und auszugestalten.

Angesichts der vertikalen Integration von DB Cargo und DB Netz im DB Konzern besteht allerdings die Gefahr, dass die Instrumente der Lärminderung so gestaltet werden, dass DB Cargo gegenüber den Wettbewerbern im SGV bevorteilt wird. Um dem eine Schranke zu setzen, muss der Eisenbahnregulierer, die Bundesnetzagentur, mit einbezogen und seine Zustimmung zur Wahl und Ausgestaltung der konkreten Instrumente der Lärminderung eingeholt werden.

In diesem Rahmen kann das EIU über streckenbezogene lärmabhängige Trassenpreise oder Betriebsbeschränkungen – seien es Geschwindigkeitsbeschränkungen oder Nachtfahrverbote – entscheiden. Zusätzlich hat es die Möglichkeit, leise Züge zu privilegieren.

Es hätte auch die Möglichkeit, die Trassenpreise unabhängig vom Lärm zu gestalten, aber zusätzlich den Kauf von Lärmzertifikaten für eine lärmkontingentierte Strecke verbindlich zu machen. Die Summe der Zertifikate entspräche knapp dem Lärmkontingent. Bei sehr nachfragestarken Strecken, bei denen eine ausreichend hohe Nachfrage nach Zertifikaten besteht, könnten diese Zertifikate auch in börsenähnlicher Art verkauft oder gehandelt werden.

Allerdings besteht die Gefahr, dass solche strecken- und ggf. auch zeitbezogenen Zertifikatmärkte illiquide und volatil werden, was von den beteiligten Akteuren oft als unangenehm empfunden wird. Vermutlich wird daher ein Festpreis pro Zertifikat bevorzugt werden. Ein Festpreissystem für Zertifikate ist aber gleichbedeutend mit einem laTPS; der Preis der Zertifikate tritt dabei an die Stelle des laTPS-

Malus (zur Herstellung der Erlösneutralität müssten die normalen Trassenpreise etwas abgesenkt werden – dies entspräche dem laTPS-Bonus).²⁵⁵

Möglicherweise ist ein EIU besser in der Lage, ein laTPS bzw. ein Lärmzertifikate-Preissystem streckenbezogen zu differenzieren, obwohl auch der Staat dies grundsätzlich könnte.²⁵⁶ Auch hier müsste aber mindestens die Bundesnetzagentur aus marktregulatorischen Gründen mitreden.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass neben der Bundesnetzagentur auch der Staat die Wahl der Instrumente gegenüber EVU und Wagenhaltern mit beeinflussen und nicht allein dem EIU überlassen möchte. Insbesondere wäre es fraglich, ob ein lärmkontingentiertes EIU von sich aus eine konsistente Politik im Sinne der Ziele B) und C) (weitere lärm mindernde Maßnahmen am Wagenbestand; Förderung der Scheibenbremse bei Neuwagen) verfolgen würde. Um dies sicherzustellen, könnte der Staat im Rahmen eines Lärmkontingents bestimmte Umsetzungsformen fordern oder entsprechende Vereinbarungen mit dem Netzunternehmen treffen. Je mehr aber der Staat bei der Übersetzung eines Lärmkontingents in konkrete Instrumente gegenüber EVU und Wagenhaltern mitredet, desto mehr verliert das Lärmkontingent seinen besonderen Charakter. Dies umso mehr, da sicherlich auch im umgekehrten Falle, wenn der Staat die Instrumente gegenüber EVU und Wagenhaltern direkt bestimmt und dem Netzunternehmen ggf. auferlegt, die DB Netz zuvor sicherlich stark in die Wahl und Gestaltung der Instrumente mit einbezogen wird.

Aus diesem Grund wird das Lärmkontingent als eigenständiges Instrument im Folgenden nicht weiter betrachtet. Es sollte aber bei der praktischen Umsetzung von Politik als eine möglicherweise interessante institutionelle Gestaltungsvariante in Betracht gezogen werden.

²⁵⁵ Aus diesem Grund wurde eine *staatliche* Zertifikatlösung in Abschnitt 11.3.2 nicht betrachtet.

²⁵⁶ Die Möglichkeit einer strecken- und zeitbezogenen Differenzierung eines laTPS wurde in Abschnitt 11.3.2 erwähnt, aber zur Vereinfachung nicht weiter betrachtet.

12 Rechtliche Vorgaben und Möglichkeiten zur effektiven Minderung des Schienengüterverkehrslärms

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Ziele, Möglichkeiten und Instrumente der Lärmminde- rung im Schienengüterverkehr vorgestellt und auf ihre technische sowie ökonomische Machbarkeit und Sinnhaftigkeit untersucht.

Hieran anschließend sollen in diesem Kapitel die rechtlichen Vorgaben und Ausgestaltungsmöglichkei- ten der in Betracht kommenden Maßnahmen behandelt werden, um auf dieser Grundlage eine ab- schließende Empfehlung zur Lärmminde- rung unter Berücksichtigung der einschlägigen technischen, ökonomischen und rechtlichen Gesichtspunkte aussprechen zu können.

Die Überlegungen in den vorstehenden Kapiteln haben deutlich aufgezeigt, dass als nächster Schritt politisch und rechtlich bis zum Jahr 2020 so weit wie möglich die tatsächliche Umrüstung der Be- standsgüterwagen auf LL-Sohlen und die auf diese Weise erreichbare Geräuschemissionsreduktion durchgesetzt werden sollen.

Zugleich haben sie aber auch deutlich gemacht, dass schon aktuell aber auch über 2020 hinaus erhebli- che weitere Lärmreduktionen erforderlich und möglich sind und durch unterschiedliche technische Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen bewirkt werden können.

Vor diesem Hintergrund sollen sich die nachfolgenden rechtlichen Überlegungen zum einen auf die wesentlichen rechtlichen Möglichkeiten für die Durchsetzung der Umrüstung der Bestandsgüterwagen auf die LL-Sohle oder jedenfalls die Erreichung eines zumindest der Verwendung der LL-Sohle ent- sprechenden Lärmreduktionsniveaus konzentrieren (hierzu nachfolgend Abschnitt 12.1).

Zum anderen gehen sie auf vorstellbare Ansätze für die erforderliche weitergehende, über die durch Umrüstung auf LL-Sohlen erreichbare Lärmreduktion hinausgehende Verringerung der Lärmemissio- nen des Schienengüterverkehrs ein (hierzu nachfolgend Abschnitt 0).

Aus rechtlicher Perspektive wird als Ergebnis letztlich eine Kombination verschiedener unterschied- lich gearteter und auf unterschiedliche Ziele ausgerichteter Ansätze und Instrumente sinnvoll und er- forderlich erscheinen (hierzu nachfolgend Abschnitt 12.3).

12.1 Durchsetzung der Umrüstung der Bestandsgüterwagen auf die LL-Sohle

Für die rechtliche Durchsetzung der Umrüstung der Bestandsgüterwagen auf die LL-Sohle oder jedenfalls die Erreichung eines zumindest der Verwendung der LL-Sohle entsprechenden Lärmreduktionsniveaus bis zum Jahr 2020 kommen unterschiedliche rechtliche Instrumente und kommt insbesondere eine rechtzeitig eindeutig festgelegte, zeitlich gestaffelte Kombination mehrerer dieser Instrumente in Betracht:

- die finanzielle Förderung der Umrüstung auf LL-Sohle (Abschnitt 12.1.1), die entweder durch eine unmittelbare finanzielle Förderung der Umrüstkosten oder durch die Gewährung von Vorteilen im Rahmen eines lärmabhängigen Trassenpreissystems erfolgen kann;
- die Änderung der lärmbezogenen technischen Anforderungen an Güterwagen, die eingesetzt werden dürfen, so dass die aktuell nur für die Zulassung von Neuwagen geltenden Vorgaben der TSI Noise²⁵⁷ auch auf Bestandsgüterwagen Anwendung finden (Abschnitt 12.1.2);
- der Einsatz ordnungsrechtlicher Instrumente wie etwa Geschwindigkeitsbeschränkungen, zeitliche oder örtliche Durchfahrverbote oder Durchfahrbeschränkungen in besonders lärmbelasteten Gebieten bis hin zu Nachtfahrverboten (Abschnitt 12.1.3);
- ein generelles Verbot des Netzzugangs für nicht auf LL-Sohlen umgerüstete Güterwagen in der EU oder in der Bundesrepublik Deutschland (Abschnitt 12.1.4).

12.1.1 Finanzielle Förderung der Umrüstung auf LL-Sohle

Eines der möglichen rechtlichen Instrumente zur Durchsetzung der Umrüstung auf LL-Sohlen ist die finanzielle Förderung dieser Umrüstung.

Eine finanzielle Förderung kann entweder unmittelbar durch Gewährung von staatlichen oder europäischen Beihilfen zu den Umrüstkosten oder eventuell zusätzlich auch zu den durch eine Umrüstung bedingten erhöhten Betriebskosten erfolgen, oder sie kann durch die Einräumung von finanziellen Vorteilen im Rahmen eines lärmabhängigen Trassenpreissystems erfolgen.

Im Hinblick auf eine unmittelbare Gewährung staatlicher oder europäischer Beihilfen für die Umrüstung auf LL-Sohlen ist insbesondere die Frage der Zulässigkeit solcher Beihilfen nach Unionsrecht, des beihilfefähigen Aufwandes, der möglichen Höhe der zu gewährenden Beihilfen auf nationaler und europäischer Ebene sowie die Berücksichtigung der erhöhten Betriebskosten von LL-Sohlen problematisch.

Im Eisenbahnbinnenmarkt der EU, der grundsätzlich wettbewerblich orientiert ist und in dem auch das unionale Beihilfeverbot der Art. 93, 107 Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV) grundsätzlich Anwendung findet, erscheint systemimmanent eher eine intensivere finanzielle Förderung der Neuanschaffung oder Umrüstung von lärmarmen Güterwagen sowie ebenso eine Förderung von über die Umrüstung auf LL-Sohlen hinausgehenden Lärminderungsmaßnahmen durch die entsprechende Ausgestaltung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems naheliegend.

²⁵⁷ Verordnung 1304/2014/EU der Kommission vom 26. November 2014 über die technische Spezifikationen für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge-Lärm“ (ABl. 2014 Nr. L 356 S. 421).

Im Bereich der Trassenpreisgestaltung kann insbesondere eine Erhöhung der Differenzierung der Benutzungsentgelte zwischen lauten und leisen Güterwagen sowie eine intensivere Berücksichtigung der Lärmemissionen von Einzelwagen, wie sie technisch und abrechnungstechnisch möglicherweise durch Monitoringstationen erleichtert werden kann, erheblich zur Steigerung der finanziellen Attraktivität des Einsatzes lärmarmen Güterwagen beitragen.

Ebenso kann eine Differenzierung der Trassenpreise nach der bereits bestehenden Auslastung und Lärmbelastung bestimmter Strecken oder nach der Anzahl der durch die verursachten Lärmemissionen betroffenen Anwohner der Strecken finanzielle Anreize zur Verlagerung von lautem Güterwagenverkehr auf bisher weniger belastete Strecken geben. Auch kann eine Differenzierung der Trassenpreise im Hinblick auf die Tages- oder Nachtzeit der Nutzung der Eisenbahninfrastruktur zur Steuerung der Lärmemissionen des Güterverkehrs erwogen werden.

Unmittelbare finanzielle Förderung der Umrüstkosten

Eine effektive Minderung der Lärmemissionen des Schienengüterverkehrs kann durch eine direkte finanzielle Förderung entweder des Einsatzes bestimmter lärmmindernder Technologien oder der Einhaltung bestimmter Emissionsgrenzwerte auf der Ebene der Europäischen Union oder der einzelnen Mitgliedstaaten angestrebt werden.

Förderung durch die EU

Die Umrüstung von Güterwagen mit GG-Sohlen auf LL-Sohlen kann unmittelbar durch die EU mit Mitteln aus dem EU-Haushalt gefördert werden.

Eine entsprechende Fördermöglichkeit aus europäischen Mitteln besteht bereits und wird von deutschen Marktteilnehmern genutzt.

Rechtsgrundlage dieser Förderung ist die Unterstützung des Auf- und Ausbaus transeuropäischer Netze durch die EU. Mit der Einführung der Fazilität „Connecting Europe“ (CEF) durch die Verordnung 1316/2013/EU²⁵⁸ wurde für die Jahre 2014-2020 eine Finanzausstattung zum Auf- und Ausbau transeuropäischer Netze in den Bereichen Verkehr, Energie und Telekommunikation in Höhe von rund 33 Mrd. Euro aus den Haushaltsmitteln der EU bereitgestellt.²⁵⁹ Allein auf den Bereich Verkehr entfallen dabei rund 24 Mrd. Euro.²⁶⁰ Bezuschusst werden vor allem Vorhaben zur Modernisierung der europäischen Verkehrsinfrastruktur, zur Schaffung fehlender Verkehrsverbindungen und zur Beseitigung von Engpässen.

Verwaltet wird die CEF federführend von der Europäischen Kommission und der eigens zur Verwaltung der CEF gegründeten Exekutivagentur Innovation und Netzwerke (INEA). Die EU-Mittel sollen den Mitgliedstaaten als Anreiz dienen, entsprechende CEF-Projekte zu realisieren.

²⁵⁸ Verordnung (EU) Nr. 1316/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2013 zur Schaffung der Fazilität „Connecting Europe“, zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 913/2010 und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 680/2007 und (EG) Nr. 67/2010.

²⁵⁹ Vgl. Erwägungsgrund 4 der Verordnung 1316/2013/EU.

²⁶⁰ Vgl. INEA (2016a).

In der Verordnung 1315/2013/EU²⁶¹ wird ergänzend dazu definiert, welche Projekte im Bereich Verkehr gemäß der CEF förderfähig sind. Dazu gehören nach Art. 32 der Verordnung 1315/2013/EU generell auch Vorhaben von gemeinsamem Interesse für nachhaltige Güterverkehrsdienste. Explizit wird in dieser Vorschrift erwähnt, dass auch Vorhaben zur Reduktion negativer Auswirkungen auf die Umwelt förderfähig im Sinne der Finanzierungsverordnung 1316/2013/EU sind. Die Förderung der Umrüstung geräuschintensiver Güterwagen auf geräuscharme Bremstechnologie durch Inanspruchnahme der CEF steht dabei auch nicht in einem Zielkonflikt mit der Verwendung lärmabhängiger Trassenpreissysteme, wie Erwägungsgrund 39 der Finanzierungsverordnung 1316/2013/EU konstatiert.

Die Verordnung 1315/2013/EU legt politisch formulierte Ziele fest, die die Basis für die Mittelverwendung in den Jahren 2014-2020 bilden. Konkretisiert werden diese Ziele durch Mehrjahres- und Jahresarbeitsprogramme²⁶² der Europäischen Kommission, die die förderfähigen CEF-Vorhaben für die Jahre 2014-2020 priorisieren.

Die Europäische Kommission veröffentlicht auf Grundlage dieser Arbeitsprogramme Aufrufe („Calls“) zur Einreichung von Zuwendungsanträgen zur Unterstützung von CEF-Vorhaben. In diesen Aufrufen wird detailliert festgelegt, welche Art von Projekten gefördert wird.

Antragsberechtigt sind sowohl die Mitgliedstaaten der EU als auch Organisationen und Unternehmen, die mit der Zustimmung der betreffenden Mitgliedstaaten tätig werden. Zuständig für die Abwicklung der Anträge entsprechender Organisationen und Unternehmen ist auf deutscher Seite das BMVI.²⁶³

Den Großteil der Gesamtkosten zur Realisierung der CEF-Vorhaben müssen die Mitgliedstaaten jedoch selbst aufbringen. Bezuschusst werden aus beihilferechtlichen Gründen nicht mehr als 50 Prozent der Gesamtkosten eines jeden Projektes. Eine Länderquote oder eine Begrenzungsregelung für Bewerbungen auf die europäischen Zuwendungen gibt es nicht.

Ein regelmäßiger Turnus der Aufrufe ist nicht vorgesehen. Die Frequenz der Aufrufe orientiert sich an den Mehrjahres- bzw. Jahresprogrammen. Gibt es für ein Jahr kein Jahresprogramm, findet auch nicht notwendigerweise ein Aufruf statt. Der erste Aufruf der Europäischen Kommission zur Einreichung von Förderanträgen zur CEF Verkehr wurde am 11. September 2014 veröffentlicht.²⁶⁴ Dieser erste Aufruf umfasste ein Budget von rund 12 Mrd. Euro.²⁶⁵

Wie bereits in Kapitel 10 dargestellt, wurde explizit die Förderung von Vorhaben im Schienengüterverkehr und dabei die Reduzierung des Schienengüterverkehrslärms durch die Umrüstung der Bestandswagen genannt.

²⁶¹ Verordnung (EU) Nr. 1315/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2013 über Leitlinien der Union für den Aufbau eines transeuropäischen Verkehrsnetzes und zur Aufhebung des Beschlusses Nr. 661/2010/EU.

²⁶² Vgl. Europäische Kommission (2014c) und Europäische Kommission (2014d).

²⁶³ Siehe hierzu INEA (2016b).

²⁶⁴ Siehe INEA (2016c).

²⁶⁵ Siehe hierzu INEA (2016c).

Die Europäische Kommission hat am 5. November 2015 einen weiteren Aufruf von Zuschüssen für das Jahr 2016 veröffentlicht.²⁶⁶ In diesem ist jedoch keine erneute Förderung der Umrüstung von Güterwagen des Schienengüterverkehrs auf LL-Sohlen vorgesehen.

Vor diesem Hintergrund erscheint es für eine künftige erneute unmittelbare europäische Förderung der Umrüstung von Güterwagen mit GG-Sohlen auf LL-Sohlen sinnvoll und erforderlich, auf europäischer Ebene darauf hinzuwirken, dass die Europäische Kommission in den nächsten Aufrufen im Rahmen der Fazilität „Connecting Europe“ wiederum die Förderung der Umrüstung lauter Güterverkehrswagen aufnimmt.

Nationale Förderung

Die Umrüstung von Güterwagen mit GG-Sohlen auf LL-Sohlen kann unmittelbar durch die Mitgliedstaaten mit Mitteln aus dem nationalen Haushalt gefördert werden. Ein entsprechendes Fördersystem besteht in der Bundesrepublik Deutschland bereits.

a. Bestehende Förderrichtlinie laTPS

Güterwagenhalter, die einen vorhandenen Güterwagen von lauter auf leise Technik umrüsten, erhalten in Deutschland vom Bund einen laufleistungsabhängigen Bonus beim Einsatz eines umgerüsteten Güterwagens auf dem Streckennetz bundeseigener Eisenbahnen. Die Einzelheiten hierzu regelt die vom BMVI fortgeschriebene Förderrichtlinie „Lärmabhängiges Trassenpreissystem“ vom 17. Oktober 2013.²⁶⁷

Nach § 1 Abs. 1 dieser Förderrichtlinie gewährt der Bund Wagenhaltern, die ihre Bestandsgüterwagen seit dem 09.12.2012 auf eine zugelassene lärmmindernde Technik aus Anlass der Einführung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems für die Nutzung von Schienen der EIU des Bundes umrüsten und diese Wagen auf diesen Schienenwegen einsetzen, einen laufleistungsabhängigen Zuschuss zu den Umrüstkosten. Hierfür stellt der Bund finanzielle Mittel in Höhe von insgesamt maximal 152 Mio. Euro über den gesamten Zeitraum der Laufzeit dieses Förderprogrammes bis zur letztmaligen Auszahlung im Jahr 2021 bereit.

Die Höhe der Zuwendung ist nach § 1 Abs. 3 der Förderrichtlinie auf maximal 50 Prozent der Investitionsmehrkosten begrenzt, die bei der Umrüstung der Bestandsgüterwagen von GG-Sohlen auf LL-Sohlen entstehen. Dabei beträgt der Förderhöchstbetrag nach § 4 Abs. 2 der Förderrichtlinie 211 Euro je Achse und wird als nicht rückzahlbarer Zuschuss gewährt.

Die Laufzeit des Förderprogramms ist nach § 5 der Förderrichtlinie begrenzt, die Zuwendung wird letztmalig im Jahr 2021 für Zuwendungssachverhalte ausgezahlt, die in der Netzfahrplanperiode 2012/2020 begründet wurden.

Dieses Förderprogramm ist nach einer Anmeldung der ersten fünf Jahre des Förderprogramms durch die Bundesrepublik Deutschland als staatliche Beihilfe nach Art. 108 Abs. 3 AEUV unter dem 19.12.2012 von der Europäischen Kommission durch den Beschluss C (2012) 9467 final nach Art. 93 AEUV für einen Zeitraum von fünf Jahren, konkret bis zum 08.12.2017, genehmigt worden. Grundlage dieser Genehmigung ist Art. 93 AEUV, nach dem im Bereich des Verkehrs mit den Verträgen vereinbar

²⁶⁶ Siehe hierzu INEA (2015).

²⁶⁷ Vgl. BMVBS (2013c).

diejenigen Beihilfen sind, die insbesondere den Erfordernissen der Koordinierung des Verkehrs (oder der Abgeltung bestimmter, mit dem Begriff des öffentlichen Dienstes zusammenhängender Leistungen) entsprechen. Den Erfordernissen der Koordinierung des Verkehrs entspricht eine Beihilfe dann, wenn sie notwendig ist, weil in Ermangelung eines Wettbewerbsmarktes oder aufgrund eines Marktversagens ein Ziel von gemeinsamem Interesse ohne sie nicht erreicht würde und wenn sie zusätzlich zur Erreichung des Zieles von gemeinsamem Interesse erforderlich ist, einen Anreizeffekt bewirkt, verhältnismäßig ist, die in Frage stehende Infrastruktur allen Nutzern diskriminierungsfrei zur Verfügung steht und die Beihilfe keine Wettbewerbsverzerrungen bewirkt, die dem gemeinsamen Interesse zuwiderlaufen.²⁶⁸

In ihrer Entscheidung ist die Europäische Kommission vom Vorliegen dieser Voraussetzungen für das in der Förderrichtlinie vorgesehene Förderprogramm ausgegangen und hat dieses aufgrund dessen für einen Zeitraum von 5 Jahren bis zum Dezember 2017 genehmigt.

b. Verlängerung der Förderrichtlinie laTPS über 2017 hinaus

Die Bundesrepublik Deutschland hat im vorstehend geschilderten Beihilfeaufsichtsverfahren bei der Europäischen Kommission zunächst lediglich einen Zeitraum von 5 Jahren ihres innerstaatlich bis zum Jahr 2020 geplanten Förderprogramms laTPS zur Genehmigung gestellt, auch weil in den Eisenbahnleitlinien der Europäischen Kommission²⁶⁹ festgelegt ist, dass angesichts der raschen Veränderungen im Verkehrssektor und somit auch des Koordinierungsbedarfes die Laufzeit jeder Beihilfe, die bei der Kommission zur Genehmigung nach Art. 93 AEUV angemeldet wird, höchstens fünf Jahre betragen darf.²⁷⁰

Gleichzeitig hat die Bundesrepublik Deutschland zum Zeitpunkt der Übermittlung ihrer auf fünf Jahre begrenzten Beihilfeanmeldung zugesagt, die Maßnahme nach Ablauf dieses ursprünglichen Zeitraums für die verbleibenden drei Jahre erneut anzumelden, damit die EU-Kommission nach Art. 97 der Eisenbahnleitlinien eine erneute Prüfung vornehmen und gegebenenfalls einer Verlängerung zustimmen kann.²⁷¹

Damit ist zum einen zur Ermöglichung der weiteren direkten finanziellen Förderung der Umrüstung von Güterwagen mit GG-Sohlen auf LL-Sohlen durch Gewährung eines Wagenhalterbonus erforderlich, diese bislang nur bis zum 08.12.2017 genehmigte Förderung rechtzeitig erneut bei der Europäischen Kommission anzumelden, damit diese über eine Fortführung dieser nationalen deutschen Beihilfe über den 08.12.2017 hinaus bis zum aktuell vorgesehenen Förderende im Jahre 2020 entscheiden kann.

²⁶⁸ Vgl. hierzu im Einzelnen und ausführlicher Europäische Kommission (2012), Randnummern 30 ff.

²⁶⁹ Vgl. Europäische Kommission (2008).

²⁷⁰ So Randnummer 97 der Eisenbahnleitlinien.

²⁷¹ So ausdrücklich Europäische Kommission (2012), Randnummer 46.

- c. Ausweitung des Förderzeitraumes oder des förderfähigen Aufwandes (auch auf die erhöhten Betriebskosten)

Darüber hinaus kommt auch in Frage, zu versuchen, bei der in jedem Fall erforderlichen erneuten beihilferechtlichen Prüfung durch die Europäische Kommission zu versuchen, die Förderung durch Gewährung eines Wagenhalterbonus für die Zukunft partiell zu modifizieren.

aa. Förderzeitraum bis 2022

Zum einen kann hierbei in Betracht kommen, eine Verlängerung des Zeitraumes anzustreben, innerhalb dessen der Wagenhalterbonus gezahlt wird. Dies ist eine Option, die insbesondere dann in Betracht gezogen werden kann, wenn nicht EU- oder deutschlandweit ab 2020 ein Verbot von Güterwagen mit GG-Sohle in Kraft treten wird. In diesem Fall kann es sinnvoll erscheinen, über das Jahr 2020 hinaus einen finanziellen Anreiz für die Umrüstung zu setzen, da dann weiterhin grundsätzlich auch Güterwagen mit GG-Sohle in der Bundesrepublik Deutschland verkehren dürfen, wenn auch möglicherweise mit den noch zu erörternden möglichen trassenpreisrechtlichen und ordnungsrechtlichen Nachteilen gegenüber mit LL-Sohlen ausgestatteten Güterwagen.

Eine derartige Verlängerung des Zeitraumes der Zahlung des Wagenhalterbonus könnte auf europäischer Ebene bei der eh anstehenden Anmeldung und Beantragung der Genehmigung der Fortführung des bisherigen, für fünf Jahre genehmigten deutschen Fördersystems nach Art. 93 AEUV beantragt werden. Für die Beantragung einer Verlängerung des ursprünglich vorgesehenen Förderzeitraumes zu beachten ist angesichts der Fortgeltung der Eisenbahnleitlinien, die bereits für die erste Anmeldung maßgeblich waren, dass im Eisenbahnsektor weiterhin nach Randnummer 97 der Eisenbahnleitlinien die Laufzeit der Beihilfe, die der Kommission notifiziert wird, höchstens fünf Jahre betragen darf, so dass eine Verlängerung zunächst längstens bis zum 08.12.2022 beantragt werden könnte.

bb. Erhöhung des förderfähigen Aufwandes durch Einbeziehung der erhöhten Betriebskosten der LL-Sohlen

Zum anderen kann ebenfalls in Betracht gezogen werden, zu versuchen, bei der Beantragung der erneuten Genehmigung des Wagenhalterbonus eine Ausweitung der beihilfefähigen Kosten durch die Einbeziehung der erhöhten Betriebskosten der LL-Sohlen in die beihilfefähigen Kosten zu erreichen.

Bislang sind die beihilfefähigen Investitionskosten aus der Differenz zwischen den Kosten für die Erstausrüstung eines durchschnittlichen Güterwagens mit Verbundstoffbremssohlen des Typs LL und den im „Ohne-Fall“ entstehenden Kosten bei der Ausrüstung mit Graugussbremssohlen errechnet worden.²⁷² Die Beihilfe erstreckt sich also nicht auf die erwarteten Mehrkosten für umgerüstete Güterwagen wie z.B. die erhöhten Kosten für die Ersatzbeschaffung der Sohlen, den möglicherweise erhöhten Verschleiß der Räder und die verkürzten Inspektionsfristen.²⁷³

²⁷² Vgl. Europäische Kommission (2012). Diese Art der Berechnung der beihilfefähigen Investitionskosten ist in Randnummer 8 der Entscheidung C (2012) 9467 final vom 19.12.2012 ausdrücklich zugrunde gelegt und Gegenstand der Genehmigung geworden.

²⁷³ Vgl. hierzu Europäische Kommission (2012), Randnummer 9.

Fraglich ist, ob eine Einbeziehung der erhöhten Betriebskosten nach den einschlägigen Eisenbahnleitlinien zulässig und damit ein entsprechender deutscher Antrag auf eine entsprechend erweiterte Genehmigung aussichtsreich erscheint.

Bei den durch die Förderrichtlinie laTPS vorgesehenen Beihilfen handelt es sich im Sinne der Eisenbahnleitlinien um Beihilfen zur Förderung der Interoperabilität im Sinne der Randnummer 98 lit. c dieser Richtlinien, nach der im Eisenbahnsektor Beihilfen, die den Erfordernissen der Koordinierung des Verkehrs entsprechen, unter anderem die Form sogenannter Beihilfen zur Förderung der Interoperabilität annehmen können. Als solche Beihilfen benennt Randnummer 98 lit. c der Eisenbahnrichtlinie ausdrücklich Beihilfen, die zur „Verringerung von Lärmemissionen“ gewährt werden, und ordnet diese ausdrücklich als Beihilfen zur Förderung der Interoperabilität ein.

Für Beihilfen zur Förderung der Interoperabilität wiederum gibt Randnummer 106 der Eisenbahnleitlinien vor, dass unter die beihilfefähigen Kosten, sofern sie zu dem Ziel der Koordinierung des Verkehrs beitragen, strecken- und fahrzeugseitige Investitionen zur Verringerung der Lärmemissionen fallen.

Hinsichtlich dieser beihilfefähigen Kosten besteht nach Randnummer 107 lit. c der Eisenbahnleitlinien eine Vermutung für die Notwendigkeit und Verhältnismäßigkeit der Beihilfe, wenn die Förderintensität einen Anteil von 50% der beihilfefähigen Kosten nicht übersteigt.

Hieraus ergibt sich, dass nach den Eisenbahnleitlinien nur die Investitionskosten der Umrüstung von GG-Sohlen auf LL-Sohlen beihilfefähig sind, nicht dagegen eventuelle erhöhte Betriebskosten. Auch die Europäische Kommission hat bei der Genehmigung der ihr vorgelegten Förderrichtlinie im Jahr 2012 ausdrücklich festgestellt, dass die beihilfefähigen Kosten im Rahmen dieser Maßnahme auf die Mehrkosten, also auf die Umrüstungskosten, die zur Erreichung der Lärminderung der Fahrzeuge nötig sind, beschränkt sind.²⁷⁴

Damit erscheint eine Änderung der Förderrichtlinie laTPS in dem Sinne, dass für die Zukunft auch die erhöhten Betriebskosten aufgrund einer Umrüstung auf LL-Sohle in den beihilfefähigen Aufwand einbezogen werden, im Hinblick auf die Eisenbahnleitlinien und auf die anstehende beihilferechtliche Entscheidung der Europäischen Kommission nicht sinnvoll.²⁷⁵

Eine Alternative darstellen könnte die Erhöhung der Beihilfeintensität hinsichtlich der beihilfefähigen Investitionskosten. In Betracht kommen könnte etwa, zu versuchen, eine Genehmigung für eine Förderung der reinen und unzweifelhaft förderfähigen Investitionskosten nicht nur mit 50% der Investitionskosten, sondern beispielsweise mit 60% der Investitionskosten durchzuführen und auf diese Weise bei der Förderintensität mittelbar auch die erhöhten Betriebskosten zu berücksichtigen.

Eine derartige Erhöhung der Förderintensität ist nach den einschlägigen Eisenbahnrichtlinien jedenfalls theoretisch durchaus möglich. Diese sehen nämlich in Randnummer 107 lediglich vor,

²⁷⁴ Hierzu näher Europäische Kommission (2012), Randnummer 41.

²⁷⁵ Zu möglichen Argumenten für eine eventuelle weitere Auslegung des Investitionsbegriffs im Rahmen der Eisenbahnleitlinien vgl. etwa Deutscher Bundestag (2016), Ziffer 2.1.

dass bei einer Förderintensität von 50% der beihilfefähigen Kosten eine Vermutung dafür besteht, dass eine Beihilfe notwendig und verhältnismäßig ist. Dies schließt eine höhere Förderintensität nicht grundsätzlich aus. Allerdings hat nach Randnummer 108 bei Überschreitung der vorstehend angegebenen Förderintensität der Mitgliedstaat nachzuweisen, dass die betreffenden Maßnahmen notwendig und verhältnismäßig sind.

Ob eine derartige Erhöhung der Förderintensität im Hinblick auf die Investitionskosten der Umrüstung von GG-Sohle auf LL-Sohle letztlich durch die EU-Kommission genehmigt werden würde, ist offen. Allerdings erscheint die Wahrscheinlichkeit auch angesichts der neueren EU-Rechtsakte zur Etablierung von lärmabhängigen Trassenpreissystemen eher gering.

cc. Umweltschutz- und Energiebeihilfeleitlinien

Eine weitergehende Beihilfefähigkeit ergibt sich auch nicht aus den Leitlinien für staatliche Umweltschutz- und Energiebeihilfen²⁷⁶, die ebenfalls lediglich die Investitionskosten als beihilfefähig einordnen und hinsichtlich dieser für große Unternehmen lediglich eine Beihilfeintensität von 40% vorsehen.

Hierzu wird teilweise angenommen, im Bereich dieser Leitlinien seien auch die betriebsbedingten Mehrkosten beihilfefähig, und dieses Ergebnis wird aus den Randnummern 70 f. dieser Leitlinien hergeleitet. Diese Annahme geht jedoch fehl, da sich die Randnummern 70 und 71 nicht auf die beihilfefähigen Kosten beziehen, sondern auf die Nettomehrkosten des Unternehmens, das eine zu fördernde Investition vornimmt. Diese Nettomehrkosten sind insofern relevant, als eine Beihilfe dann als auf das erforderliche Minimum beschränkt angesehen wird, wenn sie den Nettomehrkosten entspricht.

Die beihilfefähigen Kosten nach den Umweltschutz- und Energieleitlinien werden aber erst in den Randnummern 72 ff. dieser Leitlinien festgelegt. Hier ist – wie in den Eisenbahnleitlinien – nur noch von den Investitionskosten die Rede.

Selbst bei Zugrundelegung einer anderen Auffassung stünde aber der grundsätzlich vorgesehene Förderhöchstsatz von 40% der Investitionskosten einer weitergehenden Förderung der Umrüstung als nach den Eisenbahnleitlinien entgegen. Dass die EU-Kommission hier zu einer signifikanten Abweichung nach oben bewegt werden könnte, erscheint eher fernliegend.

dd. Ergebnis

Die Umrüstung von Bestandsgüterwagen von GG-Sohle auf LL-Sohle wird in Deutschland aktuell unmittelbar durch Gewährung eines Wagenhalterbonus nach der Förderrichtlinie laTPS finanziell gefördert.

Diese Förderung ist unionsrechtlich bis zum 08.12.2017 genehmigt und damit zulässig. Die Bundesrepublik Deutschland muss rechtzeitig vor Ablauf des Genehmigungszeitraumes eine erneute beihilferechtliche Genehmigung durch die Europäische Kommission beantragen.

Als Zeitraum, für den diese erneute Genehmigung beantragt werden soll, sind aktuell 3 Jahre bis zum Jahr 2020 vorgesehen. Nach den Eisenbahnleitlinien kommt darüberhinausgehend auch ein längerer Zeitraum von bis zu fünf Jahren in Betracht.

²⁷⁶ Vgl. Europäische Kommission (2014e).

Dabei erscheint es naheliegend, die bisherige Begrenzung der beihilfefähigen Kosten auf den Investitionsaufwand der Umrüstung beizubehalten und nicht zu versuchen, diese auch auf erhöhte Betriebskosten auszudehnen, da dies unmittelbar dem Wortlaut der Vorgaben der Eisenbahnrichtlinien und der bisherigen Genehmigung der Förderrichtlinien entspricht.

Versucht werden könnte, die Beihilfeintensität über die 50% der beihilfefähigen Kosten hinaus zu erhöhen, um auf diese Weise der Notwendigkeit stärkerer Anreize für eine Umrüstung aufgrund erhöhter Betriebskosten Rechnung zu tragen. Allerdings entfele in diesem Falle die Vermutungswirkung der Randnummer 107 der Eisenbahnrichtlinien für die Notwendigkeit und Verhältnismäßigkeit der Beihilfeintensität, so dass die Bundesrepublik Deutschland nach Randnummer 108 der Beihilfeleitlinien die Notwendigkeit und Verhältnismäßigkeit der erhöhten Beihilfeintensität nachzuweisen hätte.

Vorteile im Rahmen eines lärmabhängigen Trassenpreissystems

Die Umrüstung von Bestandsgüterwagen von GG-Sohlen auf LL-Sohlen oder entsprechend effiziente Lärmreduktionsmaßnahmen können ebenso durch eine finanzielle Begünstigung von leisen Güterwagen im Rahmen eines lärmabhängigen Trassenpreissystems gefördert werden.

Ein derartiges lärmabhängiges Trassenpreissystem besteht in der Bundesrepublik Deutschland bereits seit 2013. Fraglich ist, ob und inwieweit dieses in der Bundesrepublik bereits bestehende System mit den zwischenzeitlich ergangenen Unionsrechtsakten zur Konkretisierung der Zulässigkeit lärmabhängiger Trassenpreisdifferenzierungen vereinbar ist und inwieweit innerhalb dieses Systems weitergehende finanzielle Anreize als die bisher bereits bestehenden zulässigerweise vorgegeben werden können.

Die Festlegung der jeweils anwendbaren Trassenpreissysteme erfolgt auf der Ebene der Mitgliedstaaten der EU. Für die Mitgliedstaaten bestehen allerdings relativ weitreichende unionsrechtliche Vorgaben, die bei der nationalen Ausgestaltung des lärmabhängigen Trassenpreissystems zu berücksichtigen sind.

Europäisches Recht

Unionsrechtliche Vorgaben für die Entgelte, die in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union für die Nutzung der Eisenbahninfrastruktur erhoben werden dürfen, enthalten die Richtlinie 2012/34/EU²⁷⁷ sowie die auf dieser Grundlage erlassene Durchführungsverordnung 2015/429/EU²⁷⁸.

²⁷⁷ Richtlinie 2012/34/EU des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 21. November 2012 zur Schaffung eines einheitlichen europäischen Eisenbahnraums, ABl. 2012 Nr. L 343 S. 32.

²⁷⁸ Durchführungsverordnung 2015/429/EU der Kommission vom 13. März 2015 zur Festlegung der Modalitäten für die Anlastung der Kosten der Lärmauswirkungen, ABl. 2015 Nr. L 70 S. 36.

a. Richtlinie 2012/34/EU

Die Richtlinie 2012/34/EU löst die Vorgängerrichtlinie 2001/14/EG²⁷⁹ ab. Aufgrund zahlreicher Änderungen und Ergänzungen wurde die Richtlinie 2001/14/EG aus Gründen der Klarheit neu gefasst und gemeinsam mit der Richtlinie 91/440/EWG²⁸⁰ als Richtlinie 2012/34/EU neu erlassen.

Die Richtlinie 2012/34/EU enthält in den Art. 29 bis 37 der Richtlinie normative Vorgaben zur Festsetzung, Berechnung und Erhebung von Wege- und Dienstleistungsentgelten.

Art. 29 der Richtlinie enthält allgemeine Bestimmungen zur Festsetzung, Berechnung und Erhebung von Entgelten im Schienenverkehr. So gibt Art. 29 Abs. 1 UAbs. 1 der Richtlinie vor, dass die Mitgliedstaaten eine Entgeltrahmenregelung schaffen, auf Grundlage derer die Infrastrukturbetreiber nach Art. 29 Abs. 1 UAbs. 4 die Berechnung und Erhebung der Wegeentgelte vornehmen. Die Entgeltregelungen haben nach Art. 29 Abs. 2 und 3 der Richtlinie dabei im gesamten Netz eines Infrastrukturbetreibers auf denselben Grundsätzen zu beruhen, um eine diskriminierungsfreie Bepreisung zur Gewährleistung eines unverfälschten Wettbewerbes zu garantieren. Die Berechnung nach einheitlichen Kriterien bedeutet jedoch nicht, dass die Infrastrukturbetreiber einen identischen Trassenpreis für alle Zugangsberechtigten vorsehen müssen. Systematische Differenzierungen sind unionsrechtlich anerkannt, da die streckenbezogenen Kosten im Schienenverkehrsnetz durchaus unterschiedlich ausfallen können.

Hinzuweisen ist darauf, dass nach den unionsrechtlichen Vorgaben des Art. 29 Abs. 1 UAbs. 1 und 2 durchaus zulässig ist, dass die Mitgliedstaaten selbst einzelne Entgeltregelungen festlegen (und dies nicht dem Infrastrukturbetreiber auf der Grundlage der Entgeltrahmenregelung überlassen), wenn und soweit die Unabhängigkeit der Geschäftsführung gewahrt ist.

Für die Zulässigkeit lärmabhängiger Trassenpreise von besonderer Bedeutung ist Art. 31 der Richtlinie, der die Entgeltgrundsätze festlegt. So ist nach Art. 31 Abs. 3 der Richtlinie das Entgelt für den Zugang zu Schienenwegen grundsätzlich in Höhe der Kosten festzulegen, die unmittelbar aufgrund des Zugbetriebs anfallen. Die Entgelte müssen demnach den Kosten entsprechen, die unmittelbar aufgrund des Zugbetriebes entstehen (Grenzkosten). Allerdings können die Infrastrukturbetreiber ihre Grenzkosten ausnahmsweise um Aufschläge bis zur Grenze der gesamten Vollkosten ergänzen.²⁸¹ Hierzu nennt der Unionsgesetzgeber u.a. die Möglichkeit zur Erhebung von Aufschlägen für Umweltkosten, die aufgrund des Zugbetriebes anfallen. Hierunter sind auch lärmbedingte Gemeinkosten zu subsumieren.

Die wesentlichen unionsrechtlichen Vorgaben zur Anlastung lärmabhängiger Umweltkosten enthält Art. 31 Abs. 5 der Richtlinie. Nach diesem können die Wegeentgelte geändert werden, um den Kosten umweltbezogener Auswirkungen aufgrund des Zugbetriebs Rechnung zu tragen. Weiter gibt diese Norm vor, dass die Änderungen der Wegeentgelte wegen Kosten umweltbezogener Auswirkungen nach Maßgabe der verursachten Auswirkungen differenziert werden müssen.

²⁷⁹ Richtlinie 2001/14/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2001 über die Zuweisung von Fahrwegkapazität der Eisenbahn, die Erhebung von Entgelten für die Nutzung von Eisenbahninfrastruktur und die Sicherheitsbescheinigung, ABl. 2001 Nr. L 75 S. 29.

²⁸⁰ Richtlinie 91/440/EWG des Rates vom 29. Juli 1991 zur Entwicklung der Eisenbahnunternehmen der Gemeinschaft (ABl. 1991 Nr. L 237 S. 25).

²⁸¹ Vgl. Bühlmeier u.a. (2015), Rn. 7-8.

Art. 31 Abs. 5 UAbs. 2 der Richtlinie sieht vor, dass die EU-Kommission, gestützt auf die Erfahrungen der Infrastrukturbetreiber, der Eisenbahnunternehmen, der Regulierungsstellen und der zuständigen Behörden und in Anerkennung bestehender Regelungen über lärmabhängige Wegeentgelte Durchführungsmaßnahmen mit Modalitäten für die Anlastung der Kosten von Lärmauswirkungen einschließlich der Anwendungsdauer und mit Bestimmungen erlässt, die es gestatten, dass bei der Differenzierung der Wegeentgelte gegebenenfalls die Schutzwürdigkeit des betreffenden Gebiets berücksichtigt wird, insbesondere hinsichtlich des Umfangs der betroffenen Bevölkerung und der Zusammensetzung und ihrer Auswirkung auf die Lärmemissionen. In Umsetzung dieser Vorgabe der Richtlinie 2012/34/EU hat die EU-Kommission zwischenzeitlich die Durchführungsverordnung 2015/429/EU erlassen, die die Modalitäten für die Anlastung der Kosten von Lärmauswirkungen im Rahmen dieser Vorgaben der Richtlinie 2012/34/EU festlegt und für die Mitgliedstaaten vorgibt. Auf die konkreteren Vorgaben dieser Durchführungsverordnung wird nachfolgend nach Behandlung der weiteren Vorgaben der Richtlinie 2012/34/EU eingegangen.

Art. 31 Abs. 5 UAbs. 2 gibt am Ende weiter vor, dass die Anlastung der Kosten von Lärmauswirkungen weder zu einer unzulässigen Wettbewerbsverzerrung zwischen den Eisenbahnverkehrsunternehmen führen noch die allgemeine Wettbewerbsfähigkeit des Eisenbahnsektors beeinträchtigen darf. Damit soll gewährleistet werden, dass die lärmabhängigen Wegeentgelte nicht außer Verhältnis zum Ziel des Lärmschutzes erhoben werden, um das Funktionieren eines freien und wirtschaftlichen europäischen Eisenbahnbinnenraumes sicherzustellen.

Weiter bestimmt Art. 31 Abs. 5 UAbs. 3, dass jede Änderung von Wegeentgelten, die dazu dient, die Kosten umweltbezogener Auswirkungen aufgrund des Zugbetriebs in Rechnung zu stellen, die Nachrüstung von Wagen mit der wirtschaftlich sinnvollsten verfügbaren geräuscharmen Bremsstechnik unterstützen soll. Damit koppelt der Unionsgesetzgeber die Erhebung von lärmabhängigen Trassenpreisen mit dem Ziel der Umrüstung der Wagen auf geräuscharme Bremsvorrichtungen und gibt damit die Verwendung der Einnahmen bereits zweckgebunden vor. Weiter konkretisiert wird die Zweckbindung der Einnahmen durch die Kriterien der Wirtschaftlichkeit sowie des Standes der Technik. Damit werden geräuscharme Bremsvorrichtungen, deren praktische Eignung zur Lärmreduktion insgesamt und unter Berücksichtigung ökonomischer Gesichtspunkte als gesichert gilt, gefordert.

Eine weitere wesentliche Bestimmung zur Festlegung lärmabhängiger Trassenpreise normiert Art. 31 Abs. 5 UAbs. 4 der Richtlinie. Dieser legt fest, dass die Anlastung umweltbezogener Kosten, die eine Erhöhung der Gesamterlöse des Infrastrukturbetreibers mit sich bringt, nur dann zulässig ist, wenn auch im Straßengüterverkehr in Einklang mit dem Unionsrecht eine solche Anlastung erfolgt. Hieraus lassen sich zweierlei Dinge ableiten. Einerseits erklärt der Gesetzgeber mit dieser Formulierung und im Zusammenlesen mit Art. 31 Abs. 5 UAbs. 1 der Richtlinie, dass die Anlastung der Umweltkosten nicht als Aufschlag auf die Wegeentgelte erhoben werden darf, um die Gesamterlöse der Infrastrukturbetreiber zu erhöhen. Vielmehr soll der Gesamterlös des Infrastrukturbetreibers bei Erhebung von Entgeltbestandteilen, die den Kosten umweltbezogener Auswirkungen des Zugbetriebs Rechnung tragen, unverändert bleiben, da die Anlastung der Umweltkosten nur bis zur Grenze der Vollkosten erfolgen darf (vgl. insofern auch die Formulierung des Art. 31 Abs. 5 UAbs. 1 der Richtlinie „die Wegeentgelte [...] können geändert werden“). Dies ist dann der Fall, wenn das System insgesamt aufkommensneutral kalkuliert ist.²⁸²

²⁸² Vgl. Bühlmeier u.a. (2015), Rn. 45.

Andererseits ist Art. 31 Abs. 5 UAbs. 4 der Richtlinie zu entnehmen, dass eine Anlastung der Umweltkosten, die zu einer Erhöhung der Gesamterlöse führt, ausnahmsweise zulässig sein kann, wenn auch im Straßenverkehr des entsprechenden Mitgliedstaates in Einklang mit Unionsrecht eine solche Anlastung in vergleichbarer Höhe erfolgt. Führt die Anlastung umweltbezogener Kosten also zu einer Änderung der Erlöse des Infrastrukturbetreibers, ist dies nur unionsrechtskonform, soweit im jeweiligen Mitgliedstaat eine entsprechende Anlastung im Straßenverkehr besteht. Negativ formuliert: Erfolgt in einem Mitgliedstaat im Straßenverkehr keine entsprechende Anlastung umweltbezogener Kosten, darf die Anlastung des Schienenverkehrslärms nicht zu Mehrerlösen beim Infrastrukturbetreiber führen. So sollen Verlagerungen des Schienengüterverkehrs auf die Straße vermieden werden und die Wettbewerbsfähigkeit des Schienengüterverkehrs gewährleistet werden. Luft- und Wasserwege werden im Vergleich zur Vorgängerrichtlinie aufgrund des expliziten Wortlautes nicht mehr als konkurrierende Verkehrsträger wahrgenommen. Art. 31 Abs. 5 UAbs. 5 der Richtlinie ergänzt hierzu, dass im Falle der Erhöhung der Gesamterlöse durch die Berücksichtigung der Umweltkosten die Mitgliedstaaten über die Verwendung dieser zusätzlichen Erlöse zu befinden haben.

Insgesamt enthält die Richtlinie 2012/34/EU damit die grundlegenden Vorgaben über die Festlegung, Berechnung und Erhebung von Entgelten generell und über die Möglichkeiten der Einrichtung und Ausgestaltung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems. Gleichzeitig ermächtigt und verpflichtet sie die Kommission zum Erlass einer entsprechenden konkretisierenden Durchführungsverordnung.

b. Durchführungsverordnung 2015/429/EU

In der Durchführungsverordnung 2015/429/EU konkretisiert die Europäische Kommission die Modalitäten für die Anlastung der Kosten von Lärmauswirkungen auf Grundlage der Richtlinie 2012/34/EU. Die Verordnung fördert schwerpunktmäßig die Umrüstung der Güterfahrzeuge auf geräuscharme Bremstechnologien und will es ermöglichen, die mit der Installation von geräuscharmen Bremssohlen verbundenen Kosten zu erstatten (vgl. Erwägungsgrund 2 der Verordnung).

Die Verordnung ist nach Art. 1 Abs.1 der Verordnung anzuwenden, wenn sich ein Mitgliedstaat im Rahmen der von ihm festzulegenden Entgeltrahmenregelung zur Einführung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems entschieden hat. In diesem Fall haben die Infrastrukturbetreiber die Modalitäten für die Anlastung der Kosten der Lärmauswirkungen von Güterfahrzeugen zu beachten, wie sie in der Verordnung festgelegt sind.

Systeme, die bereits vor Inkrafttreten der Verordnung zum 16. Juni 2015 bestanden, können nach Art. 11 Abs. 1 der Verordnung längstens bis zum 10. Dezember 2016 fortgeführt werden.

Bis zum 11. Dezember 2016 sind die bestehenden Systeme sodann entweder in Einklang mit den Modalitäten der Verordnung zu bringen, oder die bestehenden Systeme dürfen nicht länger angewendet werden und sind durch ein der Verordnung entsprechendes System zu ersetzen.

Art. 3 Abs. 2 der Verordnung legt fest, dass die in den Mitgliedstaaten auf der Grundlage dieser Verordnung eingeführten Systeme lärmabhängiger Trassenpreise bis zum 31. Dezember 2021 gelten. Zugleich ist bereits in Art. 10 der Verordnung eine Überprüfung der Umsetzung der Systeme und ihrer Auswirkungen durch die Europäische Kommission bis zum 31. Dezember 2018 sowie gegebenenfalls eine Änderung der Verordnung vorgesehen.

aa. Bonus für nachgerüstete Wagen

Art. 4 der Verordnung enthält Bestimmungen zur Bonuszahlung der Infrastrukturbetreiber an die Eisenbahnverkehrsunternehmen. Dabei wird in Art. 4 Abs. 1 vorgegeben, dass die Infrastruk-

turbetreiber einen Bonus für Eisenbahnunternehmen, die nachgerüstete Wagen verwenden, einführen. Diese „Wagenboni“ müssen dabei nach Art. 4 Abs. 1 und 5 der Verordnung im gesamten Netz des Infrastrukturbetreibers gleich bemessen sein und für jeden nachgerüsteten Wagen für mindestens ein Jahr lang gelten. Sie werden nach Art. 4 Abs. 2 anhand der Anzahl der Achsen eines Wagens laufleistungsabhängig berechnet.

Dies bedeutet, dass der Unionsgesetzgeber durchaus strukturelle Unterschiede zwischen den einzelnen Infrastrukturnetzen im europäischen Eisenbahnbinnenraum anerkennt und den Betrag der nach der Verordnung vorgesehenen Boni aus diesen Gründen bewusst nicht harmonisiert. Art. 4 Abs. 3 der Verordnung legt lediglich einen Mindestwert für die Bonuszahlungen in Höhe von 0,0035 Euro je Achse/km fest.

Beachtenswert ist insbesondere auch Art. 4 Abs. 4 der Verordnung, der exemplarisch weitere Umstände anführt, die der Infrastrukturbetreiber bei der Festsetzung der Höhe der Boni berücksichtigen kann. Hier genannt werden die Inflation, die Kilometerleistung der Wagen und – hier ausdrücklich – die mit dem Einsatz von nachgerüsteten Wagen verbundenen Betriebskosten. Hier, im Rahmen der Vorgaben für die Ausgestaltung des lärmabhängigen Trassenpreissystems, sieht also das maßgebliche Unionsrecht ausdrücklich auch die Möglichkeit der Berücksichtigung erhöhter Betriebskosten bei der Festlegung der Boni für nachgerüstete Wagen vor.

Hervorzuheben ist, dass die Regelungen der Durchführungsverordnung 2015/429/EU weder ausdrücklich noch konkludent eine bestimmte Begrenzung der Höhe der zulässigen Boni festlegen.

Schon im – rechtlich nicht unmittelbar verbindlichen - Erwägungsgrund 15 der Verordnung wird ausgeführt, dass der in der Verordnung ausdrücklich festgelegte Mindestbonus in Höhe von 0,0035 Euro pro Achskilometer nach den Grundlage der für die Kommission angefertigten Studien einen Anreiz für die Nachrüstung eines Wagens bieten sollte, der über einen Zeitraum von sechs Jahren jährlich eine Strecke von 45.000 km zurücklegt, da damit 50% der einschlägigen Kosten abgedeckt werden. Unmittelbar in diesem Zusammenhang führt der Erwägungsgrund 15 dann aus:

„Da davon auszugehen ist, dass der Betrieb eines Wagens mit Verbundstoff-Bremssohlen mit höheren Kosten verbunden ist, und ein Wagen in der Praxis auch weniger als 45.000 km pro Jahr zurücklegen kann, könnte der Bonusbetrag entsprechend erhöht werden.“

Ausdrücklich wird also in Erwägungsgrund 15 bereits angesprochen, dass eine Erhöhung des Bonus für nachgerüstete Wagen über den festgelegten Mindestbetrag hinaus einerseits zur Berücksichtigung der höheren Betriebskosten eines Wagens mit Verbundstoff-Bremssohlen zulässig sein soll, andererseits ebenso ein höherer Bonus auch deshalb in Betracht kommen kann, weil der Berechnung des Mindestbonus eine angenommene jährliche Fahrleistung von 45.000 km zugrundeliegt, in der Realität aber offensichtlich auch erheblich abweichende Fahrleistungen möglich sind, die erheblich höhere Boni erforderlich machen, um hinreichende Nachrüstungsanreize zu setzen.

Darüber hinaus bedeutsam ist, dass im gesamten rechtsverbindlichen Teil der Durchführungsverordnung 2015/429/EU nirgends verbindlich eine bestimmte Obergrenze für die Boni für nachgerüstete Wagen normiert wird. Vielmehr benennt die Verordnung lediglich in Art. 4 Abs. 4 bestimmte Umstände, die bei der Festsetzung der Höhe der Boni berücksichtigt werden dürfen,

nämlich die Inflation, die Kilometerleistung sowie die mit dem Einsatz der Wagen verbundenen Betriebskosten. Diese Benennung ist jedoch nach dem Wortlaut der Regelung nicht abschließend, und auch im Übrigen regelt die Verordnung keine weitere ausdrückliche Begrenzung der Höhe der zulässigen Boni.²⁸³

bb. Weitere Boni

Neben den vorstehend behandelten zwingend vorgesehenen Boni für nachgerüstete Güterwagen nach Art. 4 der Verordnung sieht diese verschiedene Möglichkeit vor, innerhalb eines lärmabhängigen Trassenpreissystems weiter zu differenzieren.

Dabei gibt die Verordnung die Möglichkeit einer weiteren Differenzierung durch mögliche Boni für geräuscharme Züge, für sehr leise Wagen und Lokomotiven sowie durch einen Malus für geräuschintensive Züge vor.

Die Definition der hier verwendeten Begriffe erfolgt in den Begriffsbestimmungen der Verordnung in Art. 2, nach denen gilt:

(...) 3. „geräuscharme Wagen“ bezeichnet neue oder vorhandene Wagen, die die in der TSI Noise aufgeführten einschlägigen Lärmgrenzwerte erfüllen; 4. „geräuschintensive Wagen“ bezeichnet Wagen, die die in der TSI Noise aufgeführten einschlägigen Lärmgrenzwerte nicht erfüllen; 5. „geräuschintensiver Zug“ bezeichnet einen Zug, der zu mehr als 10% aus geräuschintensiven Wagen besteht; 6. „geräuscharmer Zug“ bezeichnet einen Zug, der zu mindestens 90% aus geräuscharmen Wagen besteht; 7. „sehr leise Wagen und Lokomotiven“ bezeichnet Wagen und Lokomotiven, deren Lärmemissionen mindestens 3 dB unter den in der TSI Noise festgelegten einschlägigen Werten liegen; (...)

Optional können die Infrastrukturbetreiber nach Art. 5 der Verordnung einen Bonus für Eisenbahnverkehrsunternehmen einführen, die geräuscharme Züge verwenden, d.h. für solche Züge, die zu mindestens 90 Prozent aus geräuscharmen Wagen bestehen. Falls ein solcher Zugbonus eingeführt wird, ist er nach Art. 5 Abs. 2 auf jeden geräuscharmen Zug anzuwenden.

Dieser optionale „Zugbonus“ darf dabei nach Art. 5 Abs. 3 der Verordnung höchstens 50 Prozent des Gesamtwertes der auf nachgerüstete Wagen des Zuges anzuwendenden Boni betragen. Eine Kumulation von Wagen- und Zugbonus ist nach Art. 5 Abs. 4 der Verordnung möglich. Mit dieser Vorschrift soll ein zusätzlicher Anreiz gesetzt werden, nicht nur einzelne geräuscharme Wagen in einem Zug einzusetzen, was den Zug insgesamt immer noch als laut erscheinen lässt, sondern den Zug möglichst weitgehend mit leisen Wagen zu bestücken.

Art. 6 der Verordnung sieht einen weiteren optionalen Bonus für sehr leise Wagen und Lokomotiven vor. Auch dieser Bonus darf entsprechend dem Zugbonus nach Art. 5 der Verordnung höchstens 50 Prozent des nach Art. 4 berechneten, auf nachgerüstete Wagen anzuwendenden Bonus betragen. Er ist auf jeden sehr leisen Wagen und jede sehr leise Lokomotive anzuwenden. Dabei soll sich der Betrag des Bonus für jeden sehr leisen Wagen und jede sehr leise Lokomotive

²⁸³ Zu beachten ist bei der Festsetzung der Höhe des Bonus für nachgerüstete Wagen allenfalls, dass nach Art. 1 Abs. 4 der Verordnung die Differenzierung der Wegeentgelte unbeschadet der Anwendung der Vorschriften über staatliche Beihilfen gilt.

proportional zum Wert der Unterschreitung der einschlägigen Grenzwerte verhalten. Eine Kumulation mit den Wagen- und Zugboni der Art. 5 und 6 der Verordnung ist ebenfalls möglich.

Neben den zwingenden und optionalen Bonuszahlungen sieht die Verordnung 2015/429/EU schließlich in ihrem Art. 7 auch die Möglichkeit der Einführung von Maluszahlungen für geräuschintensive Züge vor. Derartige Maluszahlungen können optional in die Systeme integriert werden, sind also nicht obligatorisch vorgesehen. Werden sie eingeführt, sind sie auf jeden geräuschintensiven Zug anzuwenden.

Die Gesamtsumme der während der Anwendungsdauer des Systems gezahlten Mali darf dabei nach Art. 7 Abs. 3 der Verordnung nicht höher sein als die Summe der nach den Art. 4, 5 und 6 gezahlten Wagen- und Zugboni. Eine Ausnahme von dieser Regelung ist nach Art. 7 Abs. 4 der Verordnung in Mitgliedstaaten möglich, welche die Kosten der Lärmauswirkungen des Straßengüterverkehrs im Einklang mit Unionsrecht auf vergleichbare Weise anlasten. Besteht ein derartiges System für den Straßengüterverkehr, können die Mitgliedstaaten nach Art. 7 Abs. 5 der Verordnung einen Malus auch nach Ende der Laufzeit ihres Trassenpreissystems anwenden oder erstmalig einführen.

Die Art. 8 und 9 der Verordnung enthalten administrative Bestimmungen zur Verwaltung und Notifizierung der Systeme.

c. Ergebnis

Insgesamt liegt mit der Durchführungsverordnung 2015/429/EU der Kommission nunmehr erstmalig ein umfassender, einheitlicher und relativ konkreter unionsrechtlicher Rechtsrahmen für die Einführung und Gestaltung von lärmabhängigen Trassenpreissystemen in den Mitgliedstaaten vor.

Die in all ihren Teilen verbindliche, unmittelbar in den Mitgliedstaaten geltende Verordnung gibt für ein solches System verbindlich die Einführung eines Bonus für Eisenbahnunternehmen, die nachgerüstete Wagen verwenden, vor und eröffnet die Möglichkeit einer weiteren Differenzierung im Trassenpreissystem durch optionale Zugboni für geräuscharme Züge und Boni für sehr leise Wagen und Lokomotiven sowie einen Malus für geräuschintensive Züge. Im Hinblick auf die Höhe der Boni wird konkret lediglich ein Mindestwert für den Bonus für nachgerüstete Wagen festgelegt, die Höhe der zulässigen optionalen Boni und des Malus wird relativ zu dem Bonus für nachgerüstete Wagen begrenzt.

In der Verordnung vorgesehen ist eine Begrenzung der Laufzeit der Systeme lärmabhängiger Trassenpreise bis zum Jahr 2021, aber zugleich auch bereits eine Überprüfung der Verordnung durch die Europäische Kommission bis zum 31. Dezember 2018.

Nationales Recht

Nationale Vorgaben für die Entgelte, die in der Bundesrepublik für die Nutzung der Eisenbahninfrastruktur erhoben werden dürfen, enthalten das Allgemeine Eisenbahngesetz (AEG)²⁸⁴ und, wesentlich konkreter, die Eisenbahninfrastruktur-Benutzungsverordnung²⁸⁵.

a. AEG

²⁸⁴ Allgemeines Eisenbahngesetz vom 27. Dezember 1993 (BGBl. I S. 2378) mit Stand vom 28. Mai 2015.

²⁸⁵ Eisenbahninfrastruktur-Benutzungsverordnung vom 3. Juni 2005 (BGBl. I S. 1566) mit Stand vom 22. Dezember 2011.

Das AEG als formelles Bundesgesetz dient gemäß seiner Zielsetzung in § 1 Abs. 1 AEG der Gewährleistung eines sicheren Betriebs der Eisenbahn und eines attraktiven Verkehrsangebotes auf der Schiene sowie der Sicherstellung eines wirksamen und unverfälschten Wettbewerbs auf der Schiene. Weiterhin dient das AEG der Umsetzung oder Durchführung von europäischen Rechtsakten im Bereich des Eisenbahnrechts.

Das AEG enthält lediglich grundlegende Bestimmungen zur Gestaltung der Eisenbahninfrastruktur und der Trassenentgelte. Spezielle Bestimmungen zu lärmbedingten Trassenpreisen sind im AEG nicht enthalten.

Die Nutzung der Infrastruktur und die Gestaltung der Entgelte für die Nutzung der Netze sind in den §§ 14 bis 14g AEG geregelt.

§ 14 AEG normiert das Netzzugangsrecht. Die Infrastrukturbetreiber sind demnach verpflichtet, die diskriminierungsfreie Benutzung ihrer Infrastruktur zu gewähren und die Infrastrukturleistungen diskriminierungsfrei zu erbringen. Demnach darf kein Eisenbahnverkehrsunternehmen ohne sachlichen Grund eine Ungleichbehandlung bei gleichgelagerten Sachverhalten erfahren. Dies bedeutet, dass nicht nur das „Ob“ des Netzzuganges, sondern auch das „Wie“ des Netzzuganges im Einklang mit unionsrechtlichen Wettbewerbsgrundsätzen und den Marktfreiheiten erfolgen muss. Die Einzelheiten des Netzzugangsanspruches ergeben sich aus der EIBV, die auf Grundlage des § 26 Abs. 1 AEG erlassen wurde.

§ 14 Abs. 4 AEG enthält allgemein gehaltene Vorgaben zu den Trassenentgelten. Gemäß § 14 Abs. 4 S. 1 AEG haben Betreiber von Schienenwegen ihre Entgelte nach Maßgabe der EIBV so zu bemessen, dass die Entgelte die insgesamt durch die zu erbringenden Pflichtleistungen nach § 14 Abs. 4 S. 1 AEG verursachten Kosten (zuzüglich Rendite) ausgleichen. Hierin wird im Zusammenlesen mit § 14 Abs. 4 S. 2 AEG eine deutlich formulierte Pflicht zur Deckung derjenigen Kosten formuliert, die unmittelbar aufgrund des Zugbetriebes anfallen.

Allerdings ist diese Kostendeckungspflicht auf diejenigen Kosten bezogen, die aus der Erbringung von Pflichtleistungen entstehen. Damit sind gerade nicht die Gesamtkosten der Infrastrukturbetreiber auszugleichen, sondern nur die Kosten, die bei der Erbringung der Leistungen nach Anlage 1 Punkt Nr. 1 zur EIBV entstehen.

§ 14 Abs. 4 S. 2 AEG sieht jedoch weiter vor, dass die Infrastrukturbetreiber zusätzlich Aufschläge auf die Kosten, die unmittelbar auf Grund des Zugbetriebs anfallen, erheben können. Der Infrastrukturbetreiber kann also ausnahmsweise auch zur Deckung der Gesamtkosten Aufschläge auf die unmittelbar aufgrund des Zugbetriebs anfallenden Kosten erheben.

§ 14 Abs. 4 S. 2 AEG legt weiter fest, dass der Infrastrukturbetreiber für seine Leistungen je nach Marktsituation für einzelne Marktsegmente unterschiedliche Entgelte erheben darf, Differenzierungen also durchaus möglich sind. Seine Grenzen findet die Möglichkeit der Erhebung dieser Aufschläge zum einen nach § 14 Abs. 4 S. 2 AEG in der Wettbewerbsfähigkeit des Schienengüterverkehrs. Zum anderen darf nach § 14 Abs. 4 S. 3 AEG die Höhe der Entgelte, die aufgrund der durch § 14 Abs. 4 S. 2 AEG möglichen zusätzlichen Aufschläge berechnet wird, bezogen auf ein Marktsegment nicht die Kosten übersteigen, die unmittelbar aufgrund des Zugbetriebs anfallen (zuzüglich Rendite).

Damit sieht das AEG grundsätzlich nicht die Erhebung umweltbezogener Aufschläge vor. Allerdings können gemäß § 14 Abs. 4 S. 4 Nr. 1 AEG in der EIBV Ausnahmen von den Regelungen der Entgelterhebung gemacht werden. Es sollen demnach unter den eigentlichen Kosten des Zugbetriebes (zuzüglich

Rendite) liegende Trassenpreise ermöglicht werden.²⁸⁶ Dies ist auch darin begründet, dass das AEG keine entgegenstehende Regelung zur Berücksichtigung von Umweltkosten trifft.

Weitere Bestimmungen zur Gestaltung der Entgelte sind im AEG nicht enthalten.

b. EIBV

Die EIBV wurde ursprünglich zur Umsetzung der Richtlinie 2001/12/EG erlassen und ist seit 2005 im Wesentlichen unverändert in Kraft. Eine Anpassung an die Nachfolgerichtlinie 2012/34/EU ist bisher nicht erfolgt, die EIBV wurde zuletzt 2008 geändert. Die europarechtlichen Vorgaben der Richtlinie 2012/34/EU sowie der Durchführungsverordnung 2015/429/EU stehen im Rang über der EIBV. Diese ist damit lediglich noch zur Konkretisierung der Bestimmungen des § 14 AEG maßgeblich. Grundsätze zur Verwendung von Wegeentgelten finden sich in den §§ 20 bis 24 EIBV.

§ 20 EIBV beschäftigt sich vorwiegend mit der Auswirkung von Investitionen Dritter in die Schienenwege auf die Entgeltberechnung sowie mit der Zusammenarbeit mit außereuropäischen Betreibern von Schienenwegen bei der Gestaltung der Entgelte. Die Vorschrift ist daher für die vorliegende Betrachtung von untergeordneter Bedeutung.

§ 21 EIBV enthält normative Grundsätze für die Entgelterhebung und ist das Kernstück der verordnungsrechtlichen Entgeltvorschriften der EIBV.

Wesentliche Vorgaben für Umweltaufschläge enthält § 21 Abs. 2 EIBV. § 21 Abs. 2 S. 1 EIBV regelt die Zulässigkeit der Erhebung von optionalen Aufschlägen zur Deckung der Kosten umweltbezogener Auswirkungen des Zugbetriebs. Diese Regelung entspricht den gemeinschaftlichen Vorgaben zur Berücksichtigung von Umweltkosten, die nicht im AEG Erwähnung finden. Unter die Kosten umweltbezogener Auswirkungen fallen auch Kosten lärmreduzierender Maßnahmen. Dabei gilt es nach § 21 Abs. 2 S. 1 EIBV, nach der Größenordnung der verursachten Auswirkungen zu differenzieren. Dies bedeutet, dass die lärmabhängigen Trassenpreise im Verhältnis zum verursachten Lärm stehen müssen, mithin geringe externe Effekte mit geringen Aufschlägen belastet werden und umgekehrt.²⁸⁷ Der Bepreisung muss demnach im Ergebnis eine sachlich gerechtfertigte Berechnung zu Grunde liegen.

§ 21 Abs. 2 S. 2 EIBV verlangt weiter, dass die Höhe des Gesamterlöses des Infrastrukturbetreibers durch die lärmbedingten Trassenpreise nicht verändert werden darf. Diese Vorschrift entspricht den europarechtlichen Vorgaben des Art. 31 Abs. 5 der Richtlinie 2012/34/EU und wiederholt den Grundsatz, dass die Anlastung der Umweltkosten zwar über die Grenzkosten, nicht aber über die Gesamtkosten des Infrastrukturbetreibers hinaus erhoben werden dürfen. Das bedeutet, dass der Gesamterlös des Infrastrukturbetreibers bei Erhebung von Entgeltbestandteilen, die den Kosten umweltbezogener Auswirkungen des Zugbetriebs Rechnung tragen, unverändert bleiben muss.

§ 21 Abs. 6 EIBV verlangt, dass die Entgelte gegenüber jedem Zugangsberechtigten in gleicher Weise zu berechnen sind. Damit wird die diskriminierungsfreie Gestaltung der Trassenpreissysteme wiederholt.

Weitere Vorgaben bezüglich der Verwendung lärmabhängiger Trassenpreise sind im EIBV nicht enthalten.

²⁸⁶ Vgl. Kramer (2012), § 14.

²⁸⁷ So auch Bühlmeier u.a. (2015), Rn. 45.

c. Bisherige Trassenpreisgestaltung in der Bundesrepublik

Die Funktions- und Wirkungsweise des lärmabhängigen Trassenpreissystems wurde bereits in Kapitel 10 ausführlich erläutert. Die folgenden Ausführungen beschränken sich daher auf die konkrete Ausgestaltung des deutschen Trassenpreissystems.

Das lärmabhängige Trassenpreissystem der DB Netz AG wendet sich unmittelbar an die Eisenbahnverkehrsunternehmen. Für diese sieht das laTPS einen Zuschlag auf den Trassenpreis für laute Güterzüge vor, welcher ab dem 1. Juni 2013 erstmals erhoben wurde. Leise Güterzüge zahlen keinen Zuschlag, wenn ein entsprechender Nachweis per Selbstdeklaration erbracht wird. Ein Zug gilt per Definition als leise, wenn er zu mindestens 90 Prozent aus leisen Wagen besteht.

Aus den Einnahmen der Zuschläge auf den Trassenpreis wird den Eisenbahnverkehrsunternehmen als zusätzlicher Anreiz zum Umbau von Bestandsgüterwagen auf lärmarme Bremstechnologien ein leistungsabhängiger Bonus für den Umbau ausgezahlt. Finanziert wird der Bonus über den lärmabhängigen Trassenpreiszuschlag für laute Güterzüge. Die Höhe des Zuschlags richtet sich nach der jeweils gültigen Liste der Entgelte für Trassen, Zusatz- und Nebenleistungen.

Die Entgeltgrundsätze für das lärmabhängige Trassenpreissystem sind im Einzelnen in den Schienennetz-Benutzungsbedingungen²⁸⁸ der Deutsche Bahn Netz AG festgelegt. Die Schienennetz-Benutzungsbedingungen entsprechen der Vorgabe des § 4 EIBV und enthalten die für das Schienenverkehrsnetz geltenden Zugangs- und Nutzungsbedingungen. Kapitel 6 der Schienennetz-Benutzungsbedingungen regelt die Entgeltgrundsätze für Pflicht-, Zusatz- und Nebenleistungen. Die konkreten Entgelte sind in jährlich angepassten Entgeltlisten der DB Netz AG aufgeführt.²⁸⁹

Die Trassenpreise gelten gegenüber jedem Eisenbahnverkehrsunternehmen in gleicher Weise. Die Höhe der Trassenpreise bildet entsprechend den gesetzlichen Vorgaben des § 21 Abs. 1 EIBV alle Pflichtleistungen der Infrastrukturbetreiberin ab. Das Trassenentgelt ist gemäß Ziff. 6.2.1 der Schienennetz-Benutzungsbedingungen abhängig von folgenden Einflussgrößen:

- einer nutzungsabhängigen Komponente,
- einer leistungsabhängigen Komponente,
- einer lärmabhängigen Entgeltkomponente sowie
- einer sonstigen Entgeltkomponente.

Ziff. 6.2.4 der Schienennetz-Benutzungsbedingungen enthält nähere Bestimmungen zur lärmabhängigen Entgeltkomponente. Gemäß dieser Ziffer werden die lärmbezogenen Auswirkungen im Trassenpreissystem derart berücksichtigt, dass laute Güterzüge einen Zuschlag zum Trassenpreis entrichten müssen. Der Zuschlag für laute Güterwagen liegt zum Netzfahrplanwechsel 2015/2016 bei 2,5 Prozent, zum 11. Dezember 2016 wird der Zuschlag auf 3,0 Prozent erhöht. Dabei findet jedoch keine wagenbezogene Berechnung statt, „da letztendlich die Konfiguration des gesamten Zugverbands für die Lärmwirkung maßgeblich ist.“

²⁸⁸ Vgl. DB Netz AG (2015), Kapitel 6, S. 55 ff.

²⁸⁹ Die Liste der Entgelte für Trassen ist abrufbar unter http://fahrweg.dbnetze.com/fahrweg-de/produkte/trassen/trassenpreise/trassenpreise_2016.html.

Die aus dieser lärmabhängigen Komponente erzielten Erlöse werden genutzt, um den Eisenbahnverkehrsunternehmen mit einem lärmabhängigen Bonus einen Anreiz zu setzen, umgerüstete Güterwagen einzusetzen. Allgemein gesprochen wird der Bonus für nachgerüstete Wagen anhand der Anzahl der Achsen eines Wagens und der Anzahl der zurückgelegten Kilometer berechnet. Zum Netzfahrplanwechsel 2015/2016 erhalten die Eisenbahnverkehrsunternehmen für den Einsatz eines umgerüsteten Güterwagens einen laufleistungsabhängigen Bonus in Höhe von 0,005 Euro pro Achskilometer (maximal 211 Euro/Achse). Dabei wird die Höhe der Boni so bemessen, „dass den bei den Wagenhaltern entstehenden Umrüstmehrkosten und den hieraus entstehenden Mehrkosten der Eisenbahnverkehrsunternehmen Rechnung getragen wird und diese kompensiert werden.“ Die Höhe des jährlichen Bonusanspruchs der Eisenbahnverkehrsunternehmen richtet sich nach folgenden fünf Einflussgrößen:

- Anzahl der bonusberechtigten Güterwagen,
- anteilige durchschnittliche Mehrkosten der Umrüstung auf lärm mindernde Technologien [Referenzsohle: LL-Sohle],
- Anzahl der Achsen,
- voraussichtliche Laufleistung auf den Schienenwegen der DB Netz AG im Geltungsbereich des AEG sowie
- definierte Laufleistung zur Amortisation der anteiligen Umrüstkosten.

Ausgestaltungsmöglichkeiten

Fraglich ist zunächst, ob das bisherige deutsche lärmabhängige Trassenpreissystem nach dem Erlass der Durchführungsverordnung 2015/429/EU der Kommission nunmehr an die Vorgaben dieser Regelung zur Festlegung der Modalitäten für die Anlastung der Kosten von Lärmauswirkungen angepasst werden muss. Weiter stellt sich die Frage, ob die europäischen Vorgaben weiteren Spielraum für eine intensivere Förderung der Nachrüstung von Güterwagen von GG-Sohle auf LL-Sohle eröffnen.

a. Erforderlichkeit einer Anpassung des deutschen Trassenpreissystems

Zwingend gibt die Verordnung lediglich vor, dass in einem lärmabhängigen Trassenpreissystem nach Art. 4 ein Bonus für nachgerüstete Wagen eingeführt werden muss, dessen Höhe im gesamten Netz des Infrastrukturbetreibers gleich sein und für jeden nachgerüsteten Wagen gelten muss. Weiter ist vorgegeben, dass die Höhe des Bonus anhand der Anzahl der Achsen eines Wagens und der Anzahl der zurückgelegten Kilometer berechnet wird sowie mindestens 0,0035 Euro je Achse/km betragen muss. All diesen zwingenden Vorgaben der Verordnung entspricht das deutsche Trassenpreissystem.

Im Hinblick auf die lärmabhängige Entgeltkomponente des deutschen Trassenpreissystems gibt die Verordnung in ihrem Art. 7 vor, dass die Infrastrukturbetreiber einen Malus für geräuschintensive Züge einführen können. Ein geräuschintensiver Zug ist gegeben, wenn dieser zu mehr als 10% aus geräuschintensiven Wagen besteht, die die in der TSI Noise aufgeführten einschlägigen Lärmgrenzwerte nicht erfüllen; ebendies ist die im deutschen Trassenpreissystem verwendete Definition.

Weiter zu beachten ist, dass die Gesamtsumme des während der Anwendungsdauer des Systems gezahlten Höhe der Mali nicht höher sein darf als die Summe der Boni. Dies ist im deutschen lärmabhängigen Trassenpreissystem dadurch sichergestellt, dass der Gesamtertrag der lärmabhängigen Trassenpreisbestandteile für die Gewährung der Boni für nach gerüstete Wagen aufgewendet wird.

Damit ist das aktuelle deutsche Trassenpreissystem mit den Vorgaben der Durchführungsverordnung 2015/429/EU vereinbar und muss nicht aus europarechtlichen Gründen verändert werden.

b. Weiterer Gestaltungsspielraum für eine intensivere Förderung der Umrüstung

Fraglich ist weiter, ob die Vorgaben der Verordnung 2015/429/EU für das bereits bestehende deutsche Trassenpreissystem weiteren Spielraum für eine intensivere Förderung der Nachrüstung von Güterwagen von GG-Sohle auf LL-Sohle eröffnen.

Solcher Spielraum besteht in mehrfacher Hinsicht: Zum einen sieht Art. 5 der Verordnung die Möglichkeit der Einführung eines Zugbonus für Eisenbahnverkehrsunternehmen vor, die in einem Zug mindestens 90 Prozent geräuscharme Wagen verwenden. Wie oben bereits erläutert, darf dieser Zugbonus dabei nach Art. 5 Abs. 2 der Verordnung bis zu 50 Prozent des Gesamtwertes der gewährten Boni für die Umrüstung betragen. Damit könnte für die Eisenbahnverkehrsunternehmen – über den Malus für geräuschintensive Züge hinaus – ein zusätzlicher wichtiger Anreiz gesetzt werden, die Züge so weit wie möglich mit umgerüsteten Wagen zu bestücken. Eine diese Möglichkeit nutzende Regelung findet sich im deutschen Trassenpreissystem bisher nicht.

Eine weitere Differenzierungsmöglichkeit, die die Durchführungsverordnung eröffnet, ist die Differenzierung des Malus je nach genutzter Strecke und betroffener Bevölkerung. Hierzu erläutert bereits Erwägungsgrund 10 der Durchführungsverordnung:

„Um der Schutzwürdigkeit des von den Lärmauswirkungen betroffenen Gebiets Rechnung zu tragen, insbesondere hinsichtlich der Zahl der betroffenen Anwohner, sollten die Infrastrukturbetreiber die Möglichkeit haben, einen Aufschlag (Malus) für Eisenbahnunternehmen zu berechnen, die geräuschintensive Züge verwenden. Ein solcher Malus kann jedoch nur eingeführt werden, wenn auch ein Bonus eingeführt wird. Für unterschiedliche Eisenbahnstrecken und -abschnitte können in hinreichend begründeten Fällen unterschiedlich hohe Mali berechnet werden; dies sollte sich insbesondere nach der Lärmbelastung der betroffenen Bevölkerung richten. Zur Vermeidung negativer Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit des Eisenbahnsektors sollte der Malus in seiner Höhe begrenzt werden und in keinem Fall höher als der Bonus sein. Eine solche Begrenzung sollte jedoch nicht angewandt werden, wenn auch im Straßengüterverkehr Kosten von Lärmauswirkungen angelastet werden.“

Damit ist es nach den unionsrechtlichen Vorgaben für lärmabhängige Trassenpreissysteme zulässig, den Malus für geräuschintensive Züge jedenfalls örtlich zu differenzieren. Für eine noch weitergehende Steuerungsmöglichkeit der Trassenpreisgestaltung erscheint auch eine zeitliche Differenzierung erwägenswert. Ebenso kann eine entsprechende örtliche Differenzierung der Boni für geräuscharme Züge in Betracht gezogen werden.

Darüber hinaus lassen die Vorgaben der Verordnung 2015/429/EU auch eine weitere Spreizung der lärmabhängigen Trassenpreise auf nationaler Ebene und insbesondere die Gewährung eines höheren Bonus für nachgerüstete Wagen zu, der im deutschen System angesichts der vollständigen Verwendung der Erträge der Erhebung des Malus für die Boni auch zu höheren zulässigen Mali führen würde.

Vorgegeben ist lediglich ein Mindestbetrag für den Bonus für nachgerüstete Wagen, der nach Art. 4 Abs. 3 mindestens 0,0035 Euro je Achse/km betragen muss. Hierzu erläutert bereits der Erwägungsgrund 15 der Verordnung:

„Es liegen mehrere Studien zu den Kosten der Nachrüstung und den erforderlichen Anreizen vor, die in Kombination mit anderen Finanzierungsmöglichkeiten eine weitere Nachrüstung ermöglichen würden. Auf der Grundlage der für die Folgenabschätzung der Kommission angefertigten Studie sollte der harmonisierte Mindestbonus 0,0035 Euro pro Achskilometer betragen. Dieser Bonusbetrag sollte einen Anreiz für die Nachrüstung eines Wagens bieten, der über einen Zeitraum von sechs Jahren jährlich eine Strecke von 45.000 km zurücklegt, da damit 50% der einschlägigen Kosten gedeckt werden.

Da davon auszugehen ist, dass der Betrieb eines Wagens mit Verbundstoff-Bremssohlen mit höheren Kosten verbunden ist, und ein Wagen in der Praxis auch weniger als 45.000 km pro Jahr zurücklegen kann, könnte der Bonusbetrag entsprechend erhöht werden.“

Darüber hinaus spricht auch Art. 4 Abs. 4 der Verordnung unmittelbar die mit dem Einsatz von nachgerüsteten Wagen verbundenen Betriebskosten an, die der Infrastrukturbetreiber bei der Festsetzung der Höhe des Bonus berücksichtigen kann.

c. Ergebnis

Aus Vorstehendem folgt, dass eine stärkere Spreizung der Trassenpreise des deutschen lärmabhängigen Trassenpreissystems durch Einführung eines höheren Bonus für umgerüstete Wagen als bislang vorgesehen nach den einschlägigen europäischen Vorgaben der Verordnung 2015/429/EU zulässig ist.

Zusätzlich kann auch ein Bonus für geräuscharme Züge nach den Vorgaben des Art. 5 der Verordnung eingeführt werden.

In Folge dieser Erhöhung der Bonuszahlungen kann dann auch der Malus für geräuschintensive Züge in Gestalt des lärmabhängigen Teils des Trassenpreises erhöht werden, da die Gesamtsumme dieses Malus insgesamt so hoch sein darf wie die im Rahmen des Trassenpreissystems gezahlten Boni.

Eine weitere durch die Durchführungsverordnung eröffnete Möglichkeit ist die der Erhebung unterschiedlich hoher Mali für unterschiedliche Eisenbahnstrecken und Eisenbahnabschnitte nach der Lärmbelastung der betroffenen Bevölkerung. Parallel hierzu könnte auch eine entsprechende örtliche Differenzierung der Boni für geräuscharme Züge in Betracht gezogen werden.

12.1.2 Änderung der lärmbezogenen technischen Anforderungen an Güterwagen

Fraglich ist, ob zur Durchsetzung einer Umrüstung auf LL-Sohlen im nationalen deutschen Recht Vorgaben festgelegt werden dürfen, nach denen für Bestandsgüterwagen diese Umrüstung von GG-Sohlen auf LL-Sohlen bis zu einem bestimmten Zeitpunkt, etwa bis zum Jahr 2020, oder jedenfalls die Einhaltung der durch eine solche Umrüstung erreichbaren Emissionsgrenzwerte ab diesem Zeitpunkt für den aktuellen Bestand an Güterwagen vorgeschrieben wird.

Ermächtigungsgrundlagen für die Festlegung von technischen Vorgaben und insbesondere von Emissionsgrenzwerten für Güterwagen sind im deutschen Recht durchaus vorhanden. Als solche Ermächtigungsgrundlagen kommen vor allem § 26 Abs. 1 AEG und § 38 BImSchG in Betracht.

Nach § 38 BImSchG bestimmen „das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (...) nach Anhörung der beteiligten Kreise (§ 51) durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates die zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen notwendigen Anforderungen an die Beschaffenheit, die Ausrüstung, den Betrieb und die Prüfung der in Absatz 1 Satz 1 genannten Fahrzeuge und Anlagen, auch soweit diese den verkehrsrechtlichen Vorschriften des Bundes unterliegen. Dabei können Emissionsgrenzwerte unter Berücksichtigung der technischen Entwicklung auch für einen Zeitpunkt nach Inkrafttreten der Rechtsverordnung festgesetzt werden.“

Auf dieser Grundlage ist grundsätzlich auch für den Bereich des Schienenverkehrs die Festlegung von Emissionsgrenzwerten, aber auch von konkreten emissionsmindernden Maßnahmen durch Rechtsverordnung möglich. Allerdings ist bereits im nationalen Recht für die Zulässigkeit der Festlegung von

Emissionsgrenzwerten für vorhandene Güterwagen auf der Grundlage der §§ 26 I AEG oder 38 BImSchG vor allem problematisch, ob bzw. unter welchen Voraussetzungen solche Maßnahmen mit den rechtsstaatlichen Maßstäben des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes, des Bestands- und Vertrauensschutzes und der Rechtssicherheit vereinbar sind.

Nach diesen verfassungsrechtlichen Vorgaben dürfte bei rein nationaler Betrachtung die Festlegung von Emissionsgrenzwerten zulässig sein, wenn angemessene Übergangsfristen eingehalten werden. Allerdings stehen europarechtliche Vorgaben einem entsprechenden nationalen Vorgehen entgegen: Problematisch ist zentral die europarechtliche Zulässigkeit nach Harmonisierung der Emissionsparameter im Rahmen der Interoperabilitätsrichtlinien der TSI Noise. Die TSI Noise hat einerseits die Emissionsparameter für Neufahrzeuge und Umrüstungen festgelegt, so dass nicht national strengere Grenzwerte oder weitergehende technische Anforderungen gefordert werden können, ohne dass deren Zulässigkeit am Maßstab der unionsrechtlichen Vorgaben der TSI, aber auch der grundsätzlichen Öffnung des Eisenbahnmarktes in Europa sowie der Grundfreiheiten, zu messen wäre. Zugleich haben die TSI grundsätzlich keine Grenzwerte für Altfahrzeuge aufgestellt.

Aus der Existenz und Funktion der TSI Noise und ihrer Entscheidung, für Bestands Güterwagen keine Lärmemissionsgrenzwerte festzulegen, folgt, dass auch national keine Grenzwerte für Altfahrzeuge aufgestellt werden dürfen und dass dem nationalen Gesetzgeber insoweit kein Gestaltungsspielraum eingeräumt wird bzw. verblieben ist.

Sollen also Lärmemissionsgrenzwerte für Bestands Güterwagen eingeführt werden, so sollten entsprechende Initiativen zur Änderung der Vorgaben der TSI Noise auf europäischer Ebene ergriffen werden.

Dieses Vorgehen erscheint auch angesichts des Umstandes, dass auch auf europäischer Ebene sowohl strengere Grenzwerte als auch eine Ausdehnung des Anwendungsbereichs der TSI auch auf Bestandsfahrzeuge diskutiert werden, zur jedenfalls längerfristig zwingenden Absicherung einer umfassenden Umrüstung auch der ausländischen Güterwagen – und damit auch zur Schaffung einheitlicher Wettbewerbsbedingungen auf dem europäischen Eisenbahnmarkt – rechtlich und politisch sinnvoll.

Die EU-Kommission hat in ihrem Arbeitspapier „Rail freight noise reduction“ im Dezember 2015 hierzu jüngst ausgeführt:²⁹⁰

“In this context among possible measures reducing rail noise the following ones merit particular attention:

Harmonisation of Noise-Charging Principles (...)

European and National Co-Funding of Retrofitting (...)

Application of TSI Noise to Existing Freight Wagons

Currently, only new wagons have to respect noise limit values set in TSI Noise. This does not allow for a sufficiently rapid transformation of the EU fleet towards silent wagons, as demonstrated above. On the other hand, it would be disproportionate and costly to impose an obligation that all existing noisy wagons comply with TSI Noise limits by a given date without providing an appropriate transition period and financial assistance.

²⁹⁰ Europäische Kommission (2015), 6ff.

Whilst the Interoperability Directive does not currently allow for the application of TSIs to rolling stock approved for operation before the entry into force of a given TSI, that is, to "existing wagons", the Recast Interoperability Directive, which forms part of the 4th Railway Package .., has established the appropriate legal basis.

The gradual introduction of the rail noise limit values set out in TSI Noise through three steps might be an avenue to be considered in the future. It might take a following form:

Step 1, the supporting financial measures available for the railway sector will help it to retrofit existing freight wagons, especially the international ones, with composite brake blocks.

Step 2, the TSI Noise limit values might apply to all international freight wagons, with the possibility, under certain conditions, for Member States to allow the circulation on their territory of international freight wagons that do not comply with these values ...

Step 3, full applicability of TSI Noise to all existing freight wagons might be considered at certain point in time ... The existence of financial support for retrofitting existing freight wagons coupled with these steps would enable a smooth switch from the current system to the new one."

Da bereits die Europäische Kommission selbst die – schrittweise einzuführende und durch andere Maßnahmen begleitete – Anwendung der Grenzwerte der TSI Noise auch auf Bestandsgüterwagen in Erwägung zieht, erscheint es insbesondere angesichts des Fehlens eigener nationaler Handlungsmöglichkeiten rechtlich sinnvoll und politisch angebracht, eine Änderung und Verschärfung der lärmbezogenen technischen Anforderungen an Bestandsgüterwagen durch die Anwendung der bislang nur für neue Güterwagen geltenden Lärmgrenzwerte der TSI Noise künftig auch auf Bestandsgüterwagen auf europäischer Ebene voranzutreiben. Auf entsprechende Vorüberlegungen innerhalb der Europäischen Kommission kann hierbei aufgebaut werden.

12.1.3 Ordnungsrechtliche Instrumente

Fraglich ist, ob die Durchsetzung der tatsächlichen Umrüstung von GG-Sohlen auf LL-Sohlen bis zum Jahr 2020 dadurch gefördert oder erreicht werden kann, dass in Deutschland ordnungsrechtliche Instrumente zunächst angekündigt, dann eingeführt und ab einem bestimmten vorab bekannt gemachten Zeitpunkt dann auch eingesetzt werden, die auf eine Lärmreduktion des Einsatzes lauter Güterwagen und Güterzüge gerichtet sind.

Derartige ordnungsrechtliche Instrumente können etwa generelle oder lokale Nachtfahrverbote, das Verbot der Nutzung besonders lärmbelasteter Strecken, von Strecken mit einer besonders hohen Anzahl lärm betroffener Anwohner oder die Festlegung von generellen oder lokal begrenzten Geschwindigkeitsbeschränkungen für laute Güterwagen sein.²⁹¹

a. Grundsätzliche Zulässigkeit des Einsatzes von Ordnungsrecht

²⁹¹ Ausführlicher zu der Möglichkeit des Einsatzes von ordnungsrechtlichen Instrumenten zur Bekämpfung des Schienengüterverkehrslärms auch Kramer (2013); Kühling (2015); Kühling / Seiler (2016).

Zunächst stellt sich die Frage, ob nationales Ordnungsrecht für die Lärmreduktion beim Schienengüterverkehr und insbesondere für eine Durchsetzung der Umrüstung von Güterwagen von GG-Sohlen auf LL-Sohlen überhaupt in rechtlich zulässiger Weise eingesetzt werden kann. Dies ist dann nicht der Fall, wenn der Einsatz ordnungsrechtlicher Instrumente mit vorrangigem europäischem oder nationalem Recht unvereinbar ist.

Konkret stellt sich etwa auf der Ebene des Rechts der EU die Frage, inwieweit angesichts der europäischen Normierung der lärmbezogenen Zulassungsvoraussetzungen für Güterwagen in den TSI Noise und der Eröffnung eines diskriminierungsfreien Netzzugangs für alle Arten von Schienengüterverkehrsdiensten für alle Eisenbahnunternehmen in der EU durch Art. 10 Absatz 1 Satz 1 der Richtlinie 2012/34/EU eine ordnungsrechtliche Beschränkung der Nutzungsmöglichkeiten der nationalen Eisenbahninfrastruktur für Güterwagen, die den Vorgaben der TSI entsprechen, mit den Vorgaben des einheitlichen europäischen Eisenbahnraumes sowie der europäischen Grundfreiheiten vereinbar ist, ob also auf nationaler Ebene ordnungsrechtlich an die unionsrechtlich zulässigen Lärmemissionen von Güterwagen angeknüpft werden und im Hinblick auf diese Sanktionen vorgesehen werden dürfen.

Anders formuliert, stellt sich die Frage, inwieweit die bestehenden europäischen Regeln zur Liberalisierung des Bahnverkehrs oder möglicherweise auch die Grundfreiheiten einer ordnungsrechtlichen Regulierung der Lärmemissionen des Schienengüterverkehrs entgegenstehen, wenn diese sich als Beschränkung der Möglichkeit zum grenzüberschreitenden Bahnverkehr erweist.

Gleichfalls in die rechtlichen Überlegungen einbezogen werden muss auch das nationale deutsche Verfassungsrecht. Hier ist umfassend zu prüfen, inwieweit etwa Grundrechte der Güterwagenbetreiber, verfassungsrechtliche Grundsätze wie der Gesichtspunkt des Bestandsschutzes für zugelassene Güterwagen oder rechtsstaatliche Grundsätze wie der Verhältnismäßigkeitsgrundsatz einer ordnungsrechtlichen Beschränkung der Verwendungsmöglichkeiten von Bestandsgüterwagen entgegenstehen.

aa. Unionsrecht

Das Recht der EU in Gestalt des unionsrechtlich garantierten Anspruchs auf diskriminierungsfreien Netzzugang aus Art. 10 Absatz 1 Satz 1 der Richtlinie 2012/34/EU vom 21. November 2012 zur Schaffung eines einheitlichen europäischen Eisenbahnraums sowie in Gestalt der aus der Dienstleistungsfreiheit ableitbaren Rechtspositionen steht einer nationalen generellen Beschränkung des Netzzugangs auf leisere Güterwagen und damit einem nationalen Zugangs- oder Verkehrsverbot für laute Güterwagen, die den europäischen Vorgaben entsprechen, entgegen.

Diese Rechtslage ergibt sich aus der Harmonisierung der Emissionsparameter für Güterwagen im Rahmen der Interoperabilitätsrichtlinien der TSI Noise.

Die TSI Noise hat einerseits die Emissionsparameter für Neufahrzeuge und Umrüstungen festgelegt, so dass nicht national strengere Grenzwerte oder weitergehende technische Anforderungen gefordert werden können, ohne dass deren Zulässigkeit am Maßstab der unionsrechtlichen Vorgaben der TSI, aber auch der grundsätzlichen Öffnung des Eisenbahnmarktes in Europa sowie der Grundfreiheiten, zu messen wäre. Zugleich haben die TSI grundsätzlich keine Grenzwerte für Altfahrzeuge aufgestellt.

Aus der Existenz und Funktion der TSI Noise und ihrer Entscheidung, für Bestandsgüterwagen keine Lärmemissionsgrenzwerte festzulegen, folgt, dass auch national keine Grenzwerte für Altfahrzeuge aufgestellt werden dürfen und dass dem nationalen Gesetzgeber insoweit kein Gestaltungsspielraum eingeräumt wird bzw. verblieben ist.

Sollen also Lärmemissionsgrenzwerte für Bestandsgüterwagen oder strengere Grenzwerte als diejenigen der TSI eingeführt werden, so sollten – wie bereits dargelegt - entsprechende Initiativen zur Änderung der TSI Noise auf europäischer Ebene ergriffen werden.

Gleichzeitig ergibt sich aus dieser unionsrechtlichen Rechtslage, dass national ohne Verstoß gegen das Recht der EU auch keine ordnungsrechtlichen Maßnahmen eingeführt werden dürfen, die zwar formal nicht als vollständiges Verbot lauter Güterwagen konstruiert werden, die aber faktisch dieselbe Wirkung wie ein formales Verbot entfalten würden. Ordnungsrechtliche Maßnahmen wie Betriebsbeschränkungen dürfen also auch faktisch nicht zur Unmöglichkeit der Nutzung oder des Netzzugangs lauter Güterwagen in Deutschland führen.

Andererseits steht das Recht der EU aber nicht dem Einsatz des nationalen Rechts und insbesondere des nationalen Ordnungsrechts zum Schutz der traditionellen Rechtsgüter der öffentlichen Sicherheit und Ordnung entgegen. Die Zuständigkeit und die Kompetenzen zum Schutz dieser Rechtsgüter sind vielmehr generell bei den Mitgliedstaaten verblieben, und die Mitgliedstaaten können Maßnahmen zum Schutz der öffentlichen Sicherheit und Ordnung auch in Bereichen treffen, in denen die EU auf anderer Kompetenzgrundlage bereits rechtsetzend tätig geworden ist.

Dies bedeutet, dass die Bundesrepublik Deutschland auch nach den Vorgaben des Unionsrechts nicht gehindert ist, ordnungsrechtliche Maßnahmen zum Schutz von Leben und Gesundheit ihrer Bevölkerung vor den Auswirkungen des Schienengüterverkehrslärms oder auch generell zum Lärmschutz zu treffen, soweit diese Maßnahmen unionsrechtlich eingeräumte Rechtspositionen nicht intensiver als unter Beachtung der Vorgaben des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes geboten beeinträchtigen, wobei derartige nationale Maßnahmen auch den sonstigen unionsrechtlichen Anforderungen wie etwa denjenigen des Gebotes des Bestands- und des Vertrauensschutzes genügen müssen.

bb. Nationales Verfassungsrecht

Ordnungsrechtliche Maßnahmen müssen auf nationaler Ebene insbesondere mit den Grundrechten der Eigentümer der Güterwagen und der die Güterwagen nutzenden Unternehmen, ebenso auch mit den Vorgaben des Rechtsstaatsprinzips in Gestalt seiner Ausprägungen als Bestands- und Vertrauensschutzgarantie vereinbar sein.

Hieraus folgt insbesondere die Verpflichtung zur rechtzeitigen Ankündigung neu einzuführender ordnungsrechtlicher Maßnahmen und – je nach Eingriffsintensität der vorgesehenen Maßnahmen – zur Einhaltung hinreichend langer Übergangsfristen, die etwa eine entsprechende wirtschaftliche Disposition der jeweiligen Grundrechtsträger ermöglichen oder die technischen Kapazitäten für eine Umrüstung betroffener Fahrzeuge berücksichtigen sollten.

b. Ordnungsrechtliche Instrumente

Als klassische ordnungsrechtliche Instrumente kommen verschiedene Formen von Betriebsbeschränkungen für laute Güterwagen in Betracht. Vorstellbar sind beispielsweise generelle oder lokale Nachtfahrverbote, das Verbot der Nutzung besonders lärmbelasteter Strecken, von Strecken mit einer besonders hohen Anzahl lärm betroffener Anwohner oder die Festlegung von generellen oder lokal begrenzten Geschwindigkeitsbeschränkungen für laute Güterwagen.

aa. Ermächtigungsgrundlage

Für derartige ordnungsrechtliche Maßnahmen stellt sich rechtlich naturgemäß zunächst die Frage nach einer Ermächtigungsgrundlage im nationalen Recht.

(1) § 5 a Absatz 1 und 2 AEG

Entsprechende ordnungsrechtliche Maßnahmen könnten als Einzelfallregelungen insbesondere auf die eisenbahnrechtliche Generalklausel des § 5 a Absatz 1 Satz 1 und 2, Absatz 2 AEG gestützt werden. Nach dieser Vorschrift haben die Eisenbahnaufsichtsbehörden die Aufgabe, die Einhaltung der in § 5 Absatz 1 AEG genannten Vorschriften zu überwachen, soweit in diesem Gesetz nichts Besonderes bestimmt ist. Insbesondere haben sie die Aufgabe, Gefahren abzuwehren, die beim Betrieb der Eisenbahn entstehen oder von den Betriebsanlagen ausgehen.

Bezüglich dieser Ermächtigungsgrundlage bestehen einerseits bereits Bedenken gegen ihre hinreichende Bestimmtheit für den Erlass ordnungsrechtlicher Maßnahmen im Hinblick auf die Einhaltung der verfassungsrechtlichen Vorgaben der Wesentlichkeitslehre und des Bestimmtheitsgrundsatzes.²⁹² Diese Bedenken vermögen zwar rechtlich nicht zu überzeugen, würden allerdings voraussichtlich bereits zu längerwierigen juristischen und politischen Schwierigkeiten führen.

Gewichtiger sind demgegenüber die Fragen im Hinblick auf das Vorliegen der Tatbestandsvoraussetzungen dieser Ermächtigungsnorm. Tatbestandlich können die Eisenbahnaufsichtsbehörden nach § 5 a Absatz 2 AEG in der vorliegend in Betracht kommenden Variante

„die Maßnahmen treffen, die zur Beseitigung festgestellter Verstöße und zur Verhütung künftiger Verstöße gegen die in § 5 Absatz 1 genannten Vorschriften erforderlich sind“.

Demnach muss tatbestandlich ein Verstoß gegen die in § 5 Absatz 1 AEG genannten Vorschriften vorliegen oder bevorstehen. In Betracht kommende in § 5 Absatz 1 AEG genannte Vorschriften sind die Vorschriften dieses Gesetzes, also des AEG, oder die auf diesem beruhenden Rechtsverordnungen.

Fraglich ist also, ob die vorgesehenen ordnungsrechtlichen Maßnahmen als Maßnahmen zur Beseitigung von Verstößen gegen das AEG oder gegen auf dem AEG beruhende Rechtsverordnungen eingeordnet werden können.

In Betracht kommt wohl allein ein Verstoß gegen das AEG selbst, nämlich gegen § 4 Absatz 1 Nr. 2 AEG. Nach dieser Vorschrift müssen

„Eisenbahninfrastrukturen und Fahrzeuge (...) den Anforderungen der öffentlichen Sicherheit (...) 2. an den Betrieb“ genügen.

Wenn also davon auszugehen ist, dass der Einsatz lauter Güterwagen entweder generell oder auf bestimmten Strecken(abschnitten) oder zu bestimmten Tageszeiten nicht den Anforderungen der öffentlichen Sicherheit genügt, weil ein Schutzgut der öffentlichen Sicherheit, nämlich die Individualrechtsgüter Leben und Gesundheit der lärm betroffenen Bürger, die durch die Lärmimmissionen der lauten Güterwagen betroffen sind, geschädigt wird, und weil der Staat zum Schutz dieses Individualrechtsgutes durch seine grundrechtliche Schutzpflicht aus Art. 2 GG verpflichtet

²⁹² Hierzu näher das Gutachten Kramer (2013), Kap. D.

ist, dann ermächtigt § 5 a Absatz 2 AEG als vorhandene spezialgesetzliche Ermächtigungsgrundlage zum Erlass der erforderlichen Maßnahmen zur Beseitigung vorliegender und Verhinderung künftiger Verstöße.

(2) § 38 BImSchG

Alternativ kommt in Betracht, konkrete immissionsschutzrechtliche Lärmvorgaben für die Lärmimmissionen des Schienengüterverkehrs zum Schutz der Gesundheit der Bevölkerung auf einer immissionsschutzrechtlichen Grundlage aufzustellen, deren Durchsetzung dann wiederum auf der eisenbahnrechtlichen Ermächtigungsgrundlage des § 5 a Absatz 2 AEG in Betracht kommen könnte. Als im Bundesimmissionsschutzgesetz vorhandene Ermächtigungsgrundlage für den Erlass einer entsprechenden Rechtsverordnung kommt insbesondere § 38 BImSchG in Betracht.

§ 38 Absatz 2 BImSchG ermächtigt zum Erlass von konkretisierenden Verordnungen über die zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen notwendigen Anforderungen an die Beschaffenheit, die Ausrüstung, den Betrieb und die Prüfung aller in § 38 Absatz 1 BImSchG genannten Fahrzeuge. Eine auf der Grundlage des § 38 Absatz 2 BImSchG erlassene Rechtsverordnung kann sich dabei zur Gefahrenabwehr an dem Stand schädlicher Umwelteinwirkungen iSv. § 3 Absatz 1 BImSchG orientieren oder weitergehende Anforderungen iSd. Vorsorgeprinzips normieren.

In jedem Fall kann § 38 Absatz 2 BImSchG als eigenständige immissionsschutzrechtliche Ermächtigungsgrundlage für Vorgaben zum Betrieb inländischer und ausländischer Güterwagen in Deutschland genutzt werden.

Die Verordnungsermächtigung bzw. die auf der Grundlage des § 38 Absatz 2 BImSchG erlassenen Verordnungen können Vorgaben auch für ausländische Fahrzeuge aufstellen, sofern diese im Inland verkehren. Durch eine entsprechende VO können alle zum Schutze vor schädlichen Umwelteinwirkungen notwendigen, d.h. geeigneten und erforderlichen Anforderungen insbesondere an den Betrieb der Güterwagen gestellt werden.

Allerdings ist bei damit grundsätzlich möglichen Betriebsbeschränkungen zu berücksichtigen, dass diese sich unabhängig von ihrer rechtlichen Konstruktion als Betriebsregelung auch nicht faktisch als Totalverbot für die Verwendung nicht umgerüsteter Güterwagen oder als Diskriminierung ausländischer EVUs auswirken dürfen.

(3) Erlass einer spezifischen Ermächtigungsgrundlage

Zur Vermeidung der mit der Anwendung des § 5 a AEG absehbar verbundenen rechtlichen Auseinandersetzungen, zur Klarstellung der Rechtslage, aber auch als deutlich wahrnehmbares politisches Signal im Hinblick auf die Absicht des Gesetzgebers, tatsächlich gegen laute Güterwagen vorzugehen, kommt auch der Erlass einer neuen, speziell auf die Verhängung ordnungsrechtlicher Sanktionen gegen den weiteren Einsatz lauter Güterwagen zugeschnittenen Rechtsgrundlage in Betracht.

Systematisch könnte diese ohne Systembruch sowohl in das AEG als auch in das BImSchG eingefügt werden; vorstellbar erscheint ebenfalls, sie eigenständig als spezifische Norm zur Bekämpfung des Schienengüterverkehrslärm zu erlassen.

Tatbestandlich müsste sie klarstellen, ob nach ihr die Verhängung genereller flächendeckender ordnungsrechtlicher Beschränkungen für laute Güterwagen vorgesehen sein soll, oder ob sie

nach Maßgabe bestimmter tatbestandlich zu beschreibender lokaler oder temporärer Vorgaben Anwendung finden soll.

Weiter kann in dieser spezifischen Ermächtigungsnorm konkret normiert werden, welche ordnungsrechtlichen Konsequenzen verhängt werden können. Hier kommen von Geschwindigkeitsbeschränkungen bis zu Fahrverboten alle angesprochenen Möglichkeiten in Betracht, jeweils unter Beachtung der einschlägigen Grenzen des europäischen und nationalen Rechts.

bb. Vereinbarkeit mit den Vorgaben des europäischen und des deutschen Rechts

Wie bereits dargelegt, dürfen die ordnungsrechtlichen Maßnahmen zur Abwehr von Gefahren für die öffentliche Sicherheit, konkret zur Abwehr von Gesundheitsgefahren von der Bevölkerung, faktisch nicht als Totalverbot der Nutzung der deutschen Eisenbahninfrastruktur durch Güterwagen wirken, die den unionsrechtlichen Vorgaben für zulässige Güterwagen entsprechen. Sie dürfen lediglich darauf ausgerichtet sein, die Nutzung der Infrastruktur so auszugestalten, dass diese ohne Beeinträchtigung der Gesundheit der Bevölkerung erfolgt.

Darüber hinaus ergeben sich auch aus dem Unionsrecht die Anforderungen, die ordnungsrechtlichen Maßnahmen verhältnismäßig auszugestalten sowie dem berechtigten Vertrauensschutzesinteresse der Güterwageneigentümer und -nutzer Rechnung zu tragen.

Entsprechende Vorgaben ergeben sich weitgehend übereinstimmend auch aus den maßgeblichen Vorgaben des deutschen Rechts.

(1) Verhältnismäßigkeit

Nach dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz müssen die in den vorgesehenen ordnungsrechtlichen Sanktionen bestehenden Eingriffe in die Grundrechte der Güterwageneigentümer und -nutzer zur Verfolgung eines legitimen Ziels geeignet, hierzu erforderlich und verhältnismäßig im engen Sinne sein.

Legitimes Ziel für ordnungsrechtliche Sanktionen ist der Schutz der Gesundheit der Bevölkerung vor den durch die Geräuschemissionen des Güterverkehrs verursachten Gesundheitsbeeinträchtigungen. Auf dieses Ziel bezogen müssen die vorgesehenen Maßnahmen geeignet, erforderlich und verhältnismäßig sein.

Hieraus folgt bereits, dass erklärtes oder auch nur erkennbar verfolgtes Ziel ordnungsrechtlicher Maßnahmen nicht sein darf, laute Güterwagen generell vom deutschen Schienennetz fernzuhalten oder leise Güterwagen zu fördern.

Zum Schutz der Gesundheit geeignet sind sämtliche in Betracht gezogenen Maßnahmen von der lokalen oder generellen Geschwindigkeitsbeschränkung über die zeitweise oder gänzliche Sperrung bestimmter Strecken bis hin zum Nachtfahrverbot. Allerdings kann die Eignung dann fraglich erscheinen, wenn an bestimmten Strecken oder Streckenabschnitten nur wenige oder überhaupt keine Anwohner durch Lärmemissionen des Güterverkehrs betroffen werden, sei es weil die Strecken durch unbebaute Umgebung führen, sei es weil den Gesundheitsinteressen der Bevölkerung bereits hinreichend durch passiven Schallschutz Rechnung getragen worden ist.

Erforderlich erscheinen die diskutierten ordnungsrechtlichen Maßnahmen allerdings nicht allgemein und undifferenziert. Diesbezüglich ist jeweils zu prüfen, ob etwa Maßnahmen des passiven Schallschutzes ebenso wirksam wie die ordnungsrechtlichen Maßnahmen Abhilfe gegen Lärmbelastung schaffen können und ob diese weniger intensiv in Rechte der Betroffenen eingreifen. Ebenso ist die Erforderlichkeit von der konkreten Belastungssituation und alternativen

Handlungsoptionen abhängig, etwa der Frage, ob eine Geschwindigkeitsbeschränkung sich gegenüber einer temporären Streckensperrung als milderes Mittel darstellen würde.

Der entscheidende Maßstab für die Beurteilung der Verhältnismäßigkeit ordnungsrechtlicher Maßnahmen stellt aber ihre Verhältnismäßigkeit im engeren Sinne dar. Für deren Beurteilung sind die angestrebten verfassungsrechtlich legitimen Vorteile für die Allgemeinheit in Relation zu den bewirkten Beeinträchtigungen der verfassungsrechtlich geschützten Rechtsgüter der betroffenen Einzelnen zu setzen.

Hier kommt es auf den Nutzen ordnungsrechtlicher Maßnahmen für den Lärm- und Gesundheitsschutz der Bevölkerung ebenso an wie auf die Auswirkungen der vorgesehenen Maßnahmen auf die Leistungsfähigkeit der Eisenbahninfrastruktur und des Schienengüterverkehrs insgesamt. Ebenso sind die wirtschaftlichen Auswirkungen der Maßnahmen auf die betroffenen Privaten zu berücksichtigen.

Diese komplexe Abwägung ist zum einen auf normativer Ebene bei der Gestaltung einer entsprechenden Ermächtigungsgrundlage, aber auch bei der Anwendung einer solchen Ermächtigungsgrundlage im Einzelfall anzustellen.

(2) Vertrauensschutz

Weitere Vorgaben können sich aus dem verfassungsrechtlichen Bestands- oder Vertrauensschutzgrundsatz ergeben. Hier ist etwa zu berücksichtigen, dass ein Verbot der Nutzung lauter Güterwagen verfassungsrechtlich nur dann zulässig wäre, wenn es hinreichend lange vor seinem Inkrafttreten angekündigt würde, da nur so für den einzelnen Regelungsadressaten die Möglichkeit eröffnet würde, seine lauten Güterwagen technisch umzurüsten, so dass sie auch nach Inkrafttreten des Verbotes weiter genutzt werden könnten. Für die Bemessung der erforderlichen Dauer der Übergangsfristen ist etwa auch in Betracht zu ziehen, wie viel Zeit aus technischen Gründen für die Umrüstung zumindest des überwiegenden Teils der betroffenen lauten Güterwagen benötigt wird.

c. Ergebnis

Unter Berücksichtigung der Vorgaben des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes und des Bestands- und Vertrauensschutzgrundsatzes kommt ein Einsatz nationaler ordnungsrechtlicher Maßnahmen gegen laute Güterwagen auf der Grundlage entweder von § 5 a Absatz 1 und 2 AEG oder auf der Grundlage einer neu zu erlassenden entsprechenden Ermächtigungsnorm, die entweder im BImSchG oder im AEG angesiedelt oder als eigenständiges Eisenbahnverkehrslärmschutzgesetz erlassen werden könnte, in Betracht.

Sowohl diese Ermächtigungsnorm generell als auch ihre Anwendung im Einzelfall müssen auf den Schutz der Gesundheit der Bevölkerung vor einer Beeinträchtigung durch den durch laute Güterwagen verursachten Güterverkehrslärm gerichtet sein und dürfen nicht zur Umgehung der unionsrechtlich erfolgten Regelung der lärmbezogenen Anforderungen für den Zugang zur Eisenbahninfrastruktur in den Mitgliedstaaten dienen.

Als ordnungsrechtliche Maßnahmen, die auf der Grundlage dieser neu zu schaffenden Ermächtigungsnorm erlassen werden können, kommen rechtlich sowohl Nachtfahrverbote als auch die vollständige oder die zeitweise Sperrung besonders lärmbelasteter Strecken für laute, nicht umgerüstete Güterwagen sowie ebenso die Anordnung von sonstigen Beschränkungen wie etwa Geschwindigkeitsbegrenzungen in Betracht. Die eingesetzten ordnungsrechtlichen Instrumente dürfen es allerdings nicht völlig unmöglich machen, das deutsche Schienennetz mit Fahrzeugen zu nutzen, für die wegen Einhaltung

der Vorgaben der TSI Noise ein unionsrechtliches Netzzugangsrecht besteht, da ansonsten ein Verstoß gegen das vorrangig anwendbare Unionsrecht anzunehmen wäre.

12.1.4 Generelles Verbot des Netzzugangs für nicht auf LL-Sohlen umgerüstete Güterwagen

Wie bereits dargelegt, ist ein nationales generelles Verbot des Netzzugangs für nicht auf LL-Sohlen umgerüstete Güterwagen wegen der unionsrechtlichen Liberalisierung und Öffnung des Güterverkehrsbinnenmarktes, wegen des unionsrechtlich garantierten Anspruchs auf diskriminierungsfreien Netzzugang aus Art. 10 Absatz 1 Satz 1 der Richtlinie 2012/34/EU sowie wegen der aus der Dienstleistungsfreiheit ableitbaren Rechtspositionen unzulässig. Die vorstehend genannten europäischen Vorgaben stehen einer nationalen generellen Beschränkung des Netzzugangs auf leisere Güterwagen und damit einem nationalen Zugangs- oder Verkehrsverbot für laute Güterwagen, die den europäischen Vorgaben der TSI Noise entsprechen, entgegen.

Daher wäre ein generelles Verbot des Netzzugangs für nicht umgerüstete Güterwagen rechtlich idealer Weise auf der Ebene des EU-Rechts anzusiedeln. Soll es wegen der absehbaren politischen Schwierigkeiten der zeitnahen Erreichung eines entsprechenden Verbots auf der Ebene der EU zunächst auf nationaler deutscher Ebene eingeführt werden, müsste vorher eine entsprechende Ermächtigung zu einem nationalen Alleingang (oder Voranschreiten) im Recht der EU erreicht werden.

12.2 Weitergehende Lärmreduktion

Für eine weitergehende, über die durch eine Umrüstung der Bestandsgüterwagen auf LL-Sohlen erreichbare Lärmreduktion hinausgehende Lärminderung des Schienengüterverkehrs kommen prinzipiell die gleichen rechtlichen Ansätze und Instrumente in Betracht wie für die Durchsetzung der Umrüstung auf LL-Sohlen. Allerdings fällt hier und diesbezüglich die rechtliche Beurteilung der Zulässigkeit und Möglichkeit ihres Einsatzes teilweise abweichend aus.

Daher sind auch hier zu prüfen:

- die finanzielle Förderung einer weitergehenden Lärmreduktion (Teil 12.2.1), die entweder durch eine unmittelbare finanzielle Förderung der Umrüstkosten oder durch die Gewährung von Vorteilen im Rahmen eines lärmabhängigen Trassenpreissystems erfolgen kann;
- die Änderung der lärmbezogenen technischen Anforderungen an Güterwagen, die eingesetzt werden dürfen, so dass neue, weitergehende Vorgaben in die TSI Noise aufgenommen werden, die möglicherweise zunächst für Neuwagen vorgesehen werden könnten und nach Ablauf einer bestimmten Frist möglicherweise auch auf Bestandsgüterwagen Anwendung finden könnten (Abschnitt 12.2.2);
- den für die Zukunft angekündigten Einsatz ordnungsrechtlicher Instrumente wie etwa Geschwindigkeitsbeschränkungen, zeitliche oder örtliche Durchfahrverbote oder Durchfahrbeschränkungen in besonders lärmbelasteten Gebieten bis hin zu Nachtfahrverboten für Güterwagen oder Güterzüge, die nicht besonders leise, d.h. nicht weitergehend als durch die Umrüstung auf LL-Sohlen erreichbar lärmreduziert sind (Abschnitt 12.2.3);
- ein generelles Verbot des Netzzugangs für nicht weitergehend als auf LL-Sohlen umgerüstete Güterwagen in der EU oder in der Bundesrepublik Deutschland (Abschnitt 0).

12.2.1 Finanzielle Förderung einer weitergehenden Lärmreduktion

Die finanzielle Förderung einer weitergehenden, über die durch die Umrüstung der Bestandsgüterwagen von GG-Sohlen auf LL-Sohlen hinausgehenden Lärmemissionsreduktion des Schienengüterverkehrs ist in Gestalt einer unmittelbaren finanziellen Förderung entsprechender Maßnahmen oder in Gestalt der Einführung entsprechender finanzieller Vorteile in das lärmabhängige Trassenpreissystem vorstellbar.

Unmittelbare finanzielle Förderung der Umrüstkosten

Die technischen Möglichkeiten einer weitergehenden Lärmreduktion sind vorstehend ausführlich dargestellt. Insbesondere kommt eine Ausrüstung der Güterwagen mit Scheibenbremsen, es kommen aber auch verschiedene andere Maßnahmen sowie deren Kombination in Betracht.

Für eine Umrüstung von Bestandsgüterwagen auf diese verschiedenen Möglichkeiten der weitergehenden Emissionsreduktion könnte – entsprechend dem bereits existierenden Wagenhalterbonus für die Umrüstung auf LL-Sohlen – eine unmittelbare finanzielle Förderung der Wagenhalter auf nationaler Ebene durch einen Bonus für die verschiedenen in Betracht kommenden weiteren Umrüstmaßnahmen vorgesehen werden.

Ein solcher Bonus würde allerdings wiederum eine Beihilfe im Sinne des Unionsrechts darstellen und wäre aufgrund dessen vor seiner Einführung der Europäischen Kommission anzuzeigen und von dieser zu genehmigen. Bei Zugrundelegung der auch bislang zentral angewendeten Eisenbahnleitlinien kommt eine Förderung für die Investitionskosten einer Umrüstung in Betracht, für die eine Beihilfeintensität von bis zu 50% vorgesehen werden könnte. Ob die EU-Kommission ein derartiges nationales Förderprogramm für eine über die Umrüstung auf LL-Sohlen hinausgehende Lärmreduktion genehmigen würde, kann nicht sicher prognostiziert werden, erscheint aber angesichts der erkannten Notwendigkeit der weiteren Reduktion des Bahnlärms zur Sicherung der nachhaltigen Akzeptanz des Schienengüterverkehrs durchaus nicht fernliegend.

Daneben kann eine unmittelbare finanzielle Förderung auch auf europäischer Ebene, etwa im Rahmen der Fazilität „Connecting Europe“ (CEF) aufgrund der Verordnung 1316/2013/EU²⁹³, angestrebt werden. Wie bereits dargelegt, wurde in diesem Rahmen für die Jahre 2014-2020 eine Finanzausstattung zum Auf- und Ausbau transeuropäischer Netze in den Bereichen Verkehr, Energie und Telekommunikation in Höhe von rund 33 Mrd. Euro aus den Haushaltsmitteln der EU bereitgestellt,²⁹⁴ von denen rund 24 Mrd. Euro auf den Bereich Verkehr entfallen.²⁹⁵

Zu den im Bereich Verkehr förderfähigen Projekten gehören nach Art. 32 der Verordnung 1315/2013/EU²⁹⁶ generell auch Vorhaben von gemeinsamem Interesse für nachhaltige Güterverkehrsdienste. Explizit wird in dieser Vorschrift erwähnt, dass auch Vorhaben zur Reduktion negativer

²⁹³ Verordnung (EU) Nr. 1316/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2013 zur Schaffung der Fazilität „Connecting Europe“, zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 913/2010 und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 680/2007 und (EG) Nr. 67/2010.

²⁹⁴ Vgl. Erwägungsgrund 4 der Verordnung 1316/2013/EU.

²⁹⁵ Vgl. online unter <https://ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility/cef-transport>.

²⁹⁶ Verordnung (EU) Nr. 1315/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2013 über Leitlinien

Auswirkungen auf die Umwelt förderfähig im Sinne der Finanzierungsverordnung 1316/2013/EU sind.

Wenn also eine europäische unmittelbare finanzielle Förderung über die Umrüstung von GG-Sohlen auf LL-Sohlen hinausgehender Lärmemissionsreduktionsmaßnahmen angestrebt wird, böte es sich an, den Versuch zu unternehmen, auf die Europäische Kommission einzuwirken, entsprechende Vorhaben in die Förderung im Rahmen der Fazilität „Connecting Europe“ einzubeziehen, indem sie in den nächsten Call der Kommission aufgenommen und damit den Mitgliedstaaten oder den von diesen unterstützten Unternehmen die Möglichkeit geboten wird, sich um eine entsprechende Förderung zu bewerben.

Vorteile im Rahmen eines lärmabhängigen Trassenpreissystems

Die weitergehende Umrüstung von Bestandsgüterwagen über die durch den Wechsel von GG-Sohlen auf LL-Sohlen erreichbare Geräuschemissionsreduktion hinaus kann ebenso durch eine finanzielle Begünstigung von besonders leisen Güterwagen oder Zügen im Rahmen eines lärmabhängigen Trassenpreissystems gefördert werden.

So kann etwa die Einführung zusätzlicher Emissionskategorien von Güterwagen und Lokomotiven, also die Unterscheidung nicht mehr nur zwischen lauten und leisen Fahrzeugen, sondern darüber hinaus auch zwischen leisen und besonders leisen, über die Erreichung des Emissionsniveaus der LL-Sohlen hinaus geräuschreduzierten Fahrzeugen sowie eine diese Kategorien berücksichtigende Ausgestaltung des Trassenpreissystems Anreize für eine weitergehende Geräuschreduktion geben.

Derartige Möglichkeiten sind grundsätzlich in der Durchführungsverordnung 2015/429/EU der Kommission zur Festlegung der Modalitäten für die Anlastung der Kosten von Lärmauswirkungen bereits vorgesehen.

Art. 6 der Verordnung sieht insoweit die Möglichkeit der Einführung eines zusätzlichen Wagenbonus für Eisenbahnunternehmen vor, die sehr leise Wagen und Lokomotiven verwenden. Sehr leise Wagen und Lokomotiven sind dabei nach der Definition des Art. 2 Nr. 7 der Verordnung Wagen und Lokomotiven, deren Lärmemissionen mindestens 3 dB unter den in der TSI Noise festgelegten einschlägigen Werten liegen.

Der für diese sehr leisen Wagen und Lokomotiven eingeräumte zusätzliche trassenpreissystem-immanente Bonus soll sich dabei nach Art. 6 Abs. 3 der Verordnung proportional zum Wert der Unterschreitung der einschlägigen Grenzwerte der TSI Noise verhalten und darf im Hinblick auf seine Höhe bis zu 50% des gemäß Art. 4 der Verordnung berechneten Bonus für auf LL-Sohlen nachgerüstete Wagen betragen.

Eine derartige Regelung findet sich im deutschen Trassenpreissystem bisher nicht. Ihre Einführung würde zusätzliche finanzielle Anreize zum Einsatz von sehr leisen Wagen und Lokomotiven innerhalb eines Zuges setzen. Ihre proportionale Entsprechung zum Ausmaß der Unterschreitung der einschlägigen Grenzwerte honoriert die unterschiedlichen Beiträge der unterschiedlichen für eine weitergehende Lärmreduktion in Betracht kommenden Maßnahmen unmittelbar entsprechend ihrem Lärmreduktionspotential, knüpft allerdings nicht an die jeweils entstehenden Kosten an, so dass sie einen

rechtlichen Anreiz darstellt, die Auswahl derjenigen Maßnahme anzustreben, die die angestrebte Lärmemissionsreduktion mit einem besonders günstigen Preis/Leistungsverhältnis erreicht.

Die Einführung eines solchen, EU-rechtlich optional vorgesehenen und zulässigen weiteren Bonus für sehr leise Wagen und Lokomotiven in das deutsche lärmabhängige Trassenpreissystem würde weitergehende Lärmreduktionsmaßnahmen finanziell fördern. Die Boni könnten über eine weitere Erhöhung der Mali für geräuschintensive Züge finanziert werden, da diese Mali der Höhe der Gesamtsumme der Boni für nachgerüstete Wagen, für geräuscharme Züge und für sehr leise Wagen und Lokomotiven entsprechen dürfen.

Einen Bonus für sehr leise Züge sieht dagegen die Durchführungsverordnung 2015/429/EU der Kommission nicht vor, so dass die Möglichkeit der Förderung weitergehender Lärmreduktionsmaßnahmen innerhalb des lärmabhängigen Trassenpreissystems auf die vorstehend dargestellte Möglichkeit des Bonus für sehr leise Wagen und Lokomotiven begrenzt ist.

12.2.2 Änderung der lärmbezogenen technischen Anforderungen an Güterwagen

Fraglich ist, ob eine Änderung der einschlägigen technischen Anforderungen an neue Güterwagen oder an Bestandsgüterwagen möglich ist und sinnvoll erscheint, aufgrund derer entweder neue Güterwagen nur noch zugelassen werden dürfen, wenn sie neu einzuführende verschärfte Lärmgrenzwerte erfüllen, oder die verschärften Grenzwerte zu einem späteren Zeitpunkt auch auf die Bestandsgüterwagen Anwendung finden.

Wie bereits dargestellt, müsste die Festlegung entsprechender neuer Lärmgrenzwerte auf europäischer Ebene im Rahmen der TSI Noise erfolgen. An autonomen nationalen Grenzwertverschärfungen sind die Mitgliedstaaten der EU durch das entgegenstehende Unionsrecht gehindert.

Aufgrund dessen ist es den Mitgliedstaaten lediglich möglich, in den entsprechenden europäischen Gremien auf die gewünschte Verschärfung der Lärmgrenzwerte für Güterwagen hinzuwirken und gleichzeitig die stufenweise Anwendung der bisher nur für Neuwagen geltenden Grenzwerte auch auf die Bestandsfahrzeuge anzustreben.

Rechtlich erforderlich wäre dabei, dass die Modalitäten und Übergangsfristen insbesondere für Bestandswagen den Anforderungen der europäischen wie der nationalen Vorgaben des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes, des Vertrauensschutzes und der Grundrechte der Wagenhalter und der Eisenbahnverkehrsunternehmen Rechnung tragen, also ausreichend sind, damit eine mögliche Umrüstung rechtzeitig und mit vertretbarem Aufwand durchgeführt werden kann.

Die politischen Erfolgsaussichten eines derartigen Vorgehens auf europäischer Ebene können nicht nach rechtlichen Maßstäben beurteilt werden.

12.2.3 Künftiger Einsatz ordnungsrechtlicher Instrumente

Fraglich ist, ob auch zur Durchsetzung weitergehender als der durch eine Umrüstung auf LL-Sohlen erfüllbaren Lärmschutzanforderungen der Einsatz ordnungsrechtlicher Instrumente in Betracht kommt.

Dies ist grundsätzlich durchaus vorstellbar, wenn auch beim Einsatz der auf LL-Sohlen umgerüsteten Güterwagen der Schienengüterverkehr weiterhin Geräuschemissionen produziert, die als Immissionen das Leben und die Gesundheit der Lärmbetroffenen beeinträchtigen, und wenn diese Immissionen nicht durch andere Maßnahmen mit geringerer Beeinträchtigung des Schienengüterverkehrs genauso gut abgewendet werden können.

Damit lässt sich auch für die Durchsetzung der über eine Umrüstung auf LL-Sohlen hinaus möglichen Maßnahmen zur Lärmreduktion zusammenfassen: Unter Berücksichtigung der Vorgaben des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes und des Bestands- und Vertrauensschutzgrundsatzes kommt ein Einsatz nationaler ordnungsrechtlicher Maßnahmen gegen Güterwagen, die nicht leiser sind als nach der aktuellen TSI Noise zulässig, auf der Grundlage entweder von § 5 a Absatz 1 und 2 AEG oder auf der Grundlage einer neu zu erlassenden entsprechenden Ermächtigungsnorm, die entweder im BImSchG oder im AEG angesiedelt werden könnte, in Betracht.

Sowohl diese Ermächtigungsnorm generell als auch ihre Anwendung im Einzelfall müssen auf den Schutz der Gesundheit der Bevölkerung vor einer Beeinträchtigung durch den durch Güterwagen verursachten Güterverkehrslärm gerichtet sein und dürfen nicht zur Umgehung der unionsrechtlich erfolgten Regelung der lärmbezogenen Anforderungen für den Zugang zur Eisenbahninfrastruktur in den Mitgliedstaaten dienen.

Zu bedenken ist allerdings, dass bei Güterwagen, die die Vorgaben der aktuellen TSI Noise einhalten, wohl hohe Anforderungen an die Darlegung der durch entsprechende Fahrzeuge verursachten Lebens- und Gesundheitsgefahren und an die Erforderlichkeit der Anwendung ordnungsrechtlicher Maßnahmen zur Abwehr dieser Gefahren gestellt werden würden und dass die Fristen bis zur tatsächlichen Anwendung derartiger Instrumente hinreichend lang sein müssten, um den Betroffenen die entsprechende Umrüstung ihrer Fahrzeuge zu ermöglichen.

12.2.4 Verbot des Netzzugangs

Wie bereits im Hinblick auf nicht auf LL-Sohlen umgerüstete Bestandsgüterwagen dargelegt, ist ein nationales generelles Verbot des Netzzugangs für Güterwagen, die den Vorgaben der TSI Noise entsprechen, wegen der unionsrechtlichen Liberalisierung und Öffnung des Güterverkehrsbinnenmarktes, wegen des unionsrechtlich garantierten Anspruchs auf diskriminierungsfreien Netzzugang aus Art. 10 Absatz 1 Satz 1 der Richtlinie 2012/34/EU sowie wegen der aus der Dienstleistungsfreiheit ableitbaren Rechtspositionen unzulässig.

Die vorstehend genannten europäischen Vorgaben stehen einer nationalen generellen Beschränkung des Netzzugangs auf weitergehend als durch Umrüstung auf die LL-Sohle lärmemissionsreduzierten Güterwagen und damit einem nationalen Zugangs- oder Verkehrsverbot für laute Güterwagen und auf LL-Sohlen umgerüstete Güterwagen entgegen.

Damit kommt ein Verbot des Netzzugangs nur dann in Betracht, wenn die entsprechenden Grenzwerte der TSI Noise auf europäischer Ebene so verschärft worden sind, dass weitergehende Maßnahmen als die Umrüstung auf LL-Sohlen erforderlich sind, um die Grenzwerte einzuhalten, und wenn zusätzlich die Anwendung dieser Grenzwerte auch auf Bestandsgüterwagen beschlossen worden ist.

12.3 Ergebnis: Kombination unterschiedlich gearteter und auf unterschiedliche Ziele ausgerichteter Ansätze und Instrumente

Die vorstehenden Überlegungen haben gezeigt, dass aus rechtlicher Perspektive sowohl für die tatsächliche Durchsetzung der Umrüstung der Bestandsgüterwagen auf LL-Sohlen oder jedenfalls der auf diese Weise erreichbaren Geräuschemissionsreduktion bis zum Jahr 2020 als auch für die Erreichung von technisch möglichen erheblich weiterreichenden Lärmemissionsreduktionen unterschiedliche rechtliche Instrumente zur Verfügung stehen, die jeweils nach nationalem Recht wie nach dem Recht der Europäischen Union in zulässiger Weise zu den genannten Zwecken eingesetzt werden können.

12.3.1 Unmittelbare finanzielle Förderung

Die Durchsetzung der Umrüstung auf LL-Sohlen bis zum Jahr 2020 wird bisher auf nationaler und europäischer Ebene unmittelbar finanziell gefördert und kann auch weiterhin in entsprechender Weise gefördert werden.

Die Umrüstung von Bestandsgüterwagen von GG-Sohle auf LL-Sohle wird in Deutschland aktuell unmittelbar durch Gewährung eines Wagenhalterbonus nach der Förderrichtlinie laTPS finanziell gefördert.

Diese Förderung ist unionsrechtlich bis zum 08.12.2017 genehmigt und damit zulässig. Die Bundesrepublik Deutschland muss rechtzeitig vor Ablauf des Genehmigungszeitraumes eine erneute beihilferechtliche Genehmigung durch die Europäische Kommission beantragen. Als Zeitraum, für den diese erneute Genehmigung beantragt werden soll, sind nach den deutschen Förderrichtlinien laTPS aktuell 3 Jahre bis zum Jahr 2020 vorgesehen. Nach den Eisenbahnleitlinien kommt darüberhinausgehend auch ein längerer Zeitraum von bis zu fünf Jahren in Betracht.

Auf europäischer Ebene ist die Umrüstung von Bestandsgüterwagen auf LL-Sohlen bereits im Rahmen der Fazilität Connecting Europe mit einem Zuschuss von 20% der Gesamtkosten der Umrüstung unterstützt worden, die zusätzlich zu nationalen finanziellen Unterstützungen gewährt worden sind. Hier erscheint es für eine künftige erneute unmittelbare Förderung der Umrüstung von Güterwagen mit GG-Sohlen auf LL-Sohlen durch die EU sinnvoll, auf europäischer Ebene darauf hinzuwirken, dass die Europäische Kommission in den nächsten Aufrufen im Rahmen der Fazilität „Connecting Europe“ wiederum die Förderung der Umrüstung lauter Güterverkehrswagen aufnimmt.

Für eine Umrüstung von Bestandsgüterwagen auf die verschiedenen Möglichkeiten einer weitergehenden, über die durch LL-Sohlen erreichbare Emissionsreduktion hinausgehende Lärmreduktion könnte – entsprechend dem bereits existierenden Wagenhalterbonus für die Umrüstung auf LL-Sohlen – eine unmittelbare finanzielle Förderung der Wagenhalter auf nationaler Ebene durch einen Bonus für die verschiedenen in Betracht kommenden weiteren Umrüstmaßnahmen vorgesehen werden.

Ein solcher Bonus würde eine Beihilfe im Sinne des Unionsrechts darstellen und wäre vor seiner Einführung der Europäischen Kommission anzuzeigen und von dieser zu genehmigen. Bei Zugrundelegung der Eisenbahnleitlinien kommt eine Förderung für die Investitionskosten einer Umrüstung mit einer Beihilfeintensität von bis zu 50% in Betracht. Ob die EU-Kommission ein derartiges nationales Förderprogramm für eine über die Umrüstung auf LL-Sohlen hinausgehende Lärmreduktion genehmigen würde, kann nicht sicher prognostiziert werden, erscheint aber angesichts der erkannten Notwendigkeit der weiteren Reduktion des Bahn lärms zur Sicherung der nachhaltigen Akzeptanz des Schienengüterverkehrs durchaus nicht fernliegend.

Daneben kann eine unmittelbare finanzielle Förderung auch auf europäischer Ebene angestrebt werden. Es läge nahe, auf die Europäische Kommission einzuwirken, entsprechende Vorhaben in die Förderung im Rahmen der Fazilität „Connecting Europe“ einzubeziehen, indem sie in den nächsten Call der Kommission aufgenommen werden und damit den Mitgliedstaaten oder den von diesen unterstützten Unternehmen die Möglichkeit geboten wird, sich um eine entsprechende Förderung für über die Umrüstung auf LL-Sohlen hinausgehende Lärmreduktion durch die EU zu bewerben.

12.3.2 Förderung im Rahmen eines lärmabhängigen Trassenpreissystems

Die Umrüstung von Bestandsgüterwagen auf die LL-Sohle bis zum Jahr 2020 kann weiterhin wie bisher im Rahmen des lärmabhängigen Trassenpreissystems gefördert werden.

Nach den zwischenzeitlich erlassenen unionsrechtlichen Vorgaben der Verordnung 2015/429/EU für die Ausgestaltung eines solchen lärmabhängigen Trassenpreissystems ist auch eine stärkere Spreizung der Trassenpreise des deutschen lärmabhängigen Trassenpreissystems durch Einführung eines höheren Bonus für umgerüstete Wagen als bislang vorgesehen nach den einschlägigen europäischen Vorgaben zulässig ist.

Zusätzlich kann auch ein Bonus für geräuscharme Züge nach den Vorgaben des Art. 5 der Verordnung eingeführt werden.

In Folge dieser Erhöhung der Bonuszahlungen kann dann auch der Malus für geräuschintensive Züge in Gestalt des lärmabhängigen Teils des Trassenpreises erhöht werden, da die Gesamtsumme dieses Malus insgesamt so hoch sein darf wie die im Rahmen des Trassenpreissystems gezahlten Boni.

Eine weitere durch die Durchführungsverordnung eröffnete Möglichkeit ist die der Erhebung unterschiedlich hoher Mali für unterschiedliche Eisenbahnstrecken und Eisenbahnabschnitte nach der Lärmbelastung der betroffenen Bevölkerung. Parallel hierzu könnte auch eine entsprechende örtliche Differenzierung der Boni für geräuscharme Züge in Betracht gezogen werden.

Das lärmabhängige Trassenpreissystem kann darüber hinaus auch zur Förderung einer weitergehenden, über die Umrüstung auf LL-Sohlen hinausgehenden Lärmreduktion eingesetzt werden. Art. 6 der Verordnung 2015/429/EU sieht insoweit die Möglichkeit der Einführung eines zusätzlichen Wagenbonus für sehr leise Wagen und Lokomotiven vor. Dieser zusätzliche trassenpreissystem-immanente Bonus soll sich dabei nach Art. 6 Abs. 3 der Verordnung proportional zum Wert der Unterschreitung der einschlägigen Grenzwerte der TSI Noise verhalten und darf bis zu 50% des gemäß Art. 4 der Verordnung berechneten Bonus für auf LL-Sohlen nachgerüstete Wagen betragen.

Die Einführung dieses EU-rechtlich zulässigen Bonus für sehr leise Wagen und Lokomotiven in das deutsche lärmabhängige Trassenpreissystem würde weitergehende Lärmreduktionsmaßnahmen finanziell fördern. Die Boni könnten über eine weitere Erhöhung der Mali für geräuschintensive Züge finanziert werden, da diese Mali der Höhe der Gesamtsumme der Boni für nachgerüstete Wagen, für geräuscharme Züge und für sehr leise Wagen und Lokomotiven entsprechen dürfen.

12.3.3 Änderung der lärmbezogenen technischen Anforderungen an Güterwagen

Eine Durchsetzung der Umrüstung von Bestandsgüterwagen auf LL-Sohlen bis zum Jahr 2020 kann ebenso wie weitergehende Lärmemissionsreduktionen auch durch eine entsprechende Änderung der lärmbezogenen technischen Anforderungen an Güterwagen erreicht werden. Allerdings darf eine Änderung der lärmbezogenen technischen Anforderungen an Güterwagen in der EU nicht auf nationaler Ebene, sondern muss auf der Ebene der EU durch entsprechende Änderung der TSI Noise erfolgen.

Aus der Existenz und Funktion der TSI Noise und ihrer Entscheidung, für Bestandsgüterwagen keine Lärmemissionsgrenzwerte festzulegen, folgt, dass auch national keine Grenzwerte für Altfahrzeuge aufgestellt werden dürfen, so dass dem nationalen Gesetzgeber insoweit kein Gestaltungsspielraum zusteht.

Da bereits die Europäische Kommission selbst die – schrittweise einzuführende und durch andere Maßnahmen begleitete – Anwendung der Grenzwerte der TSI Noise auch auf Bestandsgüterwagen in Erwägung zieht, erscheint es rechtlich sinnvoll, eine Änderung und Verschärfung der lärmbezogenen technischen Anforderungen an Bestandsgüterwagen durch die Anwendung der bislang nur für neue Güterwagen geltenden Lärmgrenzwerte der TSI Noise künftig auch auf Bestandsgüterwagen auf europäischer Ebene anzustreben.

Darüber hinaus vorstellbar erscheint auch eine Änderung der einschlägigen technischen Anforderungen an neue Güterwagen oder an Bestandsgüterwagen, nach der neue Güterwagen nur noch zugelassen werden, wenn sie neu einzuführende verschärfte Lärmgrenzwerte erfüllen, oder sogar, dass die verschärften Grenzwerte zu einem späteren Zeitpunkt auch auf die Bestandsgüterwagen Anwendung finden.

Die Festlegung entsprechender neuer Lärmgrenzwerte müsste auf europäischer Ebene im Rahmen der TSI Noise erfolgen. An autonomen nationalen Grenzwertverschärfungen sind die Mitgliedstaaten der EU durch das entgegenstehende Unionsrecht gehindert.

12.3.4 Ordnungsrecht

Flankierend zu den vorstehend dargestellten Möglichkeiten der finanziellen Förderung sowie der Vorgabe verschärfter technischer Zulassungsvoraussetzungen kommt auch der Einsatz ordnungsrechtlicher Instrumente in Betracht. Mit diesen könnte jedenfalls die Durchsetzung der Umrüstung von Bestandsgüterwagen auf die LL-Sohle bis zum Jahr 2020 gefördert werden. Theoretisch kommt ihr Einsatz auch für die Durchsetzung weitergehender Lärmschutzvorgaben in Betracht.

Ein Einsatz nationaler ordnungsrechtlicher Maßnahmen gegen laute Güterwagen oder für eine über die Umrüstung auf LL-Sohlen hinausgehende Eisenbahnlärmreduktion auf der Grundlage entweder von § 5 a Absatz 1 und 2 AEG oder auf der Grundlage einer neu zu erlassenden entsprechenden Ermächtigungsnorm muss die Vorgaben des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes und des Bestands- und Vertrauensschutzgrundsatzes beachten, auf den Schutz der Gesundheit der Bevölkerung vor einer Beeinträchtigung durch den durch laute Güterwagen verursachten Güterverkehrslärm gerichtet sein und darf nicht zur Umgehung der unionsrechtlich erfolgten Regelung der lärmbezogenen Anforderungen für den Zugang zur Eisenbahninfrastruktur in den Mitgliedstaaten dienen.

12.3.5 Verbot des Netzzugangs

Ein nationales generelles Verbot des Netzzugangs für nicht auf LL-Sohlen umgerüstete Güterwagen ist wegen der unionsrechtlichen Liberalisierung und Öffnung des Güterverkehrsbinnenmarktes, wegen des unionsrechtlich garantierten Anspruchs auf diskriminierungsfreien Netzzugang nach Art. 10 Absatz 1 Satz 1 der Richtlinie 2012/34/EU sowie aufgrund der Dienstleistungsfreiheit Rechtspositionen unzulässig. Die vorstehend genannten europäischen Vorgaben stehen einer nationalen generellen Beschränkung des Netzzugangs auf leisere Güterwagen und damit einem nationalen Zugangs- oder Verkehrsverbot für laute Güterwagen, die den europäischen Vorgaben der TSI Noise entsprechen, entgegen.

Ebenso kommt ein Verbot des Netzzugangs für Güterwagen, die zwar die durch eine Umrüstung auf LL-Sohlen mögliche Geräuschreduktion erreichen, aber keine weitergehenden Lärmemissionsmaßnahmen und deshalb keine Unterschreitung der Grenzwerte der aktuellen TSI Noise aufweisen, nur dann in Betracht, wenn die entsprechenden Grenzwerte der TSI Noise auf europäischer Ebene so verschärft worden sind, dass weitergehende Maßnahmen als die Umrüstung auf LL-Sohlen erforderlich sind, um die Grenzwerte einzuhalten, und wenn zusätzlich die Anwendung dieser Grenzwerte auch auf Bestandsgüterwagen beschlossen worden ist.

13 Empfehlungen

Aufgrund des wachsenden Lärmproblems des Schienengüterverkehrs (SGV) in Deutschland ist die Umsetzung von Maßnahmen zur Lärmreduzierung unabdingbar. Das wichtigste Ziel der Politik besteht derzeit in der möglichst weitgehenden Beseitigung der GG-Sohlen von den in Deutschland verwendeten Bestandswagen. Aber auch nach vollständigem Ersatz der GG-Sohlen wird das Lärmproblem noch nicht beseitigt sein. Es verbleibt ein Bedarf für Lärmreduktionen um weitere 10 dB(A), teilweise sogar um 15 dB(A) in dicht besiedelten Gebieten. Diese Belastung wird noch zunehmen, wenn die für die nächsten Jahre prognostizierten Steigerungen des SGV eintreten. In Kapitel 5 wurde ein Überblick über die Ursachen und das Ausmaß der Belästigung durch den Schienengüterverkehr gegeben.

Der durch GG-Sohlen verursachte Schall übertönt derzeit viele andere Lärmquellen oder lässt sie jedenfalls als zweitrangig erscheinen. Nach dem Ersatz der GG-Sohlen und der Abnahme der Radrauheit wird daher eine Vielzahl anderer Lärmquellen in den Vordergrund der Wahrnehmung und Beachtung treten:

- Weitere Lärmquellen am Wagen (z.B. klappernde Bremsgestänge)
- Lärmursachen an der Infrastruktur (insb. Schienenrauheiten)
- Kurven- und Bremskreischen
- Schadhafte Stellen am Wagen (insb. Flachstellen am Rad) oder am Gleis (z.B. schadhafte Schienenstoßstellen)
- Lärmquellen an der Lokomotive.

Um diese Lärmquellen einzudämmen, müssen weitere technische Maßnahmen ergriffen werden, sowohl an der Infrastruktur als auch an den Lokomotiven und den Wagen. In Kapitel 6 wurde ein Überblick über mögliche lärm mindernde technische Maßnahmen an diesen drei Komponenten gegeben.

Im Vordergrund dieser Studie stehen Maßnahmen am Wagen, die über die Beseitigung der GG-Sohlen hinausgehen. In den letzten Jahren wurden jedoch zahlreiche politische Instrumente in Hinblick auf die Beseitigung der GG-Sohlen erprobt oder diskutiert, und dieses Ziel dominiert auch jetzt noch die aktuelle Diskussion und die Weiterentwicklung der politischen Instrumente wie ein lärmabhängiges Trassenpreissystem (laTPS), Verbote usw. Die politischen Instrumente, die für darüber hinausgehende Maßnahmen am Wagen eingesetzt werden, sollten in Einklang mit den Instrumenten zur Beseitigung der GG-Sohlen stehen. Daher werden im Folgenden Empfehlungen für die Auswahl und Gestaltung politischer Instrumente sowohl in Hinblick auf den Ersatz der GG-Sohlen als auch auf darüber hinausgehende Maßnahmen am Wagen formuliert.

Eine detaillierte Darstellung und Diskussion der politischen Instrumente, die aktuell in Hinblick auf die GG-Sohle ergriffen werden – das existierende Anreizsystem aus laTPS und Wagenhalterboni, die Androhung weiterer Schritte und schließlich die Übereinkunft zwischen Bund, Bahnbranche und Bürgerinitiativen unter Moderation der Allianz pro Schiene vom März 2016 – wurde in den Abschnitten 0 und 10.3 gegeben.

Im folgenden Abschnitt 13.1 werden zunächst unter Berücksichtigung der technischen Möglichkeiten und ihrer Kosten die politisch relevanten Zielsetzungen rekapituliert. Sodann werden unter zusätzlicher Berücksichtigung der rechtlichen und ökonomischen Bewertungen, die in den Kapitel 11 und 12 herausgearbeitet wurden, Empfehlungen ausgesprochen, mit welchem Mix politischer Instrumente die politischen Ziele erreicht werden sollten. Dabei zeigt sich, dass die Reform und Weiterentwicklung des laTPS eine zentrale Rolle spielen muss. Vor diesem Hintergrund wird in Abschnitt 13.2 untersucht, wie ein adäquates laTPS im Einklang mit der EU Durchführungsverordnung 2015/429 gestaltet werden sollte, und auch umgekehrt, wie diese Verordnung mit dem Ziel einer adäquaten Weiterentwicklung des laTPS langfristig geändert werden sollte.

Die Bevölkerung hat ein Anrecht auf unabhängige und verlässliche Information zur aktuellen Lärmbelastung durch den Schienenverkehr. Das Kapitel schließt daher in Abschnitt 13.3 mit Empfehlungen hinsichtlich der Gestaltung eines Lärm-Monitoring-Systems.

13.1 Empfehlungen zu den politischen Zielen und Instrumenten zur Durchsetzung lärmreduzierender Maßnahmen am Wagen

Ausgehend von den möglichen technischen Maßnahmen zur Lärmreduzierung am Wagen, ihren Reduktionspotenzialen und ihren Kosten wurden in Abschnitt 11.1 drei relevante politische Zielsetzungen zur Erreichung einer Lärmreduktion des Schienengüterverkehrs identifiziert:

- A) Der Ersatz der GG-Sohlen am Wagenaltbestand – Dies würde zu einer starken Lärmreduktion führen. Aus Kostengründen sollten die Wagen vorwiegend auf LL-Sohlen umgerüstet werden, unter Beibehaltung der Klotzbremssysteme.
- B) Darüber hinausgehende technische Maßnahmen zur Lärmreduktion am Wagenbestand – Hiermit sind eine Reihe von relativ kostengünstigen Maßnahmen gemeint, die nach Beseitigung der GG-Sohlen zu weiteren moderaten Lärmreduktionen führen. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurden u.a. folgende Maßnahmen betrachtet (siehe ausführlich Tab. 39 in Abschnitt 11.1): lärmmindernde Beschichtungen, Kunststoffbuchsen im Bremsgestänge, das systematische Beseitigen von schlagenden Flachstellen an Rädern (d.h. schon deutlich unter der sicherheitsrelevanten Länge von 6 cm).
- C) Durchsetzung der Scheibenbremse und lärmoptimierter Radbauformen als Standardausrüstung bei Wagenneubeschaffungen – Gerade im Verbund mit neuartigen Radbauformen führt die Scheibenbremse zu weiteren, deutlichen Lärmreduktionen im Vergleich zu einem Wagen, der mit Klotzbremse und K- oder LL-Sohlen ausgerüstet ist. Zudem ist die Scheibenbremse bei hoher Laufleistung sogar kostengünstiger als die Klotzbremse. Da der europäische Bestandsmarkt überreichlich mit Wagen, die mit Klotzbremse ausgestattet sind, versorgt ist, sollten daher möglichst alle Neuwagen mit Scheibenbremse ausgestattet und für hohe Laufleistungen

vorgesehen werden. In diesem Sinne sollte die Scheibenbremse bis auf Weiteres zur Standardausrüstung für Neuwagen gehören.²⁹⁷

Die Um- oder Aufrüstungsmaßnahmen für die Ziele A) und B) sollten kostengünstig im Rahmen der regelmäßigen Instandhaltung (große Revision) der Wagen vorgenommen werden. In Kapitel 7 dieser Studie wurde beispielhaft dargelegt, dass die Umrüstkosten durch eine geschickte Einbindung der Umrüstungsmaßnahmen in den Instandhaltungsprozess minimal gehalten werden können. Besondere Hemmnisse gegen Umrüstungsmaßnahmen, die gerüchteweise aus den Instandhaltungsprozessen resultieren würden, konnten wir nicht ausfindig machen. Aber neuartige Komponenten oder Verfahren, die mit einigen technischen Maßnahmen verbunden sind, müssen in die Instandhaltungsprozesse und die Lagerhaltung natürlich zunächst integriert werden.

In Abschnitt 11.2.4 wurden als Zwischenergebnis folgende Anforderungen an die Gestaltung von politischen Instrumenten zur Umsetzung der Ziele A), B) und C) festgehalten (zur Erläuterung siehe dort):

- Es bedarf eines gestuften Systems von Lärmklassen von Wagen, das als Ansatzpunkt der politischen Instrumente für alle drei Ziele dienen kann.
- Innerhalb jeder Lärmklasse sollte nach Achsenzahl differenziert werden.
- Wenn überhaupt Anreizinstrumente (und nicht nur Verbote) eine Rolle spielen sollen, dann müssen diese auch *laufleistungsabhängige* Anreize setzen.
- Im Zuge einer fortgeschrittenen Politik der Lärminderung wird es unerlässlich sein, dass die EVU ihre Fähigkeit zur zeitlich-räumlichen Einsatzsteuerung leiser Wagen verbessern.

Der letztgenannte Punkt, die Verbesserung der Fähigkeit der EVU zur zeitlich-räumlichen Einsatzsteuerung einzelner Wagen, ist auch von Bedeutung für die überfällige technologische Erneuerung des Wagenmaterials aus rein wirtschaftlichen Gründen. Es ist daher gut möglich, dass der politische Zwang zur Lärminderung die Branche aus ihrer technologischen Erstarrung befreien und für weitere Innovationen öffnen wird.

Die Ziele A), B) und C) beziehen sich auf die Umsetzung bestimmter technischer Maßnahmen der Lärmreduktion an den Wagen durch die Wagenhalter. Die Ziele beinhalten aber auch, dass die lärmreduzierten Wagen durch die EVU auch *eingesetzt* werden und zwar vorrangig in Deutschland und an lärmbelasteten Strecken.

Die politischen Instrumente zur Beeinflussung der Wagenhalter und EVU mit dem Ziel, dass sie technische Maßnahmen umsetzen (Wagenhalter) und diese Wagen auch vorrangig einsetzen (EVU), reichen von Formen der pauschalen Direktförderung der Maßnahmen (die definitionsgemäß laufleistungsunabhängig sind) über ein lärmabhängiges Trassenpreissystem (laTPS) oder andere Formen von Bonus-Systemen (wie staatliche Wagenhalterboni) bis hin zu ordnungsrechtlichen Maßnahmen wie Verboten oder Betriebsbeschränkungen (z.B. Geschwindigkeitsbeschränkungen oder Nachtfahrverboten). In Kapitel 11 wurde die Eignung der verschiedenen Instrumente für die o.g. Ziele A), B) und C) ausführlich diskutiert, während in Kapitel 12 ihre rechtlichen Rahmenbedingungen erörtert wurden. Die Ergebnisse dieser Diskussionen können wie folgt zusammengefasst werden:

²⁹⁷ Sehr langfristig müssen allerdings irgendwann auch wieder Wagen für geringe Laufleistungen neubeschafft werden. Diese könnten dann grundsätzlich auch wieder mit Klotzbremsen ausgestattet werden.

Geeignete politische Instrumente zur Durchsetzung des Ziels A) – Ersatz der GG-Sohle am Wagenaltbestand:

Ein zeitnahes EU-weites Verbot der GG-Sohle würde dieses Ziel am besten befördern; zeitnah bedeutet dabei, dass das Verbot ab 2021 oder wenige Jahre danach wirksam wird (oder wenigstens in Deutschland werden kann²⁹⁸). Darauf sollte die Bundesregierung hinwirken. Falls es dazu kommt, sollte der Umrüstungsprozess in Deutschland durch die Fortführung des aktuellen Anreizsystems aus laTPS und Wagenhalterboni unterstützt werden – oder durch eine reformierte Form des Anreizsystems, die auch die Ziele B) und C) berücksichtigt und in Abschnitt 13.2 genauer beschrieben wird. Der zusätzliche Einsatz ordnungsrechtlicher Betriebsbeschränkungen (Geschwindigkeitsbeschränkungen oder Nachtfahrverboten) ist in diesem Fall nicht nötig und nicht zu empfehlen.

Bis hierhin decken sich unsere Vorschläge mit den Kernpunkten der Übereinkunft, die im März 2016 unter Vermittlung der Allianz pro Schiene zwischen dem Bund und Vertretern der Branche und der Bürgerinitiativen getroffen wurde.

Dreh- und Angelpunkt dieser Übereinkunft ist das Versprechen des Bundes, dass ab dem Fahrplanwechsel 2020/2021 ein Verbot der GG-Sohle in Deutschland gelten werde.

Es ist allerdings keinesfalls sicher, dass ein zeitnahes Verbot der GG-Sohle auf EU-Ebene zustande kommt oder auf nationaler Ebene EU-rechtlich zulässig wird (siehe dazu Abschnitt 12.1). Als zweitbeste Lösung sollte sich die deutsche Politik dann in erster Linie eines reformierten Anreizsystems bedienen, bei dem insbesondere das laTPS deutlich stärkere Anreize setzen müsste als heute. Wie in Abschnitt 11.3.2 dargestellt wurde, müssen die Anreize stark genug sein, um im Markt sowohl die Umrüstung als auch den vorzugsweisen Einsatz umgerüsteter Wagen in Deutschland (und an lärmempfindlichen Strecken) zu fördern. Dazu sind Umrüstkosten, zusätzliche Betriebskosten aufgrund des erhöhten Radverschleißes und ggf. erhöhter Sohlenkosten der LL-Sohle, zusätzliche Managementkosten der Wageneinsatzsteuerung und beträchtliche Wirkungsbrüche aufgrund der Fragmentierung der Akteure zu überwinden.

Ein solch effektives laTPS müsste zudem für lange Zeit in Kraft stehen, um zu vermeiden, dass EVU bereits umgerüstete Wagen aufgrund deren höherer Betriebskosten möglichst wenig einsetzen, bzw. um zu bewirken, dass umgerüstete Wagen möglichst in Deutschland eingesetzt werden. Das laTPS müsste so lange scharf gestellt bleiben, bis doch noch ein EU-weites Verbot der GG-Sohle greift oder bis die meisten Wagen mit GG-Sohle altersbedingt vom europäischen Markt verschwunden sind. Für einen so langen Zeitraum kann sich der Staat jedoch keine finanziellen Förderungen in Form der Wagenhalterboni leisten. Den Kern des Anreizsystems muss daher langfristig ein unsubventioniertes, sich selbst finanzierendes laTPS bilden.

Wenn ein EU-weites Verbot der GG-Sohlen zeitnah nicht greift, kann ferner, ergänzend zum Anreizsystem aus laTPS und Wagenhalterboni, der lokale, aber vorsichtige Einsatz von Nachtfahrverboten für „laute Züge“ auf den wichtigen Korridoren erwogen werden. Dabei sollten durch eine geschickte zeitlich-räumliche Setzung der Nachtfahrverbote und der Definition „lauter Züge“, für die die Verbote gelten, die Auswirkungen auf die leisen Güterzüge und Personenzüge möglichst gering gehalten werden (siehe dazu ausführlich Abschnitt 11.3.3).

²⁹⁸ Denkbar ist die Möglichkeit, dass innerhalb Europas unterschiedliche Anpassungsfristen gelten können.

Würden weder ein EU-weites oder nationales Verbot der GG-Sohle noch ein effektives laTPS eingesetzt werden, dann blieben allein die Betriebsbeschränkungen übrig, um das Ziel A) wirksam zu verfolgen. Diese müssten dann umfangreich eingesetzt werden, wobei sich auch bei geschicktem Einsatz dieser Instrumente Kapazitätseinschränkungen und Betriebsstörungen auf den Korridoren sicherlich nicht ganz vermeiden lassen. Zugleich würde man sich dem Ziel A) wohl nur recht unvollkommen nähern können. Der folgende Abschnitt erläutert jedoch, dass einem effektiven laTPS von Seiten der EU-Regularen wenigstens bis Ende 2021 nichts entgegensteht.

Eine *finanzielle Förderung* der Umrüstung durch den Bund findet derzeit in der Form der von ihm finanzierten Wagenhalterboni statt. Diese sind so bemessen, dass sie kumuliert die Hälfte der Umrüstkosten von GG- auf LL-Sohlen refinanzieren können. Die andere Hälfte der Umrüstkosten, die zusätzlichen Betriebskosten aufgrund des erhöhten Radverschleißes und ggf. die zusätzlichen Managementkosten der Wageneinsatzsteuerung müssen von den EVU selbst getragen werden. Diese Zusatzkosten treffen die Branche in einer zweifelsohne schwierigen wirtschaftlichen Gesamtsituation. Zwar sollte eigentlich jedes Unternehmen die von ihm erzeugten externen Kosten selbst zahlen, doch könnte der Bund in Hinblick auf das politische Ziel der Verlagerung von Güterverkehr auf die Schiene nach Gelegenheiten suchen, den SGV stärker fördern zu können – denn die normalen Förderinstrumente des Bundes adressieren nicht den SGV im Besonderen, sondern die Schieneninfrastruktur bzw. den Schienenpersonennahverkehr. Allerdings ist zu beachten, dass die beihilferechtlichen Regelungen der EU eine nationale Förderung grundsätzlich auf 50% der Investitionskosten der Maßnahme beschränken. Bei höheren Förderintensitäten trüge die Bundesrepublik Deutschland die nur schwer zu erfüllende Darlegungs- und Beweislast für die Notwendigkeit und Verhältnismäßigkeit der Überschreitung der 50%-Grenze; siehe dazu Abschnitt 12.1.1.

Wenn der Bund den Sektor finanziell fördern möchte, dann empfehlen wir, *nicht* die Form einer pauschalen (d.h. laufleistungsunabhängigen) Direktförderung zu wählen. Diese birgt die Gefahr, dass ein beträchtlicher Anteil deutscher Steuergelder auch solche Wagen subventioniert, die überwiegend im Ausland eingesetzt werden. Zu empfehlen wäre stattdessen eine Erhöhung der Wagenhalterboni.

Auf EU-Ebene kann eine pauschale Direktförderung sinnvoller eingesetzt werden. Solch eine Förderung ist derzeit im Rahmen der Connecting Europe Facility (CEF) zugänglich. Die Bundesregierung könnte auch darauf hinwirken, dass CEF-Mittel für die Minderung des SGV-Lärms erhöht werden. Allerdings bleibt – ohne zusätzliches Anreizsystem – das Problem, dass umgerüstete Wagen, die pauschal gefördert wurden, aufgrund ihrer erhöhten Betriebskosten von den EVU möglichst wenig eingesetzt werden.²⁹⁹

Keine Form der finanziellen Förderung ist jedoch für sich genommen in der Lage zu verhindern, dass EU-weit zugelassene laute Wagen mit GG-Sohle weiterhin reichlich auch in Deutschland eingesetzt werden. Dies kann nur durch eines der zuvor genannten Anreizinstrumente (laTPS oder Betriebsbeschränkungen) bewirkt werden. Finanzielle Förderung ist deshalb nie hinreichend zur Lösung des Problems, sondern kann nur ergänzend zur Entlastung der Branche gedacht sein.

Geeignete politische Instrumente zur Durchsetzung des Ziels B) – Darüber hinausgehende technische Maßnahmen zur Lärmreduktion am Wagenbestand: Wie in Kapitel 11 diskutiert wurde,

²⁹⁹ Dies gilt auch dann, wenn die pauschale Direktförderung damit gerechtfertigt wird, die erhöhten Betriebskosten zu kompensieren.

sind für dieses Ziel die Instrumente des Verbots oder der Betriebsbeschränkungen eher als randständig zu betrachten. Das einzige adäquate Anreizinstrument zur Förderung des Ziels B) ist ein entsprechend angepasstes laTPS. Zur Implementierung eines solchen laTPS müssen unterschiedliche Wagenklassen definiert werden, die in unterschiedlichem Ausmaß gefördert werden. Grundsätzlich sollte das System so gestaltet werden, dass Wagenhalter eine höhere Stufe durch Umsetzung verschiedener, in etwa gleich stark wirkender technischer Maßnahmen erreichen können. Wie für das Ziel A) muss das laTPS auch für das Ziel B) deutlich gestärkt werden, da neben den Kosten der Maßnahmen auch zusätzliche Managementkosten der Wageneinsatzsteuerung und beträchtliche Wirkungsbrüche aufgrund der Fragmentierung der Akteure zu überwinden sind. Ein solches effektives laTPS muss zeitlich unbegrenzt in Kraft bleiben, um zu bewirken, dass die nachgerüsteten Wagen möglichst auch in Deutschland eingesetzt werden und die lauten Wagen möglichst wenig. Auch hier gilt, dass der Staat für einen so langen Zeitraum keine finanziellen Förderungen aufbringen kann. Den Kern des Anreizsystems muss daher langfristig ein unsubventioniertes, sich selbst finanzierendes laTPS bilden.

Ohne ein effektives laTPS gäbe es keine Handhabe zur systematischen Erreichung des Ziels B). Man könnte allenfalls versuchen, einige dieser technischen Maßnahmen selektiv durch Verbote oder Betriebsbeschränkungen zu befördern,³⁰⁰ doch ginge dabei der Aspekt der Maßnahmenauswahl und –kombination weitgehend verloren.

Sollte der Bund wünschen, technische Maßnahmen dieser Kategorie finanziell zu fördern, dann empfehlen wir aus dem gleichen Grund wie für Ziel A), auf nationaler Ebene *nicht* die Form einer pauschalen Direktförderung zu wählen, sondern eher die Form der Wagenhalterboni. Eine pauschale Direktförderung wäre EU-weit sinnvoll. Das Problem der erhöhten Betriebskosten tritt bei den Maßnahmen des Ziels B) nicht auf, so dass die EVU nicht den Fehlanreiz haben, pauschal geförderte Wagen grundsätzlich weniger einzusetzen.

Geeignete politische Instrumente zur Durchsetzung des Ziels C) – Durchsetzung der Scheibenbremse und lärmoptimierter Radbauformen als Standardausrüstung bei Wagenneubeschaffungen: Für Wagen mit hohen Laufleistungen ist die Scheibenbremse schon jetzt und ohne jede Förderung oder staatliche Anreizsetzung die kostengünstigste Variante.

Dennoch wird sie in der Praxis noch nicht entsprechend oft eingesetzt, weil sie noch ungewohnt ist und z.B. Instandhaltungswerke nicht immer für sie vorbereitet sind. Der Einsatz von Wagen mit Scheibenbremsen muss außerdem von den EVU präziser gesteuert werden, denn aus betrieblicher Sicht darf es nicht vorkommen, dass diese in der Anschaffung teuren Wagen versehentlich in Verwendungszwecke mit niedrigen Laufleistungen geraten.

Um der Scheibenbremse zum Durchbruch zu verhelfen und ihre Verbreitung zu fördern, sind daher zusätzliche staatliche Anreize zu setzen. Dies zumal, da der Effekt der Lärminderung aus betrieblicher Sicht nur dann berücksichtigt wird, wenn die Lärminderung durch den Einsatz politischer Instrumente honoriert wird (Internalisierung). Zur Förderung des Ziels C) kommen jedoch Verbote und Betriebsbeschränkungen nicht in Frage. Das einzige adäquate Anreizinstrument ist ein effektives laTPS.

³⁰⁰ Siehe spezielle Überlegungen in Abschnitt 11.3.3, den Einsatz leiser Buchsen im Bremsgestänge oder die frühzeitige Beseitigung von Flachstellen am Rad durch das Instrument des Verbots zu bewirken.

Wenn der Bund bereit ist, die Verbreitung der Scheibenbremse finanziell zu fördern, dann kann dies – zusätzlich zum laTPS - durch Wagenhalterboni oder durch eine pauschale Direktförderung geschehen. Die Gefahr, dass bei einer (moderaten) pauschalen Direktförderung deutsche Steuergelder für im Ausland eingesetzte Wagen verwendet werden, ist gering, denn das Erfordernis der hohen Laufleistung ist nur beim Einsatz auf den großen europäischen Korridoren erfüllbar, die überwiegend durch Deutschland verlaufen (vgl. Abschnitt 11.2.3). Durchaus zielführend ist daher auch der Vorschlag der Bahnindustrie, der in die Übereinkunft vom März 2016 eingegangen ist, die Scheibenbremse im Rahmen eines Innovationsbonus („Abwrackprämie“) zu fördern. Er sieht die Zahlung einer pauschalen Direktzahlung für die Anschaffung eines „sehr leise Wagens“ in Verbindung mit der Pflicht zur Verschrottung eines lauten Altwagens vor. Diese Förderung sollte jedoch aus unserer Sicht an starke Anforderungen hinsichtlich der Lärminderung des „sehr leise Wagens“ geknüpft sein, die (derzeit) ausschließlich von Wagen mit Scheibenbremse und Rädern mit geradem Steg erfüllt werden können.

Auch für das Ziel C) sollte man sich aber im Klaren darüber sein, dass eine Direktförderung, z.B. in Form des Innovationsbonus, auf Dauer nur einen geringen Teil der Neuanschaffungen erreichen kann. Wenn im Laufe der Jahre mehr und mehr Wagen mit Scheibenbremse angeschafft werden sollen, können diese aus budgetären Gründen nicht alle finanzielle Förderungen vom Staat erhalten. Ein dauerhaftes, wirksames und budgetneutrales Anreizsystem in Form eines gestärkten laTPS ist daher unverzichtbar.

Geeignete Instrumentenkombination zur Durchsetzung aller drei Ziele A), B) und C) - die zentrale Bedeutung eines effektiven, aber unsubventionierten laTPS: Die bisherige Diskussion hat gezeigt, dass für eine systematische Förderung der Ziele B) und C) das Ordnungsrecht (Verbote und Betriebsbeschränkungen) nicht taugt.

Zentrale Bedeutung für die zukünftige Politik der Lärmreduktion, also nach erfolgter Ersetzung der GG-Sohlen am Wagenaltbestand, hat daher der Einsatz eines zeitlich unbegrenzten, unsubventionierten und wirksamen, d.h. ausreichend starken laTPS. Doch auch hinsichtlich des Ziels A) – Beseitigung der GG-Sohle – kommt dem laTPS dann eine zentrale Funktion zu, wenn ein zeitnahes EU-weites Verbot der GG-Sohle nicht zustande kommt.

Der Weiterentwicklung des laTPS kommt daher höchste Priorität zu; ihr wenden wir uns im folgenden Abschnitt 13.2 ausführlich zu. Ebenso höchste Priorität sollte der Versuch haben, ein zeitnahes EU-weites Verbot der GG-Sohle zu erreichen. Wenn dies nicht gelingt, können zusätzlich zum laTPS auch selektive Betriebsbeschränkungen erwogen werden. Der Bund wäre gut beraten, sich frühzeitig eine belastbare Rechtsgrundlage für solche selektiven Betriebsbeschränkungen zu verschaffen, siehe Abschnitt 12.1.3.

Um den wirtschaftlichen Schwierigkeiten der Branche zu begegnen, kann der Bund auch über weitere finanzielle Förderungen nachdenken. Eine nationale finanzielle Förderung hinsichtlich der Ziele A) und B) sollte jedoch nicht in Form einer pauschalen Direktförderung von Maßnahmen, sondern in der Form von Wagenhalterboni gestaltet werden. Lediglich für das Ziel C) – die Förderung der Scheibenbremse bei Neuwagen – ist die pauschale Direktförderung ebenso gut. Eine „Abwrackprämie“ für die Beschaffung eines „sehr leise Wagens“ in Verbindung mit der Pflicht zur Verschrottung eines lauten Altwagens wäre eine besonders attraktive Form der pauschalen Direktförderung.

Eine EU-weite Förderung kann grundsätzlich eher in Form einer *pauschalen* Direktförderung vorgenommen werden als eine nationale Förderung. Eine finanzielle Förderung durch den Bund stößt an die beihilferechtliche Grenze von 50% der Investitionskosten, die lediglich in begründeten Ausnahmefällen überschritten werden kann. Darüber hinaus sind nur noch begrenzte Förderungen durch die EU

möglich. Um diese Fördermöglichkeiten auch in Zukunft nutzen zu können, sollte sich der Bund dafür einsetzen, dass die Förderrichtlinie laTPS von 2013 rechtzeitig fortgeschrieben wird und dass in Zukunft wieder weitere EU Fördermittel zur Umrüstung von Wagen im Rahmen der CEF-Programme ausgeschrieben werden. Zum ganzen Komplex siehe ausführlich Abschnitt 12.1.1. Es sei aber nochmals betont, dass finanzielle Förderung die Anreizinstrumente nicht ersetzen, sondern nur ergänzen kann (siehe dazu Abschnitte 11.3.2 und 11.3.3).

13.2 Empfehlungen zur Weiterentwicklung des laTPS und der EU Durchführungsverordnung 2015/429

Inhalt und Interpretation der Verordnung in ihrer aktuellen Form

Die EU Durchführungsverordnung 2015/429 wurde in Abschnitt 12.1.1 aus juristischer Perspektive ausführlich besprochen. Die wichtigsten Vorgaben für ein laTPS sind:

1. Der laTPS-Bonus für „nachgerüstete Wagen“ wird für jeden mit Verbundstoffsohlen nachgerüsteten Wagen und im ganzen Netz einheitlich gezahlt. Er ist proportional zur Zahl der Achsen und der im Netz zurückgelegten Kilometer zu gestalten und beträgt mindestens 0,0035 Euro pro Achse und km.
2. Ein zusätzlicher sog. „Zugbonus“ kann für „geräuscharme Züge“ gezahlt werden, die zu mindestens 90% aus „geräuscharmen Wagen“ bestehen; dies sind Wagen, die die Grenzwerte der TSI Noise einhalten (also mit K- oder LL-Sohle oder mit Scheibenbremsen ausgestattet sind). Der Zugbonus kann bis zu 50% der Summe betragen, die ein Zug in Form von Boni für nachgerüstete Wagen bekommt.
3. Ein zusätzlicher „Bonus für sehr leise Wagen und Lokomotiven“ (deren Lärmemissionen mindestens 3 dB unter den in der TSI festgelegten einschlägigen Werten liegen müssen) kann eingeführt werden, der dann auf jeden sehr leisen Wagen und jede sehr leise Lokomotive angewendet werden muss. Der Betrag dieses Bonus verhält sich proportional zur Unterschreitung der einschlägigen Grenzwerte, beträgt aber höchstens 50% des Bonus, der für nachgerüstete Wagen gezahlt wird.
4. Die für einen Zug anfallenden Boni aller drei Kategorien (Punkte 1 bis 3) können kumuliert werden.
5. Es kann ein laTPS-Malus eingeführt werden, der dann für alle „geräuschintensiven Züge“ gilt; dies sind Züge, welche zu mindestens 10% aus geräuschintensiven (mit GG-Sohlen gebremsten) Wagen bestehen. Die anderen Züge müssen befreit werden. Regionale oder streckenbezogene Differenzierungen sind möglich, so dass der Malus z.B. nur an lärmbelasteten Strecken erhoben werden kann. Die Gesamtsumme der eingekommenen Mali darf über die gesamte Geltungsdauer des laTPS nicht höher sein als die Summe der ausgezahlten Boni (wobei sich letztere auf alle Boni bezieht, also die für nachgerüstete Wagen, die Zugboni und die für sehr leise Wagen und Lokomotiven).
6. Das laTPS muss zum 31. Dezember 2021 wieder abgeschafft werden. Allerdings wird bis Ende 2018 von der EU eine Überprüfung der Situation vorgenommen, deren Ergebnis eine Änderung der Verordnung und damit natürlich auch eine zeitliche Verlängerung des Anreizsystems sein kann.

Es sei angemerkt, dass zwei der genannten Bestimmungen eine Lockerung erfahren, wenn eine Anlastung von externen Kosten des Lärms auch im Straßengüterverkehr erfolgt: Die Einnahmen aus den laTPS-Mali dürfen die Ausgaben für alle Boni doch überschreiten, wenn die externen Kosten des Lärms auch im Straßengüterverkehr „auf vergleichbare Weise“ angelastet werden. Dieser die Boni-Ausgaben überschreitende Teil der Mali darf dann auch über die Laufzeit des laTPS hinaus angewendet werden.

Obwohl in Deutschland eine Anlastung der externen Kosten des Lärms im Rahmen der Lkw-Maut erwogen wird, gehen wir im Folgenden davon aus, dass diese Voraussetzung nicht gegeben ist oder genutzt wird.³⁰¹

Von großer Bedeutung ist, dass die EU Durchführungsverordnung 2015/429 keine Obergrenze für die Boni für umgerüstete Wagen setzt.³⁰² Dies erlaubt eine effektive Anreizsetzung durch ein laTPS.

Zur Illustration der Verordnung betrachte man einen mit K-Sohle ausgestatteten Neuwagen. Dieser kann nur in geringem Umfang durch ein laTPS, das im Einklang mit der VO steht, gefördert werden. Denn er erhält weder den Bonus für nachgerüstete Wagen noch den Bonus eines sehr leisen Wagens, da er die TSI Grenzwerte nicht um 3 dB unterschreitet. Seine Eigenschaft als „normaler leiser Wagen“ wirkt sich nur dann vorteilhaft aus, wenn im System Mali erhoben und / oder Zugboni angeboten werden; dann ist sein Beitrag mit der Wahrscheinlichkeit zu gewichten, dass er einen Zug gerade über die Quote von 90% geräuscharmer Wagen hebt.

Eine weitere instruktive Illustration der Verordnung stellt der hypothetische Fall dar, dass bereits Ende 2020 – also ein Jahr vor dem Auslaufen des Systems – alle geräuschintensiven Wagen umgerüstet würden. Dann könnten im letzten Jahr der Laufzeit des Systems keinerlei Mali mehr eingenommen werden. Es müssten aber weiterhin Zugboni und Boni für sehr leise Wagen gezahlt werden, wenn diese im nationalen laTPS vorgesehen sind. Das gesamte System wäre dann im letzten Jahr notgedrungen defizitär, wenn nicht zuvor ausreichend Mali angesammelt wurden.

Dieses hypothetische Beispiel zeigt schon, dass die Verordnung in all ihren denkbaren Implikationen, die insbesondere zum Ende der GG-Umrüstphase relevant werden könnten, nicht vollständig durchdacht ist. Ein weiteres Indiz hierfür ist die Tatsache, dass nach dem jetzigen Stand der Verordnung ein sehr leiser Wagen ab 2022 nicht mehr durch Boni gefördert werden darf, obwohl ja die Förderung *sehr* leiser Wagen unabhängig von dem gewünschten Umrüstprozess für laute Wagen ist, auf den sich das Terminierungsdatum Ende 2021 eigentlich bezieht. Auch die Bindung der Höhe des Bonus für sehr leise Wagen an die Höhe des Bonus für nachgerüstete Wagen, die schon jetzt recht willkürlich wirkt, wird völlig unbefriedigend erscheinen, wenn es gar keine geräuschintensiven Wagen mehr gibt oder nur noch so wenige, dass die Transformation von geräuscharmen zu sehr leisen Wagen im Vordergrund des Interesses stehen wird.

Daher ist es recht wahrscheinlich, dass bis Ende 2018 eine Nachfolgeregelung kommen wird, die ein fortgeschrittenes Stadium der Lärmreduktion besser regeln wird. Die vorliegende Studie befasst sich schwerpunktmäßig mit der Frage, welche Maßnahmen und Politikinstrumente nach Abschaffung der GG-Sohlen ins Auge zu fassen sind. Im letzten Abschnitt wurde festgestellt, dass eine reformierte Form

³⁰¹ Insbesondere ist es nicht leicht, die rechtliche Voraussetzung der „Vergleichbarkeit“ in ihren Implikationen zu bewerten.

³⁰² Wie in Abschnitt 12.1.1 dargelegt wurde, setzt Artikel 4 Absatz 3 lediglich eine Untergrenze, und Absatz 4 ist eine bloße Kann-Bestimmung zur möglichen Berechnung der Boni. Allenfalls der allgemeine Passus aus Art. 1 Absatz 1 „Die Anwendung dieses Systems darf nicht zu einer unangemessenen Verzerrung des Wettbewerbs zwischen Eisenbahnunternehmen führen oder die Wettbewerbsfähigkeit des SGV insgesamt beeinträchtigen.“ könnte als qualitativer Hinweis aufgefasst werden, dass die an die Boni geknüpften Mali nicht allzu hoch ausfallen sollten.

des laTPS dabei eine entscheidende Rolle spielen wird. Nun zeigt sich, dass die laTPS regelnde EU Verordnung für diese Fragestellung noch nicht ausreichend ausgearbeitet ist und dass es sogar schon einen Termin gibt, zu dem eine vollständigere Ausarbeitung der Verordnung erwartet werden kann. Dies sollte man im Hinterkopf behalten, wenn im Folgenden Gestaltungsempfehlungen für ein laTPS gegeben werden, das im Einklang mit der Verordnung stehen und alle drei politischen Ziele A), B) und C) befördern soll.

Gestaltungsempfehlungen für ein laTPS im Einklang mit der Verordnung

Leider lässt die Verordnung nicht zu, dass eine Befreiung von den laTPS-Mali proportional zur Zahl der geräuscharmen Wagen eines Zuges erfolgen könnte. Dies schwächt die Anreize deutlich ab, die von einer laTPS gegebenen Bonus-Malus-Spreizung³⁰³ zur Lärmreduzierung von Wagen ausgehen; siehe dazu die Diskussion in Kapitel 11.3.2. Praktisch ist davon auszugehen, dass Anreize zur lärmreduzierenden Um- oder Ausrüstung von Wagen oder zum Wageneinsatz bis auf Weiteres nur von der Höhe des Bonus ausgehen werden, nicht von der Höhe des Malus.

Da keine Obergrenze für die Boni für nachgerüstete Wagen existiert, ist dieser Aspekt jedoch nicht ab-räglich. Den Überlegungen aus Kapitel 11.3.2 folgend sollte hinsichtlich des Ziels A) – Ersetzung der GG-Sohle - der laTPS-Bonus pro Achse und km wie folgt bestimmt werden:

$$\begin{aligned} \text{laTPS-Bonus für umgerüstete Wagen} = & \\ & [\text{Betriebskostendifferenz LL zu GG} \\ & \text{plus Managementaufwand zur Wageneinsatzsteuerung} \\ & \text{plus Aufschlag für den Rest der Umrüstkosten}] \\ & \text{mal } (1+X) \end{aligned}$$

wobei gilt:

- Betriebskostendifferenz LL zu GG: Kosten des erhöhten Radverschleißes durch LL-Sohlen plus ggf. erhöhte Verbrauchskosten der LL-Bremssohlen gegenüber GG-Sohlen
- Managementaufwand zur Wageneinsatzsteuerung: Insbesondere, wenn in Nachbarländern die GG-Sohle in Gebrauch bleibt, sollten die EVU einen Anreiz bekommen, dafür zu sorgen, dass die leisen Wagen vor allem in Deutschland eingesetzt werden.
- Aufschlag für den Rest der Umrüstkosten: Die Kosten der Umrüstung von GG- auf LL-Sohle werden derzeit in Deutschland zur Hälfte durch die Wagenhalterboni gedeckt. Die andere Hälfte muss durch das laTPS angereizt werden.
- X-Faktor: Die im System vorhandenen Transaktionskosten, die Fragmentierung des Anreizsystems und die Wirkungsbrüche aufgrund der Vielzahl beteiligter Akteure sowie die partiellen Neutralitätseffekte des laTPS innerhalb des DB-Konzerns erfordern eine stärkere Spreizung des laTPS, um all diese Widerstände zu überwinden. Hierzu dient der X-Faktor.

In der Verordnung spricht nichts gegen die Festsetzung der Höhe des Bonus nach der obigen Formel. Die Formel geht durchaus auch konform mit der Kann-Regelung aus Art. 4 Abs. 4 in einer weiteren Interpretation. Diese besagt: „Bei der Festsetzung der Höhe des Bonus kann der Infrastrukturbetreiber die Inflation, die Kilometerleistung der Wagen und die mit dem Einsatz von nachgerüsteten Wagen

³⁰³ Mit Bonus-Malus-Spreizung ist die Summe der Boni und Mali gemeint.

verbundenen Betriebskosten berechnen.“ Die Inflation wurde in o. g. Formel nicht berücksichtigt, könnte aber leicht noch berücksichtigt werden. Die Kilometerleistung wurde berücksichtigt, da der Bonus ja pro Achs-km gilt. Die mit dem Einsatz von nachgerüsteten Wagen verbundenen Betriebskosten können in einer weiten Interpretation mit dem gesamten Ausdruck auf der rechten Seite der o. g. Gleichung gleichgesetzt werden. Für die „Betriebskostendifferenz LL zu GG“ ist das klar. Auch der „Managementaufwand zur Wageneinsatzsteuerung“ kann als Bestandteil der Betriebskostendifferenz betrachtet werden, denn ein laTPS eröffnet nun einmal zusätzliche Möglichkeiten, durch verbesserte Steuerung des Wageneinsatzes die (netto)-Betriebskosten zu mindern. Die einmaligen „Umrüstkosten“ können auf die geplante Kilometerleistung eines Wagens verteilt und so als Bestandteil „vollkostendeckender Betriebskosten“ mit eingerechnet werden.

Übrigens erlaubt Absatz 6, dass der Bonus um solche Nachrüstkosten reduziert werden kann, für die eine staatliche Förderung in Anspruch genommen wurde; dies entspricht dem „Rest der Umrüstkosten“ in der o. g. Formel. Bleibt der X-Faktor. Dieser wird in Artikel 4 nicht erwähnt, aber da er in der Formel multiplikativ mit den Kosten der in Artikel 4 Absatz 4 gelisteten Elementen verknüpft ist, „berücksichtigt“ er ja auch nur diese Elemente. Er sorgt außerdem dafür, dass die Anreize des laTPS wirksam sind, und dies ist ja das Ziel des laTPS. Im Übrigen handelt es sich bei den Absätzen 4 und 6 des Artikels 4 ohnehin nur um Kann-Bestimmungen.

Im Anhang wird eine Beispielrechnung zur Bestimmung des Bonus nach der o. g. Formel vorgeführt. Für den Managementaufwand zur Wageneinsatzsteuerung kann kein Zahlenwert angegeben werden, dafür werden recht hohe X-Faktoren angesetzt. Aus verschiedenen Rechnungen, die unterschiedliche Zinssätze der Amortisation der Umrüstkosten und unterschiedliche Laufleistungen der Wagen berücksichtigen, kommen wir auf einen Wert von 0,0152 Euro Bonus pro Achs-km.

Zum Vergleich: Der so ermittelte Bonus liegt um mehr als Faktor 4 über der Mindesthöhe von 0,0035 Euro pro Achs-km, die in der EU Verordnung gefordert wird. Diese Anforderung aus der EU Verordnung ist also erfüllt. Aktuell beträgt der laTPS-Bonus in Deutschland 0,005 Euro pro Achs-km.

Bei einem Bonus von 0,0152 Euro pro Achs-km würde ein leiser Wagen mit vier Achsen Boni in Höhe von 0,06 Euro pro km erhalten. Ein Zug, der aus 40 solcher Wagen bestünde, erhielte Boni in Höhe von 2,43 Euro pro km; dies läge schon recht nah an dem typischen SGV-Trassenpreis von 3 Euro pro km. Man könnte eine individuelle Kappung der Boni vorsehen, wenn der Trassenpreis nach Berücksichtigung der Boni unter Null fallen würde (oder, alternativ, unter die Grenzkosten einer Zugfahrt fallen würde). Das Beispiel legt nahe, dass im Laufe des Umrüstprozesses die Boni abgesenkt werden sollten.

Der Malus, der zur Finanzierung dieser Boni notwendig wäre, wird im Anhang ebenfalls überschlägig berechnet. Unter der Annahme, dass der Anteil umgerüsteter Wagen 6,7% beträgt (entspricht dem Wert für Januar 2016), ergibt sich ein Malus von 0,16 Euro pro km für laute Züge. Dies entspricht 5,4% eines typischen Trassenpreises von 3 Euro pro km³⁰⁴ (während der aktuelle Malus nur 2,5% des Trassenpreises beträgt und auch die Transaktionskosten des Systems finanzieren soll).

Wenn, wie für Ende 2016 vorgesehen, der Anteil der umgerüsteten Wagen auf 30% steigt (gesetzt, dass dann 20% der Wagen Neuwagen mit K-Sohle sind, so dass insgesamt 50% der Wagen leise sind),

³⁰⁴ Bei genauer Kenntnis der Verteilung der Trassenpreise über alle Güterzüge wäre es auch möglich, die 0,16 Euro pro Zug-km im Erwartungswert in einen konstanten prozentualen Aufschlag auf die Trassenpreise zu transformieren.

dann steigt der Malus pro Zug-km auf 0,73 Euro pro Zug-km oder 24% des genannten Trassenpreises. Alternativ könnte der Malus auch für den gesamten Zeitraum des Umrüstprozesses auf einen Mittelwert der Bonuszahlungen für nachgerüstete Wagen festgesetzt werden.

Hinsichtlich der Ziele B) und C) – weitere lärmindernde Maßnahmen am Wagenbestand und Förderung der Scheibenbremse und lärmarmen Radbauformen bei Neubeschaffungen – sieht die Verordnung in Artikel 6 die Möglichkeit vor, „sehr leise Wagen“ extra zu fördern. Diese Wagen (und auch Lokomotiven) müssen mindestens 3 dB leiser sein als der jeweilige Grenzwert der TSI Norm. Der Betrag dieses Bonus verhält sich proportional zur Unterschreitung der einschlägigen Grenzwerte, beträgt aber höchstens 50% des Bonus für nachgerüstete Wagen und kann zu diesem kumuliert werden.

Wir empfehlen, diese Möglichkeit auszunutzen, indem möglichst alle der in Tab. 39 gelisteten weiteren technischen Maßnahmen – sowie wichtige Kombinationen dieser Maßnahmen - der Regel entsprechend eingewertet und gefördert werden. Neuwagen mit Scheibenbremse und lärmarmen Radbauformen werden dann die beste Lärmkategorie bilden und die höchste Förderung als „sehr leise Wagen“ erfahren.

Die Einführung eines zusätzlichen Zugbonus für „leise Züge“, die zu über 90% aus geräuscharmen oder sehr leisen Wagen bestehen, scheint uns hingegen bis auf Weiteres überflüssig zu sein. Derzeit geht es vor allem darum, die Wagenflotte und die Lokomotiven lärmindernd zu modernisieren; wenn dieser Prozess in Gang kommt, werden auch die Züge leiser und es werden immer häufiger „leise Züge“ im Sinne des Gesetzes zufällig entstehen, auch wenn sie nicht extra belohnt werden. Management-Kapazität und -Aufmerksamkeit sollten bis auf Weiteres auf die Modernisierung der Flotte fokussiert werden und nicht durch zusätzliche Anreize zur Zug-Zusammensetzung abgelenkt werden.

Zur institutionellen Gestaltung des laTPS empfehlen wir, dass sich der Staat die nationalrechtliche Zuständigkeit geben sollte, ein erlösneutrales laTPS selbst zu gestalten und dem Netunternehmen vorzugeben (siehe dazu Abschnitt 12.1.1). Die Zuordnung einzelner Wagen zu Lärmklassen sollte durch Selbstdeklaration erfolgen, indem jede Wagenummer einer Lärmklasse zugeordnet wird. Hierzu ist ein Register zu führen. Die Bewertung eines Zuges erfolgt dann durch Selbstdeklaration der Wagenummern, aus denen er besteht. Ein gewisses Kontrollsystem ist unvermeidlich. So sollten Instandhaltungswerke die Zuordnung der Wagen nach jeder Revision kontrollieren und beglaubigen. Zusätzlich werden offizielle stichprobenartige Kontrollen von Wagen und Zügen benötigt, die am besten von einem Unternehmen (das von allen EVU und EIU unabhängig ist) im Auftrag des Eisenbahnbundesamt durchgeführt werden sollten.

Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Verordnung

Im Jahr 2018 wird die EU Durchführungsverordnung 2015/429 von der Kommission überprüft und sicherlich geändert und weiterentwickelt. Wir empfehlen der Bundesregierung, in folgender Hinsicht Einfluss auf die Weiterentwicklung der Verordnung zu nehmen:

1. Es sollte beibehalten werden, dass die Verordnung keine Höchstgrenze für die Boni für nachgerüstete Wagen nennt. Die existierenden Kann-Regelungen können aber beibehalten werden. Restriktivere Regelungen zur Festsetzung der Höhe der Boni würden insbesondere Gefahr laufen, den wichtigen X-Faktor, der zur Überwindung der Wirkungsbrüche notwendig ist, nicht mehr zu ermöglichen und damit das laTPS unwirksam zu machen.
2. Die Bemessung der Boni für „sehr leise Wagen“ – also die Anreize für die Ziele B) und C) – sollte unabhängig von der Bemessung der Boni für nachgerüstete Wagen sein dürfen, da diese

beiden Themen eigentlich nichts miteinander zu tun haben. Dies wird umso wichtiger, je weiter das Ziel A) umgesetzt wird und gegenüber den Zielen B) und C) in den Hintergrund gerät.³⁰⁵ Auch für die Bemessung der Boni für die Ziele B) und C) sollte keine Höchstgrenze vorgegeben werden.

3. Die zulässige Geltungsdauer eines (unsubventionierten) laTPS sollte über Ende 2021 verlängert und von allen zeitlichen Begrenzungen befreit werden. Wenn die GG-Sohle nicht zeitnah EU-weit verboten wird, ist die Verlängerung sogar in Hinblick auf das Ziel A) – den Ersatz der GG-Sohle bei in Deutschland eingesetzten Wagen - wichtig. Vor allem braucht man ein zeitlich unbegrenztes laTPS zur Förderung von weiteren lärmindernden Maßnahmen beim Wagenbestand (Ziel B) und zur Förderung von Scheibenbremsen und lärmarmen Radbauformen bei Neuwagen (Ziel C). In allen Fällen geht es auch darum, durch das laTPS Anreize für den Einsatz lärmarmen Wagen in Deutschland zu setzen.
4. In einem zeitlich unbegrenzt geltenden System darf nicht die absolute Höhe der Boni fixiert werden, sondern die Boni-Mali-Spreizung des laTPS ist zu fixieren. Andernfalls wären unkontrollierte Bewegungen der Mali als bloße Residualgrößen zur Finanzierung des Systems nicht auszuschließen.³⁰⁶ Der aktuelle Text der Verordnung widerspricht zwar nicht explizit einer Fixierung der Spreizung, doch ist er gedanklich eher an einer Fixierung der Boni orientiert. Dies sollte überarbeitet werden. Es sollte zulässig werden, dass die Befreiung von laTPS-Mali *pro Wagen* gestaltet werden kann. Sie sollte sich also nicht mehr auf „leise Züge“ – die durch ein bestimmtes Quorum leiser Wagen definiert werden – beziehen müssen. Dies wäre vorteilhaft zur Anreizsetzung für die lärmindernde Aus- oder Umrüstung von Wagen und für deren Einsatz in Deutschland. Dies wird umso wichtiger, je weiter das Ziel A) umgesetzt wird und gegenüber den Zielen B) und C) in den Hintergrund gerät. Dann werden im Vergleich zu heute zwei Änderungen eintreten: Erstens müssten verschiedene Kategorien „leiser und noch leiserer Züge“ durch immer kompliziertere Regeln hinsichtlich ihrer Zusammensetzung aus lauten, leisen und sehr leisen Wagen (und letztere noch weiter nach Untergruppen differenziert) definiert werden. Zweitens wird der Moment kommen, dass auch auf LL-Sohle umgerüstete, heute „lärmarme Wagen“ Mali zahlen müssen, um die Boni für die immer zahlreicher werdenden „sehr leisen Wagen“ zu finanzieren. Die Verordnung sollte in jedem Fall ermöglichen, dass „sehr leise Wagen“ immer gefördert werden können und das laTPS stets selbstfinanzierend ist. Zur Ausgestaltung von laTPS-Boni (und -Mali) in Hinblick auf die Förderung der Ziele B) und C) siehe Abschnitt 11.3.2. Wenn zusätzlich zur Förderung leiser Wagen auch die Bildung „reiner leiser Züge“ gewünscht wird (was eventuell aber nicht nötig sein wird), dann gibt es hierfür das separate Instrument der Zugboni, denen dann auch separate Zugmali zur Seite gestellt werden sollten (hierfür bleibt dann aber das Problem der komplexen Definitionen).
5. Räumliche Differenzierungen sollten nicht nur für die Mali, sondern auch für alle Boni möglich werden. Bei deren Implementierung müssen aber die Regulierungsbehörden mit eingebunden werden.

³⁰⁵ Zur Ausgestaltung von laTPS-Boni (und -Mali) in Hinblick auf die Förderung der Ziele B) und C) siehe Abschnitt 11.3.2.

³⁰⁶ Siehe dazu Abschnitt 11.3.2 „Empfehlungen zur Gestaltung von laTPS und Wagenhalterboni aus ökonomischer Sicht“.

13.3 Empfehlungen für ein Monitoringsystem

Die Reduzierung des Eisenbahnlärms ist eine dauerhafte Aufgabe. Die anwohnende Bevölkerung wird durch Eisenbahnlärm unmittelbar betroffen. Sie hat das Bedürfnis nach qualitativ hochwertiger, unabhängiger Information über den Stand der Lärmbelastung und die Fortschritte bei der Reduzierung des Lärms. Es ist daher dringend anzuraten, dass ein Lärmmonitoringsystem aufgebaut wird, das nach Schweizer Vorbild in einer von allen beteiligten Interessen unabhängigen Form betrieben wird: unabhängig von den Eisenbahnverkehrsunternehmen, unabhängig von den Eisenbahninfrastrukturunternehmen, unabhängig von der Exekutive (Ministerium) und unabhängig von den Bürgerinitiativen. Dazu sind Errichtung und Betrieb des Monitoringsystems an ein (von genannten Unternehmen unabhängiges) Unternehmen auszuschreiben, mit klaren Vorgaben zu den objektiven Messungen und deren Internet-Publikation in zeitlich aggregierter, aber lokal disaggregierter Form.

In Kapitel 9 wurde ein flächendeckendes Monitoringsystem für Deutschland konzipiert. Es besteht aus 15 Messstellen, und seine Kosten wurden auf unter 4 Mio. Euro für die Errichtung und weitere jährliche 1,5 Mio. Euro für den Betrieb geschätzt. Dies sind sehr überschaubare Beträge.

Neben der Berichterstattung über die Lärmbelastung sollte das Monitoringsystem von vornherein so konzipiert werden, dass auch eine eindeutige Zuordnung von Messungen zu einzelnen Wagen möglich ist (ggf. nach einigen weiteren Zurüstungen). Individuelle Messungen sollten allerdings weder veröffentlicht, noch als direkte Kontrollmessungen mit unmittelbaren Rechtsfolgen eingesetzt werden.

Die Zuordnung zu einzelnen Wagen ist zum Beispiel sehr wichtig, wenn die Wagen – je nach Ausstattung mit unterschiedlichen technischen Maßnahmen der Lärminderung – einer größeren Anzahl von „Lärmklassen“ zugeordnet werden, die als Ansatzpunkt für politische Instrumente dienen. Durch die Zuordnung von Messergebnissen zu einzelnen Wagen und zu deren „Lärmklassen“ bzw. ihren spezifischen lärmmindernden Charakteristika kann im Aggregat ausgewertet werden, ob technische Maßnahmen richtig bewertet und Lärmklassen richtig gebildet werden.

Zudem wäre es möglich, bei einer im Vergleich zur Lärmklasse stark überhöhten Lärmmessung – die für sich genommen keine rechtliche Konsequenz hat – für den identifizierten Wagen eine dann mit Rechtsfolgen verbundene Kontrolle zu initiieren, ob dessen Klassifizierung rechtens ist. Ohnehin müssen die Selbst-Klassifizierungen der Wagen stichprobenartigen Kontrollen unterliegen, die mit Pönalen zu verbinden sind. Hinweise aus einem flächendeckenden wagenscharfen Lärmmonitoring können die Kosten eines solchen Kontrollsystems stark verringern.

Daneben kann ein wagenscharfes Lärmmonitoring auch für die EVU und Wagenhalter von Interesse sein. Wenn sie über eine stark überhöhte Lärmmessung informiert werden, haben sie die Möglichkeit zu reagieren. Insbesondere Geräusche aufgrund von Flachstellen am Rad könnten direkt akustisch diagnostiziert werden, so dass die Flachstellen rasch – z.B. mit dem Ziel der Senkung von Verschleißkosten – beseitigt werden können.

Hingegen sollte eine unmittelbare Verknüpfung der Lärmmessungen mit „Lärmpönalen“ bis auf Weiteres nicht angestrebt werden. Dies könnte allenfalls eine zukünftige Entwicklungsmöglichkeit darstellen.

14 Fazit

Die Lärmbelastung der Bevölkerung durch den Schienengüterverkehr stellt ein erhebliches Umweltproblem dar. Zentrale Ansatzpunkte der Lärminderung sind - neben infrastrukturellen Maßnahmen - insbesondere die Umrüstung von Bestandsfahrzeugen mit lärm mindernden Technologien sowie die Entwicklung innovativer Technologien für Neu- und Bestandsfahrzeuge.

Einen Durchbruch zur Lärminderung stellte die Entwicklung und Zulassung der K-Bremssohle dar. Sie war die erste Verbundstoffsohle, die einen praktikablen Ersatz für den Lärmverursacher Nummer eins, nämlich die GG-Bremssohle an den Wagen, bot. Auf dieser Grundlage konnte der Einsatz der GG-Sohle für Neuwagen europaweit verboten werden. Für die Umrüstung des Wagenaltbestandes, der mit seiner langen Lebensdauer die gesamte Wagenflotte noch auf viele Jahre dominieren wird, erschien die K-Sohle jedoch als zu teuer. Die Entwicklung und die im Jahr 2013 erreichte Genehmigung der LL-Sohle erlaubte eine deutlich kostengünstigere Umrüstung des Wagenaltbestandes auf lärm mindernde Verbundstoffsohlen.

Nach politischen Vorbereitungen, die im Jahr 2007 begannen, wurde 2012 in Deutschland ein Anreizsystem wirksam, das aus einem lärmabhängigen Trassenpreissystem (laTPS) und Wagenhalterboni besteht und die Umrüstung von Bestandswagen auf Verbundstoffsohlen – insbesondere des Typs LL - belohnt. Zugleich wurde das politische Ziel ausgegeben, bis Ende 2021 die GG-Sohlen von allen in Deutschland eingesetzten Wagen zu beseitigen und somit (im Zusammenhang mit weiteren Maßnahmen am Gleis) den Schienengüterverkehrslärm praktisch zu halbieren. In einer im März 2016 erzielten Übereinkunft zwischen dem Bund, Vertretern der Bahnbranche und Vertretern von Bürgerinitiativen, moderiert von der Allianz pro Schiene, sagte die Branche zu, dieses Ziel bis Ende 2021 tatsächlich umzusetzen, während der Bund sich bei der EU für ein Verbot der GG-Sohle einsetzen wird und weitere finanzielle Zusagen machte.

Liest man die rechtlichen und politischen Dokumente, so drängt sich auf den ersten Blick der Eindruck auf, Ende 2021 werde alles vorbei sein: das laTPS und die Wagenhalterboni sollen dann auslaufen; die Durchführungsverordnung 2015/429 der EU, welche Grundsätze für ein laTPS EU-weit regelt, läuft dann ebenfalls aus; nach der Übereinkunft vom März 2016 will die Branche dann die GG-Sohle in Deutschland vollständig aus dem Verkehr gezogen haben; und der Bund möchte dann hinsichtlich der Beseitigung der GG-Sohlen die Zielerreichung verkünden und mit einem künftigen (möglichst EU-weiten) Verbot der GG-Sohlen krönen.

Doch bei näherem Hinsehen zeigt sich, dass es so einfach doch nicht sein wird. Erstens ist unsicher, ob ein zeitnahes Verbot der GG-Sohle EU-weit zustande kommt oder wenigstens EU-rechtlich im nationalen Kontext zugelassen wird. Wenn beides nicht eintritt, wird man Anreizinstrumente noch für einen langen Zeitraum benötigen, um den Einsatz der GG-Sohlen in Deutschland zu reduzieren. Dieser Zeitraum wird so lange dauern, bis ein Verbot doch noch greift oder bis die mit GG-Sohlen gebremsten Altwagen gegen 2040 ohnehin vom Markt verschwunden sein werden. Eine finanzielle Förderung durch den Bund – sei es in Form der Wagenhalterboni oder in Form pauschaler Direktförderungen – kann aber aus beihilferechtlichen und aus allgemeinen budgetären Erwägungen nicht immer weiter ausgedehnt und verlängert werden. Daher kommt für diesen Fall als Anreizinstrument vor allem ein sich selbst finanzierendes, also ohne Subventionen auskommendes laTPS in Frage. Dieses müsste im Vergleich zu heute reformiert und deutlich gestärkt werden. Ergänzend ist der Einsatz maßvoller lokaler

Betriebsbeschränkungen für laute Wagen (Geschwindkeitsbeschränkungen oder Nachtfahrverbote) vorstellbar.³⁰⁷

Und zweitens: Selbst wenn ein Verbot der GG-Sohle ab 2020/2021 zustande kommt, wird das Thema Schienengüterverkehrslärm damit keineswegs abgeschlossen sein. Nicht nur, dass der Bund schon seit Jahren Lärmschutzwände, besonders überwachte Gleise (BüG) und passive Schallschutzmaßnahmen wie Schallschutzfenster bei betroffenen Haushalten mit beträchtlichen finanziellen Mitteln fördert und dies natürlich auch in Zukunft und auch über das Jahr 2021 hinaus tun wird (und auch die EU wird sich daran verstärkt beteiligen). Auch die Durchführungsverordnung 2015/429 der EU weist erstmals über das Thema GG-Sohle hinaus, indem sie eine spezielle Förderung von „sehr leisen Wagen“ durch ein laTPS ermöglicht. Dies sind Wagen, die die TSI-Grenzwerte nicht nur einhalten (wie Verbundstoffgebremste Wagen), sondern noch deutlich unterschreiten. Im Schweizer Bonussystem ist dies bereits aktuelle Praxis.

In Deutschland geht die politische Übereinkunft vom März 2016 durch ihre breite Herangehensweise einen wesentlichen Schritt voran. Es werden eine Verschärfung der allgemeinen politischen Lärmminderungsziele angesprochen, ein Lärmmonitoring gefordert und angekündigt, lärmmindernde Maßnahmen nicht nur am Wagen, sondern auch an den Lokomotiven und an der Infrastruktur vorgesehen, und Fördermöglichkeiten für „sehr leise Wagen“ thematisiert. Hierzu zählt auch die Möglichkeit einer „Abwrackprämie“ für alte, laute Wagen in Zusammenhang mit dem Neukauf von besonders innovativen, „sehr leisen“ Wagen.

Die hier vorgelegte Studie „Strategien zur effektiven Minderung des Schienengüterverkehrslärms“ für das UBA hat zum Gegenstand, über die Beseitigung der GG-Sohle hinausgehende technische Maßnahmen zur Lärmreduzierung und politische Instrumente zur Durchsetzung solcher Maßnahmen zu untersuchen. Denn auch nach dem vollständigen Ersatz der GG-Sohlen verbleibt ein Bedarf für Lärmreduktionen um weitere 10 dB(A), teilweise sogar um 15 dB(A) nachts in dicht besiedelten Gebieten. Wenn der Schienengüterverkehr wie prognostiziert weiter anwachsen wird, wird auch das Lärmproblem weiter zunehmen.

Der durch GG-Sohlen verursachte Schall übertönt derzeit viele andere Lärmquellen oder lässt sie jedenfalls als zweitrangig erscheinen. Nach dem Ersatz der GG-Sohlen und der Abnahme der Radrauheit wird daher eine Vielzahl anderer Lärmquellen in den Vordergrund der Wahrnehmung und Beachtung treten: Weitere Lärmquellen am Wagen (z.B. klappernde Bremsgestänge), Lärmursachen an der Infrastruktur (insb. Schienenrauheiten), Kurven- und Bremskreischen, schadhafte Stellen am Wagen (insb. Flachstellen am Rad) oder am Gleis (z.B. schadhafte Schienenstoßstellen) und Lärmquellen an der Lokomotive. Um diese Lärmquellen einzudämmen, müssen weitere technische Maßnahmen ergriffen werden, sowohl an der Infrastruktur als auch an den Lokomotiven und den Wagen.

Außerdem ist ein flächendeckendes Lärm-Monitoring nötig, das in der technischen und organisatorischen Realisierung in dieser Studie konzeptionell ausgearbeitet wird. Man wird mit bundesweit 15 Messstellen auskommen, sollte aber für Zwecke der Auswertung eine wagenscharfe Zuordnung der Messergebnisse ermöglichen. Aggregierte Ergebnisse sollten im Internet allgemein zugänglich ge-

³⁰⁷ Ein alleiniger, aber massiver Einsatz von Betriebsbeschränkungen – anstelle eines laTPS – hätte zu viele ungewollte Nebeneffekte und wäre nicht so leicht optimal auszugestalten oder anzupassen wie ein laTPS.

macht werden. Das Monitoring-System sollte nach Schweizer Vorbild von einem Unternehmen errichtet und betrieben werden, das unabhängig von allen Wagenhaltern, Eisenbahnverkehrsunternehmen, Infrastrukturunternehmen, Bürgerinitiativen ist. Auch der Bund als Auftraggeber sollte lediglich über die Erfüllung des Auftrags wachen und nicht auf die Ergebnisse Einfluss nehmen.

Im Vordergrund dieser Studie stehen Maßnahmen am Wagen, die über die Beseitigung der GG-Sohlen hinausgehen. Bezeichnet man die Beseitigung der GG-Sohlen als „Ziel A“ der Politik, so wurden in dieser Studie zwei weitere Typen von technischen Maßnahmen am Wagen identifiziert, die die Politik fördern sollte: Zum einen „Ziel B“, die Durchführung einer Vielzahl verschiedener kleinerer Maßnahmen mit moderatem Lärminderungspotenzial bzw. eine Auswahl und Kombination dieser Maßnahmen. Diese Maßnahmen sind durchaus auch an Wagen des Altbestandes möglich und können im Rahmen der großen Instandhaltung der Wagen kostengünstig durchgeführt werden. Sodann „Ziel C“, die Ausstattung von Neuwagen mit Scheibenbremsen und Rädern mit geradem Steg oder mit anderen lärmoptimierten Radbauformen.

Das politische Instrument der Wahl zur Förderung dieser beiden Ziele B) und C) ist ein reformiertes und gestärktes, aber unsubventioniertes laTPS. Es kann ggf. ergänzt werden durch maßvolle lokale Betriebsbeschränkungen und durch eine begrenzte finanzielle Förderungen durch den Staat (wenn diese von der Politik gewünscht ist und sich im Rahmen beihilferechtlicher Regelungen hält). So kann, um der Scheibenbremse zum Durchbruch zu verhelfen, eine „Abwrackprämie“ für die Beschaffung „sehr leiser Wagen“ in Verbindung mit der Verschrottung von lauten Altwagen gezahlt werden. Aber auch dieses Instrument ist nur als anfänglicher Impuls denkbar. Auf die Dauer muss die Scheibenbremse durch ein zeitlich unbegrenztes und unsubventioniertes laTPS bevorteilt werden, so dass eine dauerhafte Internalisierung ihrer besonders lärmmindernden Eigenschaft erreicht wird. Auch in Hinblick auf Ziel B, die Durchführung verschiedener kleinerer Maßnahmen mit moderatem Lärminderungspotenzial, ist ein zeitlich unbegrenztes unsubventioniertes laTPS notwendig, um den vorrangigen Einsatz derart lärmgeminderter Wagen insbesondere in Deutschland und an lärmempfindlichen Strecken (sowie Zeiträumen) gezielt zu fördern.

Wenn überhaupt weitere, über die Beseitigung der GG-Sohle hinausgehende Fortschritte der Lärminderung am Wagen erreicht werden sollen, ist daher von entscheidender Bedeutung, das laTPS über das Jahr 2021 hinaus zu bewahren, zu reformieren, in seiner Anreizwirkung zu stärken und hinsichtlich der technischen Maßnahmen, die es in unterschiedlichem Maße fördern soll, zu verbreitern und auszudifferenzieren.

Im Zuge einer fortgeschrittenen Politik der Lärminderung wird es unerlässlich sein, dass die Eisenbahnverkehrsunternehmen ihre Fähigkeit zur zeitlich-räumlichen Einsatzsteuerung leiser Wagen verbessern. Diese Fähigkeit ist auch von Bedeutung für die überfällige technologische Erneuerung des Wagenmaterials aus rein wirtschaftlichen Gründen, zum Beispiel für den Einsatz der Scheibenbremse oder der automatischen Kupplung für Wagen mit hoher Laufleistung. Es ist daher gut möglich, dass der politische Zwang zur Lärminderung die Branche aus ihrer technologischen Erstarrung befreien und für weitere Innovationen öffnen wird.

15 Quellenverzeichnis

- AAE (2013): 6-achsiger Megatrailer-Taschenwagen. http://www.aae.ch/?name=sdggmrss_twin. Aufgerufen am 17.03.2014.
- AAE (2013a): Leise, leicht, wartungsarm und für Megatrailer geeignet: AAE lässt neue Generation von Intermodalwagen bauen. Pressemitteilung vom 04.06.2013. München, Baar.
- AAE (2015): Wer wir sind. <http://www.aae.ch/>. Aufgerufen am 01.12.2015.
- Acramos (2013): Automatische Überprüfung der Geräuschemissionen von Schienenfahrzeugen im täglichen Betrieb. <http://www.acramos.at/impressum.php>. Aufgerufen am 17.03.2014.
- Agv MoVe, GDL (2012): Bundes-Rahmen-Lokomotivführertarifvertrag. Zuletzt geändert am 24.Juli 2012. Berlin, Frankfurt am Main.
- Ahrens, M. / Moll, L. (2014): Persönliches Gespräch mit den Herrn Ahrens und Herrn Moll zum Thema Schwellenbesohlung.
- Allianz pro Schiene (2016): Sieben Schritte auf dem Weg zu einem leiseren Schienengüterverkehr. Berlin.
- Aquasol (2014): Gabionen. Gabionensystem – Lärmschutzwand. www.aquasol.at/gabionen.html. Aufgerufen am 03.06.2014.
- Aretz & Co (2011): Jahresabschluss 2011. Krefeld.
- Argos (2013): Höhere Sicherheit, mehr Transparenz, besserer Schutz mit Argos® systems. http://www.argos-systems.eu/?page_id=5. Aufgerufen am 19.08.2013.
- Attinger, R. (2013): Präsentation, Besprechung Monitoring Eisenbahnlärm Konzept Schweiz. Bundesamt für Verkehr. Bern.
- AVV (2012): Allgemeiner Vertrag für die Verwendung von Güterwagen. Anlage 9; Bedingungen für die Technische Übergangsuntersuchung an Güterwagen. Anhang 1 Fehlerkatalog; Flachstellen Code 1.3.3. Materialauftragungen Code 1.3.4. http://www.gcubureau.org/resource/file/pdf/Anlage_9_komplett_V2_01.01.2012.pdf. Aufgerufen am 26.11.2015.
- Baranek, M. / Jakob, V. (2006): Zustandsorientierte Instandhaltung von Güterwagen. In: Der Eisenbahningenieur, Bd. 57, Nr. 5, S. 35-39.
- Beitelschmidt, M. (2013): Reduction of noise through wheelset modification. BTS-Symposium. Dresden.
- Berlin-Airport (2013): Fluglärmmessungen. <http://preview.berlin-airport.de/de/nachbarn/fluglaerm-und-flugrouten/fluglaerm/fluglaermmessungen/index.php>. Aufgerufen am 11.02.2013.
- Biebl, F. / Jaksch, M. (2012): Untersuchungsbericht zum Praxisversuch Calmmoon Rail. Messstelle Gau Algesheim/Deutschland. Wien.
- BlmSchG (2002): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigung, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge.
- BlmSchV (2006): Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16- BlmSchV).
- BlmSchV (2014): Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung), Anlage 2 (zu § 4), Berechnung des Beurteilungspegels für Schienenwege (Schall 03), Fassung vom 18.12.2014.

- BlmSchV (2015): Erläuterungen zur Anlage 2 der Sechzehnten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BlmSchV), Berechnung des Beurteilungspegels für Schienenwege (Schall 03), Teil 1: Erläuterungsbericht, Stand 23. Februar 2015.
- Blauwens, G. u.a.(2006): Towards a Modal Shift in Freight Transport? A Business Logistics Analysis of Some Policy Measures. In: Transport Reviews, Vol. 26, No. 2, S. 239–251.
- BMVBS (2009a): Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der DB Netz AG, der DB Station & Service AG, der DB Energie GmbH sowie der Deutschen Bahn AG. Berlin.
- BMVBS (2009b): Nationales Verkehrslärmschutzpaket II – Lärm vermeiden - vor Lärm schützen. Berlin.
- BMVBS (2012a): Richtlinie des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung zur Förderung von Maßnahmen der Lärminderung an Bestandsgüterwagen im Rahmen der Einführung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems auf Schienenwegen der Eisenbahninfrastrukturunternehmen des Bundes (Förderrichtlinie laTPS). Berlin.
- BMVBS (2012b): Erprobung innovativer Maßnahmen zum Lärm- und Erschütterungsschutz an Schienenwegen – Maßnahmenliste. <http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/66926/publication-File/58943/massnahmenliste-laerm-und-erschuetterungsschutz.pdf>. Aufgerufen am 26.03.2013.
- BMVBS (2013): Lärmschutz im Schienenverkehr - Alles über Schallpegel. Innovative Technik und Lärmschutz an der Quelle. Berlin.
- BMVBS (2013a): Lärmabhängiges Trassenpreissystem ist am 9. Dezember 2012 gestartet. <http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/LA/laermabhaengiges-trassenpreissystem.html>. Aufgerufen am 13.03.13.
- BMVBS (2013b): Pilot- und Innovationsprogramm Leiser Güterverkehr. <http://www.bmvbs.de/Shared-Docs/DE/Artikel/LA/pilot-und-innovationsprogramm-leiser-gueterverkehr.html>. Aufgerufen am 29.03.2013.
- BMVBS (2013c): Richtlinie des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung zur Förderung von Maßnahmen der Lärminderung an Bestandsgüterwagen im Rahmen der Einführung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems auf Schienenwegen der Eisenbahninfrastrukturunternehmen des Bundes (Förderrichtlinie laTPS vom 17.10.2013). Bekanntmachung Nr. 215, Bonn.
- BMVBS / DB AG (2011): Eckpunktevereinbarung zur Einführung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems auf dem Schienennetz der DB Netz AG. Stand 05.07.2011. Berlin.
- BMVBW (2002): Lärmsanierung an Schienenwegen des Bundes – Ein Programm für den Schallschutz an bestehenden Bahnstrecken. <http://www.staedtebauliche-laermfibel.de/pdf/Br-LaermS.pdf>. Aufgerufen am 25.03.2013.
- BMVI (2014): Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung II zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der DB Netz AG, der DB Station & Service AG, der DB Energie GmbH sowie der Deutschen Bahn AG. Berlin.
- BMVI (2015): Lärmschutz im Schienenverkehr. Alles über Schallpegel, innovative Technik und Lärmschutz an der Quelle. 3. Aufl. Berlin.
- BMVI (2016): Güterwagen werden leiser - die ersten LL-Sohlen sind im Einsatz. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/LA/zulassung-ll-sohle-und-abschaffung-schienenbonus.html>. Aufgerufen am 11.07.2016.

- Bombardier Transportation (2010): Bombardier Transportation erhält Auftrag von Railpool zur Lieferung von 36 TRAXX-Lokomotiven. Pressemitteilung vom 23.12.2010. <http://de.bombardier.com/press-release/de/bombardier-transportation-erh-auml-lt-auftrag-von-railpool-zur-lieferung-von-36-traxx-lokomotiven.htm>. Aufgerufen am 18.03.2013.
- Bombardier Transportation (2011): Bombardier Transportation schließt Rahmenvertrag mit DB Regio AG über Lieferung von 200 innovativen TRAXX-Mehrmotoren-Diesellokomotiven. Pressemitteilung vom 18.04.2011. http://de.bombardier.com/de/press_release_20110418.htm. Aufgerufen am 18.03.2013.
- Bühler, G. u.a. (2009): Wettbewerb und Umweltregulierung im Verkehr. Eine Analyse zur unterschiedlichen Einbindung der Verkehrsarten in den Emissionshandel. Mannheim.
- Bühlmeier, T. / u.a. (2015): Erläuterungen zur EIBV. In: Kunz, W. (Hrsg.): Kommentar zum Eisenbahnrecht, Band 2, § 21.
- Bundesamt für Raumplanung / ARE (2012): Perspektiven des schweizerischen Güterverkehrs bis 2030. <http://www.are.admin.ch/themen/verkehr/00258/00519/index.html?lang=de>. Aufgerufen am 11.03.13.
- Bundesamt für Verkehr (2008): Monitoring Eisenbahnlärm, Jahresbericht 2008. Bern.
- Bundesamt für Verkehr (2010): Lärmsanierung der Eisenbahn – Kommentar zum Emissionsplan. Bern.
- Bundesamt für Verkehr (2011): Monitoring Eisenbahnlärm, Jahresbericht 2011. Bern.
- Bundesamt für Verkehr (2013): Monitoring. <http://www.bav.admin.ch>. Aufgerufen am 22.03.2013.
- Bundesnetzagentur (2015): Marktuntersuchung Eisenbahnen 2015 (Berichtsjahr 2014). Bonn.
- Buscaglia, F. (2016): The selection procedure under the CEF instrument. Vortrag im Rahmen des Workshop on Connecting Europe Facility. Budapest.
- Busch, R. (2012): DB macht Dampf beim Lärmschutz. In: Mobil 12/2012, S. 48-50.
- Captrain (2013): Daten und Fakten 2012. Berlin.
- Cargo CBM (2013): CargoCBM - Condition Based Maintenance, <http://www.cargocbm.de/start.html>. Aufgerufen am 09.07.2013.
- CDU Deutschlands / CSU-Landesleitung / SPD (2013): Deutschlands Zukunft gestalten. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. 18. Legislaturperiode. Rheinbach.
- CER / UIC (2006): Lärmbekämpfung im Schienengüterverkehr, Sachstandsbericht 2006. Brüssel, Paris.
- CER / UIC (2007a): Lärmbekämpfung im Schienengüterverkehr, Sachstandsbericht 2007. Brüssel, Paris.
- CER / UIC (2007b): Lärmreduzierung auf der europäischen Schieneninfrastruktur, Sachstandsbericht 2007. Brüssel, Paris.
- ContiTech(2013): Gigabox – das völlig neue Lager- und Federungskonzept, http://www.contitech.de/pages/produkte/luftfedersysteme/schienenfahrzeuge/gigabox_de.html. Aufgerufen am 26.06.2013.
- Cremer, L. / Möser, M. (2007): Technische Akustik. Berlin.
- Czolbe, C. (2009): Schallminderung an Schienenfahrzeugen – Analyse unterschiedlicher Strategien zur Geräuschminderung an Schienenfahrzeugen im Innenraum und Außenbereich für Neukonstruktion und Modernisierung. Berlin.

- Daduna, J. R. (2009): Verkehrsträgerwettbewerb im Güterverkehr. Eine Scheindiskussion? In: S. Voß u.a. (Hrsg): Logistik Management: Systeme, Methoden, Integration. S. 247-260.
- DB AG (2002): Gesamtkonzept Lärmsanierung – Anlage 2 Strecken nach Emissionsklassen. <http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/33328/publicationFile/873/anlage-2-der-gesamtkonzeption-emissionsdarstellung-der-strecken-karte.pdf>. Aufgerufen am 26.03.2013.
- DB AG (2009): Schallschutz – eine Investition in die Zukunft der Bahn. Frankfurt am Main.
- DB AG (2012a): Infrastrukturzustands- und –entwicklungsbericht 2011. April 2012. http://www.eba.bund.de/cln_031/nn_804166/SharedDocs/Publikationen/DE/Infothek/Finanzierung/LuFV/IZB__2011__Kurzfassung.html. Aufgerufen am 18.03.2013.
- DB AG (2012b): LZarG: „Leiser Zug auf realem Gleis“. Forschungsprojekt für leise Bahn abgeschlossen. <http://www.deutschebahn.com>. Aufgerufen am 15.03.2013.
- DB AG (2013): LaTPS der DB Netz AG startet zum 9. Dezember 2012. <http://www.db-netz.de/fahrwege/start/produkte/trassen/trassenpreise/latps.html>. Aufgerufen am 13.03.13.
- DB AG (2016): Integrierter Bericht 2015. Berlin.
- DB AG (versch. Jg.): Wettbewerbsbericht, verschiedene Jahrgänge. Berlin.
- DB Energie GmbH (2008): Preisblatt - für die Vorhaltung und den Betrieb der Schienen-Tankstellen, für die Bereitstellung von Dieselmotorkraftstoff [auch für Heizzwecke] (Bereitstellungspreis) sowie die zur Verfügungstellung von Hilfs- und Zusatzstoffen an den Schienen-Tankstellen der DB Energie. Gültig ab 01.01.2008. o.O.
- DB Energie GmbH (2013): Anlage 4 zum Rahmenstromliefervertrag: Bahnstrompreisregelung ab 01.01.2013. Stand 29.10.2012. Geändert am 08.02.2013. o.O.
- DB Energie GmbH (2013a): Preisblatt – Bahnstrompreisregelung ab 01.01.2013. o.O.
- DB Energie GmbH (2014): Bahnstrompreisregelung ab 01.01.2015 - Produkt „Comfort“. Stand 29.09.2014. o.O.
- DB Energie GmbH (2015): Preisblatt für die Nutzung des 16,7-Hz-Bahnstromnetzes (Bahnstromnetz) gültig ab 01.01.2015. o.O.
- DB Mobility Logistics AG (2010): Geschäftsbericht 2009. Berlin.
- DB Mobility Logistics AG (2011): Geschäftsbericht 2010. Berlin.
- DB Mobility Logistics AG (2013): Geschäftsbericht 2012. Berlin.
- DB Mobility Logistics AG (versch. Jg.): Daten & Fakten, verschiedene Jahrgänge. Berlin.
- DB Netz AG (2012a): Trassenpreissystem (TPS) – Liste der Entgelte der DB Netz AG 2013 für Trassen, Zusatz- und Nebenleistungen. Stand 09.02.2012. Frankfurt am Main.
- DB Netz AG (2012b): Das Trassenpreissystem der DB Netz AG. Frankfurt am Main.
- DB Netz AG (2012c): Geschäftsbericht 2011. Frankfurt am Main.
- DB Netz AG (2012d): TPS - Preisauskunft. Daten vom 9.12.2012. Stand 14.03.2012. Frankfurt am Main.
- DB Netz AG (2012e): Schienennetznutzungsbedingungen, SNB 2014. Stand 07.12.2012. Frankfurt am Main.

- DB Netz AG (2012f): Anlagenpreissystem (APS) – Liste der Entgelte für Serviceeinrichtungen der DB Netz AG 2013. Stand 09.02.2012. Frankfurt am Main.
- DB Netz AG (2012g): Innovative Maßnahmen zum Lärm- und Erschütterungsschutz am Fahrweg. Frankfurt am Main.
- DB Netz AG (2012h): DB Netz AG, Innovative Maßnahmen zum Lärm- und Erschütterungsschutz am Fahrweg. Schlussbericht. Frankfurt am Main.
- DB Netz AG (2014): TPS - Preisauskunft. Daten vom 13.10.2014. Frankfurt am Main.
- DB Netz AG (2015): SNB 2016. Redaktionsstand 13.12.2015. Frankfurt am Main.
- DB ProjektBau GmbH (2015): Aktive und passive Schallschutzmaßnahmen. <http://www.emmerich-oberhausen.de/aktive-und-passive-schallschutzmassnahmen.html>. Aufgerufen am 15.03.2015.
- DB Umweltzentrum (2013): Strecken der DB Netz AG mit nächtlichen Schallemissionen. Stand 2012. Zusammenstellung aus dem Informationssystem Umweltschutz - Lärm, Emissionen, Naturschutz - ISU LENA. Berlin.
- dBvision (2013): UIC Noise Technical Measure Catalogue (UIC003-01-04fe) (Stand 29.05.2013). Paris.
- De Vos, P. (2013): Retrofitting: real noise reduction and real costs, 8th UIC Noise workshop, 11.06.2013. Paris.
- De Vos, P. / de Groot, M. (2013): UIC - Focus-Sustainable Development, Noise, Noise reduction of freight wagon retrofitting. Nr.2 – 06/2013. Paris.
- Dellenbach, S. (1999): Ortsbildgerechter Lärmschutz am Beispiel Bahnlinie BLS in Thun. In: Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 3, S. 27-32.
- Dennisen, T. / Rommerskirchen, St. / Stefan, K. (2011): Güterverkehr in Deutschland: Eine Verkehrsart mit vielen Facetten. In: Wirtschaftsdienst, Vol. 91, S. 216-218.
- Deutsche Bahn AG (2016b): Lärmsanierung im bestehenden Schienennetz. <http://www1.deutschebahn.com/laerm/infrastruktur/laermsanierung.html>. Aufgerufen: 24.02.2016.
- Deutsche Bundesbahn (1978): Güterkursbuch der Deutschen Bundesbahn, Mainz.
- Deutscher Bundestag (2014): Antwort der der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Matthias Gastel, Harald Ebner, Christian Kühn (Tübingen), weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN. Drucksache 18/2239. 31.07.2014.
- Deutscher Bundestag (2016): Staatliche Förderung der Instandhaltung neuer Bremstechniken im Schienengüterverkehr und EU-Beihilferecht. PE 6 – 3000 – 165/14. Berlin.
- DFLD (2013): Eigene Mess-Station betreiben. <http://www.dfld.de/Link.php?URL=Mess/Language/MessStationG.html>. Aufgerufen am 11.02.2013.
- DHV BV / TU Berlin / IGES / Universität Würzburg (2007): Der Weg zum leiseren Schienengüterverkehr. Anreize für die Umrüstung von Güterwagen auf Flüstersohlen. Berlin.
- DIN 31051 (2012): Grundlagen der Instandhaltung.
- DIN 45643 (2011): Messung und Beurteilung von Fluggeräuschen.
- DIN EN 13306 (2010): Instandhaltung - Begriffe der Instandhaltung.

- DIN EN 14363 (2005): Instandhaltung - Bahnanwendungen - Fahrtechnische Prüfung für die fahrtechnische Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen - Prüfung des Fahrverhaltens und stationäre Versuche.
- DIN EN 61672-1 (2010): Elektroakustik-Schallpegelmesser-Teil 1: Anforderungen (IEC 29/724/CDV:2010). Deutsche Fassung prEN 61672-1:2010.
- DIN EN ISO 3095 (2010): Bahnanwendungen – Akustik – Messung der Geräuschemission von spurgebundenen Fahrzeugen. Deutsche Fassung EN ISO 3095:2010.
- DIW (2012): Verkehr in Zahlen 2012-13. Hrsg. vom BMVBS. Berlin.
- DIW (2014): Verkehr in Zahlen 2014-15. Hrsg. vom BMVBS. Berlin.
- DIW (2015): Verkehr in Zahlen 2015-16. Hrsg. vom BMVBS. Berlin.
- DLR (2007): DLR-Projekt „Leiser Flugverkehr II“ – Abschlussbericht. http://www.dlr.de/as/Portaldata/5/Resources/dokumente/abteilungen/abt_ts/Abschlussbericht_Wissenschaft.pdf. Aufgerufen am 30.03.2016.
- Drewitz., M. / Rommerskirchen, St. (2011): Mehr als kosmetische Korrekturen. Langfristprognosen zum Güter- und Personenverkehr. In: Internationales Verkehrswesen, Vol. 63, H. 1, S. 12-17.
- EBA (2012): EBA – Jahresbericht 2011/2012. Bonn.
- EBA (2013a): Gesetzlicher Rahmen der Umgebungslärmkartierung. http://www.eba.bund.de/cln_031/nn_204518/DE/Fachthemen/Umgebungslaermkartierung/Gesetzlicher__Rahmen/gesetzlicher__rahmen__inhalt.html. Aufgerufen am 20.03.2013.
- EBA (2013b): Ergebnisse der Umgebungslärmkartierung. http://www.eba.bund.de/cln_031/nn_204518/DE/Fachthemen/Umgebungslaermkartierung/Ergebnisse/ergebnisse__node.html?__nnn=true. Aufgerufen am 20.03.2013.
- EBA (2013c): Liste ausländischer Eisenbahnverkehrsunternehmen, die in Deutschland Zugang beantragt haben und Liste der öffentlichen Eisenbahnverkehrsunternehmen in Deutschland. http://www.eba.bund.de/cln_031/nn_202596/DE/Infothek/Eisenbahnunternehmen/EVU/evu__node.html?__nnn=true. Aufgerufen am 20.03.2013.
- EBA (2013d): Lärmkartierung. <http://laermkartierung.eisenbahn-bundesamt.de>. Aufgerufen am 20.03.2013.
- EBA (2016): Öffentliche Eisenbahnverkehrsunternehmen in Deutschland. Stand: 21.04.2016. http://www.eba.bund.de/DE/HauptNavi/FahrzeugeBetrieb/EVU/EVUregister/evuregister__node.html. Aufgerufen am 28.04.2016.
- EcoTransIT (2013): Bilanzierung. <http://www.ecotransit.org>. Aufgerufen am 22.03.2013.
- Elstorpff, M.-G. / Mathieu, M. (2008): Development, Testing and TSI-Certification of the New Bogie Mounted Tread Brake Unit for Freight Cars. Graz.
- Engelmann, J. / Wirtgen, J. / Nicolin, J. (2010): Europäisches Aktionsprogramm für die Güterwagensicherheit. In: ETR. 2010, Nr. 11, S. 752-755.
- Eurailpress (2006): DB AG: Güterwagenauftrag an Tatravagonka. Nachrichten – Allgemein vom 21.07.2006. [http://www.eurailpress.de/news/alle-nachrichten/single-view/news/db-ag-gueterwagenauftrag-an-tatravagonka-1.html?sword_list\[\]=Flachwagen&no_cache=1](http://www.eurailpress.de/news/alle-nachrichten/single-view/news/db-ag-gueterwagenauftrag-an-tatravagonka-1.html?sword_list[]=Flachwagen&no_cache=1). Aufgerufen am 18.03.2013.

- Eurailpress (2007): Neue Güterwagons für die ÖBB. Nachrichten – Allgemein vom 06.02.2007. [http://www.eurailpress.de/news/alle-nachrichten/single-view/news/neue-gueterwagons-fuer-die-oebb-1.html?sword_list\[\]=containertragwagen&no_cache=1](http://www.eurailpress.de/news/alle-nachrichten/single-view/news/neue-gueterwagons-fuer-die-oebb-1.html?sword_list[]=containertragwagen&no_cache=1). Aufgerufen am 18.03.2013.
- Eurailpress (2010): Deutsche Bahn: Gravita-Loks mit Partikelfiltern kommen in den Dienst. Nachrichten – Allgemein vom 31.12.2010. [http://www.eurailpress.de/news/alle-nachrichten/single-view/news/deutsche-bahn-gravita-loks-mit-partikelfiltern-kommen-in-den-dienst-1.html?sword_list\[\]=voith&sword_list\[\]=gravita&sword_list\[\]=bestellt&no_cache=1](http://www.eurailpress.de/news/alle-nachrichten/single-view/news/deutsche-bahn-gravita-loks-mit-partikelfiltern-kommen-in-den-dienst-1.html?sword_list[]=voith&sword_list[]=gravita&sword_list[]=bestellt&no_cache=1). Aufgerufen am 18.03.2013.
- Europäische Gemeinschaft (2002): Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm. Brüssel.
- Europäische Kommission (2008): Mitteilung der Kommission - Gemeinschaftliche Leitlinien für staatliche Beihilfen an Eisenbahnunternehmen (2008/C 184/07). In: Amtsblatt der Europäischen Union, C 184, S. 13-31.
- Europäische Kommission (2011a): Technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) zum Teilsystem „Fahrzeuge – Lärm“ des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems. Brüssel.
- Europäische Kommission (2011b): WEISSBUCH. Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. KOM(2011) 144 endgültig. Brüssel-
- Europäische Kommission (2012): Staatliche Beihilfe SA.34156 (2012/N) – Deutschland. Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen der Lärminderung an Bestandsgüterwagen. C(2012) 9467 final. Brüssel.
- Europäische Kommission (2014a): LL Retrofit 16000 - Retrofitting rolling stock with composite brake blocks to reduce noise in densely populated areas. https://ec.europa.eu/inea/sites/inea/files/fiche_2014-de-ta-0389-w_final.pdf. Aufgerufen am 15.01.2016.
- Europäische Kommission (2014b): LoNofts – Low noise transport solution. <https://ec.europa.eu/inea/sites/inea/files/2014-be-ta-0621-w.pdf>. Aufgerufen am 15.01.2016.
- Europäische Kommission (2014c): Durchführungsbeschluss der Kommission vom 26. März 2014 über die Festlegung des Mehrjahresarbeitsprogramms 2014 für die finanzielle Unterstützung im Bereich Verkehr der Fazilität „Connecting Europe“ (CEF) für den Zeitraum 2014-2020. https://ec.europa.eu/inea/sites/inea/files/download/calls2014/cef_transport/c_2014_1921_f1_commission_implementing_decision_de_v2_p1_762738.pdf. Aufgerufen am 15.01.2016.
- Europäische Kommission (2014d): Durchführungsbeschluss der Kommission vom 26. März 2014 über die Festlegung des Jahresarbeitsprogramms 2014 für die finanzielle Unterstützung im Bereich Verkehr der Fazilität „Connecting Europe“ (CEF). https://ec.europa.eu/inea/sites/inea/files/download/calls2014/CEF-telecom/c_2014_9588_f1_commission_implementing_decision_de_v2_p1_792054.PDF. Aufgerufen am 15.01.2016.
- Europäische Kommission (2014e): Mitteilung der Kommission - Leitlinien für staatliche Umweltschutz- und Energiebeihilfen 2014-2020 (2014/C 200/01). In: Amtsblatt der Europäischen Union, C 200, S. 1-55.
- Europäische Kommission (2015): Commission Staff Working Paper - Rail freight noise reduction, SWD(2015) 300 final. Brüssel.
- Fachstelle Lärmschutz (2011): Favorisierte Typen von Lärmschutzwänden. Zürich.
- Fachstelle Lärmschutz (2014): Lärmschutzwände und -dämme. www.laermorama.ch. Aufgerufen am 01.06.2014.

- Fachstelle Lärmschutz (2015): Lärmorama. <http://www.laermorama.ch>. Aufgerufen am 01.06.2015.
- Faigle (2013): Buchsen zum Bremsgestänge von Drehgestellen für Güterwaggons. <http://www.faigle.com>. Aufgerufen am 25.06.2013.
- FIS (2005): Die Lästigkeit des Schienenverkehrslärms - der Schienenbonus-Korrekturwert. <http://www.forschungsinformationssystem.de>. Aufgerufen am 18.03.2013.
- FIS (2012a): Die Deutsche Bahn AG als Akteur im Bereich der Schienenverkehrslärmbekämpfung. <http://www.forschungsinformationssystem.de>. Aufgerufen am 15.03.2013.
- FIS (2012b): Lösungsansätze zur Reduzierung des Schienenverkehrslärms. <http://www.forschungsinformationssystem.de>. Aufgerufen am 15.03.2013.
- FIS (2015): Schallschutzwände und -wälle an Bahnstrecken. <http://www.forschungsinformationssystem.de>. Aufgerufen am 01.06.2014.
- Fischer, F. (2012): Lärmsanierung der Eisenbahnen in der Schweiz, Vortrag im Eisenbahnwesen-Seminar der TU Berlin. 14.05.2012. Berlin.
- Fischer, F., Walker, U. (2013): Eisenbahnlärm in der Schweiz – Aktuelle und geplante Maßnahmen. Lärmbekämpfung Bd. 8, Nr. 1. Bern.
- Fraport (2013): Fluglärm. http://www.fraport.de/content/fraport/de/nachhaltigkeit/schallschutz-fluglaerm/fluglaerm_und_betrieb.html. Aufgerufen am 11.02.2013.
- Ludwig Freytag (2015): Neubau einer Schallschutzwand in Husum. http://www.ludwig-freytag.de/de/qualifikation/referenzdetails.php?we_objectID=403. Aufgerufen am 01.03.2015.
- G. R. G. GmbH (2013): ECM Zertifikat GATX, <http://www.gatx.eu/de/content/ecm-zertifikat>. Aufgerufen am 17.09.2013.
- Gabion B. V. (2014): Technische Daten. <http://www.gabion-steinkoerbe.de/technische-daten/>. Aufgerufen am 04.06.2014.
- Gabler Wirtschaftslexikon (2013): Stichwort „Vorbeugende Instandhaltung“. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/72524/vorbeugende-instandhaltung-v4.html>. Aufgerufen am 13.03.2013.
- Gross, F. (2012): Bahnlärm macht krank! – Kompendium für wirksamen Schutz vor Lärm an Schienenwegen. Boppard.
- Grote, K-H. / Feldhusen, J. (2012): Dubbel Taschenbuch für den Maschinenbau. Berlin, Heidelberg, New York.
- GSB Gabionenbau GmbH (2013): Gabionen / Steinkörbe. <http://www.gsb-gabionen.de/index.php?idcat=1&idart=10>. Aufgerufen am 25.06.2013.
- Hagenlocher, S. / Wittenbrink, P. (2015): Analyse staatlich induzierter Kostensteigerungen im Schienengüterverkehr am Beispiel von ausgewählten Relationen. Karlsruhe.
- Haltermann, W. (2014): E-Mail von Herrn W. Haltermann zu Wirkungen und Kosten der Schienenstegabschirmung, Schweerbau, 15.05.2014.
- Hartleben, D. (2015): Telefonisches Gespräch mit Herrn Dr. D. Hartleben zum Thema Wirkungen und Kosten lärmmindernder Maßnahmen, Schweerbau, 05/2015.
- Hecht, M. (2012): Güterverkehrslärm, ein Thema mit vielen Einflussgrößen. In: Eisenbahntechnische Rundschau, Heft 4, S. 30-34.

- Hecht, M. (2014): Akustik. In: Schindler, H. C. (Hrsg.): Handbuch Schienenfahrzeuge: Entwicklung, Produktion, Instandhaltung, Kapitel 2.5, S. 154-181. Hamburg.
- Hecht, M. / Czolbe, C. (2008): BMU-Projekt Lärminderungsmaßnahmen an drei Großdiesellokomotiven BlueTiger. In: ZEVrail Glasers Annalen 132 (2008), S. 11-12.
- Hecht, M. / Nesterow, S. (2014): Studie zur Lärminderung im Schienengüterverkehr. Berlin.
- Hecht, M. / Schirmer, A. / Cords, D. (2002): Das Forschungsprojekt „Leichtes und lärmarmes Güterwagen-Drehgestell“ - Ziele, Entwicklungsstand und Ausblick. In: ZEVrail-Glasers Annalen, Sonderheft Tagungsband Graz 2002, S. 213-226.
- Hecht, M. / Wiemers, M. (2002): Low Noise Train (LNT) Präsentation Wien 6.11.2002. Report Nr. 27/02. Wien.
- Hecht, M. / Zogg (1994): Lärmdesign moderner Triebfahrzeuge am Beispiel der Lok 2000-Serie. Anwendung von Telemetrie, Intensitäts- und Arraymesstechnik. In: ZEV+DET Glaser Annalen 119, Nr. 9/10., S. 467.
- Hempe, T. (2006): Ein LCC basiertes Verfahren zu Evaluierung von Schleifstrategien für Schienenbahnen. Hamburg.
- Hempe, T. (2015): E-Mail von Herrn Dr. T. Hempe zum Thema Wirkungen und Kosten lärmindernder Maßnahmen, DB Netz, 06/2015.
- Hempe, T. / Siefer, T. (2007): Schienenschleifen als Bestandteil einer technisch-wirtschaftlichen Gleis-instandhaltung. In: ZEVrail Sonderheft, 03/2007, S. 78-90.
- Hering Bau GmbH & Co. KG (2015): Schallschutz durch Gabionen-Körbe. <https://www.heringinternational.com/de/nc/news/artikel/der-umwelt-zuliebe-niedrige-schallschutzwaende-an-bahngleisen-im-test>. Aufgerufen am 08.12.2015.
- Holzhey, M. (2010): Schienennetz 2025/2030 - Ausbaukonzeption für einen leistungsfähigen Schienengüterverkehr in Deutschland. Hrsg. vom Umweltbundesamt, Reihe Texte 42/2010. Dessau-Roßlau.
- Huland, A. (2015): Silent freight fleet. Progress in Germany - European approach. SBB Workshop. Bern.
- IMP (2011): Bewertung von Modellen einer schnellen Umrüstung von Güterwagen auf lärmindernde Bremssohlen. Berlin.
- INEA - Innovation and Networks Executive Agency (2015): 2015 CEF Transport Calls for Proposals. <https://ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility/cef-transport/apply-funding/2015-cef-transport-calls-proposals>. Aufgerufen: 15.01.2016.
- INEA - Innovation and Networks Executive Agency (2016a): CEF Transport. <https://ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility/cef-transport>. Aufgerufen: 15.01.2016.
- INEA - Innovation and Networks Executive Agency (2016b): CEF Transport. Contact points of Member States for the Agreement on the submission of proposals (Application form section A.2.3) according to Article 9 of the CEF Regulation. https://ec.europa.eu/inea/sites/inea/files/cef_transport_contact_persons_151201.pdf. Abgerufen: 15.01.2016.
- INEA - Innovation and Networks Executive Agency (2016c): 2014 CEF Transport Calls for Proposals. <https://ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility/cef-transport/apply-funding/2014-cef-transport-calls-proposals>. Aufgerufen am 15.01.2016.

- ISO, DIS 3095:2010 (2010): Bahnanwendungen – Akustik – Messung der Geräuschemission von spurgebundenen Fahrzeugen (ISO/DIS 3095:2010). Deutsche Fassung prEN ISO 3095:2010.
- ITP / BVU (2007): Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025. München, Freiburg.
- ITP / BVU (2014): Verkehrsverflechtungsprognose 2030. Los 3: Erstellung der Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen unter Berücksichtigung des Luftverkehrs. München, Freiburg.
- ITP u.a. (2012): Gleitende Mittelfristprognose für den Güter- und Personenverkehr - Kurzfristprognose Sommer 2012. München, Köln.
- Jäcker-Cüppers, M. / Weinandy, R. (2011): Lärmabhängige Trassenpreise – ein Instrument zur Minderung der Lärmbelastung durch den Schienenverkehr. In: Lärmbekämpfung Bd.6, S.135-150.
- Johannsen, K. (2005): Der Einfluss der Oberflächenimpedanz auf das Abstrahlverhalten eines Schürze-Niedrigstschallschirm-Systems. Berlin.
- Johannsen, K. (2013): Persönliches Gespräch mit Herrn K. Johannsen, Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (Beauftragter für Lärmschutz und Luftreinhaltung, Stabsstelle Umwelt) am 14.03.2013. Berlin.
- KCW (2011a): Wettbewerber-Report Eisenbahn 2010/2011. Berlin.
- KCW (2011b): Studie zur Ermittlung von Transaktionskosten verschiedener Anreizmodelle für die Umrüstung der Güterwagen-Bestandsflotte auf Verbundstoff-Bremssohlen. Berlin.
- Kietzmann J. / Winkler T. (2013): Persönliches Gespräch mit den Herren Kietzmann und Winkler zum Instandhaltungsmanagement, EuroMaint Rail GmbH (Kundenmanager Güterwagen und Angebotsmanager Personenverkehr) am 01.03.2013. Leipzig.
- Kloepfer, M. u.a. (2006): Leben mit Lärm? Risikobeurteilung und Regulation des Umgebungslärms im Verkehrsbereich. Berlin, Heidelberg, New York.
- Klotz, C. (2012): Schalltechnische Strukturoptimierung von Eisenbahnradsätzen. Dresden.
- k-nord (2013): Begrünbare Lärmschutzwände mit System. <http://www.k-nord.com/de/laermschutz-mit-system.html>. Aufgerufen am 09.07.2013.
- Kramer, U. (2012): Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG). Nomos AEG-Kommentar. Nomos online.
- Kramer, U. (2013): Die Zulässigkeit von Geschwindigkeits- und Durchfahrtbeschränkungen für laute Güterzüge im Mittleren Rheintal aus der Warte des deutschen und europäischen Rechts. Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz. Passau.
- Kremper, K. (2007): Railion. Für eine leise Bahn. Vortrag vom 02.04.2007. Bingen.
- Krüger, F (2013): Kurvengeräusche – Messung, Bewertung und Minderungsmaßnahmen. Berlin.
- Kruschwitz, L. (2011): Investitionsrechnung. 13. Auflage. München, Wien.
- Kühling, J. (2015): Rechtsgutachten über die rechtliche Zulässigkeit und Durchsetzbarkeit von Durchfahrtbeschränkungen und vergleichbaren betrieblichen Beschränkungen unter Berücksichtigung der Vorgaben im deutschen und europäischen Recht im Auftrag der Stadt Bamberg. https://www.stadt.bamberg.de/media/custom/1829_13142_1.PDF?1439455897. Zuletzt aufgerufen: 15.01.2016.
- Kühling, J. / Seiler, M. (2016): Möglichkeiten und Grenzen von Betriebsbeschränkungen als Mittel der Lärmreduktion. In: Deutsches Verwaltungsblatt - DVBl, 2016, S. 155–163.

- Lambrecht, M. u.a. (2009): Strategie für einen nachhaltigen Güterverkehr. Hrsg. vom Umweltbundesamt. Reihe Texte 18/2009. Dessau-Roßlau.
- Lange, S. (2014): Telefonisches Gespräch mit Frau Dr. Lange zu Wirkungen und Kosten lärmindernder Maßnahmen, DB Netz AG, 05/2014.
- LB Foster Rail Products (2013): Rail Products, <http://www.lbfoster-railproducts.com/>. Aufgerufen am 23.08.2013.
- Lehnert, Th. (2013): E-Mail von Herrn Thorsten Lehnert zu Kosten der Eisenbahnverkehrsunternehmen, Railpool GmbH, 2013.
- LeiLa (2004): Leichtes und lärmarmes Güterwagen-Drehgestell (LEILA-DG). http://www.schiene-fzg.tu-berlin.de/fileadmin/fg62/f5_b.htm. Aufgerufen am 23.08.2013.
- Liermann, F. (2013): E-Mail von Herrn Liermann zu Wirkungen und Kosten lärmindernder Maßnahmen, Siemens AG (Infrastructure & Cities Sector, Mobility and Logistics Division, Rail Automation), 23.08.2013.
- Litman, T. (2013): Understanding Transport Demands and Elasticities - How Prices and Other Factors Affect Travel Behavior. Victoria.
- Loy, H. (2012): Körperschall-/Erschütterungsschutz durch besohlte Schwellen – Wirkung und Grenzen. In: ETR Austria, 12/2012, Nr.12.
- Lübke, D. u.a. (2008): Handbuch - Das System Bahn. Hamburg.
- Lucchini RS (2013): The low noise wheels, Lovere.
- Lutzenberger, S. / Gutmann, C. (2013a): Geräuschemission europäischer Schienenfahrzeuge – Ermittlung des Standes der Technik. In: Lärmbekämpfung, Bd. 8, Nr. 1, S. 6-22.
- Lutzenberger, S. / Gutmann, C. (2013b): Ermittlung des Standes der Technik der Geräuschemissionen europäischer Schienenfahrzeuge und deren Lärminderungspotenzial mit Darstellung von Best-Practice-Beispielen. Dessau-Roßlau.
- Maksymski, O. (2013): Telefonisches Gespräch mit Herrn Oliver Maksymski zum Thema Kosten im SGV, MEV GmbH.
- Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten - Rheinland-Pfalz (2014): Technikworkshop Bahnlärmmessung / Bahnlärmmonitoring am 09.10.2014. http://mulewf.rlp.de/fileadmin/mufv/img/inhalte/laerm/Workshop_Bahnlaermmonitoring_Fazit.pdf. Aufgerufen am 08.12.2015.
- Mitusch, K. u.a. (2014): The Structure of Freight Flows in Europe and its Implications for EU Railway Freight Policy. In: Funck, R. & W. Rothengatter (eds.): Man, Environment, Space and Time - Economic Interactions in Four Dimensions, Karlsruhe Papers in Economic Policy Research, Vol. 34., S. 283-318.
- Mofair e.V. / NEE (2015): Wettbewerber-Report Eisenbahn 2015/2016. o.O.
- Möller, G. / Eberle W. (2010): 10-Punkte-Programm „Leises Rheintal“ von Hessen und Rheinland-Pfalz. In: Lärmbekämpfung, Bd. 5, Nr. 3.
- Mörfelden-Walldorf (2013): Lärm. <http://www.moerfelden-walldorf.de/default.asp?action=category&ID=211>. Aufgerufen am 12.02.2013.
- Müller, G.H. / Möser, M. (2004): Taschenbuch der Technischen Akustik. Berlin.
- o.V. (2013): Für Zulassung der LL-Sohle noch Versuche erforderlich. In: Rail Business, 11.02.2013.

- o.V. (2014): Begriff "Gantt-Diagramm". In: Projekt Magazin, Online-Fassung. <https://www.projektmagazin.de/glossarterm/gantt-diagramm>. Aufgerufen am 04.02.2014.
- OECD / IEA (2012): Railway Handbook 2012 - Energy Consumption and CO2 Emission. Paris.
- Oum, T.H. / Waters, W.G. / Yong, J.S. (1990): A Survey of Recent Estimates of Price Elasticities of Demand for Transport. Washington.
- Pache, E. (2007): Minderung der Umweltbelastungen im Schienenverkehr durch emissionsabhängige Trassenpreise. Rechtsgutachten im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau.
- Parlament (2002): DIRECTIVE 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. In: Official Journal of the European Communities, 2002.
- PLANCO (2007): Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße. Essen.
- Planteam (2013): Präsentation, Besprechung „Automatische Messstation für Eisenbahnlärm“. Bern.
- Pro Rheintal (2013): Schienenstegabschirmungen – Schallreduktion an der Quelle. https://www.pro-rheintal.de/bahnlaerm_technik_schienensteg-abschirmungen.html. Aufgerufen am 23.06.2013.
- ProgTrans AG (2007): Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050. Basel.
- ProgTrans AG (2012): World Transport Reports. Edition 2012/2013. Basel.
- Rasch, A.A. (2000): Erfolgspotential Instandhaltung, München.
- Relius Coating GmbH (2016):
- Ruhrmann (2013): Images. <http://ruhrmann-velten.de/images/stories/nirvana-schraube-m-hpm-motor.jpg>. Aufgerufen am 03.07.2013.
- Saabel, I. (2011): Viagreggio: Der Unfall und seine Auswirkungen. Vortrag auf dem Schweizer Gefahrguttag. 17.09.2010, Luzern. Online: http://www.vag-schweiz.ch/db/daten/Wascosa_I%20Saabel.pdf. Aufgerufen am 05.02.2014.
- SAP Knowledge Warehouse (2013): Business-Szenario-Beschreibungen. http://help.sap.com/saphelp_sm40/helpdata/de/d3/6f23412331f06fe10000000a1550b0/frameset.htm. Aufgerufen am 15.03.2013.
- SAP Knowledge Warehouse (2013): Zustandsabhängige Instandhaltung. http://help.sap.com/saphelp_sm40/helpdata/de/d3/6f23412331f06fe10000000a1550b0/frameset.htm. Aufgerufen am 15.03.2013.
- SBB Cargo AG (2012): Stadler und SBB präsentieren modernste Hybridlok. Pressemitteilung vom 20.09.2012. http://www.sbbcargo.com/de/medien/news.newsdetail.2012-9-2009_3.html. Aufgerufen am 18.03.2013.
- SBB Cargo Deutschland GmbH (2012): Jahresabschluss 2011. Duisburg.
- Schrey & Veit (2013a): Radabsorber VICON-RASA. <http://www.sundv.de/rail.aspx>. Aufgerufen am 25.06.2013.
- Schrey & Veit (2013b): Telefonisches Gespräch zu Radschallabsorber und Schienenabsorber mit Schrey & Veit GmbH am 19.06.2013.

Schrey & Veit (2016): Mail vom 31.10.2016.

Schweizerischer Bundesrat (2010): Lärmschutzverordnung (LSV) vom 15. Dezember 1986 (Stand 1. August 2010). Bern.

Schweizerischer Bundesrat(1998): Eisenbahn-Netzzugangsverordnung (NZV). Änderung zum 1.Januar 2013. Art 19b Lärmbonus. Bern.

Siegl, W. (2013): E-Mail von Herrn Siegl zu Wirkungen und Kosten von Buchsen zum Bremsgestänge, Faigle, 11.07.2013.

Siegmann, J. (2012): Produktionssystem des Einzelwagenverkehrs. Beitrag zum Forschungs- und Informationssystem FIS. <http://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/388918/>. Aufgerufen am 19.03.2013.

Skinner, J. u.a. (2007): GIGABOX, Moderne Schienenfahrzeuge. http://www.schienenfahrzeuge-taugung.at/download/PDF2007/2Tag%20Nachmittag/4_Skinner.pdf. Aufgerufen am 30.06.2013.

Sonntag, H. / Liedtke, G. (2015): Studie zu Wirkungen ausgewählter Maßnahmen der Verkehrspolitik auf den Schienengüterverkehr in Deutschland - Modal Split der Transportleistungen und Beschäftigung. Berlin.

Statista GmbH (2015): Durchschnittlicher Preis für Dieselkraftstoff in Deutschland in den Jahren 1950 bis 2015. <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/779/umfrage/durchschnittspreis-fuer-dieselmotorkraftstoff-seit-dem-jahr-1950/>. Aufgerufen am 24.02.2015.

Statistisches Bundesamt (2008): Verkehr. NST-2007 - Einheitliches Güterverzeichnis für die Verkehrsstistik. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2012a): Verkehr. Verkehr im Überblick. Fachserie 8, Reihe 1.2. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2012b): Verkehr. Eisenbahnverkehr 2011. Fachserie 8, Reihe 2. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2012c): Verkehr. Eisenbahnverkehr. Betriebsdaten des Schienenverkehrs 2011. Fachserie 8, Reihe 2.1. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2013): Verkehr. Verkehr aktuell. Fachserie 8, Reihe 1.1, 02/2013. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2015a): Verkehr. Verkehr im Überblick. Fachserie 8, Reihe 1.2. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2015b): Güterverkehr 2014: Transportaufkommen mit 4,5 Milliarden Tonnen so hoch wie nie. Pressemitteilung vom 13.02.2015. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2015c): Verkehr. Eisenbahnverkehr. Betriebsdaten des Schienenverkehrs 2014. Fachserie 8, Reihe 2.1. Wiesbaden.

Strunz, M. (2012): Instandhaltung - Grundlagen - Strategien – Werkstätten. Heidelberg.

Suppin, P. (2013): E-Mail von Herrn Suppin zum acramos® Messsystem, psiacooustic Umweltforschung und Engineering GmbH (Geschäftsführer), 22.07.2013.

Thompson, D. / Janssens, M. / Dittich, M. (1997): Rollgeräusch durch den Rad/Schiene-Kontakt – Beurteilung von Lärminderungsmaßnahmen. In: ZEV+DET Glasers Annalen, Bd. 121, Nr. 2/3, S. 226-233.

Thron, Th. (2009): Emissionsmodell für Schienenverkehrslärm. Ein Beitrag zur Lärmprognose auf Basis messtechnisch erfasster Modellparameter. http://opus.kobv.de/tuberlin/volltexte/2010/2594/pdf/thron_thomas.pdf. Aufgerufen am 26.11.2015.

- TSI (2011): Beschluss der Kommission vom 04. April 2011 über die Technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) zum Teilsystem „Fahrzeug - Lärm“ des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen K(2011) 658) (2011/229/EU). Brüssel.
- TSI (2014): Verordnung(EU) Nr. 1304/2014 Der Kommission vom 26. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge — Lärm“ sowie zur Änderung der Entscheidung 2008/232/EG und Aufhebung des Beschlusses 2011/229/EU.
- TU Berlin (2013): Bahnakustikseminar: Lärminderung an Fahrzeugen. Berlin.
- TU Berlin, FG Schienenfahrzeuge (2000): Lärminderungsmaßnahmen an einer Diesellok – Projektbericht. Berlin.
- TU Berlin, FG Schienenfahrzeuge (2013): Folien zum Akustikseminar. Berlin.
- TWINS (o.J.): Track Wheel Interaction Noise Software (Berechnungstool für Schienenfahrzeuge). Universität Southampton. Southampton.
- TX Logistik (2016): TX Logistik im Überblick. <http://www.txlogistik.eu/#1>. Aufgerufen am 29.04.2016.
- UBA (1998): Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm). Dessau.
- UBA (2014): Umweltbewusstsein in Deutschland 2014 – Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/umweltbewusstsein_in_d_2014_bf.pdf. Aufgerufen am 05.04.2016.
- UBA (2016): Lärmwirkung- Gehörschäden und Stressreaktionen. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/laermwirkungen>. Aufgerufen am 06.04.2016.
- UIC (2007): Lärmreduzierung – Einbau von Verbundstoffsohlen in Güterwagen. Baurichtlinie V-BKS(K). Paris.
- UIC (2010): Bahnlärm in Europa. Sachstandsbericht 2010. Paris.
- UIC / CER (2012): Moving towards sustainable mobility – A strategy for 2030 and beyond for the european railway sector. Paris.
- UIC 510-2 (2004): Trailing stock: wheels and wheelsets. Conditions concerning the use of wheels of various diameters. Paris.
- UIC 541 (2013): UIC-Kodex 541-4; Anlage M zur 4.Merkblattausgabe- Bremse-Bremsen mit Bremsklotzsohlen aus Verbundstoff-Allgemeine Bedingungen für die Zertifizierung von Verbundstoffbremsklotzsohlen. Paris.
- UIP Arbeitsgruppe (2011): Economic Impact - Wirtschaftliche Auswirkungen der neuen Regelungen, Schlussbericht. http://www.vpirail.at/sites/default/files/dateianhang/2011-12/vpi-economic_impact-de.pdf. Aufgerufen am 12.03.15.
- VDB (2015): Zukunft Lärmschutz. Gemeinsam für einen leisen Schienengüterverkehr. Berlin.
- VDV (2013): Ganzzugverkehr. <http://www.vdv.de/ganzzugverkehr.aspx>. Aufgerufen am 03.02.2013.
- VDV / VPI (2011): Gemeinsames Positionspapier – Bewertung des Konzeptes des lärmabhängigen Trassenpreissystems entsprechend der Eckpunktvereinbarung BMVBS/DB AG. Hamburg, Köln.
- VDV / VPI / DB Schenker Rail GmbH / DB Netz AG (2010): Minderung der Lärmemissionen des Schienengüterverkehrs. Positionspapier des Eisenbahnsektors. Köln.

- Vehling, S. (2013): Lärmschutz im Luftverkehr – eine Positionsbestimmung der Deutschen Luftverkehrswirtschaft. BDL-Forum „Lärmschutz im Luftverkehr“. Berlin.
- VIA Consulting & Development GmbH / Railistics (2014): Folgen von Geschwindigkeitsbeschränkungen für den Schienengüterverkehr aus Lärmschutzgründen. o.O.
- Villmann-Gruppe (2013): Persönliches Gespräch zum Thema Kunststoffbuchsen im Bremsgestänge mit Fahrzeugwerk Niedersachswerfen GmbH am 16.04.2013.
- Voith Turbo GmbH (2012): Vorsprung durch Forschung. Das Projekt Ecoquest, EU-Förderprogramm. http://www.voithturbo.com/applications/vt-publications/downloads/1962_d_2012-07-31-g2283-ecoquest_d_screen.pdf. Aufgerufen am 18.07.2013.
- Voith Turbo GmbH (2014): Wirkt in einem Zug. Antriebstechnik. http://resource.voith.com/vt/publications/downloads/1970_d_g_1480_d_atm_broschuere_gear_units_2012-09.pdf. Aufgerufen am 07.07.2014.
- Vossloh Rail Services GmbH (2012): Vorbeugender Lärmschutz mit High Speed Rail Grinding, Symposium Lärmschutz bei der Schieneninfrastruktur. Berlin.
- Vossloh Rail Services GmbH (2013): Präventives Schienenschleifen – High Speed Grinding. http://www.vossloh-rail-services.com/de/products_services/high_speed_grinding/high_speed_grinding.html. Aufgerufen am 09.07.2013.
- VPI (2013): Modular, umfassend, aktuell. Alle Module des VPI-Leitfadens auf einen Blick. <https://www.vpihamburg.de/verbandsservice/instandhaltungsleitfaden/module>. Aufgerufen am 17.09.2013.
- VPI (2013a): Instandhaltungsleitfaden. Instandhaltung von Güterwagen.(Stand 01.04.2009). Hamburg.
- VPI (versch. Jg.): Jahresbericht, verschiedene Jahrgänge. Hamburg.
- VTG (2013): Schutzhaut für Radsätze. <http://www.vtg.de/v/s/content/178470/171570;jses-sio-nid=C37BAA3CFAFF156ADA693D906085BEB2>. Aufgerufen am 28.10.2013.
- Weidmann, U. / Moll, S. / Schmidt, P. (2009): Ein Trassenpreissystem aus Umweltsicht unter besonderem Augenmerk des Lärms. Zürich.
- Weihe GmbH (2013): Schalldämpfersysteme. http://www.weihe-gmbh.de/downloads/Schalldaempfersysteme_Weihe.pdf. Aufgerufen am 30.07.2013.
- Wellbrock, S. (2016): Stand der Flottenumstellung bei den privaten Güterwagenhaltern. Aktionsforum Leise Schiene am 9. März 2016, BMVI, Berlin.
- Weyerstrass, K. / Jaenicke, J. (2009): Prognose der Kraftstoffpreisentwicklung und ihrer Auswirkungen auf die Nachfrage nach Bahntransportleistungen in Österreich. Wien.
- Wiemers, M. (2004): Einfluss von Steifigkeit- und Dämpfung bei Eisenbahnrädern, insbesondere von Güterwagenrädern, auf die Schallabstrahlung. Berlin.
- Wirtgen, J. (2013): VPI Instandhaltungsleitfaden. https://www.vpihamburg.de/file_downloads/851. Aufgerufen am 17.09.2013.
- Wittenbrink, P. (2011): Transportkostenmanagement im Straßengüterverkehr. Grundlagen - Optimierungspotenziale - Green Logistics. Berlin.

Wunderli, J.M. (2008): Quellenseparation bei fahrenden Zügen mit Hilfe von Schalldruck- und Schallschnellemessungen. Berlin.

16 Anhang

16.1 Schätzungen zu den Kosten und dem Lärmminderungspotenzial der technischen Maßnahmen

Tab. 40: Kostenschätzungen – technische Maßnahmen – Güterwagen

Maßnahme	Anz. in 4-Achser	Zusätzl. Anschaffungskosten bei Neuwagen	Kosten der Anschaffung bei Umrüstung	Lebensdauer	Laufende Kosten pro Jahr	LCC	LCC	Minderung	Kosten pro dB		Begründung/ Erläuterung	wissenschaftliche Einschätzung
						Neuwagen	Umrüstung		Neuwagen	Umrüstung		
	[-]	[€]	[€]	[a]	[€]	[€]	[€]	[dB]	[€]	[€]		
Radschallabsorber	pau-schal	10.000	10.000	20	200	700	700	3	280	280	obere Grenze: UIC (dBvision, 2013)	sehr hoher Kostenansatz
Hypno® damping	pau-schal	10.000	10.000	20	200	700	700	4	175	175	Lucchini RS (2013)	Kosten wie beim Radschallabsorber
Schallschürzen am DG	4	8.000	8.000	20	20	420	420	4	105	105	Projekt Low-Noise Technologie	zusätzl. Kosten Diagnosesysteme / mit Absorptionsmaterial und Entdröhnung
Schallschürzen am DG +nSSW	4	8.000	8.000	20	20	420	420	15	28	28	Infrastrukturseitige Maßnahme (nSSW) / Kosten für nSSW zusätzlich (nicht aufgeführt)	Maßnahme mit dem besten Nutzen nach Umrüstung auf K-oder LL-Sohle
Schallschürzen am Radsatz	8	4.000	4.000	20	20	220	220	2	110	110	Projekt Low-Noise-Train	
Radbauform	8	-500	-	10	-	-50		4	-13	-		nur bei Scheibenbremse
Beschichtete Radsätze	4	600	600	5	-	120	120	2	50	50	Vilman-Gruppe / Minderungsmaßnahme BASF	geringe Minderung, guter Korrosionsschutz/ Alternative zur Standardbeschichtung
Beschichtete DG	2	700	700	10	-	70	70	2	35	35	Projekt Low-Noise-Train / geschätzte Minderung	geringes Minderungspotential
viskoelastische Federung	8	6.000	6.000	15	-	400	400	3	160	160	Contitech (2013)	
Kunststoffbuchsen im Bremsgestänge	2	800	800	10	-	80	80	2	40	40	Faigle (2013)	Kosten ohne Montage/ Minderung geschätzt aus Wegfall der Bremsgestänge
kleinere Räder	8	-1.500	-	10	100	-50	-	6	-8	-	günstiger als konventioneller Radsatz	widerspricht UIC 510-2

Quelle: Contitech (2013), dBvision (2013), Faigle (2013), Lucchini RS (2013) und eigene Abschätzung.

Tab. 41: Kostenschätzungen – technische Maßnahmen – Lokomotiven

Maßnahme	Anz. in 4-Achser	Zusätzl. Anschaffungskosten bei Neuwagen	Kosten der Anschaffung bei Umrüstung	Lebensdauer	Laufende Kosten pro Jahr	LCC	LCC	Minde- rung	Kosten pro dB		Begründung/ Erläuterung
						Neuwa- gen	Umrüs- tung		Neuwa- gen	Umrüs- tung	
	[-]	[€]	[€]	[a]	[€]	[€]	[€]		[dB(A)]	[€]	
Technische Maßnahmen an Lokomotive (Stillstand/Beschleunigung)											
Absorberjalousien am Kühllufteinlass und -auslass	pau- schal	5.000	7.000	20	500	750	850	5	150	170	Gesamtkosten Umrüstung BlueTiger: 3.9000€ / Minderung frequenzabhängig
Schrauben- kompressor	pau- schal	7.000	7.000	20	-	350	350	5	70	70	Kosten etwas höher als bei konventionellem Kompressor / Minderung frequenzabhängig / Markt für ersetzte Kolbenkompressoren
Optimierte Schaufel- form (Mehrkosten)	2	1.000	12.000	40	-	25	300	6	4	50	ohne Kosten für Einbau/ beim Austausch sind alte Lüfter Schrott / Anpassung Elektronik
Spiralschalldämpfer	pau- schal	2.000	2.000	20	-	100	100	10	10	10	Minderung frequenzabhängig
Umrichterlagerung und -optimierung	1	8.000	8.000	40	-	200	200	5	40	40	Lagerung der Umrichter kann ausgetauscht wer- den
Technische Maßnahmen an Lokomotive (nur Beschleunigung)											
Lärmopt. Getriebe (Mehrkosten)	4	4.000	50.000	40	-	100	1.250	5	20	250	alte Getriebe können nicht weiter verkauft wer- den

Quelle: Eigene Abschätzung.

Tab. 42: Kostenschätzungen – technische Maßnahmen – Infrastruktur

Maßnahme	Erstellungskosten	Betriebs- und Instandhaltungskosten	Lebensdauer	Kosten pro Jahr	Minderung	Kosten pro dB und km	Begründung/Erläuterung (Quellen, Anmerkungen, Komponenten der Einschätzung)	wissenschaftliche Einschätzung
	[€/km]	[€/(km*a)]	[Jahr]	[€/km]	[dB(A)]	[€]		
Besonders überwachtes Gleis (BüG)	10.000	-	4	2.500	3	800	Hartleben (2015): BüG mit Freese, alle 5 bis 6 Jahre, 600 m/h (je nach Sperrpause); Siefer (2015): 20.000 €/Schicht, alle 4 Jahre"	Lebensdauer konventioneller Betonschwellen beträgt 35-40 Jahre. Da Erschütterung bei Schwellenbesohlung geringer ist, werden 40 Jahre angesetzt.
Akustikschleifen (HGS)	1.600	-	0,33	4.800	3,0	1.600	untere Grenze: Lange (2014) obere Grenze: DB Netz AG (2012h): 4,9 €/m für die Bearbeitung im Jahr, es findet sich auch der Wert 1,03 € je m und Bearbeitung	
Schwellenbesohlung	623.000	-	40	15.600	2,0	7.790	mittlerer Wert: DB Netz AG (2012h) Lebensdauer in DB Netz AG (2012h): 26 Jahre Es fallen keine Betriebs- und Instandhaltungskosten an. Verminderung von Schlupfwellenbildung kann positiven Effekte haben (nicht berücksichtigt). Körperschall wird gemindert.	
Schwellenbesohlung (Mehrkosten bei regulärem Schwellenaustausch)	37.000	-	40	925	2,0	460	obere Grenze: DB Netz AG (2012h) untere Grenze: Ahrens, Moll (2014): 20 €/Schwelle --> 33,30 €/m Lebensdauer: siehe oben	Kosten sehr abhängig von der Höhe, auch bei Betrachtung der Kosten/m ²
Schallschutzwand Beton, 6 m hoch	4.500.000	-	45	100.000	10,0	10.000	Fachstelle Lärmschutz (2014): 800 bis 1200 CHF/qm Fachstelle Lärmschutz (2011): Lebensdauer Betonelementwände 40 bis 50 Jahre Lärminderung: 10 dB wenn "Sichtverbindung zwischen Lärmquelle und Empfänger" unterbrochen wird, vgl. Fachstelle Lärmschutz (2015)	
Gabionenwände 4-5 m	4.182.000	-	70	59.700	10,0	5.980	mittlerer Wert: DB Netz AG (2012h) Lebensdauer: Aquasol (2014): 80 Jahre; Gabion B. V. (2014): 50 Jahre Lärminderung: 10 dB wenn "Sichtverbindung zwischen Lärmquelle und Empfänger" unterbrochen wird, vgl. Fachstelle Lärmschutz (2015)	
Niedrige Schallschutzwände Beton	1.189.250	-	45	26.400	4,0	6.600	DB Netz AG (2012h): unterschiedliche Kosten durch unterschiedliche Bauweisen (schwenkbar, kippbar); Fachstelle Lärmschutz (2011): Lebensdauer Betonelementwände 40 bis 50 Jahre	

Strategien zur effektiven Minderung des Schienengüterverkehrslärms

Maßnahme	Erstellungs- kosten	Betriebs- und Instandhalt- ungskosten	Lebens- dauer	Kosten pro Jahr	Minderung	Kosten pro dB und km	Begründung/Erläuterung (Quellen, Anmerkungen, Komponenten der Einschätzung)	wissenschaftliche Einschätzung
	[€/km]	[€/(km*a)]	[Jahr]	[€/km]	[dB(A)]	[€]		
Schienensteg- dämpfer	180.000	10.700	13	24.546	3,0	8.200	obere Grenze: DB Netz AG (2012h) Instandhaltungskosten für maschinelle Durcharbeitung der Gleise, Schienenwechsel und Erneuerung der Befestigungselemente DB Netz AG (2012h): 163,3 €/m obere und untere Grenze: Haltermann (2014) Bei Betriebskosten sind hier die Mehrkosten angegeben, die durch die Instandhaltungerschwernis durch die Abschirmung verursacht werden. untere Grenze: Krüger (2013) obere Grenze: DB Netz AG (2012h), auch 4,2 €/m als Durchschnitts- wert Betriebskosten fallen für die Justierung und Befüllung der Anlagen an Betriebskosten, obere Grenze: DB Netz AG (2012h) DB Netz AG (2012h)	Weiterer positiver Effekt: Verrin- gerung des Verschleißes
Schienensteg- abschirmung	180.000	11.700	13	25.550	3,0	8.500		
Schienen- schmier- anlagen	40.000	9.850	13	12.920	5,0	2.600		
Reibmodi- fikation (pro Anlage, nicht km)	149.400	7.100	10	22.040	5,0	4.400		

Quelle: Ahrens, Moll (2014), Aquasol (2014), DB Netz AG (2012h), Fachstelle Lärmschutz (2015), Gabion B. V. (2014), Hartleben (2015), Lange (2014), Siefer (2015) und eigene Abschätzung.

16.2 Laufleistungsabhängige LCC für CFCB, Scheibenbremse und K-Sohle

In den folgenden Tabellen werden die Rechnungen zu den laufleistungsabhängigen LCC-Kosten von Kompakten Klotzbremseinheiten, Scheibenbremsen und K-Sohlen für eine einheitliche Laufzeit von 25 Jahren dokumentiert. Dargestellt sind die Grundannahmen zu den Bremssystemen und ihren Komponenten sowie die Vergleichsrechnung zwischen den Komponenten.

Tab. 43: Anschaffungskosten und Lebensdauer Bremssysteme

System	Anschaffungskosten	Laufzeit
	[EUR/Wagen]	[Jahre]
Klotzbremse (CFCB)	4.000	25
Scheibenbremse	5.000	25
Klotzbremse (K-Sohle)	2.700	25

Quelle: Eigene Berechnung.

Tab. 44: Anschaffungskosten und Lebensdauer Bremssystem-Komponenten

System	Lebens- dauer [km]	Kosten [EUR/Wagen]	Anzahl pro Wa- gen [-]	Gesamtkosten pro Wagen [EUR/Wagen]
Klotzbremse (CFCB)				
Radscheiben	1.200.000	600	8	4.800
Beläge	100.000	70	16	1.120
Radsatzaufbereitung	150.000	300	8	2.400
Wartung der Bremse	150.000	300	1	300
Scheibenbremse				
Wellenbremsscheibe	1.800.000	700	8	5.600
Beläge	370.000	150	16	2.400
Radscheiben	2.000.000	600	8	4.800
Radsatzaufbereitung	400.000	300	8	2.400
Wartung der Bremse	200.000	300	1	300
Klotzbremse (K-Sohle)				
Radscheiben	1.200.000	600	8	4.800€
Beläge	100.000	70	16	1.120€
Radsatzaufbereitung	150.000	300	8	2.400€
Wartung der Bremse	150.000	300	1	300€

Quelle: Eigene Berechnung.

Tab. 45: Laufleistungsabhängige LCC für CFCB und K-Sohle für eine Laufzeit von 25 Jahren

Laufleistung pro Jahr [km]	Faktoren								Gesamtkosten				Differenz- kosten
	CFCB				Klotzbremse				CFCB		Klotzbremse		
	Beläge	Rad- scheibe	Radsatzauf- bereitung	War- tung Bremse	Be- läge	Rad- scheibe	Radsatzauf- bereitung	War- tung Bremse	ohne An- schaffung	mit An- schaffung	ohne An- schaffung	mit An- schaffung	mit An- schaffung
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0 €	40.000 €	0 €	27.000 €	13.000 €
10.000	2,50	0,21	1,67	0,50	2,50	0,21	1,67	1,67	6.600 €	46.600 €	8.300 €	35.300 €	11.300 €
20.000	5,00	0,42	3,33	1,00	5,00	0,42	3,33	3,33	13.200 €	53.200 €	16.600 €	43.600 €	9.600 €
30.000	7,50	0,63	5,00	1,50	7,50	0,63	5,00	5,00	19.800 €	59.800 €	24.900 €	51.900 €	7.900 €
40.000	10,00	0,83	6,67	2,00	10,00	0,83	6,67	6,67	26.400 €	66.400 €	33.200 €	60.200 €	6.200 €
50.000	12,50	1,04	8,33	2,50	12,50	1,04	8,33	8,33	33.000 €	73.000 €	41.500 €	68.500 €	4.500 €
60.000	15,00	1,25	10,00	3,00	15,00	1,25	10,00	10,00	39.600 €	79.600 €	49.800 €	76.800 €	2.800 €
70.000	17,50	1,46	11,67	3,50	17,50	1,46	11,67	11,67	46.200 €	86.200 €	58.100 €	85.100 €	1.100 €
80.000	20,00	1,67	13,33	4,00	20,00	1,67	13,33	13,33	52.800 €	92.800 €	66.400 €	93.400 €	-600 €
90.000	22,50	1,88	15,00	4,50	22,50	1,88	15,00	15,00	59.400 €	99.400 €	74.700 €	101.700 €	-2.300 €
100.000	25,00	2,08	16,67	5,00	25,00	2,08	16,67	16,67	66.000 €	106.000 €	83.000 €	110.000 €	-4.000 €
110.000	27,50	2,29	18,33	5,50	27,50	2,29	18,33	18,33	72.600 €	112.600 €	91.300 €	118.300 €	-5.700 €
120.000	30,00	2,50	20,00	6,00	30,00	2,50	20,00	20,00	79.200 €	119.200 €	99.600 €	126.600 €	-7.400 €
130.000	32,50	2,71	21,67	6,50	32,50	2,71	21,67	21,67	85.800 €	125.800 €	107.900 €	134.900 €	-9.100 €
140.000	35,00	2,92	23,33	7,00	35,00	2,92	23,33	23,33	92.400 €	132.400 €	116.200 €	143.200 €	-10.800 €
150.000	37,50	3,13	25,00	7,50	37,50	3,13	25,00	25,00	99.000 €	139.000 €	124.500 €	151.500 €	-12.500 €
160.000	40,00	3,33	26,67	8,00	40,00	3,33	26,67	26,67	105.600 €	145.600 €	132.800 €	159.800 €	-14.200 €
170.000	42,50	3,54	28,33	8,50	42,50	3,54	28,33	28,33	112.200 €	152.200 €	141.100 €	168.100 €	-15.900 €
180.000	45,00	3,75	30,00	9,00	45,00	3,75	30,00	30,00	118.800 €	158.800 €	149.400 €	176.400 €	-17.600 €
190.000	47,50	3,96	31,67	9,50	47,50	3,96	31,67	31,67	125.400 €	165.400 €	157.700 €	184.700 €	-19.300 €
200.000	50,00	4,17	33,33	10,00	50,00	4,17	33,33	33,33	132.000 €	172.000 €	166.000 €	193.000 €	-21.000 €

Quelle: Eigene Berechnung.

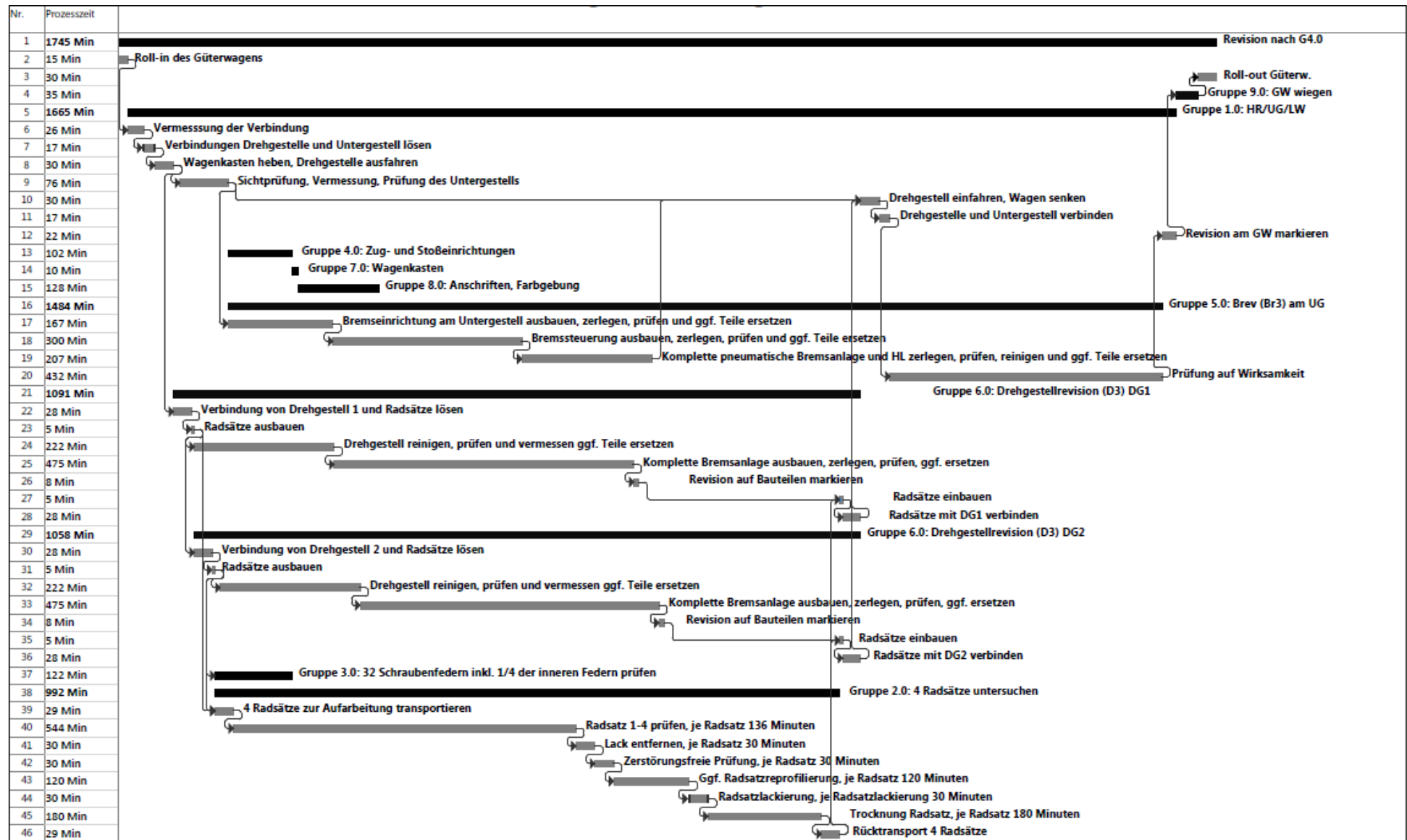
Tab. 46: Laufleistungsabhängige LCC für Scheibenbremse und K-Sohle für eine Laufzeit von 25 Jahren

Laufleistung pro Jahr [km]	Faktoren									Gesamtkosten				Differenzkosten
	Scheibenbremse					Klotzbremse				Scheibenbremse		Klotzbremse		
	Scheibe	Beläge	Rad-scheibe	Radsatzaufbereitung	Wartung Bremse	Beläge	Rad-scheibe	Radsatzaufbereitung	Wartung Bremse	ohne Anschaffung	mit Anschaffung	ohne Anschaffung	mit Anschaffung	mit Anschaffung
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	- €	50.000 €	- €	27.000 €	23.000 €
10.000	0,14	0,68	0,13	0,63	1,25	2,50	0,21	1,67	1,67	4.874 €	54.874 €	8.300 €	35.300 €	19.574 €
20.000	0,28	1,35	0,25	1,25	2,50	5,00	0,42	3,33	3,33	9.749 €	59.749 €	16.600 €	43.600 €	16.149 €
30.000	0,42	2,03	0,38	1,88	3,75	7,50	0,63	5,00	5,00	14.623 €	64.623 €	24.900 €	51.900 €	12.723 €
40.000	0,56	2,70	0,50	2,50	5,00	10,00	0,83	6,67	6,67	19.498 €	69.498 €	33.200 €	60.200 €	9.298 €
50.000	0,69	3,38	0,63	3,13	6,25	12,50	1,04	8,33	8,33	24.372 €	74.372 €	41.500 €	68.500 €	5.872 €
60.000	0,83	4,05	0,75	3,75	7,50	15,00	1,25	10,00	10,00	29.246 €	79.246 €	49.800 €	76.800 €	2.446 €
70.000	0,97	4,73	0,88	4,38	8,75	17,50	1,46	11,67	11,67	34.121 €	84.121 €	58.100 €	85.100 €	-979 €
80.000	1,11	5,41	1,00	5,00	10,00	20,00	1,67	13,33	13,33	38.995 €	88.995 €	66.400 €	93.400 €	-4.405 €
90.000	1,25	6,08	1,13	5,63	11,25	22,50	1,88	15,00	15,00	43.870 €	93.870 €	74.700 €	101.700 €	-7.830 €
100.000	1,39	6,76	1,25	6,25	12,50	25,00	2,08	16,67	16,67	48.744 €	98.744 €	83.000 €	110.000 €	-11.256 €
110.000	1,53	7,43	1,38	6,88	13,75	27,50	2,29	18,33	18,33	53.618 €	103.618 €	91.300 €	118.300 €	-14.682 €
120.000	1,67	8,11	1,50	7,50	15,00	30,00	2,50	20,00	20,00	58.493 €	108.493 €	99.600 €	126.600 €	-18.107 €
130.000	1,81	8,78	1,63	8,13	16,25	32,50	2,71	21,67	21,67	63.367 €	113.367 €	107.900 €	134.900 €	-21.533 €
140.000	1,94	9,46	1,75	8,75	17,50	35,00	2,92	23,33	23,33	68.242 €	118.242 €	116.200 €	143.200 €	-24.958 €
150.000	2,08	10,14	1,88	9,38	18,75	37,50	3,13	25,00	25,00	73.116 €	123.116 €	124.500 €	151.500 €	-28.384 €
160.000	2,22	10,81	2,00	10,00	20,00	40,00	3,33	26,67	26,67	77.990 €	127.990 €	132.800 €	159.800 €	- 31.810 €
170.000	2,36	11,49	2,13	10,63	21,25	42,50	3,54	28,33	28,33	82.865 €	132.865 €	141.100 €	168.100 €	-35.235 €
180.000	2,50	12,16	2,25	11,25	22,50	45,00	3,75	30,00	30,00	87.739 €	137.739 €	149.400 €	176.400 €	-38.661 €
190.000	2,64	12,84	2,38	11,88	23,75	47,50	3,96	31,67	31,67	92.614 €	142.614 €	157.700 €	184.700 €	-42.086 €
200.000	2,78	13,51	2,50	12,50	25,00	50,00	4,17	33,33	33,33	97.488 €	147.488 €	166.000 €	193.000 €	-45.512 €

Quelle: Eigene Berechnung.

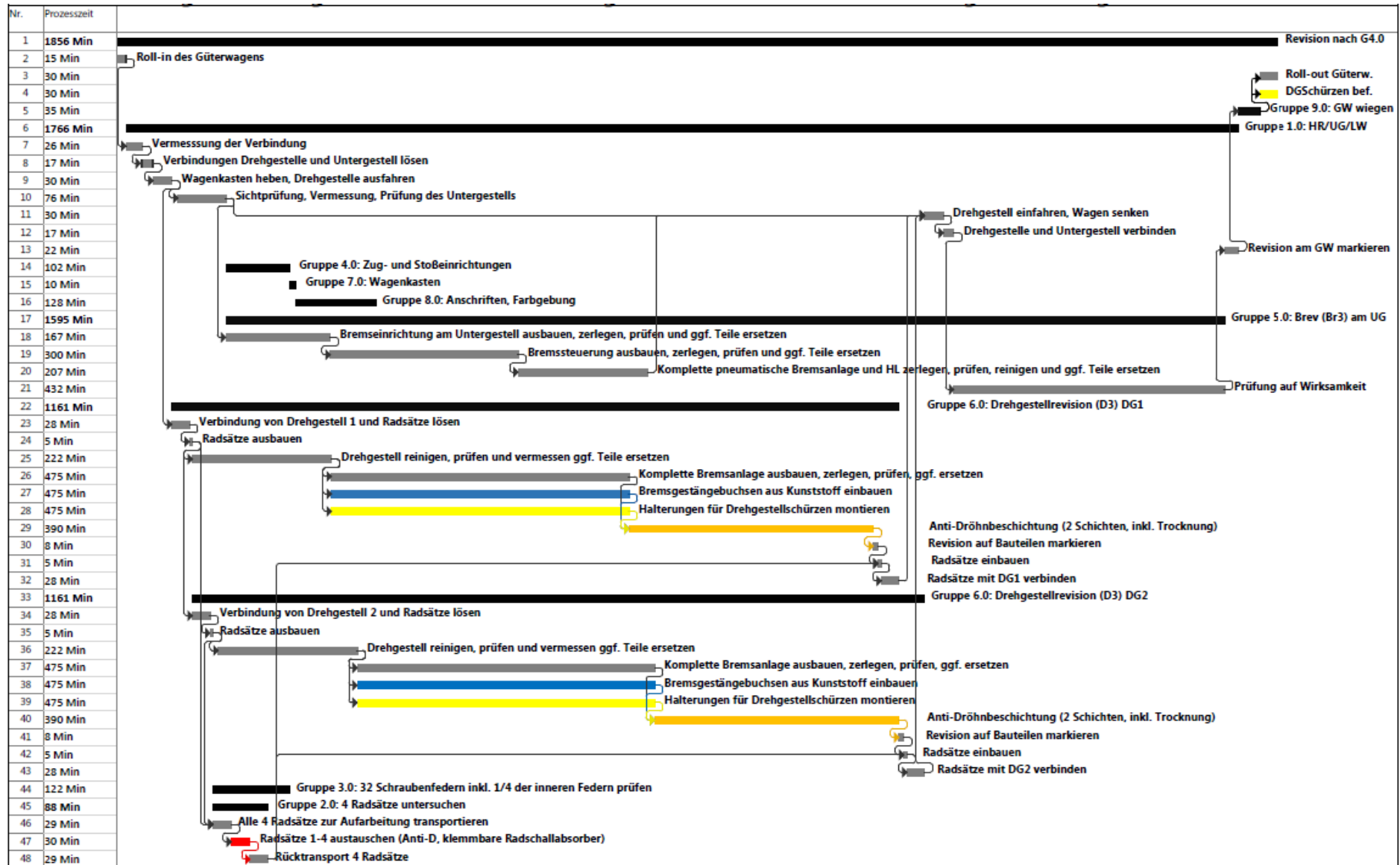
16.3 Grafische Darstellung der Instandhaltungsprozesse

Abb. 77: Vollständige Darstellung der Güterwagen Revision G4.0



Quelle: Eigene Darstellung.

Abb. 78: Integration ausgewählter Lärminderungsmaßnahmen in die vollständige Güterwagenrevision 4.0



Quelle: Eigene Darstellung.

16.4 Daten zu Kosten und Wettbewerbseffekten

Tab. 47: Kosten der EVU. Zentrale Kostenannahmen

Nr.	Kostenposition	Kosten		Bemerkung
Rollendes Material				
1	Elektrolok (Miete)	40.000	€/Monat	inkl. Full-Service
2	Containertragwagen	870	€/Monat	inkl. Full-Service
3	Schüttgutwagen	1020	€/Monat	inkl. Full-Service
4	Wagen des EWW	900	€/Monat	inkl. Full-Service
Infrastrukturkosten				
5	Trassenkosten	entsprechend TPS		
Energiekosten				
6	Traktionsenergie, elektrisch	0,141097	€/kWh	12,5+1,6+0,0097 Cent/kWh
Personalkosten				
7	Triebfahrzeugführer (Miete)	50	€/h	
Umschlag und Rangierkosten				
8	Containerumschlag	22	€/Containerum- schlag	
9	Rangierkosten	180	€/h	
Vor- und Nachlauf				
10	mit Lkw	2,50	€/km	

Quellen: 1 Lehnert. (2013); 2, 3, 4 Eigene Berechnung für die Kontakte zu Waggonvermietern genutzt und aus deren Informationen plausible Werte gebildet wurden. Die Waggonvermieter möchten nicht genannt werden; 5 DB Netz AG (2012d); 6 DB Energie GmbH (2013); 7, 8, 9, 10: eigene Annahme

Tab. 48: Streckenverlauf Musterzug 1

Strecke	Start	Ziel	Entfernung [km]	Preis[€]
1280	HH-Billwerder-Moorfleet (Abzw)	Hamburg-Wilhelmsburg Abzw	9,7	19,84
7606	Hamburg-Wilhelmsburg Abzw	Hamburg-Wilhelmsburg	0,1	0,28
1255	Hamburg-Wilhelmsburg	Hamburg-Harburg	4,6	9,38
7620	Hamburg-Harburg	HH-Harburg Betriebsbhf Süd	1,3	2,74
1255	HH-Harburg Betriebsbhf Süd	Meckelfeld	2,4	4,89
1280	Meckelfeld	Maschen Rbf (Msof)	4,3	8,71
1284	Maschen Rbf (Msof)	Stelle	2,0	4,03
1153	Stelle	Lüneburg Nordkopf	24,4	49,85
1720	Lüneburg Nordkopf	Uelzen	36,4	116,02
6899	Uelzen	Uelzen Gbf	0,6	1,64
1720	Uelzen Gbf	Lehrte Nord	78,9	221,4
1750	Lehrte Nord	Hannover-Waldheim	14,1	28,84
1754	Hannover-Waldheim	Hannover-Wülfel	1,9	3,77
1732	Hannover-Wülfel	Göttingen	100,6	205,18
3600	Göttingen	Bebra	80,6	164,49
3805	Bebra	Bebra Lämmerberg Abzw	2,2	4,42
3600	Bebra Lämmerberg Abzw	Fulda	53,7	154,03
3828	Fulda	Fulda Bronnzell	2,9	8,48
3600	Fulda Bronnzell	Flieden	14,2	40,81
3825	Flieden	Gemünden (Main)	57,5	117,25
5200	Gemünden (Main)	Veitshöchheim	30,9	62,97
5201	Veitshöchheim	Würzburg Rbf Zell	3,3	6,71
7910	Würzburg Rbf Zell	Würzburg Hbf Zell Fbn	1,5	3,03
5200	Würzburg Hbf Zell Fbn	Würzburg Hbf	2,2	4,48
5209	Würzburg Hbf	Rottendorf	8,0	22,92
5910	Rottendorf	Fürth (Bay) Hbf	86,5	258,12
5950	Fürth (Bay) Hbf	Nürnberg Rbf Minervabrücke	9,1	18,49
5965	Nürnberg Rbf Minervabrücke	Nürnberg Rbf Einfahrt	3,0	6,19
5961	Nürnberg Rbf Einfahrt	Nürnberg-Langwasser	2,8	5,79
5963	Nürnberg-Langwasser	Nürnberg Reichswald	4,9	10,01
5850	Nürnberg Reichswald	Regensburg Hbf	91,1	262,47

5500	Regensburg Hbf	Regensburg Ost	2,9	8,42

Quelle: DB Netz AG (2012d).

Tab. 49: Streckenverlauf Musterzug 2

Strecke	Start	Ziel	Entfernung [km]	Preis[€]
6425	Bad Harzburg	Oker	6,8	25,95
1932	Oker	Goslar	4,1	15,29
1773	Goslar	Hildesheim Hbf	53,5	197,35
1770	Hildesheim Hbf	Rössing	9,1	34,94
1771	Rössing	Barnten	3,7	14,15
1732	Barnten	Hannover-Wülfel	15,9	47,9
1753	Hannover-Wülfel	Hannover-Waldhausen	2,7	8,19
1750	Hannover-Waldhausen	Seelze Gümmerwald	22,9	69,19
1751	Seelze Gümmerwald	Wunstorf	3,6	10,86
1740	Wunstorf	Bremen Hbf	100,9	389,37
1412	Bremen Hbf	Bremen Hbf ehem Bwn	1,9	5,85
1500	Bremen Hbf ehem Bwn	Oldenburg (Oldb) Hbf	42,9	165,48
1520	Oldenburg (Oldb) Hbf	Leer (Ostfriesl)	55,0	203,06
2931	Leer (Ostfriesl)	Leer (Ostfriesl) Gbf	1,1	4,37

Quelle: DB Netz AG (2012d).

Tab. 50: Streckenverlauf Musterzug 3

Strecke	Start	Ziel	Entfernung [km]	Preis [€]
1220	Neumünster	Hamburg-Eidelstedt (En)	64,1	184,61
1232	Hamburg-Eidelstedt (En)	Hamburg-Eidelstedt (Eo)	2,0	5,65
1220	Hamburg-Eidelstedt (Eo)	Hamburg-Langenhofe Bbf	4,4	12,53
1230	Hamburg-Langenhofe Bbf	Hamburg-Altona Gbf	1,0	2,92
1232	Hamburg-Altona Gbf	Hamburg Rainweg	0,6	1,70
6100	Hamburg Rainweg	Hamburg Hbf	4,7	13,50
1250	Hamburg Hbf	Hamburg Oberhafen	2,8	7,95
1280	Hamburg Oberhafen	Hamburg-Wilhelmsburg Abzw	3,6	7,43
7606	Hamburg-Wilhelmsburg Abzw	Hamburg-Wilhelmsburg	0,1	0,28
1255	Hamburg-Wilhelmsburg	Hamburg-Harburg	4,6	9,38
7620	Hamburg-Harburg	HH-Harburg Betriebsbhf Süd	1,3	2,74
1255	HH-Harburg Betriebsbhf Süd	Meckelfeld	2,4	4,89
1280	Meckelfeld	Maschen Rbf (Msof)	4,3	8,71
1284	Maschen Rbf (Msof)	Stelle	2,0	4,03
1153	Stelle	Lüneburg Nordkopf	24,4	49,85
1720	Lüneburg Nordkopf	Uelzen	36,4	116,02
6899	Uelzen	Uelzen Gbf	0,6	1,64
1720	Uelzen Gbf	Lehrte Nord	78,9	221,40
1750	Lehrte Nord	Hannover-Waldheim	14,1	28,84
1754	Hannover-Waldheim	Hannover-Wülfel	1,9	3,77
1732	Hannover-Wülfel	Göttingen	100,6	205,18
3600	Göttingen	Bebra	80,6	164,49
3805	Bebra	Bebra Lämmerberg Abzw	2,2	4,42
3600	Bebra Lämmerberg Abzw	Fulda	53,7	154,03
3828	Fulda	Fulda Bronnzell	2,9	8,48
3600	Fulda Bronnzell	Fliesen	14,2	40,81
3825	Fliesen	Gemünden (Main)	57,5	117,25
5200	Gemünden (Main)	Würzburg Hbf	37,9	77,22
5209	Würzburg Hbf	Rottendorf	8,0	22,92

Strecke	Start	Ziel	Entfernung [km]	Preis [€]
5910	Rottendorf	Fürth (Bay) Hbf	86,5	258,12
5950	Fürth (Bay) Hbf	Nürnberg Rbf Minervabrücke	9,1	18,49
5965	Nürnberg Rbf Minervabrücke	Nürnberg Rbf Einfahrt	3,0	6,19
5961	Nürnberg Rbf Einfahrt	Nürnberg-Langwasser	2,8	5,79
5963	Nürnberg-Langwasser	Nürnberg Reichswald	4,9	10,01
5850	Nürnberg Reichswald	Regensburg Hbf	91,1	262,47
5500	Regensburg Hbf	Regensburg Ost	2,9	8,42

Quelle: DB Netz AG (2012d).

16.5 Berechnung des Aufschlags für die Umrüstkosten und der Boni pro Achs-km zur Ersetzung der GG-Sohle

In diesem Anhang soll beispielhaft der Bonus berechnet werden, der zur Beförderung des Ziels A) - Beseitigung der in Deutschland eingesetzten GG-Sohlen - erforderlich ist und im Einklang mit der EU Durchführungsverordnung 2015/429 steht. In Abschnitt 11.3.2 wurde dazu folgende Formel angesetzt:

$$\begin{aligned} \text{laTPS-Bonus für umgerüstete Wagen pro Achs-km} = & \\ & [\text{Betriebskostendifferenz LL zu GG} \\ & \text{plus Managementaufwand zur Wagensteuerung} \\ & \text{plus Aufschlag für den Rest der Umrüstkosten}] \\ & \text{mal } (1+X) \end{aligned}$$

Wir beginnen mit dem „Aufschlag für den Rest der Umrüstkosten“. Hierbei sollten der Zinseffekt, der Amortisierungszeitraum und die Laufleistung explizit berücksichtigt werden. Dazu wird die konstante Annuität benötigt nach der Formel³⁰⁸

$$A = S_0 \cdot (1 + i)^n \cdot i(1 + i)^n - 1$$

mit

- A: Annuität der Umrüst- bzw. Zusatzkosten
- S_0 : (restliche) einmalige Umrüst- bzw. Zusatzkosten
- i: Zinssatz
- n: Lebensdauer bzw. Amortisierungszeitraum

Im Fall der Umrüstung von GG- auf LL-Sohle kann von den Umrüstkosten die Kappungsgrenze der staatlichen Wagenhalterboni direkt abgesetzt werden. Diese beträgt 211 Euro pro Achse. Die Umrüstkosten pro Achse wurden zum Zeitpunkt der Berechnungen für das Anreizsystem auf 422 Euro pro

³⁰⁸ Vgl. z.B. Kruschwitz (2011).

Achse geschätzt. Im Folgenden soll angenommen werden, dass sie auf 500 Euro pro Achse gestiegen sind. Dann ergeben sich „restliche Umrüstkosten“ in Höhe von $S_0 = 500 - 211 = 289$ Euro pro Achse.

Unterstellt man eine zeitlich unbegrenzte Geltungsdauer des laTPS, dann entspricht der Amortisierungszeitraum der Umrüstung der Rest-Lebensdauer des Wagens. Die folgende Tabelle zeigt die reinen Annuitätsfaktoren³⁰⁹ sowie die Annuitäten für den Wert von $S_0 = 289$ Euro pro Achse, die sich ergeben, wenn die Zinssätze $i = 1\%$, 5% und 10% mit den Restlaufzeiten von $n = 10, 20$ und 30 Jahren kombiniert werden.

Tab. 51: Annuitätsfaktor und Annuität der Umrüstung auf LL-Sohle (in Euro pro Achse)

Jahre	Annuitätsfaktor			Annuität mit $S_0 = 289$		
	Zinssatz=0,01	Zinssatz=0,05	Zinssatz=0,1	Zinssatz=0,01	Zinssatz=0,05	Zinssatz=0,1
10	0,11	0,13	0,16	30,51	37,43	47,03
20	0,06	0,08	0,12	16,02	23,19	33,95
30	0,04	0,07	0,11	11,20	18,80	30,66

Quelle: Eigene Darstellung

Dem Vorsichtsprinzip folgend – so dass die Anreize wirklich ausreichend sind - wählen wir einen recht hohen Wert in Relation zu den Werten aus dieser Tabelle: 35 Euro pro Achse.

Dieser Wert ist durch die jährliche Laufleistung des Wagens zu dividieren, um in der Formel für den Bonus den „Aufschlag für den Rest der Umrüstkosten“ zu erhalten.

Die zusätzlichen Kosten des Radverschleißes durch LL-Sohlen (oder K-Sohlen) gegenüber GG-Sohlen wurden 2011 von der UIP-Arbeitsgruppe auf 0,005 Euro (also 0,5 Cent) pro Achs-km geschätzt. Da vermutlich auch die Verschleißkosten der LL-Sohlen höher als die der GG-Sohlen sind, setzen wir als „Betriebskostendifferenz LL zu GG“ den Wert 0,0075 Euro pro Achs-km an.

Da wir für den „Managementaufwand zur Wagensteuerung“ keinen quantitativen Anhaltspunkt haben, lassen wir diesen Wert unbesetzt. Dies soll durch einen höheren Ansatz für den X-Faktor kompensiert werden.

Mit den bisher ermittelten Zahlenwerten ergibt sich:

$$\begin{aligned} \text{laTPS-Bonus für umgerüstete Wagen pro Achse} = \\ [0,0075 \text{ Euro} + 35 \text{ Euro} / \text{jährliche Laufleistung}] \\ \text{mal } (1+X) \end{aligned}$$

³⁰⁹ Gemeint ist die Teilformel $\frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1}$.

Tab. 52 zeigt das Ergebnis für jährliche Laufleistungen von 30.000, 60.000 und 90.000 km und für verschiedene X-Faktoren zwischen 0 und 1.

Tab. 52: Boni für Umrüstanreize auf LL-Sohle

Laufleistung in km p.a.	laTPS-Bonus (Euro pro Achs-km)			
	X-Faktor=0	X-Faktor=0,5	X-Faktor=0,75	X-Faktor=1
30.000	0,0087	0,0130	0,0152	0,0173
60.000	0,0081	0,0121	0,0141	0,0162
90.000	0,0079	0,0118	0,0138	0,0158

Quelle: Eigene Darstellung

Die Tabelle illustriert, dass die Höhe des Bonus weniger durch die Umrüstkosten und die kritische Laufleistung, sondern vor allem durch die Betriebskostendifferenz LL zu GG (0,0075 Euro pro Achs-km) sowie durch den X-Faktor getrieben wird.

Bei einer jährlichen Laufleistung von 30.000 km und einem X-Faktor von 0,75 muss der laTPS-Bonus 0,0152 Euro pro Achs-km betragen. Dies könnte eine wirksame Bonus-Setzung sein, die bei den EVU ansetzt, um der Branche ausreichende Anreize für die Umrüstung von GG- auf LL-Sohlen zu setzen. Dabei wurde unterstellt, dass der Staat die Wagenhalterboni mit der Kappungsgrenze wie bisher beiträgt.

Ausgehend hiervon soll nun **die Höhe der Mali** für laute Züge grob abgeschätzt werden. Dabei gehen wir von folgenden Annahmen aus:

- Es gibt keine Zugboni nach Artikel 5 und keine Boni für sehr leise Wagen und Lokomotiven nach Artikel 6 der EU Durchführungsverordnung 2015/429.
- Entsprechend Artikel 8 Absatz 5 werden die Verwaltungskosten des Systems bei der Bestimmung der Bonus- und Malushöhe nicht berücksichtigt.
- Die Mali werden so bestimmt, dass das System insgesamt (doch ohne Berücksichtigung der Verwaltungskosten) erlösneutral ist.
- Die EVU haben praktisch (d.h. von vernachlässigbaren Ausnahmen abgesehen) keine Möglichkeit, leise Züge, die aus mindestens 90% leisen Wagen bestehen, zusammenzustellen. Demzufolge wird praktisch kein Zug von den Mali befreit.

Unter diesen vereinfachenden Annahmen muss ein zufällig ausgewählter Wagen im Erwartungswert gerade so viel Boni erhalten, wie er Mali zahlt. Demzufolge gilt:

$$\begin{aligned} & \text{Anteil der nachgerüsteten Wagen} \\ & \text{mal Bonus pro Wagen-km} \\ & = \text{Malus pro Wagen-km} \end{aligned}$$

Wir nehmen weiterhin vereinfachend an:

- Jeder Wagen hat vier Achsen
- Jeder Zug hat 40 Wagen

Aus der ersten Annahme folgt:

$$\text{Bonus pro Wagen-km} = 4 \cdot 0,0152 \text{ Euro} = 0,06 \text{ Euro}$$

Im Januar 2016 betrug der Anteil der lärmarmen Wagen ca. 20%, davon waren etwa ein Drittel auf LL-Sohlen umgerüstete Wagen. Also betrug der Anteil der nachgerüsteten Wagen etwa 6,7%. Dann folgt aus der obigen Formel:

$$\text{Malus pro Wagen-km} = 0,067 \cdot 0,06 \text{ Euro} = 0,004 \text{ Euro}$$

Aus der letzten Annahme folgt somit:

$$\begin{aligned} \text{Malus pro Zug-km eines lauten Zuges} &= 40 \cdot 0,014 \text{ Euro} \\ &= 0,16 \text{ Euro} \end{aligned}$$

Dies entspricht 5,4% eines Trassenpreises von 3 Euro pro km³¹⁰ (während der aktuelle Malus nur 2,5% des Trassenpreises beträgt und auch die Transaktionskosten des Systems finanzieren soll). Wenn der Anteil der umgerüsteten Wagen auf 30% steigt, dann steigt der Malus pro Zug-km auf 0,73 Euro pro Zug-km oder 24% des genannten Trassenpreises.

³¹⁰ Bei genauer Kenntnis der Verteilung der Trassenpreise über alle Güterzüge wäre es auch möglich, die 0,16 Euro pro Zug-km im Erwartungswert in einen konstanten prozentualen Aufschlag auf die Trassenpreise zu transformieren.