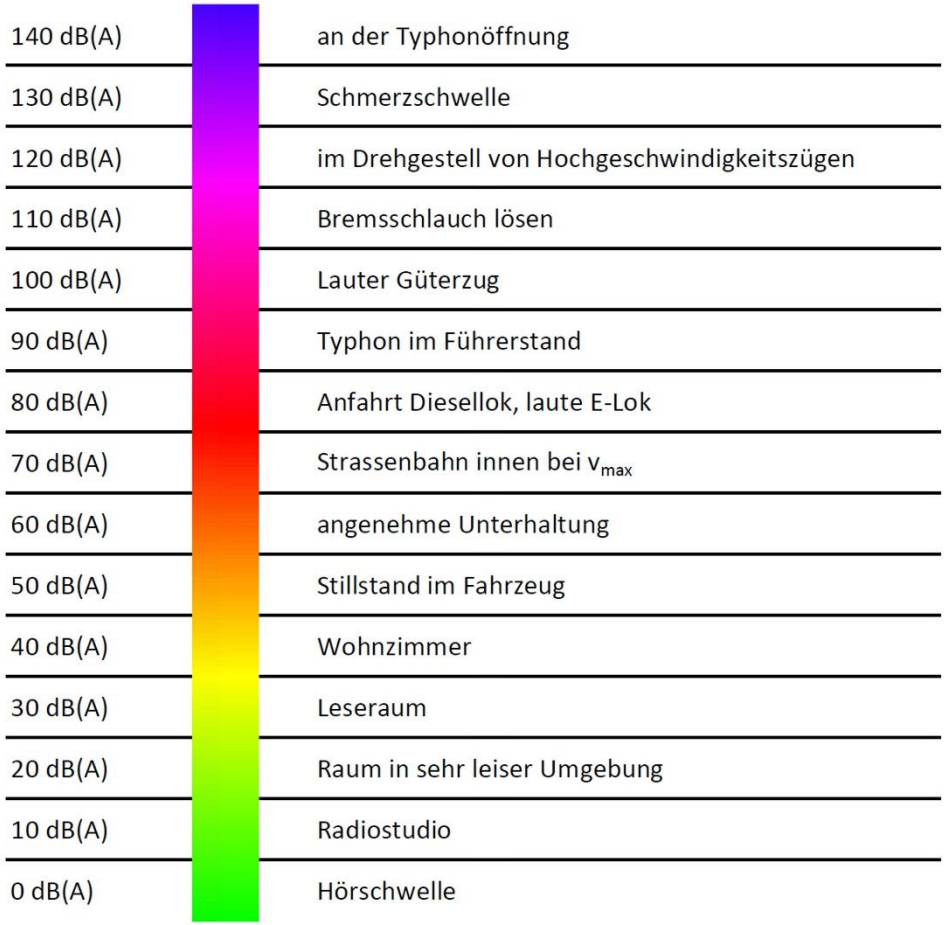
Lärm im Schienenverkehr – Einfluss des Fahrzeugs und insbesondere des Drehgestells

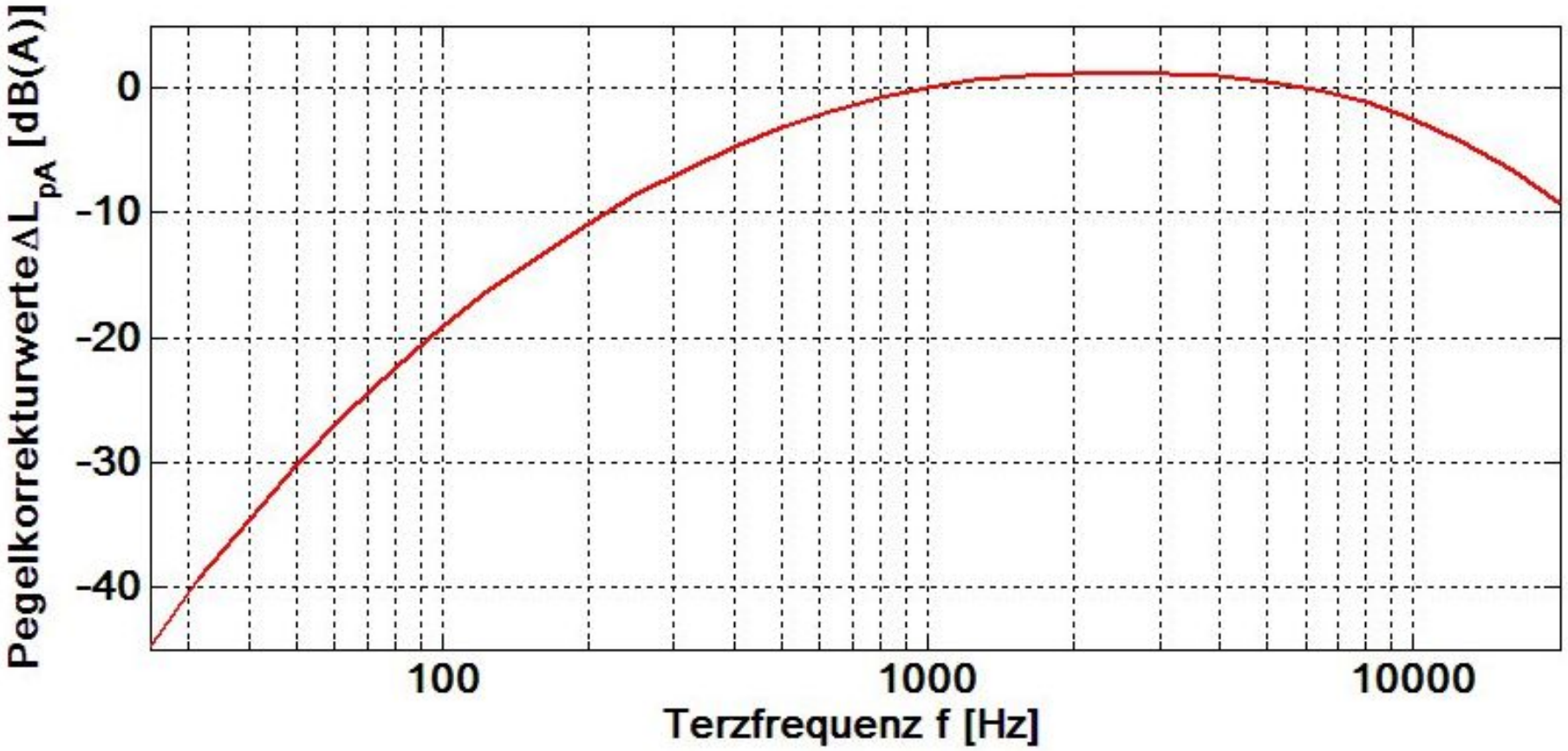
Prof. Dr.-Ing. Markus Hecht
TU - Berlin / FG Schienenfahrzeuge
Salzufer 17-19 / Sekr. SG 14, D-10587 Berlin

www.schienenfzg.tu-berlin.de
markus.hecht@tu-berlin.de



Typische Bahnlärmwerte

[Schindler, Ch. Hecht, M., u.a.: Handbuch Schienenfahrzeuge – Entwicklung, Produktion, Instandhaltung, DVV Media Group GmbH, 1. Auflage 2014] Abb 2.5-3


Pegelkorrekturwerte ΔL_{pA} [dB(A)]
0
-10
-20
-30
-40
100
1000
10000
Terzfrequenz f [Hz]

A- Bewertung

Wirksames Ziel muss sein:

Maximal L_{den} 55 dB (A) für alle Anwohner

Möglicher Zielzeitpunt ist zu diskutieren

Bisheriges Ziel des Staates

„Lärmhalbierung“ ausgehend 2000 bis 2020

ist ungenügend

Prinzipe:

a) Vorhandene Instrumente richtig nutzen:

EU- Umgebungslärmrichtlinie

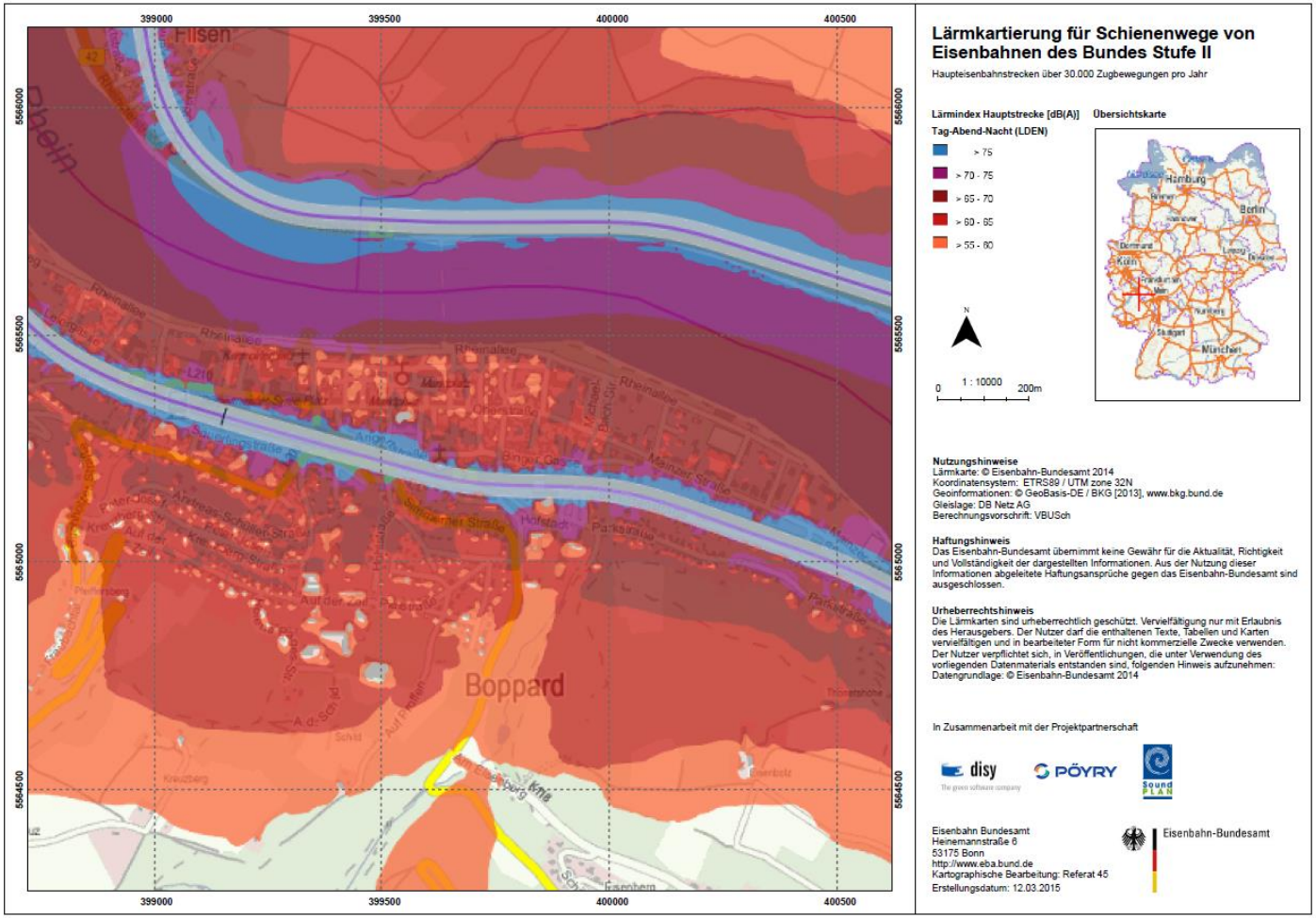
Technische Spezifikationen Interoperabilität TSI

Ausschreibung Nahverkehr incl. Trassendefinition

Leistungs- und Finanzierungsvertrag zur Sanierung Infrastruktur LuFII (28 Mia € bis 2019)

b) Lücken füllen (Forschung, Monitoring, Gesetze,…)

Neue Umgebungslärmkarten sind da, seit Ende 2014



Lärmaktionspläne auf L_{den} 55 dB(A) ausrichten

Seit 1.1.15 ist das Eisenbahnbundesamt zuständig

**und verspricht die Ergebnisse bis Mitte 2016,
siehe EBA Website:**
http://www.eba.bund.de/DE/HauptNavi/Finanzierung/Umgebungslaermrichtlinie/Laermaktionsplanung/laermaktionsplanung_node.html

Problem: gesetzliche Basis in Deutschland ist nicht hinreichend auf Lärmminderung an der Quelle ausgerichtet

NOI TSI

neue Technische Spezifikation Lärm vom 14. November 2014 enthält keine substantiellen Fortschritte,

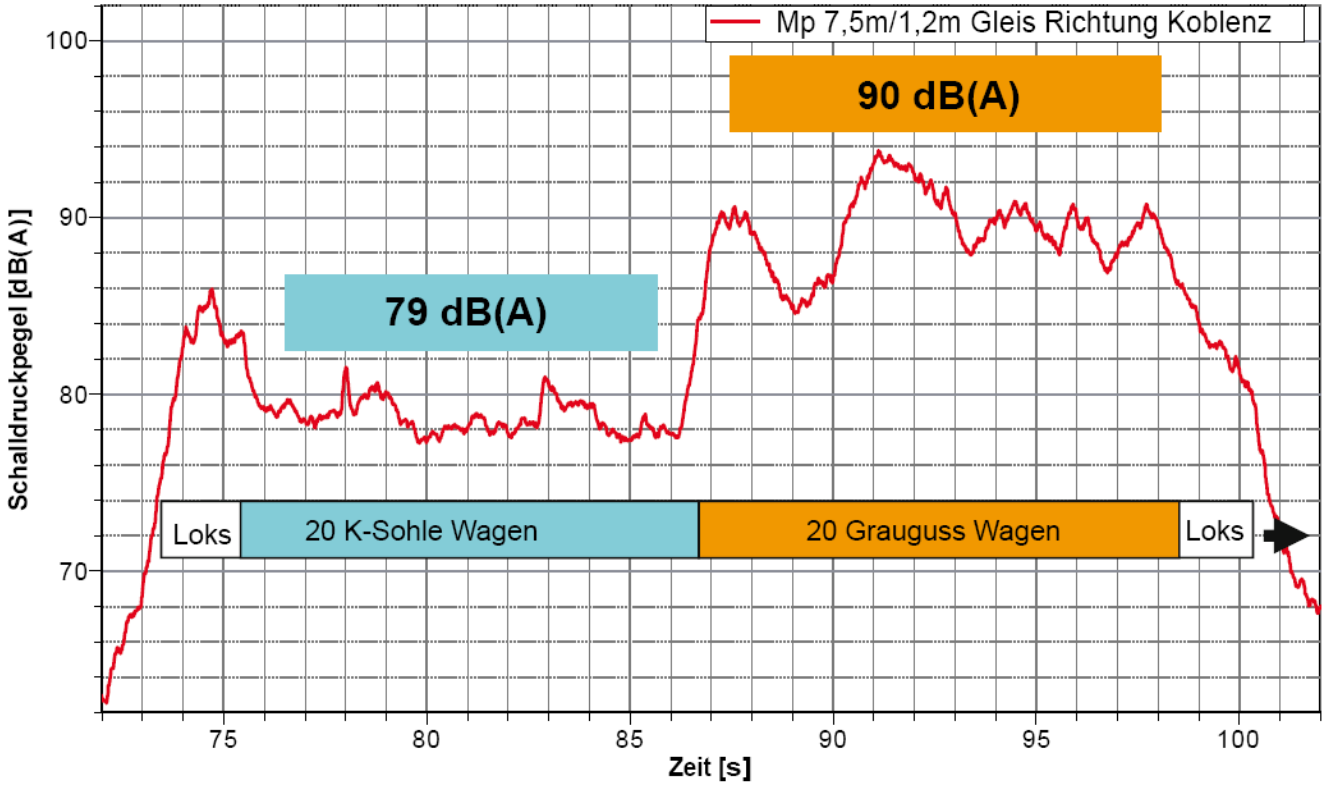
Werte sind unwesentlich schärfer als die beiden Vorgängerversionen seit 2009

TSI Noise – enttäuschte Hoffnung

1.Version vom 23.12.2005 und 2. Version vom 4.4. 2011 enthielten beide in Kap. 7.2. und 7.3 die Ankündigung eines Verschärfung der Grenzwerte entsprechend „der Entwicklung der Technik und der gesellschaftlichen Anforderungen….“ In Aussicht gestellt 5 dB(A) für Lokomotiven und Wagen und 2 dB(A) für Triebwagen
In der 1. Version sollte dies ab 2015 gelten, in der 2. Version ab Lieferdatum 2018

In der aktuellen 3. Version vom 26.11.2014 ist das alles entfallen

Schalldruckpegelmessung eines Güterzuges mit Grauguss- und Verbundstoff-Bremssohle



Messung im Rahmen der Veranstaltung zum Pilotprojekt „Leiser Rhein“ in Bingen am 1.10.2012

Quelle: DB Mobility Logistics AG „Lärmschutz im Schienenverkehr“ BMVBS 2013

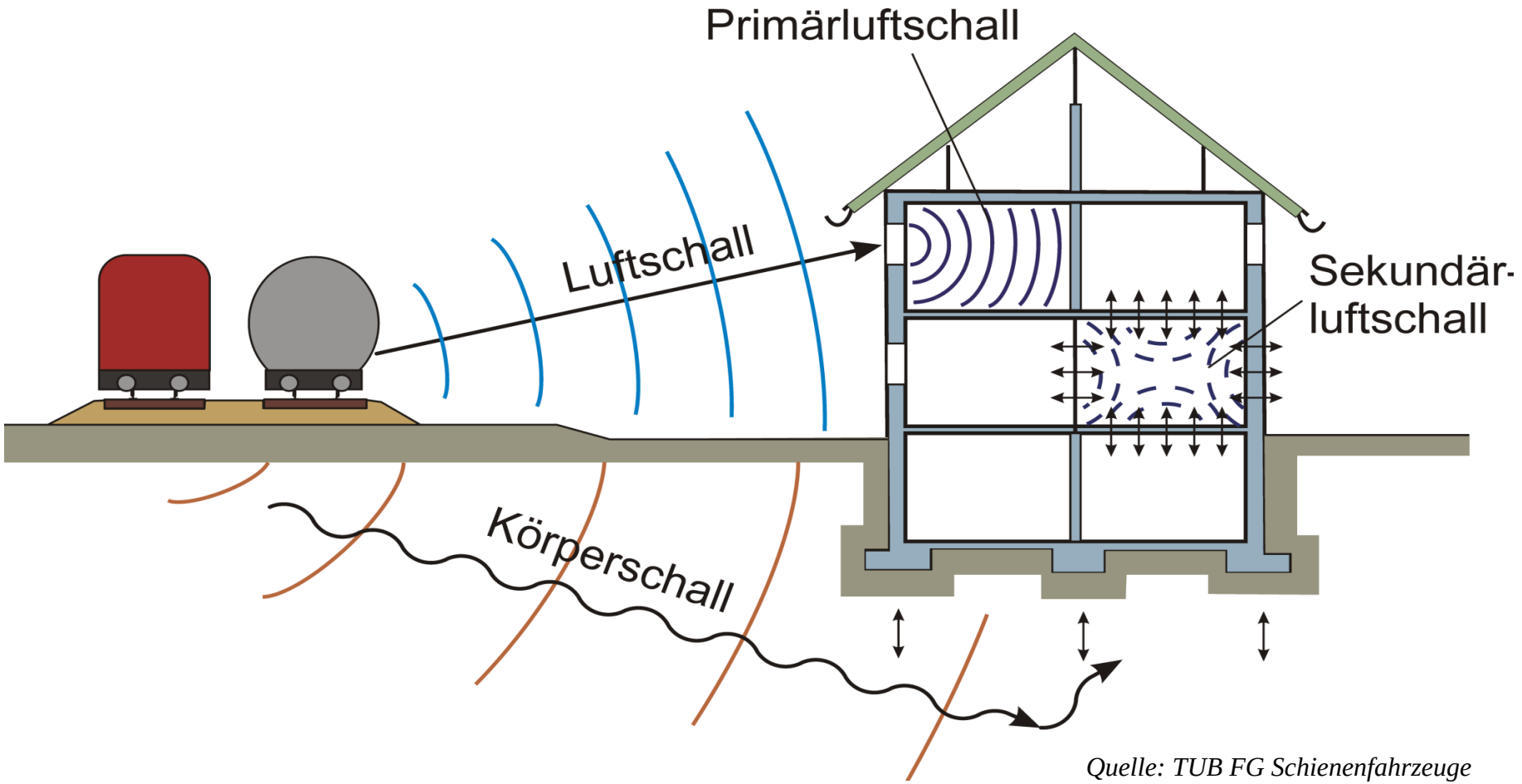
Emissionswerte Lok + Wagen passen nicht zu den Immissionsanforderungen

1. Einhaltung von TSI Noise führt zu bis 15 dB Immissisonsüberschreitungen

2. alte Lokomotiven mit GG sind heute 3 bis 5 dB(A) leiser als GG-Güterwagen,

TSI Noise kehrt das um!

Loks müssten jedoch leiser sein als Wagen, auch wegen der wesentlichen höheren Laufleistung der Loks

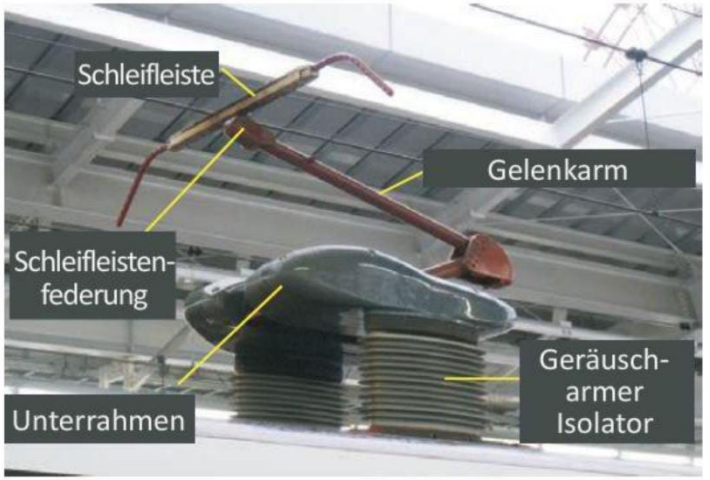


Quelle: TUB FG Schienenfahrzeuge

Stand heute in Asien, insbesondere Japan, Südkorea, Hongkong: 10 bis 25 dB leiser als D

▲ B 20-75 C Railway Technology Co.,Ltd (Japan)

Beispiel gekapselte Matisa-Stopfmaschine, ca 12 dB(A) leiser im Arbeitsgang



Stromabnehmer bei 300 km/h ca 25 dB(A) leiser als in Europa Quarterly Report of RTRI 2010/4

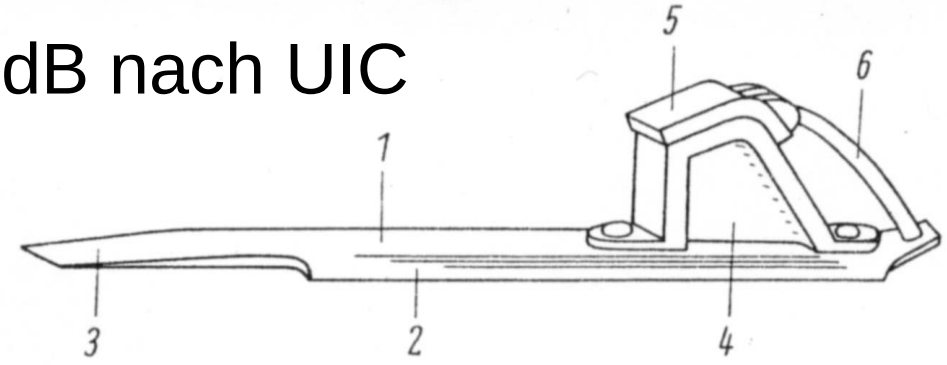
Fahrflächenfehler: Flachstellen

Flachstellen Ursachen:

Quelle: Bericht 11/00
Phase 1: Entgleisungsversuche

1. Bremsblockieren
2. Hemmschuhbremsung

Problem: Einfluss bis +8 dB nach UIC



Hemmschuh
1 Sohle, 2 Führungsleiste, 3 Spitze, 4 Bock, 5 Kappe, 6 Griff

Quelle: Lexikon der Eisenbahn, S. 409, trans press-Verlag, 8. Ausg., 1990

Problem Flachstellen: 60 mm heute akzeptierte Fachstellenlänge sind zu viel

So große Flachstellen dürfen zukünftig nicht mehr sein. Je nach Fahrzeugtyp sind Flachstellen ab 20 bis 30 mm Länge akustisch relevant.

Stand der Forschung - Infrastruktur

- Schräge Isolierstösse
  - Neu in Europa (in Japan schon lange im Einsatz)
  - Werden noch nicht eingesetzt Problem in D: Schweissen im Feld kann zwei neue Schlagstellen erzeugen (Problem am Mittelrhein)
- Lückenlos verschweisstes Gleis in engen Bögen

Lärmminderung an Lokomotiven

3 Themen für TSI-7 dB(A) = 78 dB(A):

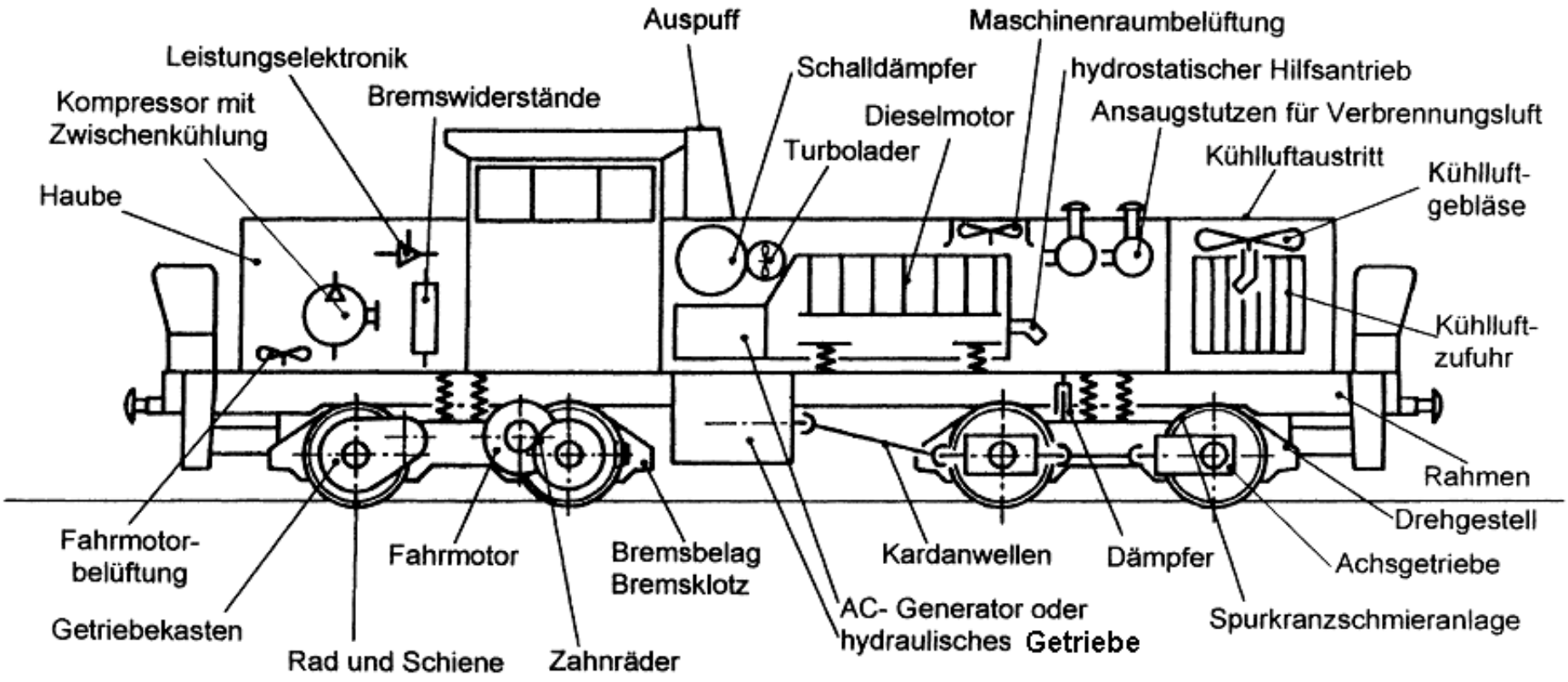
Lüfter

Getriebe

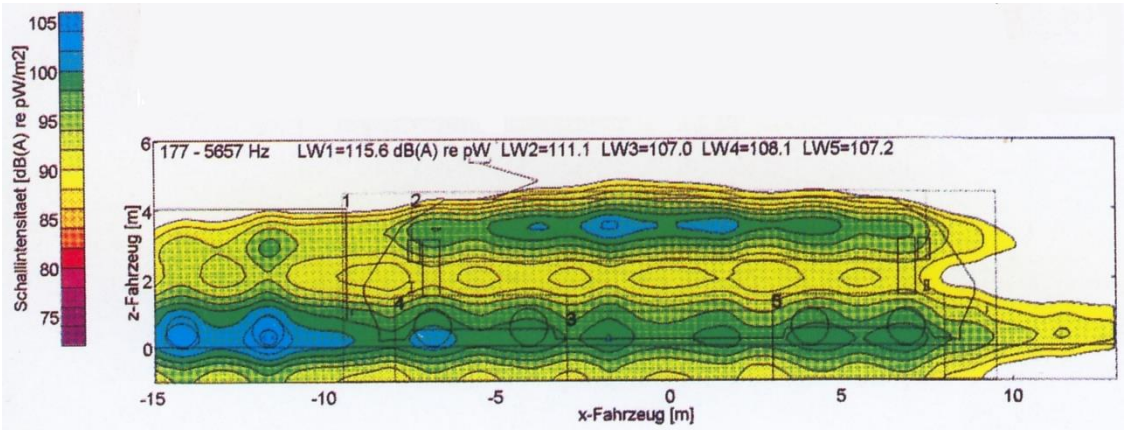
Umrichter

Schallquellen – Rollmaterial

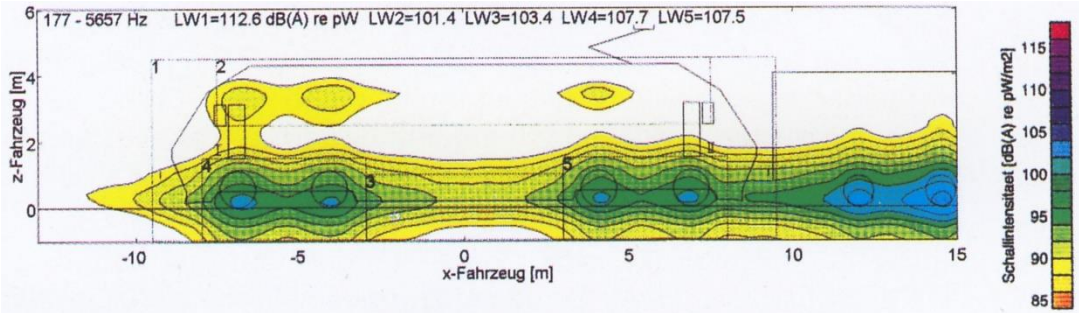
- Triebfahrzeuge



Beispiel Lüfterlärmminderung SBB 460



ohne Schalldämpfer



mit Schalldämpfer

-3 dB(A) Gesamtlärm

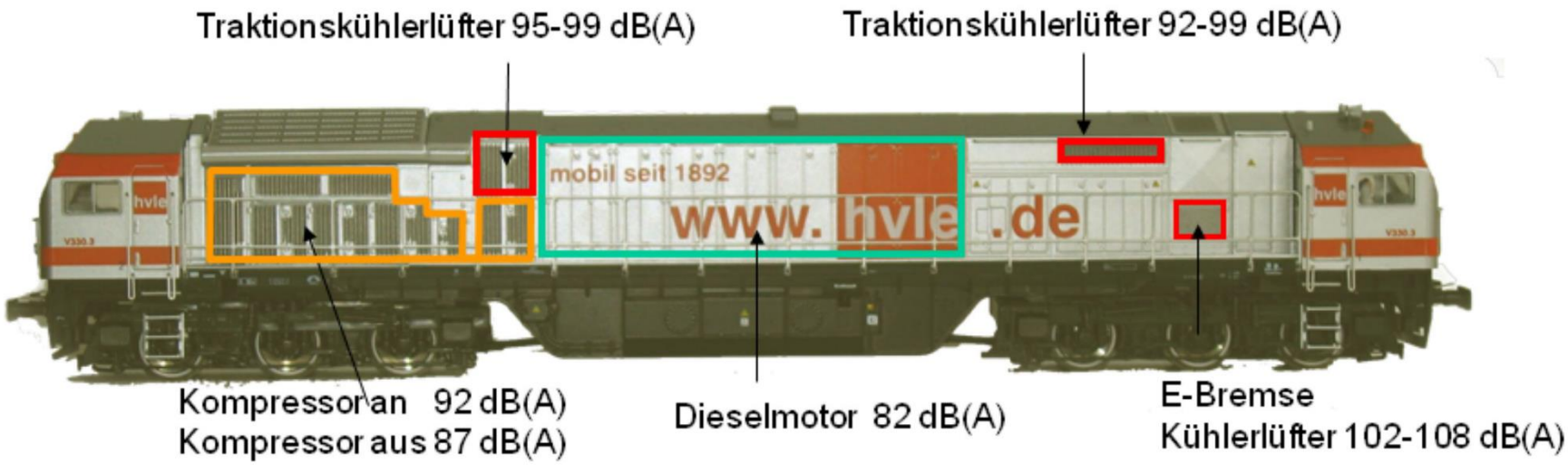
Hecht, M.; Zogg, H. ; Lärmdesign moderner Triebfahrzeuge am Beispiel der Lok 2000-Familie, Anwendung von Telemetrie, Intensitäts- und Arraymesstechnik, ZEV+DET Glas. Ann.119 (1995) Nr. 9/10, S. 463 bis 474

Beispiel Retrofit mit Lüfterschall-dämpfern+ Maschinenraumkapselung

Beispiel: BLUE TIGER / HVLE, mit BMU-Förderung

Leistung 2500 kW, Anfahrzugkraft 517 kN, Vmax 120 km/h, Masse 126 t, Länge 23410 mm, 4 Loks bewährt seit 2008

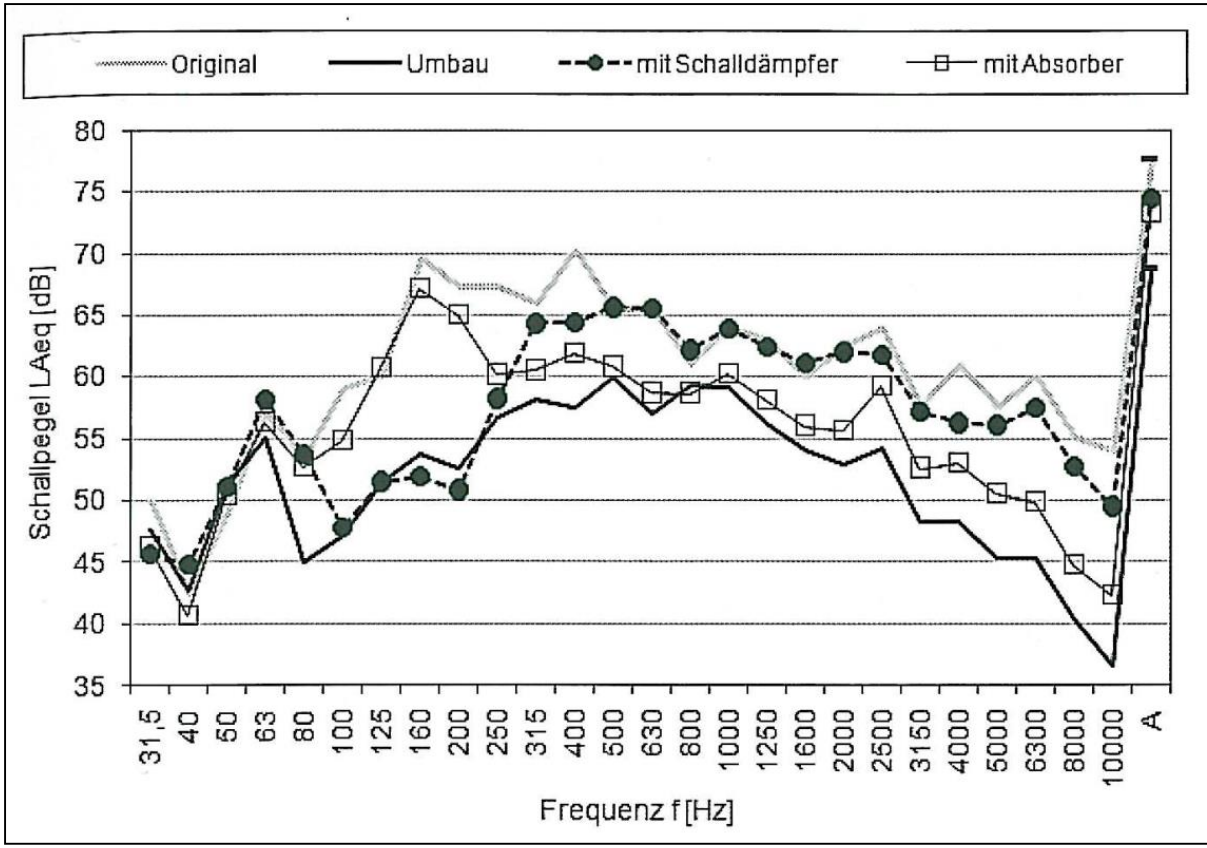
(Quelle: Sonderdruck, ZEVrail Glasers Annalen 132 (2008) 478-484)


Traktionskühlerlüfter 95-99 dB(A)
Traktionskühlerlüfter 92-99 dB(A)
mobil seit 1892
www.hvle.de
Kompressor an 92 dB(A)
Kompressor aus 87 dB(A)
Dieselmotor 82 dB(A)
E-Bremse
Kühlerlüfter 102-108 dB(A)

Forderung: auch andere Alt- und Neufahrzeuge lärmmindern

Beispiel:

BLUE TIGER / HVLE



(Quelle: Sonderdruck, ZEVrail Glasers Annalen 132 (2008) 11-12)

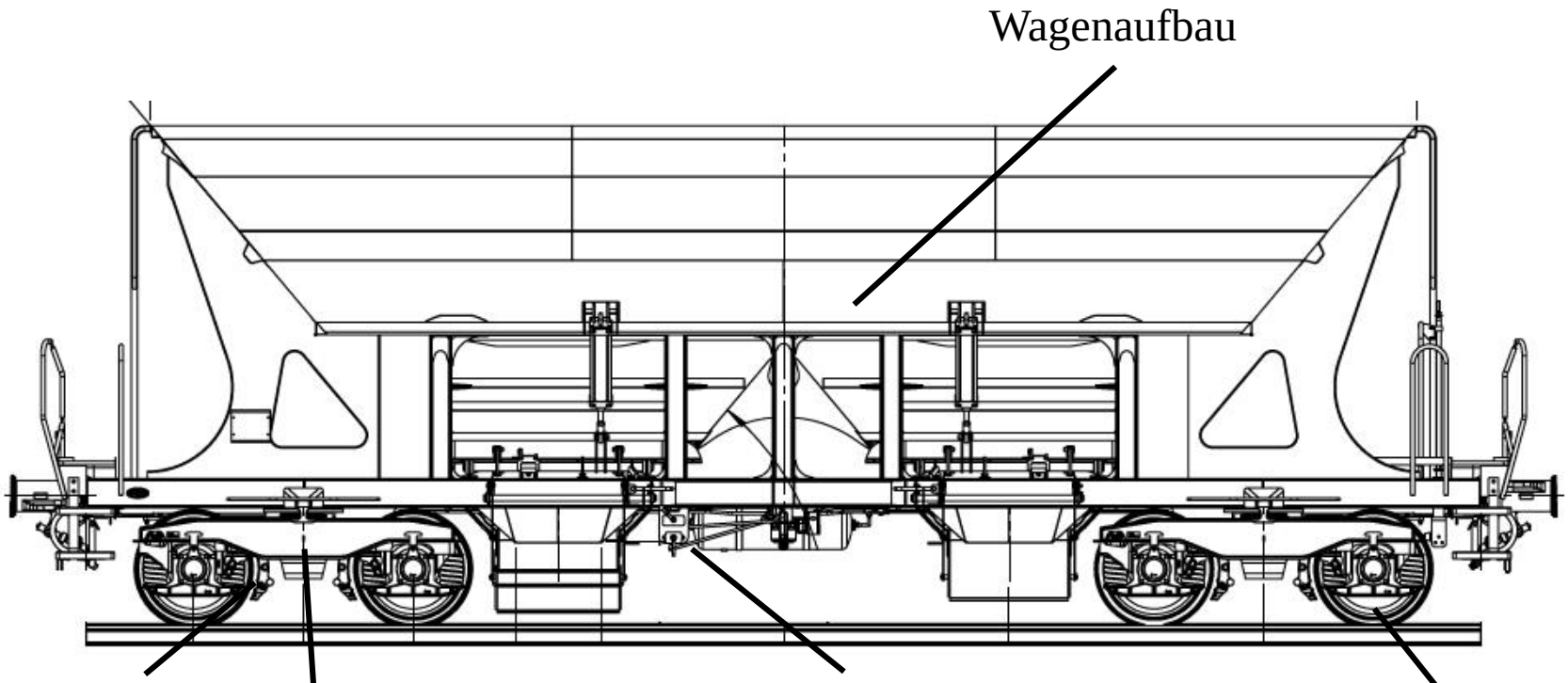
Graugussbremsenverbot ab 2020:

In Schweiz von Regierung und Volk beschlossen

Deutschland in Koalitionsvereinbarung versprochen, muss noch gesetzlich verankert werden

Schallquellen – Rollmaterial

- Güterwagen



Quelle: LEGIOS, TUB FG Schienenfahrzeuge

- Viskoelastische Federung des Y25-Drehgestells

- Ersetzen der Reibungsdämpfung im Y25-DG führt zu verbesserten Laufeigenschaften (inbes. im Bogen; Radialeinstellung der Radsätze), welche wiederum zu geringeren Schallemissionen führen
- Reduktionspotential: bis zu 2,5 dB(A)
- Nebeneffekt: Verringerter Laufflächenverschleiß
- Verringerte Erschütterung

Quelle: Contitech

- Radschallabsorber

- Dämpfung auftretender Radschwingungen
- Reduktion des Schallpegels je nach Gleiszustand um ca. 2,5 dB(A)
- Bei auftretenden Kurvenkreischen: bis zu 15 dB(A)
- Anwendung vor allem bei Personen- und Güterwagen
- Je nach Bauform werden die Absorber mit dem Rad verschraubt oder in den Radkranz geklemmt
- Problematisch in Verbindung mit Radscheibenbremsen
- eher teure aber bewährte Lösung

- Rad- und Drehgestellschürzen allein [2-3 dB(A)]
  - Kostet wenig
  - Betriebliche Einschränkungen sind vermeidbar
  - Wintertauglichkeit muss von Anfang an einbezogen werden
  - Optische Kontrolle Fahrwerk unmöglich, stattdessen Sensorik
  - Erfordert akustische Kompetenz

Quelle: TUB FG Schienenfahrzeuge

Scheibenbremsen an Güterwagen

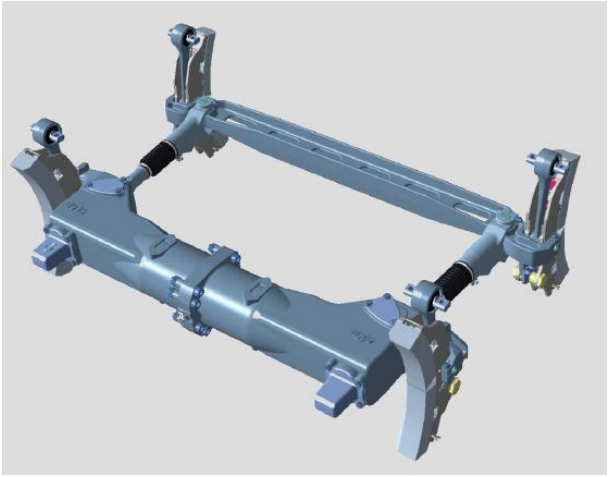
- Fahrfläche wird nicht aufgeraut
- Verwendung von Rädern mit geradem Steg möglich
- Radbremsscheiben schirmen das Rad zusätzlich ab
- Bremsgestänge entfällt
- Je nach Ausführung (Wellen- oder Radbremsscheibe) entspricht die Lärmminderung bis zu 4 dB(A) im Vergleich zu K-Sohlen Wagen,

Quelle: TUB FG Schienenfahrzeuge

- Problematik: Sichtprüfung bei der Bremsprobe (insbes. bei Wellenbremsscheiben) ist erschwert. Es sind Sichtscheiben, wie bei Triebfahrzeugen oder Personenwagen erforderlich.
- Investitionskostenkosten und Masse viel höher

Kompakte Bremsklotzeinheit von Knorr Bremse (CFCB)

- Durch die kompakte Bauweise der CFCB fällt das klappernde Bremsgestänge weg
- Reduktionspotential: ca. 2 dB(A)
- Der Wirkungsgrad der Bremse ist über die Laufleistung konstant hoch und nicht abfallend wie beim konventionellen System mit Gestänge.
- Lieferung ähnlicher Komponenten durch Faiveley (BFCB) und Wabtec



Quelle: Knorr Bremse

- Kunststoffbuchsen im Bremsgestänge
- Klappern des Bremsgestänges wird durch Dämpfung reduziert
- Reduktionspotential: unbekannt
- Nebeneffekt: geringeres Gewicht als Metallbuchsen

***Quelle**: Faigle*

- Kleinere Räder für Güterwagendrehgestelle
- Mind. Raddurchmesser ist in der TSI Waggon nicht mehr festgelegt
- Beispiel: Räder mit ∅ 850 mm neu bis ∅ 775 mm alt für 35 t Radsatzlast bei RWE (nach UIC 510-2 wären nur 18 t maximal zuglassen)

- Praxisbeispiel: Kombination verschiedener Maßnahmen

- Umrichter- und Lüfterschalldämpfer in der Lok 2000
- Zusätzlich: DG Schürzen und niedrige Lärmschutzwand

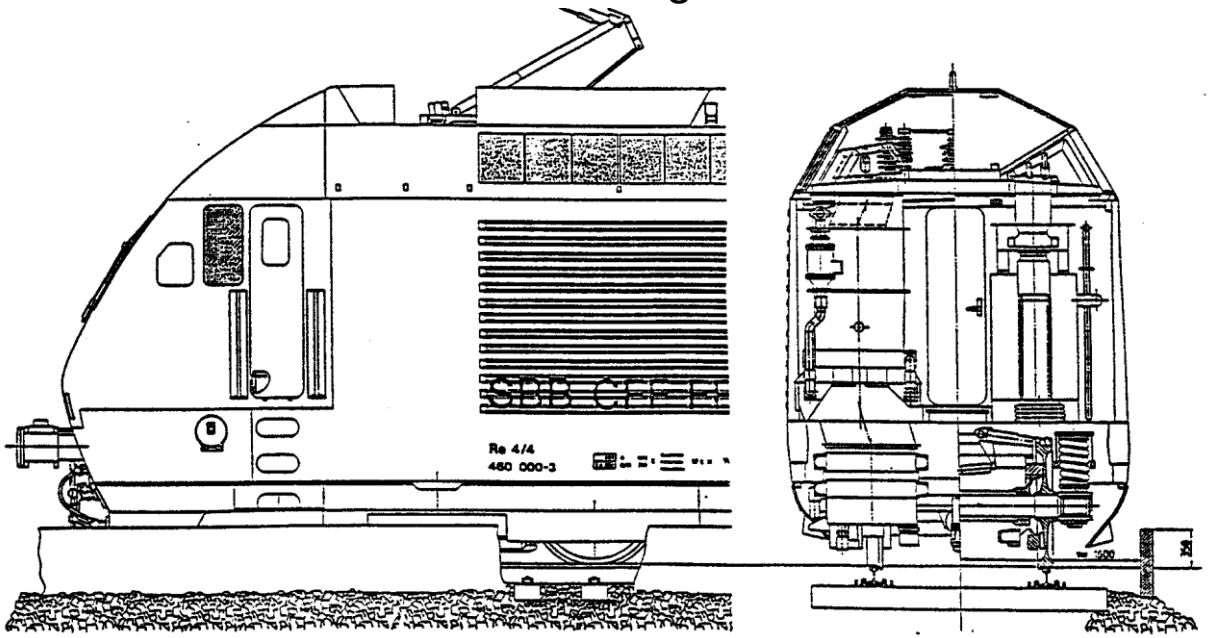
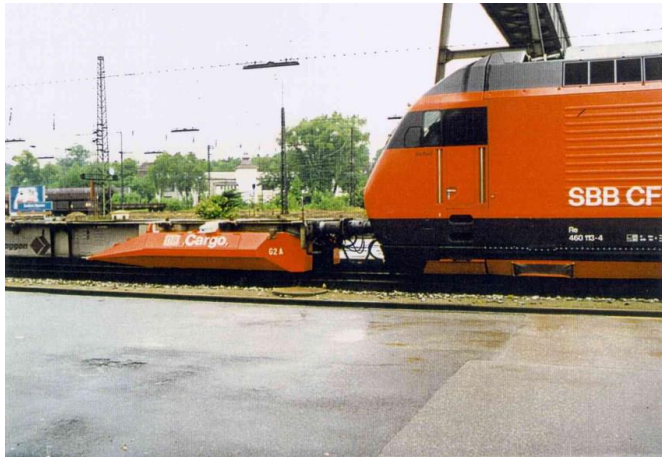


figure 8
shielded sytem with body shrouds at the locomotice and low noise barriers at the track

Stand der Forschung - Rollmaterial

- Praxisbeispiel: Kombination verschiedener Maßnahmen
- Bayern, 1996



- **Verwendung von Scheibenbremsen, Radschallabsorbern, Schürzen und nSSW**
- **Gesamtminderung: 25 dB**

L_{DEN} = 55 dB(A) ist nachgewiesen

Ein dichtes Netz an Monitoringstationen für Bahnlärm unter öffentlicher Aufsicht ist nötig für:

1. Kontrolle der Wirksamkeit der eingeschlagenen Maßnahmen

2. Kontrolle der Grenzwerteinhaltung TSI-Noise konformer Fahrzeuge, relevant insbesondere bei Flachstellen und Riffelbildung

Beispiel Schweiz seit 2003: 6 Lärmmonitoringstationen

Messcontainer

Außenmikrofon

Achszähler

Quelle BAFU Bern, Schweiz

Schweiz: Veröffentlichung der 6 Monitoringstationen

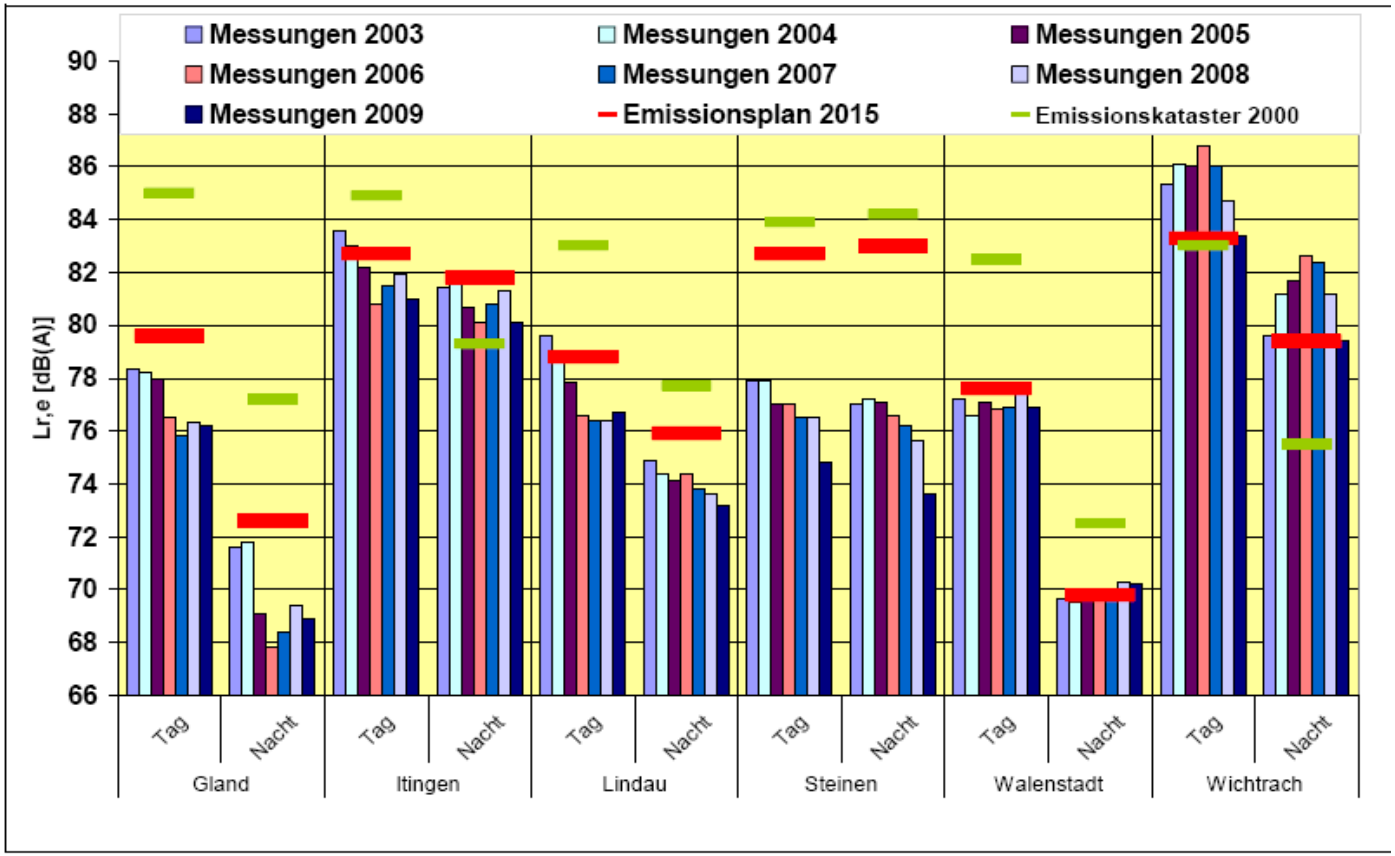
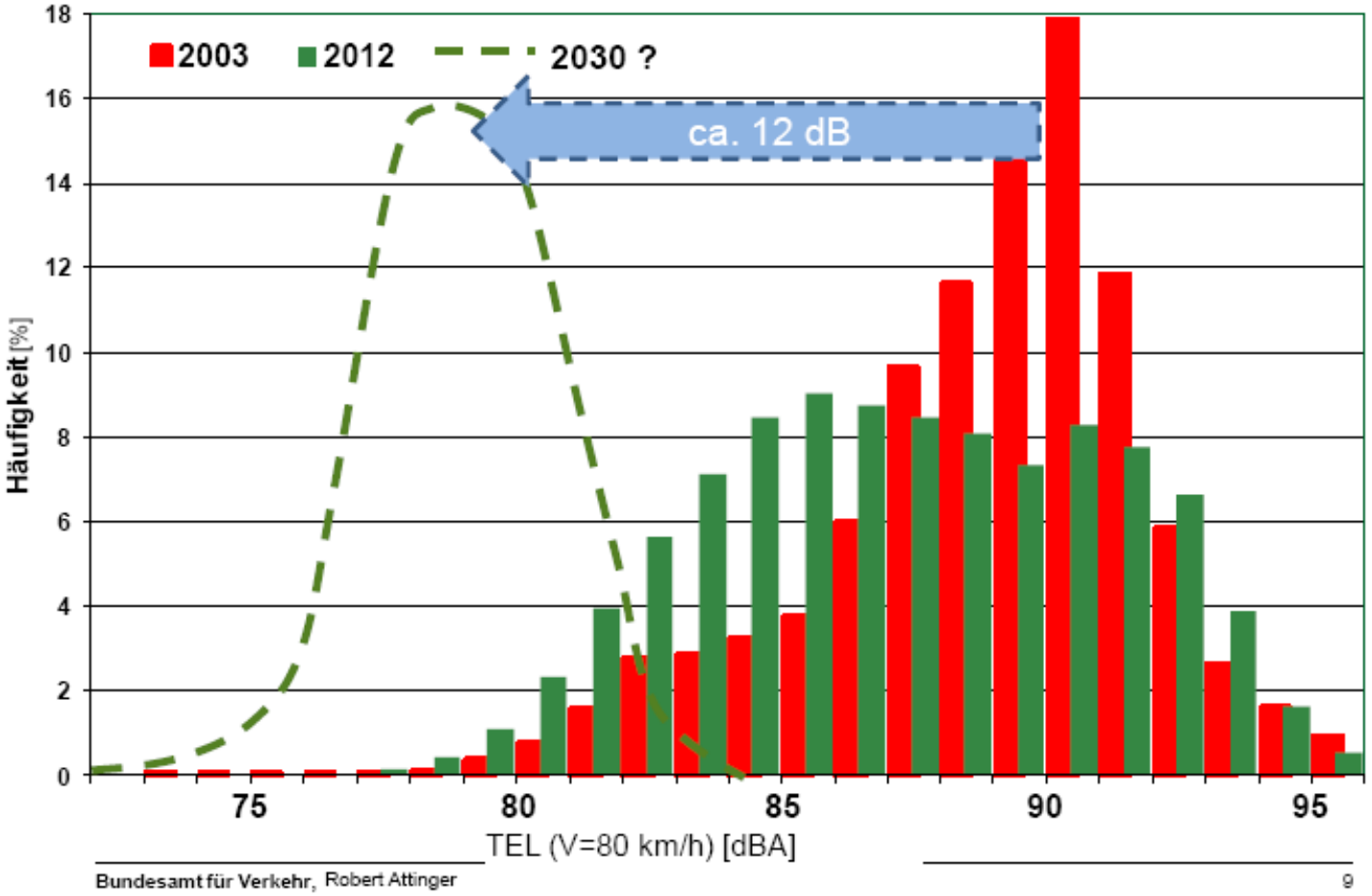


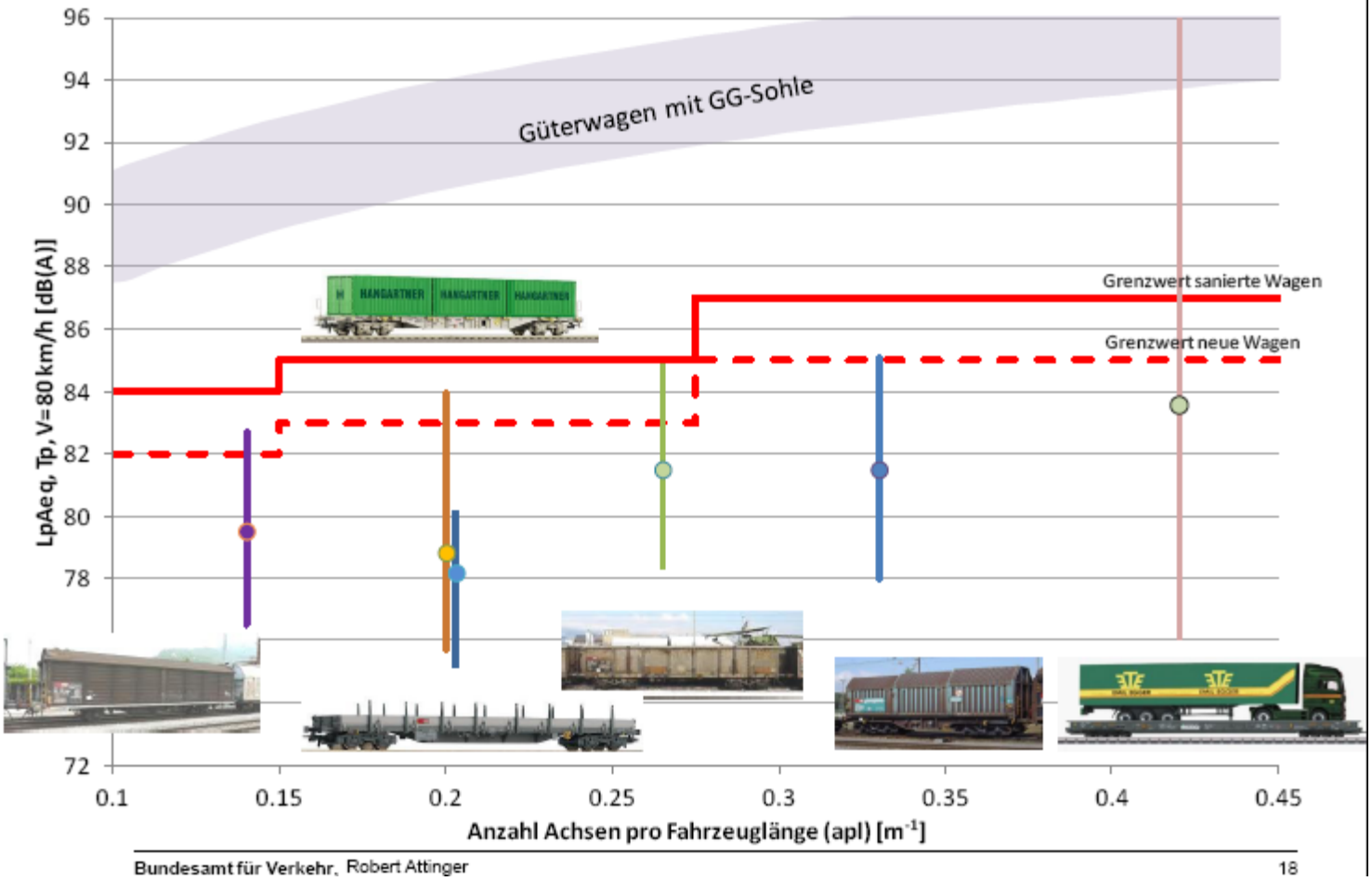
Abb. 3: Gemessene Beurteilungs-Emissionspegel Lr,e 2003 – 2009
Jahresmittel

http://www.bav.admin.ch/ls

Vorbeifahrtspegel Güterzüge

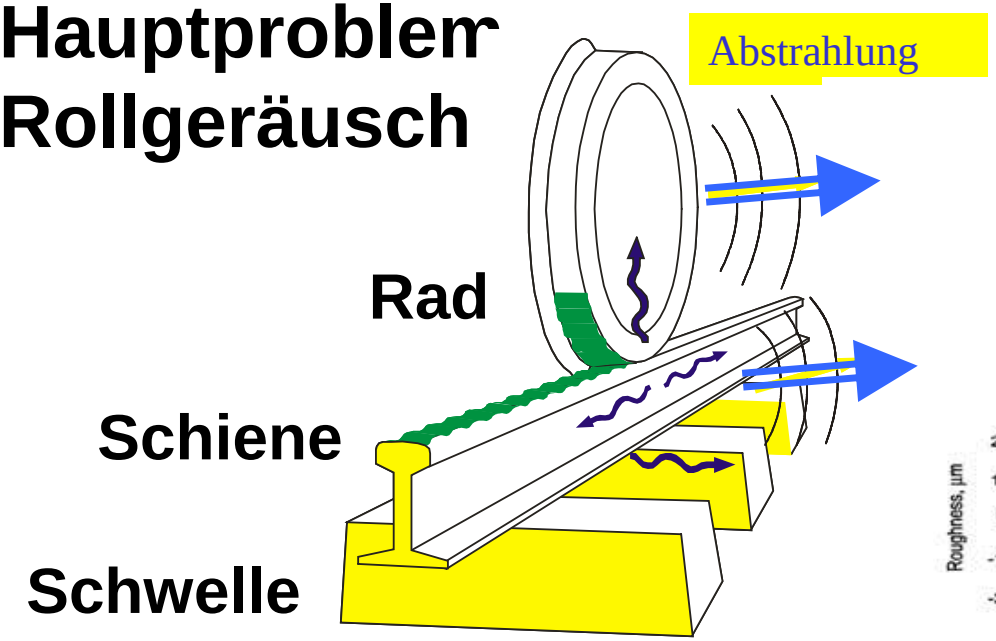


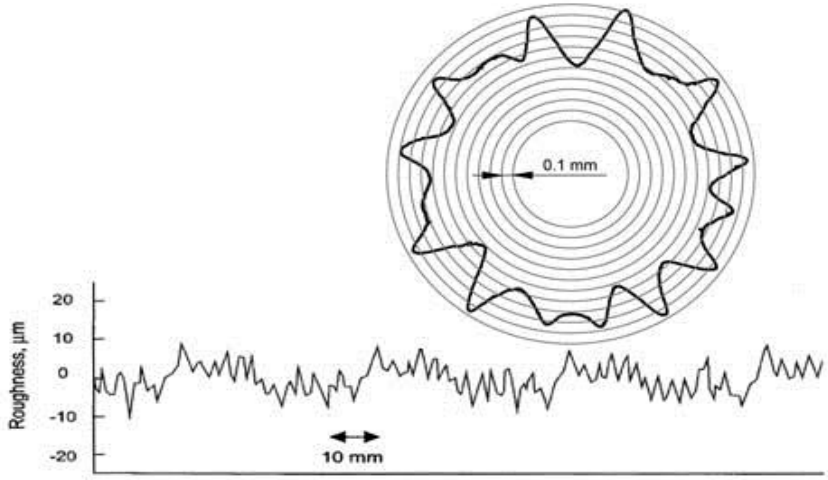
Messungen sanierte Güterwagen



Bundesamt für Verkehr, Robert Attinger 18

Hauptproblem Rollgeräusch

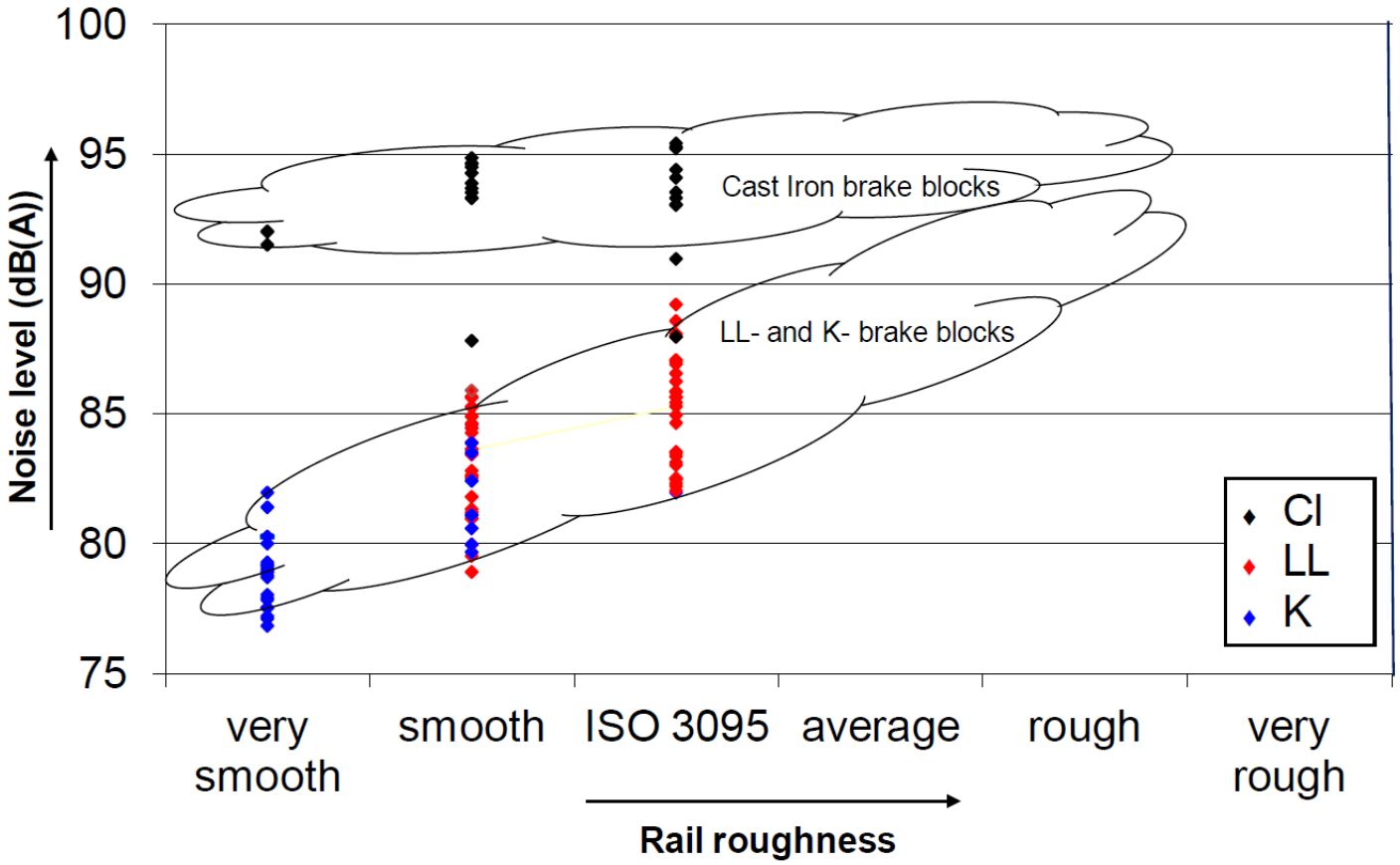




Quelle: Hecht, M.; Güterverkehrslärm, ein Thema mit vielen Einflussgrößen, ETR, 04-2012, S. 30-34

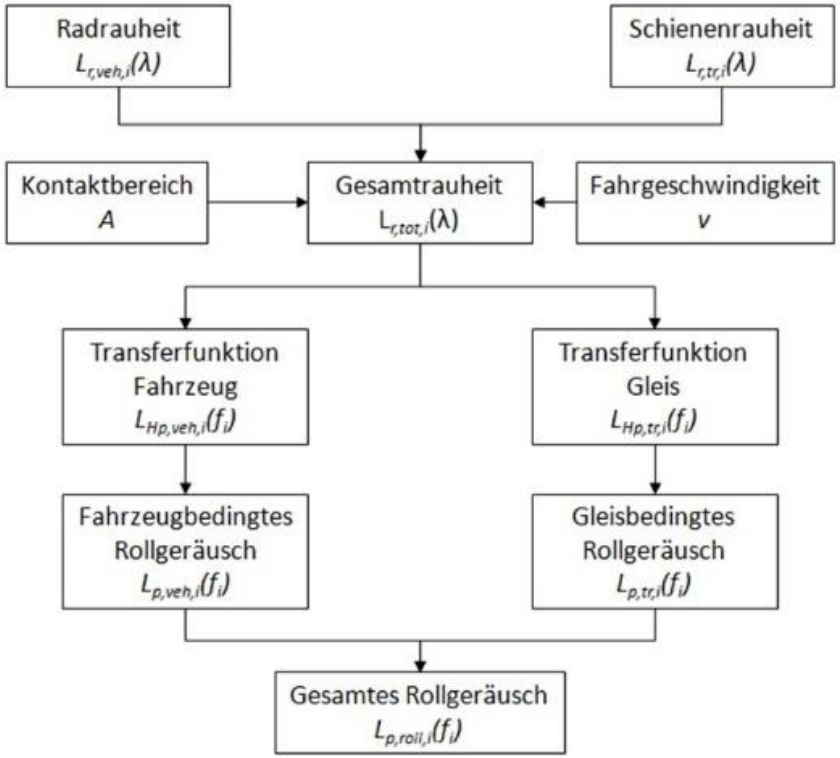
NOI TSI beinhaltet alle 3 Quellen für den Vorbeifahrtpegel

Recalculated noise levels for various brake block types

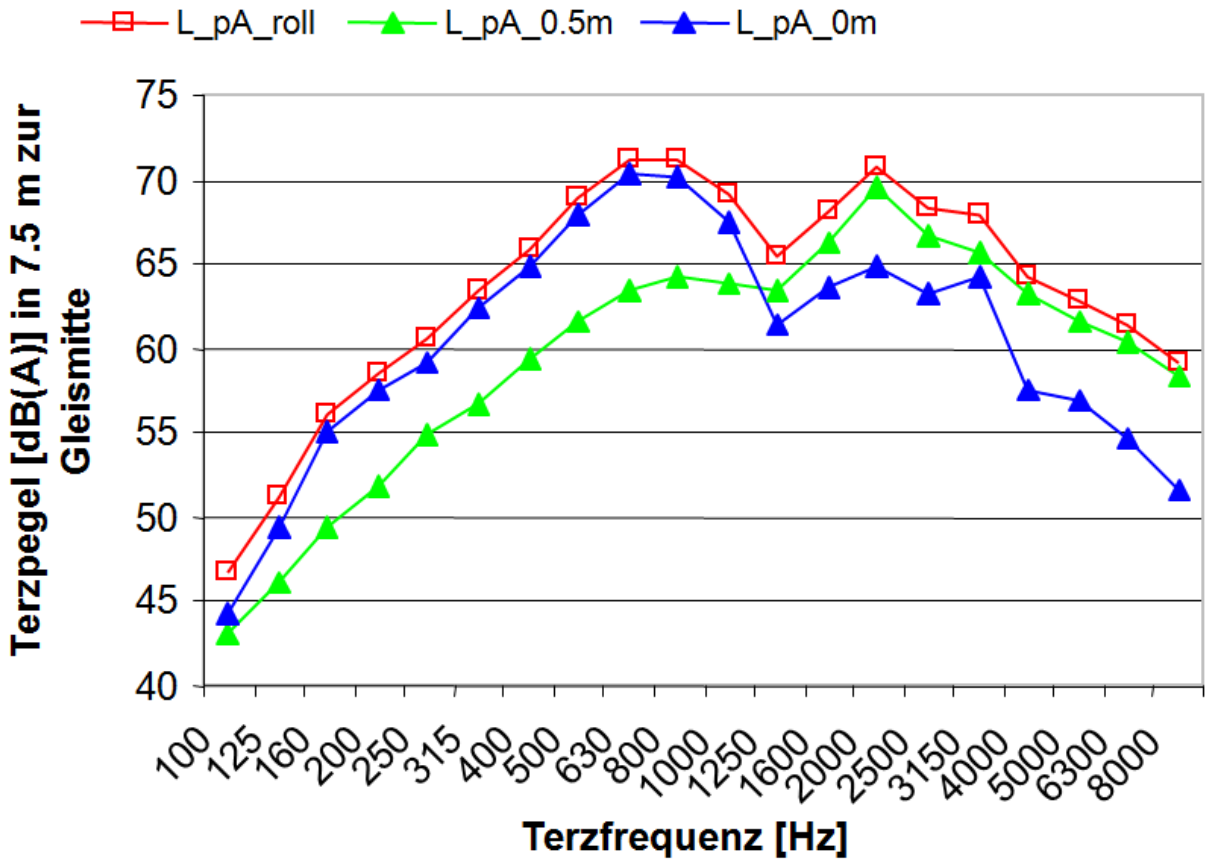


De Vos, P.(2013): Retrofitting: real noise reduction and real costs, 8th UIC Noise Workshop, 11th June 2013, Paris

Entstehung Rollgeräusch



[Schindler, Ch. Hecht, M., u.a.:Handbuch Schienenfahrzeuge – Entwicklung, Produktion, Instandhaltung, DVV Media Group GmbH, 1. Auflage 2014] Abb 2.5-7



Schalldruckanteile blau Gleis, grün Rad, rot gesamt

[Schindler, Ch. Hecht, M., u.a.:Handbuch Schienenfahrzeuge – Entwicklung, Produktion, Instandhaltung, DVV Media Group GmbH, 1. Auflage 2014] Abb 2.5-8

Grundgleichung der Maschinenakustik gilt auch für den Schienenverkehr

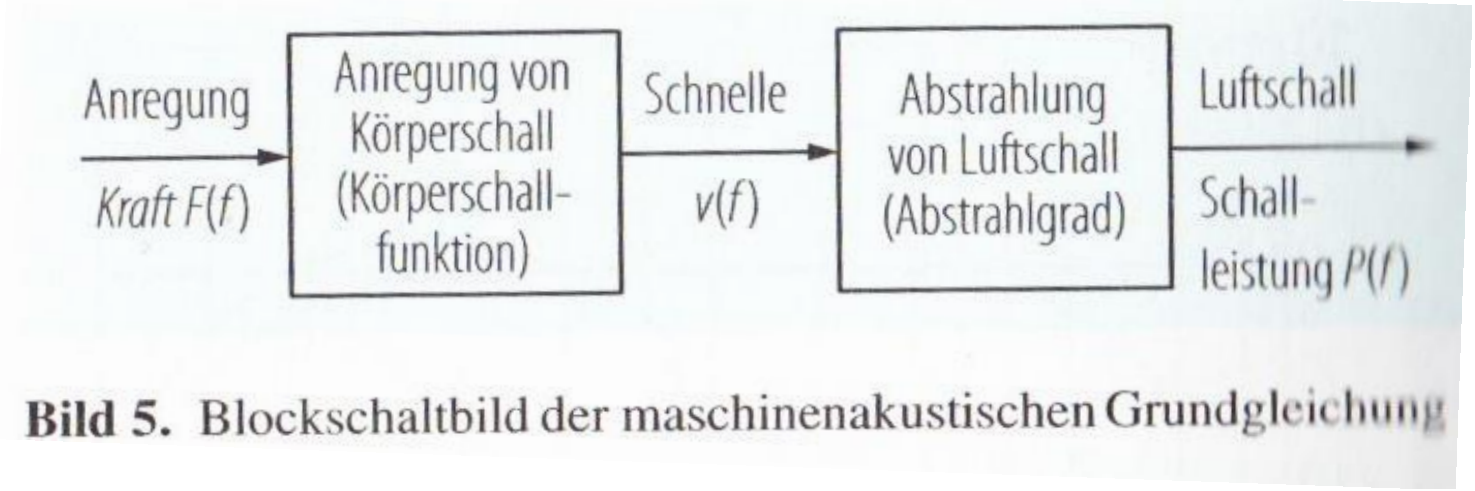


Bild 5. Blockschaltbild der maschinenakustischen Grundgleichung

[Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau, Springer Verlag, 23. Auflage, 2011, Seite O 30]

$$L_W = L_F + L_h + L_S$$

Schalleistungspegel = Kraftpegel + Körperschallpegel + Abstrahlpegel

logarithmische Addition von Einzelquellen L_i

$$L_{ges} = 10 \log \sum_i 10^{0,1 L_i}$$

Bedeutet:
Laut und laut ist laut

Laut und leise bleibt laut

nur leise und leise ergibt leise

Notwendige Designinformation: Fahrgeschwindigkeits- und rauhigkeitsabhängige Schallleistungs-pegel (f) für Räder

Problematik Kurvengeräusche

a) Straßenbahnen

b) Triebwagen mit Jacobsdrehgestellen

Kurvenquietschen

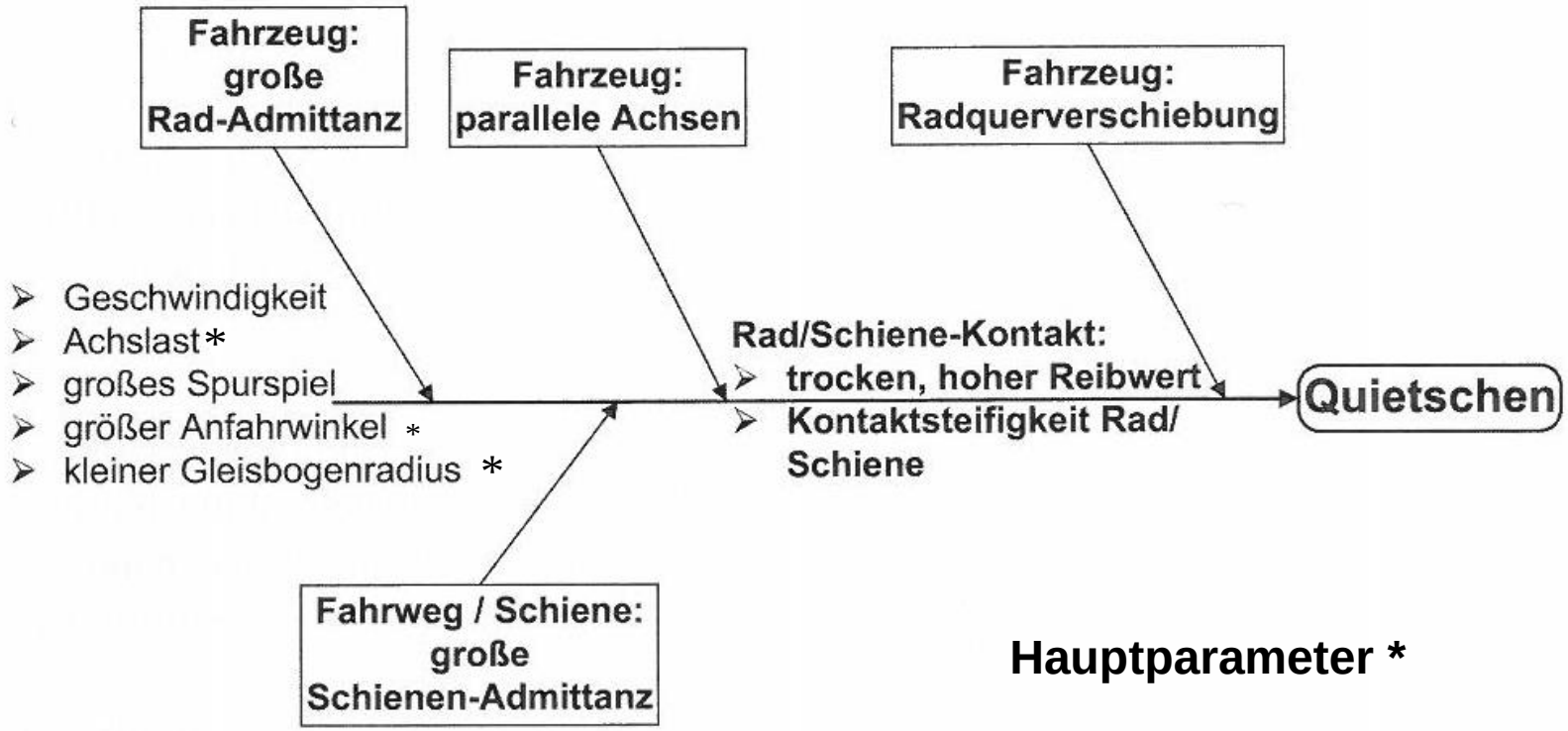
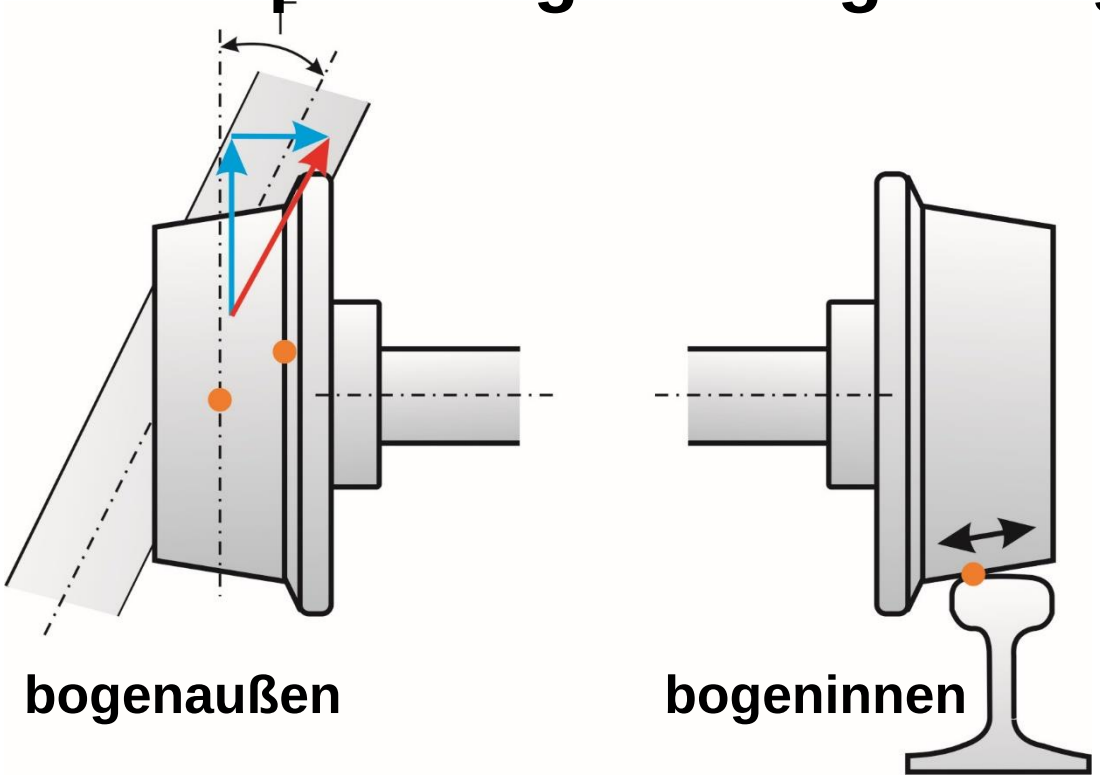


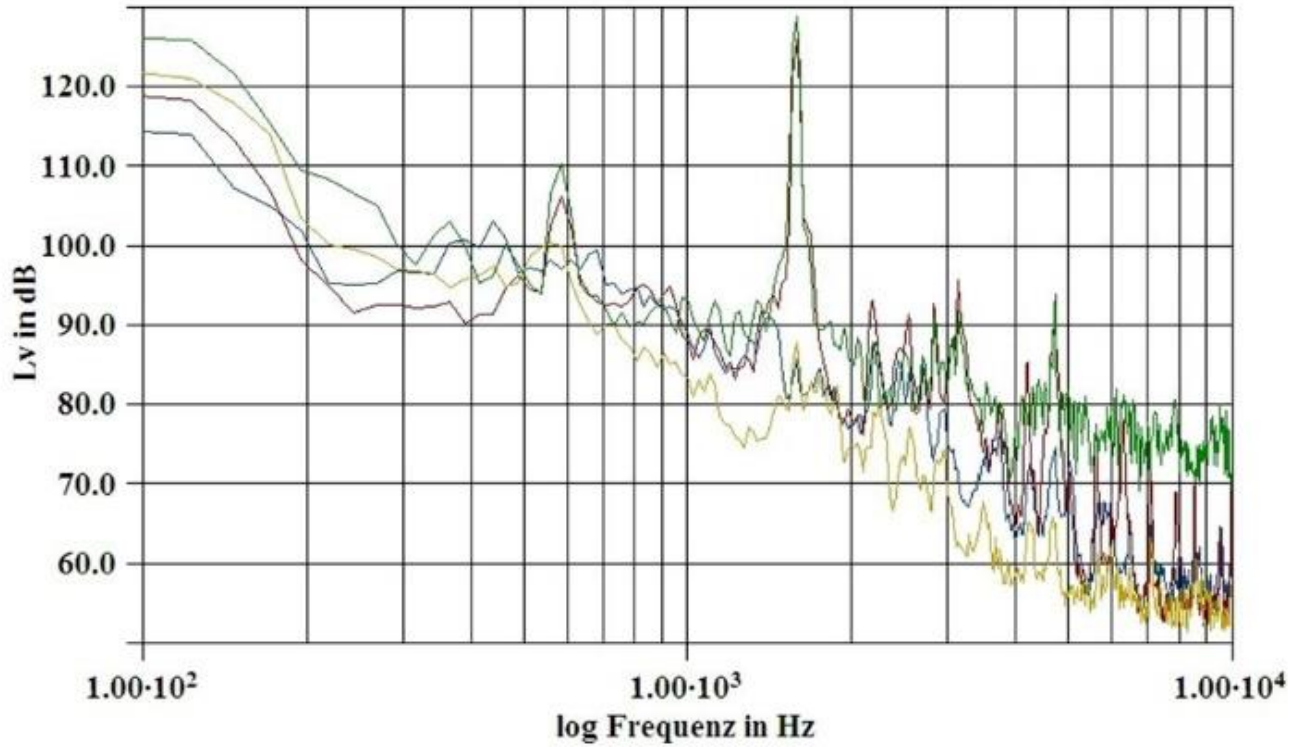
Abbildung 1: Parameter, die die Entstehung von Kurvenquietschen beeinflussen

[Krüger, F; et al:; Kurvengeräusche, Messung, Bewertung und Minderungsmaßnahmen; Erich Schmidt Verlag, Schriftenreihe für Verkehr und Technik, Band 97, Berlin, 2013]

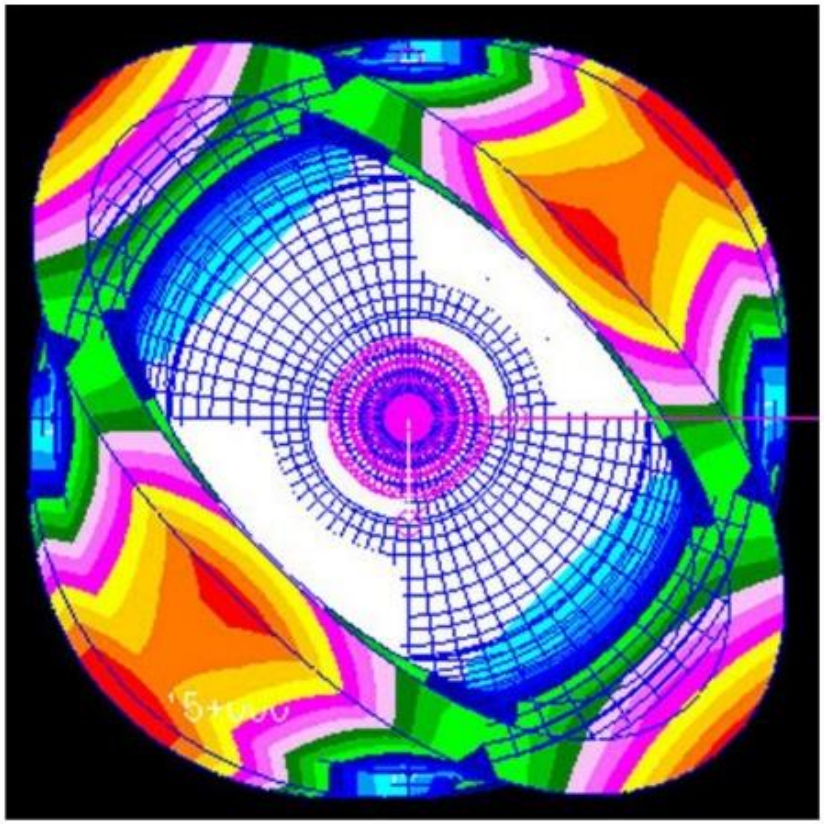
Berührpunktlage im engen Bogen

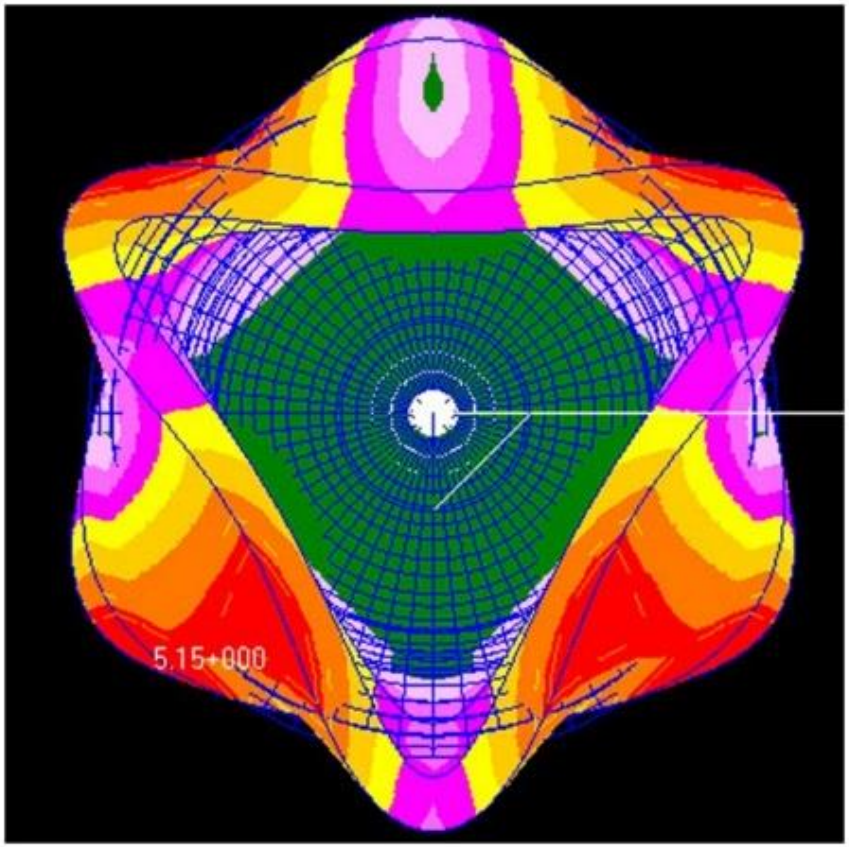


[Schindler, Ch. Hecht, M., u.a.:Handbuch Schienenfahrzeuge – Entwicklung, Produktion, Instandhaltung, DVV Media Group GmbH, 1. Auflage 2014] Abb 2.5-9



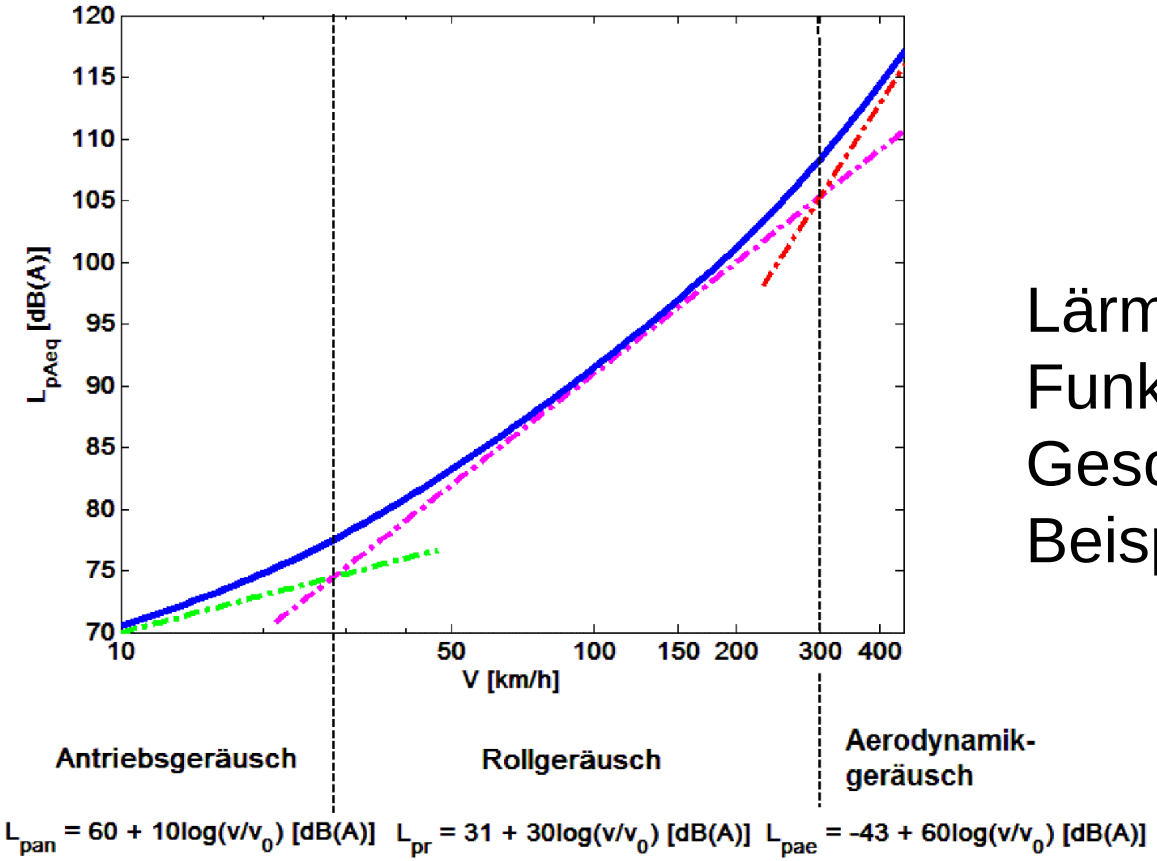
[Schindler, Ch. Hecht, M., u.a.:Handbuch Schienenfahrzeuge – Entwicklung, Produktion, Instandhaltung, DVV Media Group GmbH, 1. Auflage 2014] Abb 2.5-10





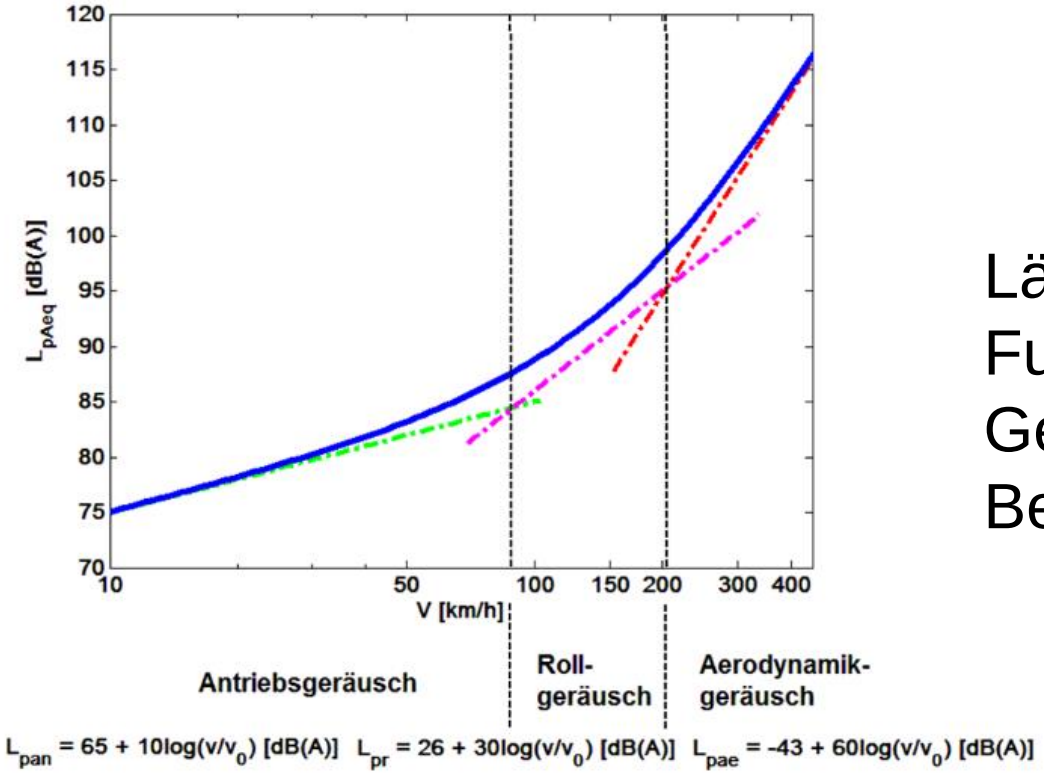
f = 585 Hz **f = 1586 Hz**

[Schindler, Ch. Hecht, M., u.a.:Handbuch Schienenfahrzeuge – Entwicklung, Produktion, Instandhaltung, DVV Media Group GmbH, 1. Auflage 2014] Abb 2.5-11



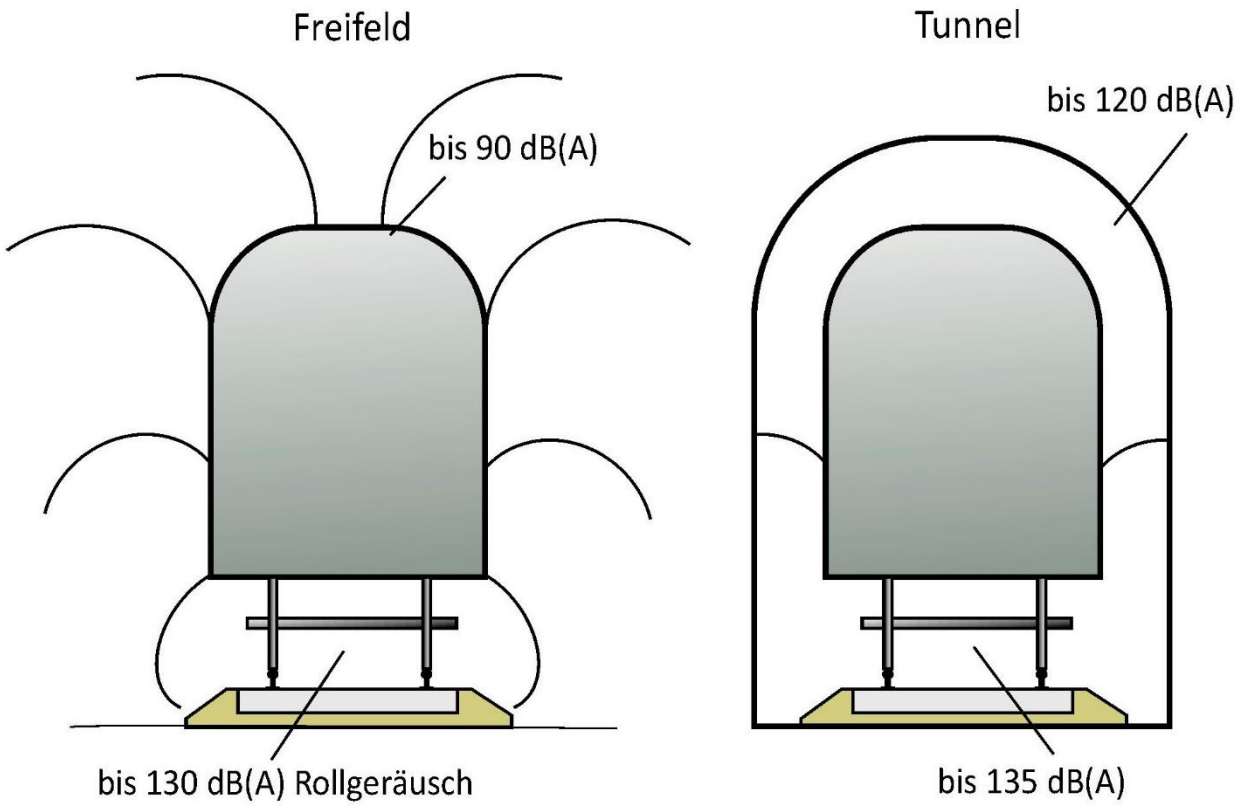
Lärmverhalten in Funktion der Fahr-Geschwindigkeit Beispiel 1

[Schindler, Ch. Hecht, M., u.a.:Handbuch Schienenfahrzeuge – Entwicklung, Produktion, Instandhaltung, DVV Media Group GmbH, 1. Auflage 2014] Abb 2.5-14



Lärmverhalten in Funktion der Fahr-Geschwindigkeit Beispiel 2

[Schindler, Ch. Hecht, M., u.a.:Handbuch Schienenfahrzeuge – Entwicklung, Produktion, Instandhaltung, DVV Media Group GmbH, 1. Auflage 2014] Abb 2.5-16


Freifeld
bis 90 dB(A)
bis 130 dB(A) Rollgeräusch
Tunnel
bis 120 dB(A)
bis 135 dB(A)

Weiteres vernachlässigte Handlungsfeld: Ausbildung

Alle Bahntechnikfunktionen sind lärmrelevant, aber Lärm gibt es in der Ausbildung bisher nicht!!
Stellwerke: Laufwegoptimierung hinsichtlich Lärmbelastung + lärmabhängige Trassenpreise
Gleisbau: Optimierung Wartungskosten versus Lärm
Fahrzeuginstandhaltung: Nutzen sekundären Schallschutzes
Neubau Fahrzeug, Gleis, Bauwerke: Basisanforderung

Prüffrage: Alle Bereiche, die Sicherheit berücksichtigen, müssen auch die Lärmproblematik einbeziehen!

Zusammenfassung des Handlungsbedarfs für die Zukunft

1. Ziel max L_{den}55 dB(A), auch beim Gleisbau
2. Lärmminderung an der Quelle weiterverfolgen, insbesondere Loklärm + Gleislärm mit einbinden
3. Lärm in Kurven definieren und limitieren!
4. Ausbildungs- und Lehrpläne auf Lärmminderung anpassen