

Lärmbelastung durch Schienengüterverkehr

Ist - Situation und Minderungsmöglichkeit

Prof. Dr.- Ing. Markus Hecht

**Technische Universität Berlin
Fakultät V, Verkehrs- und Maschinensysteme
Institut für Land- und Seeverkehr
Fachgebiet Schienenfahrzeuge**

Güterverkehrsentwicklung in der EU

	Vergangenheit		Politische Vorgabe
	1970	1998	2020
EU Goods Transport 1000 Million tkm			
RAIL	283 (21%)	241 (8%)	784 (15%)
TOTAL (2)	1340 (100%)	2870 (100%)	5230 (100%)

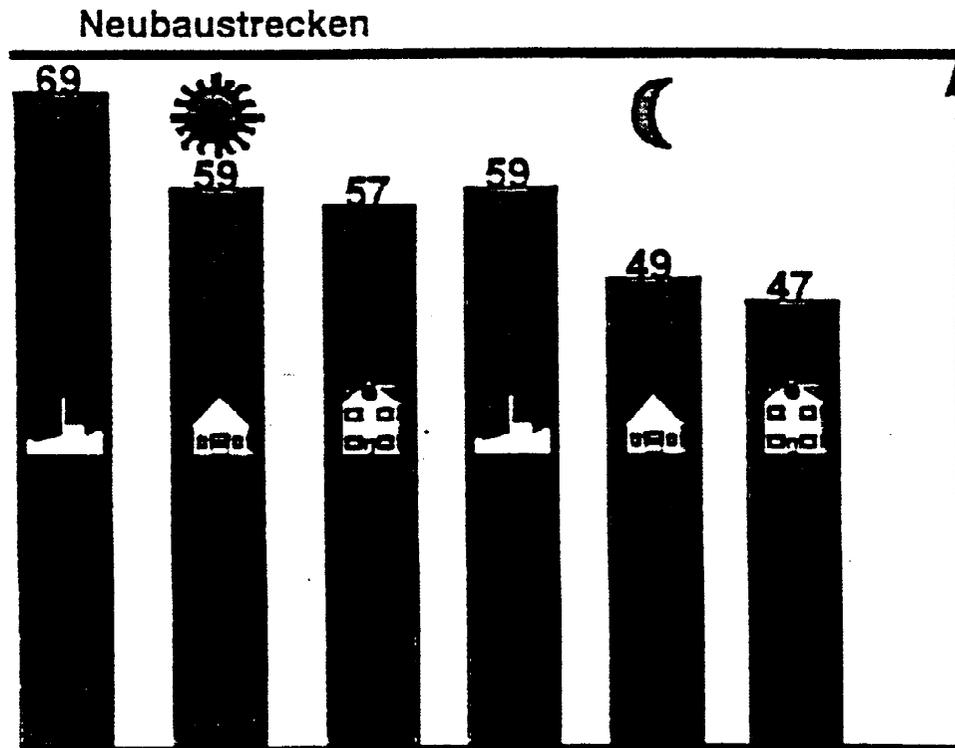
Including: road, rail, inland water-ways, pipelines and sea (intra-EU)

Quelle: EUROSTAT / UIC Statistic

~ 1995

Deutsche Bahn **DB**

Schienenverkehrslärm



Bestehende Strecken

72 dB (A):

10 Güterzüge / h

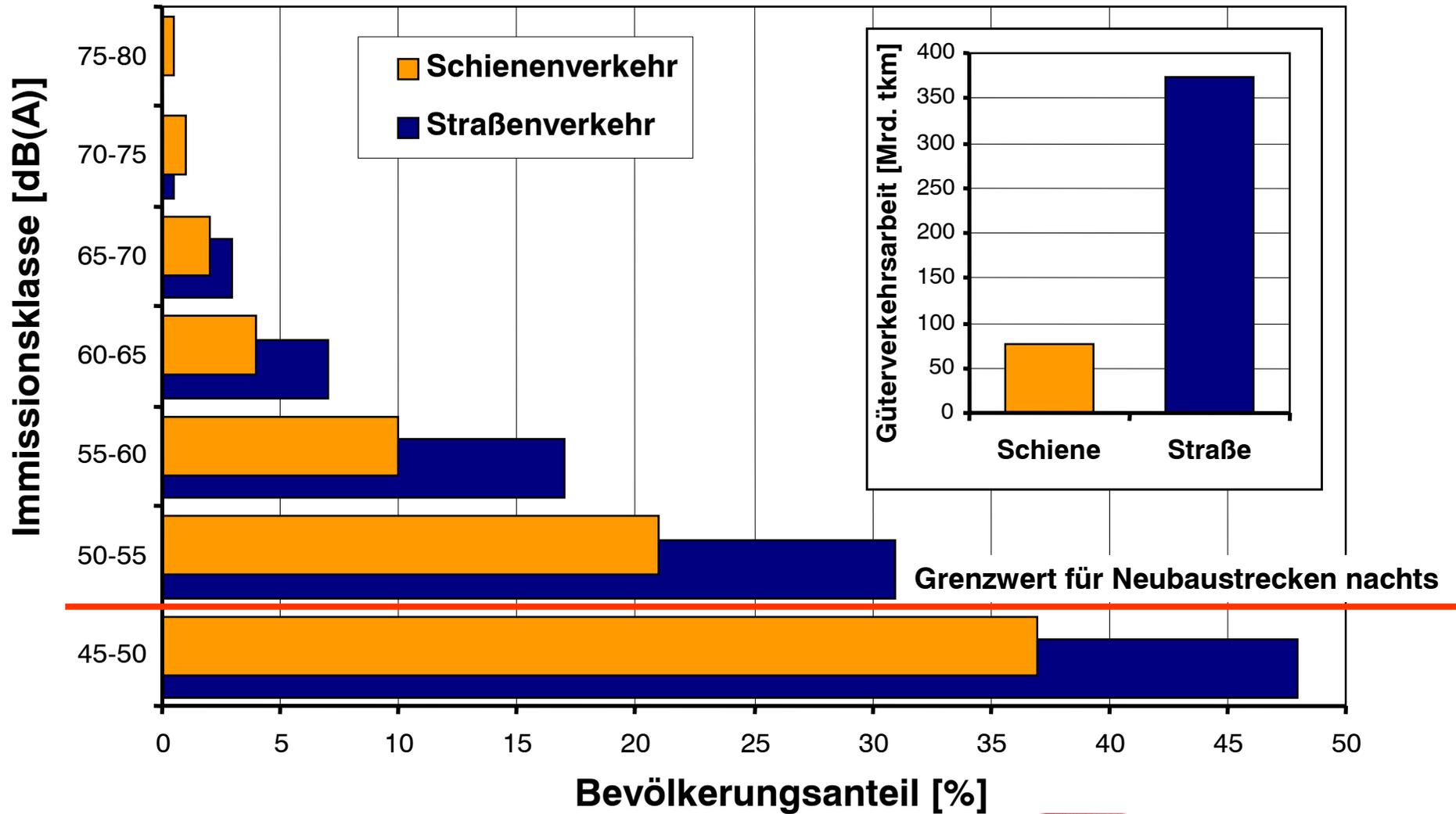
Die Schallentstehung
muß bereits an der
Quelle vermindert
werden.

=> Die Leise Bahn
entwickeln

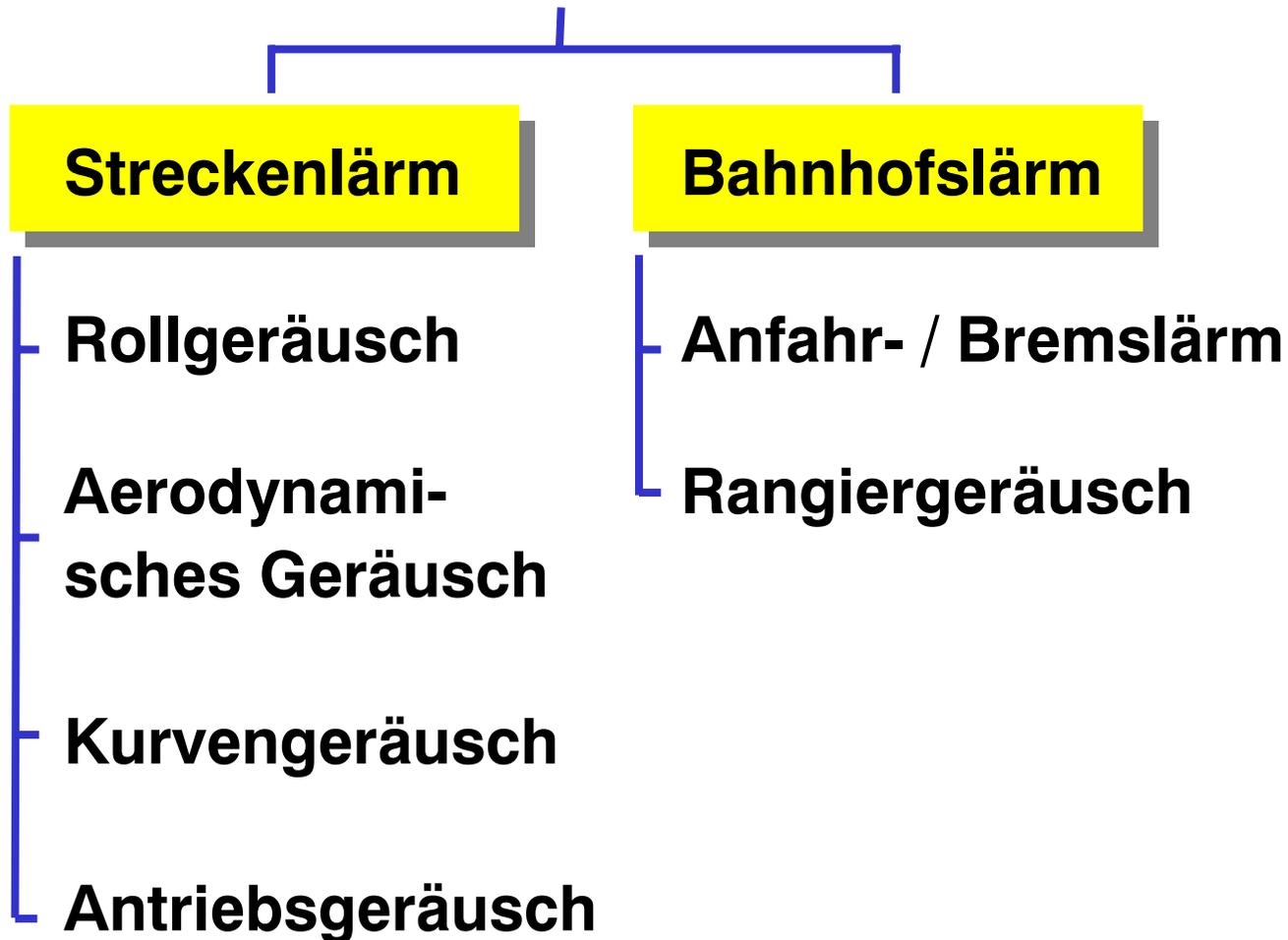
Forschung und Technologie

Geräuschbelastung nachts in Deutschland

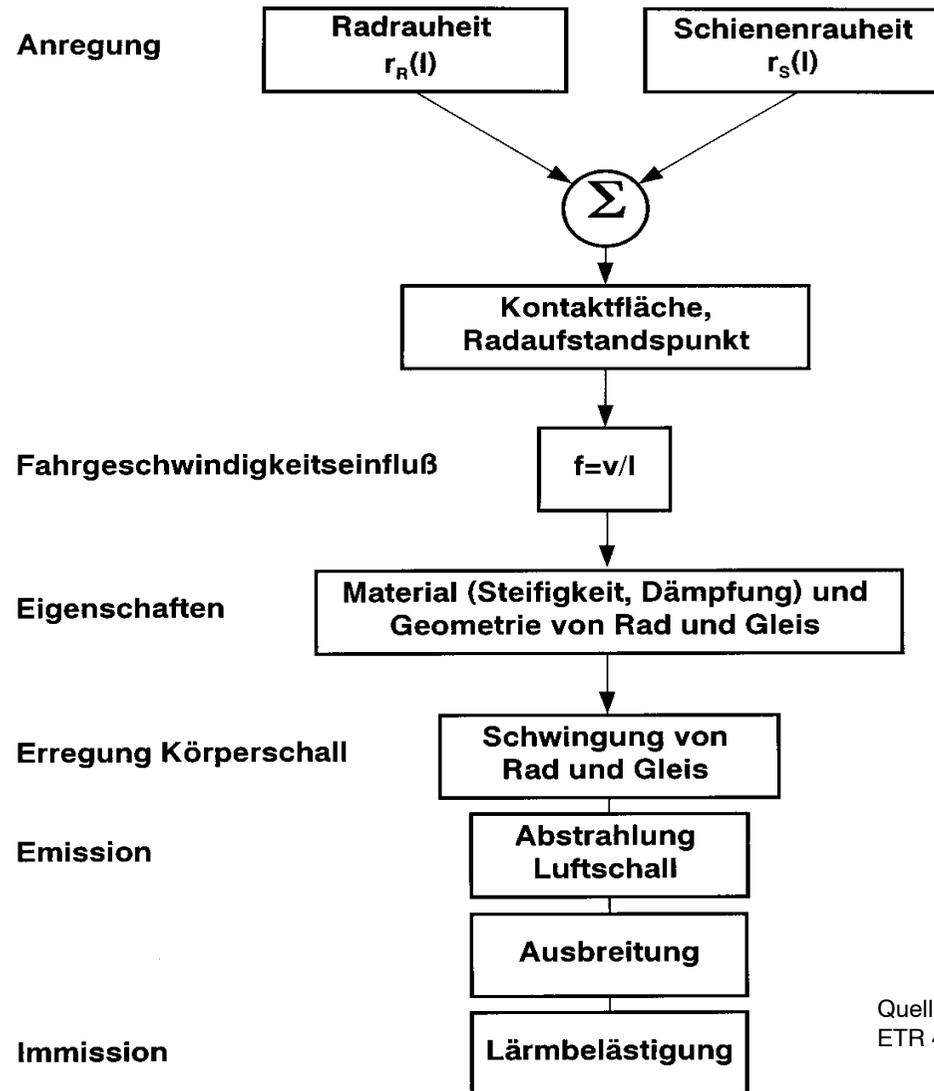
[ZEVrail Glasers Annalen - 126 Tagungsband SFT Graz 2002, S. 213-226]



Lärm durch Schienengüterverkehr

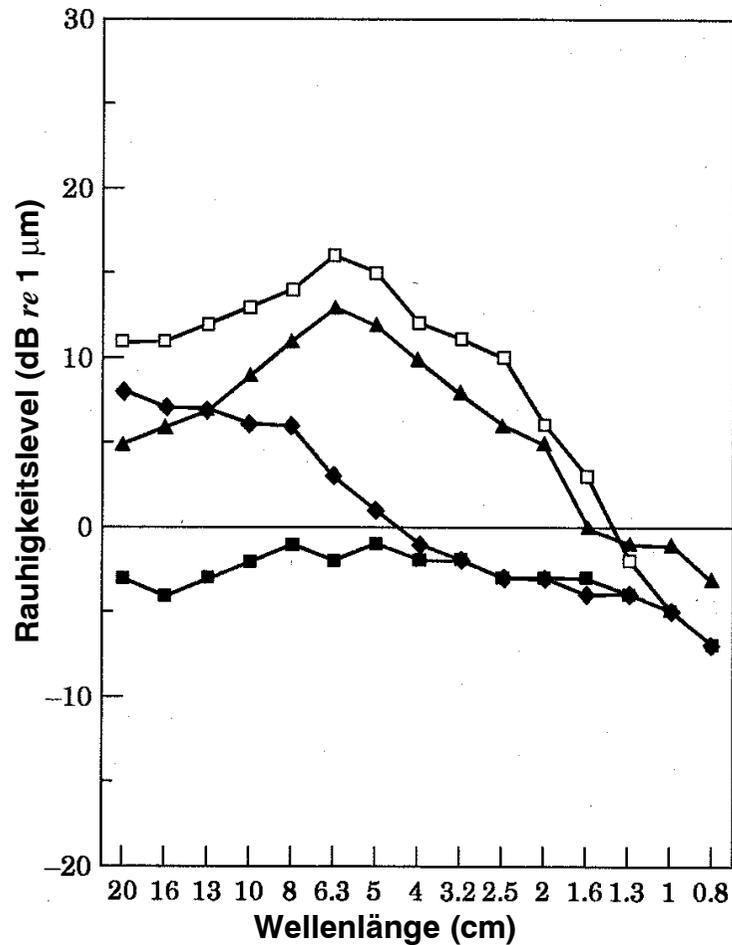


Rollgeräusch



Quelle: Hecht, M; Fahrwerkkomponenten, ETR 47 (1998), S. 679- 684

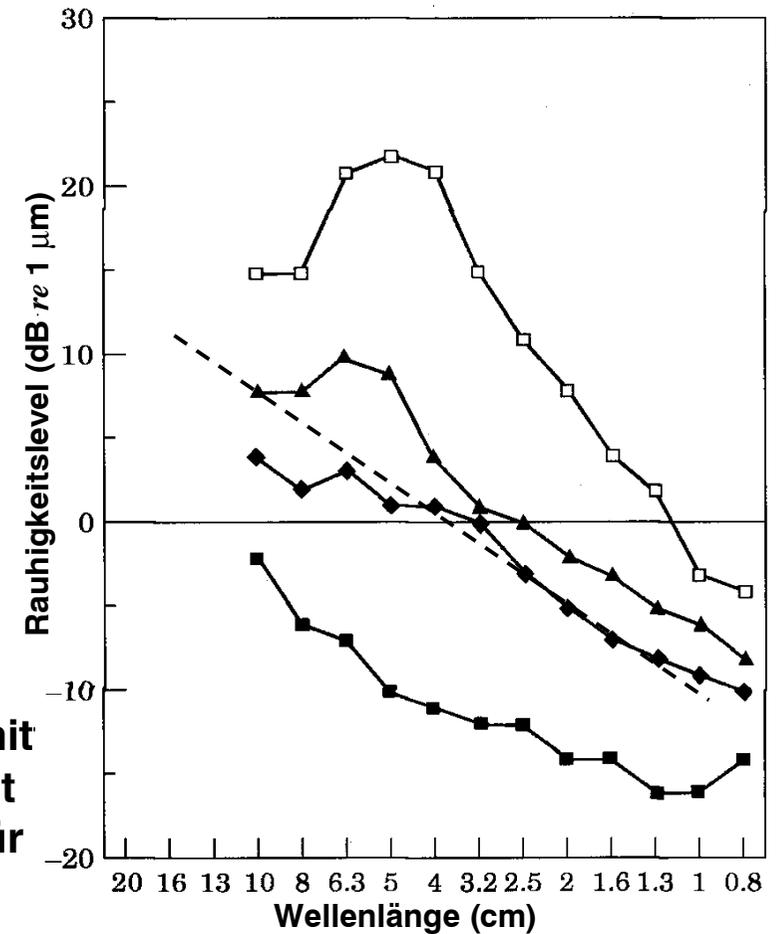
Dings, Dittrich; Roughness on Dutch Railway Wheels and Rails, Journal of Sound and Vibration 1996, S. 103-112



Radrauigkeit nach 20000 km

- Sinterblock ◆ Scheibenbremse
- ▲ GG-Klotzbremse □ GG-Zusatzklotzbremse

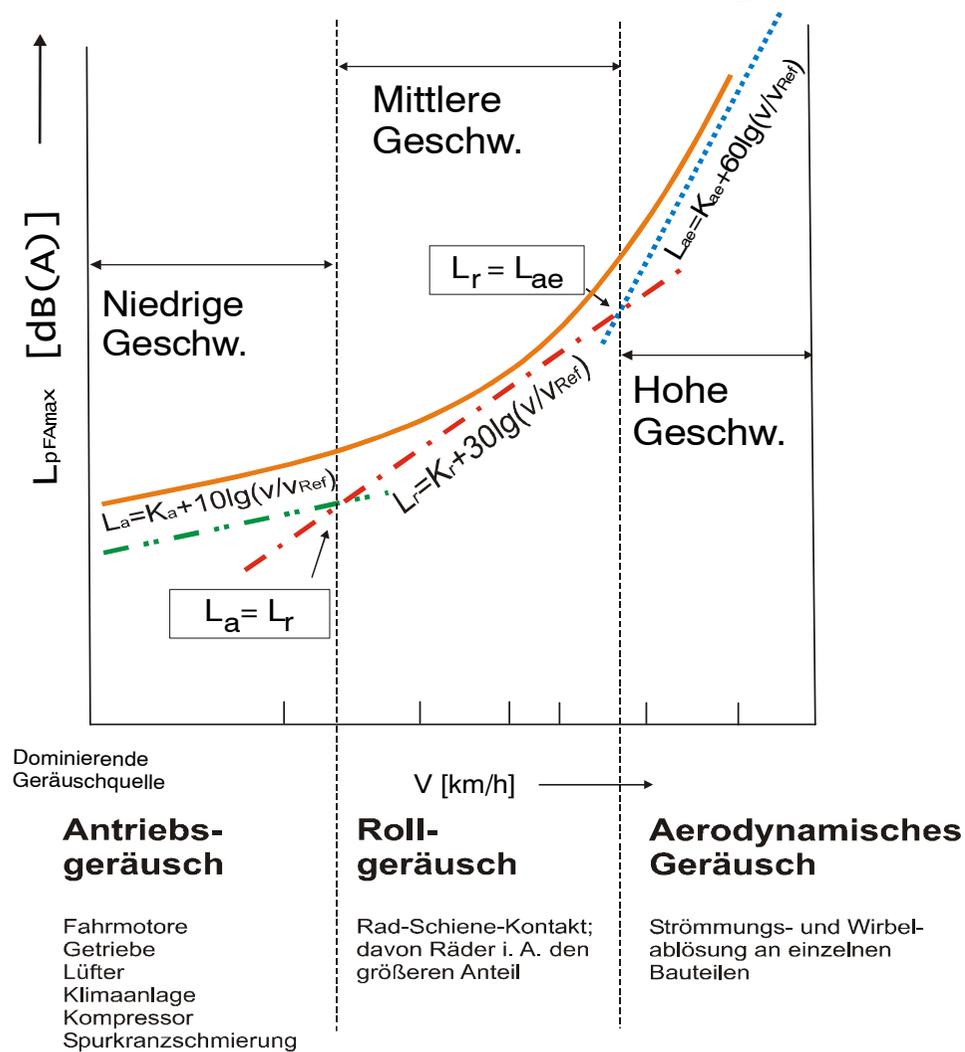
■ sehr glatte ◆ mit
 ▲ rauh □ verriffelt
 - - Grenzkurve für
Lärmessgleise
 nach
 prEN ISO 3095:2001



Schienenrauigkeit



Gesamtgeräusch eines Zuges und dessen Komponenten als Funktion der Fahrgeschwindigkeit



Kurvengeräusch bei 30 km /h

Kurvengeräusch

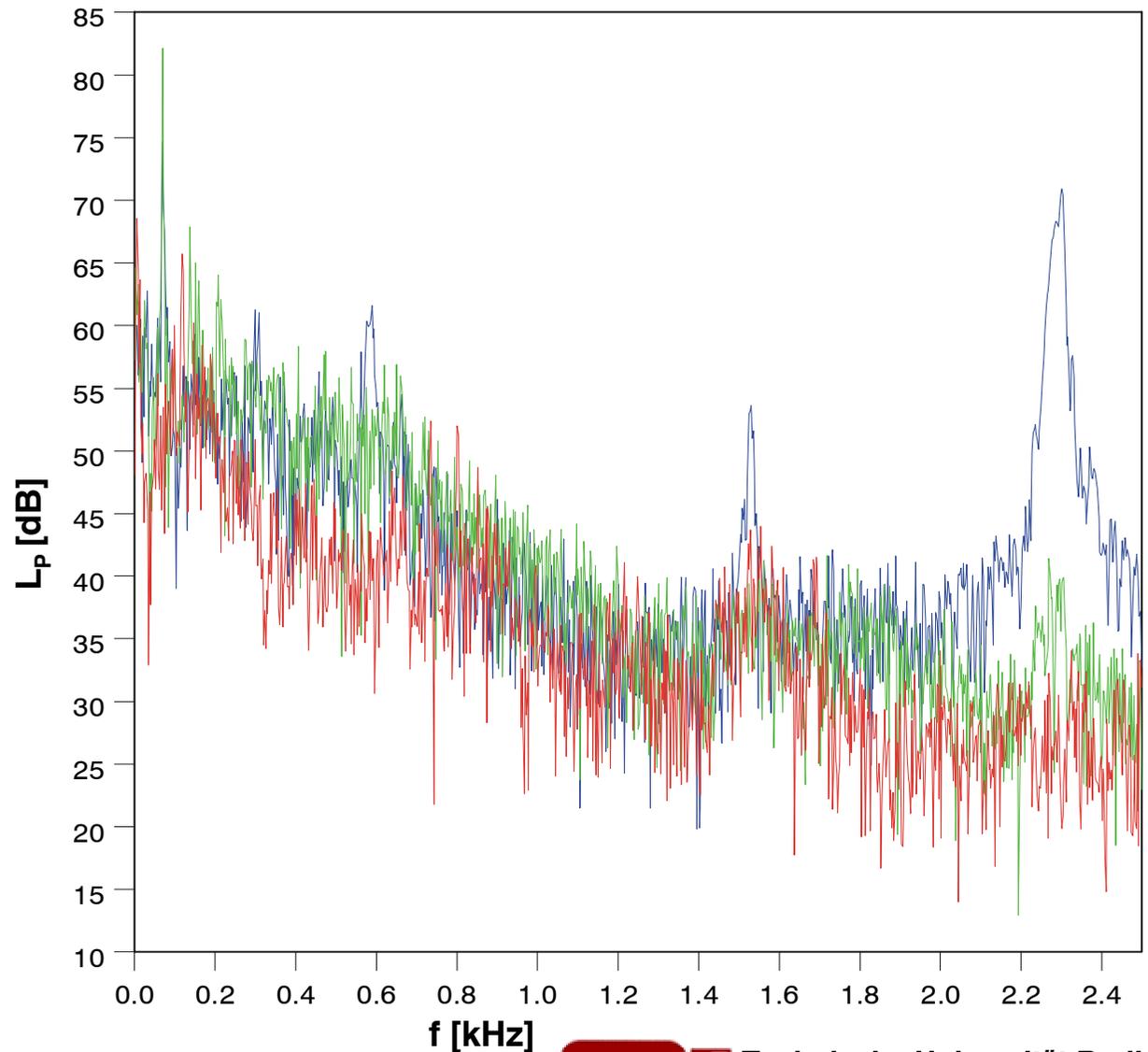
Kurvenkreischen

Breitbandgeräusch

R = 33 m

- Fahrt im Bogen mit Kreisken $L_p = 90$ dB (A)
- Fahrt im Bogen ohne Kreisken $L_p = 74$ dB (A)
- Fahrt in Gerade $L_p = 68$ dB (A)

Straßenbahn KT4D,
Potsdam, Februar 2002

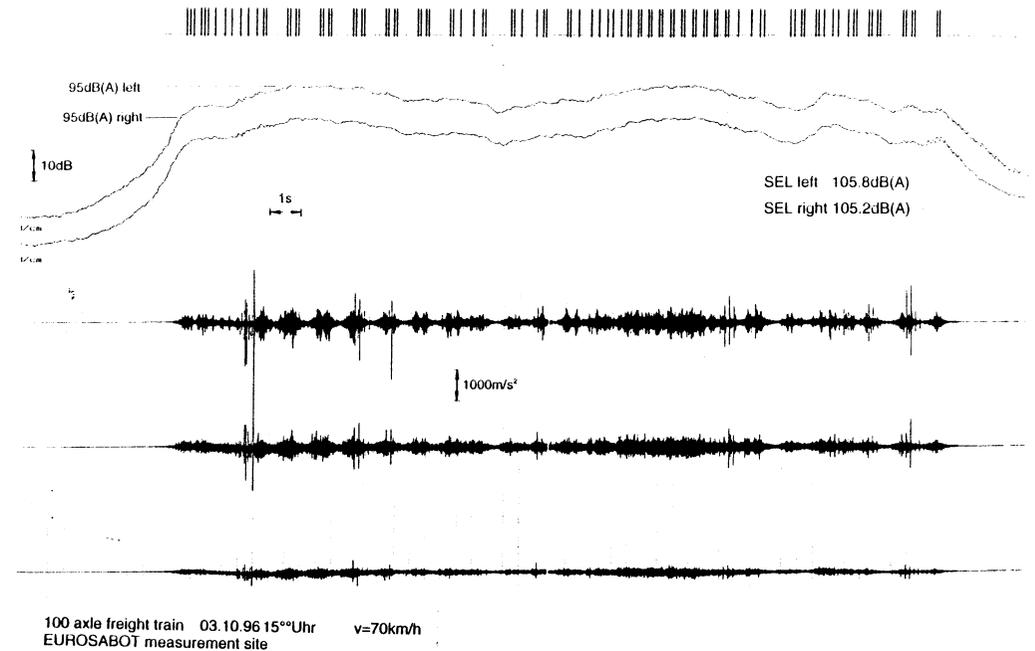
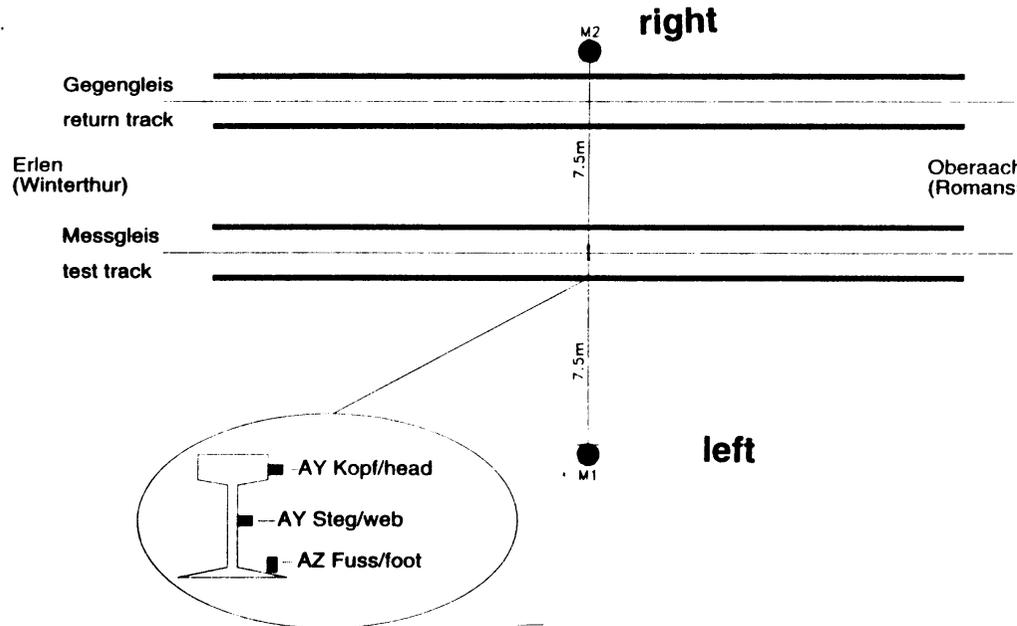


Beispiel Zug - Vorbeifahrt

EUROSABOT

Aussenlärmmessung / wayside noise measurement

Messstelle / place km 72.35



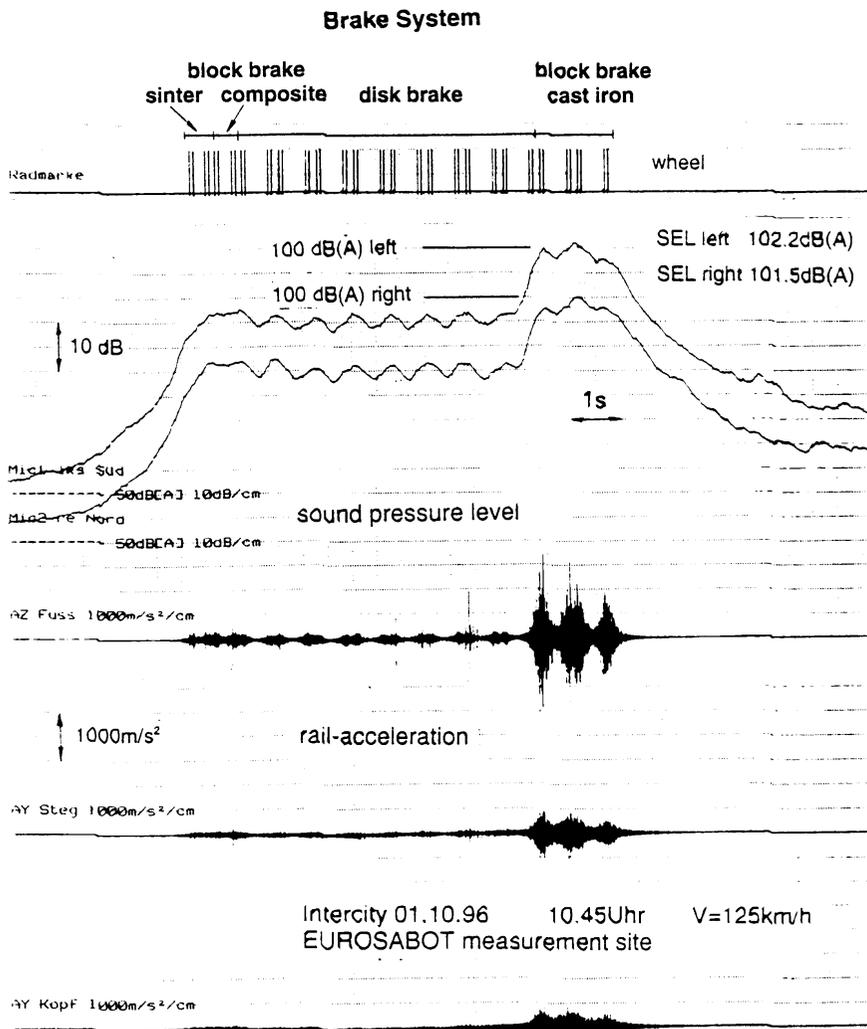
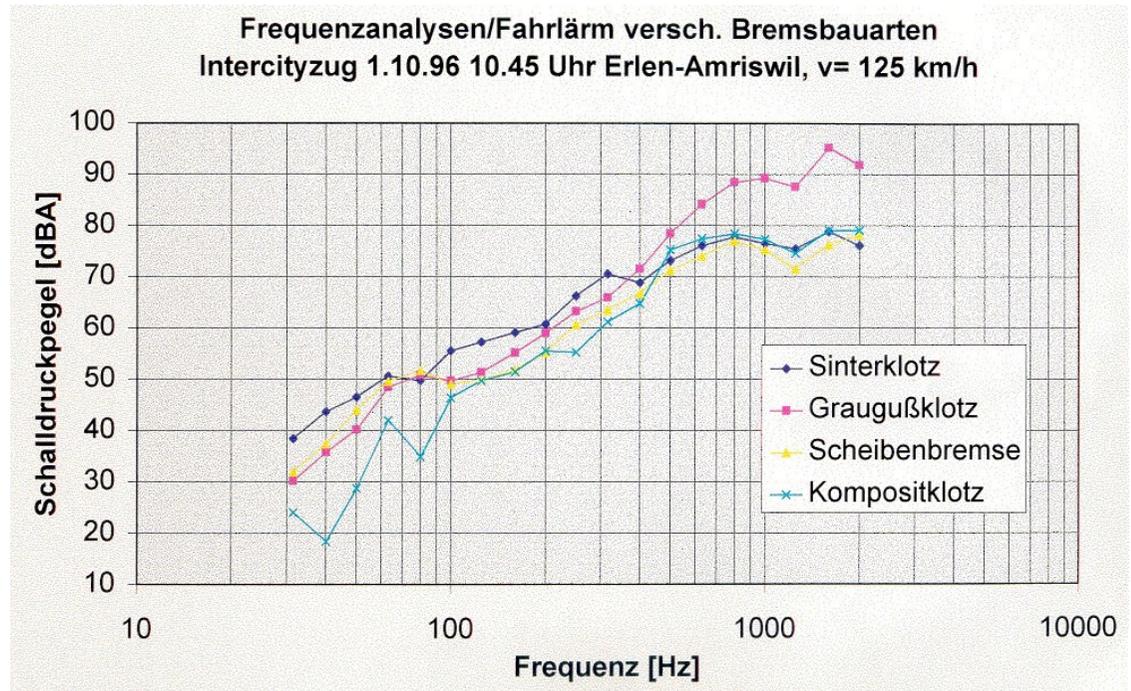
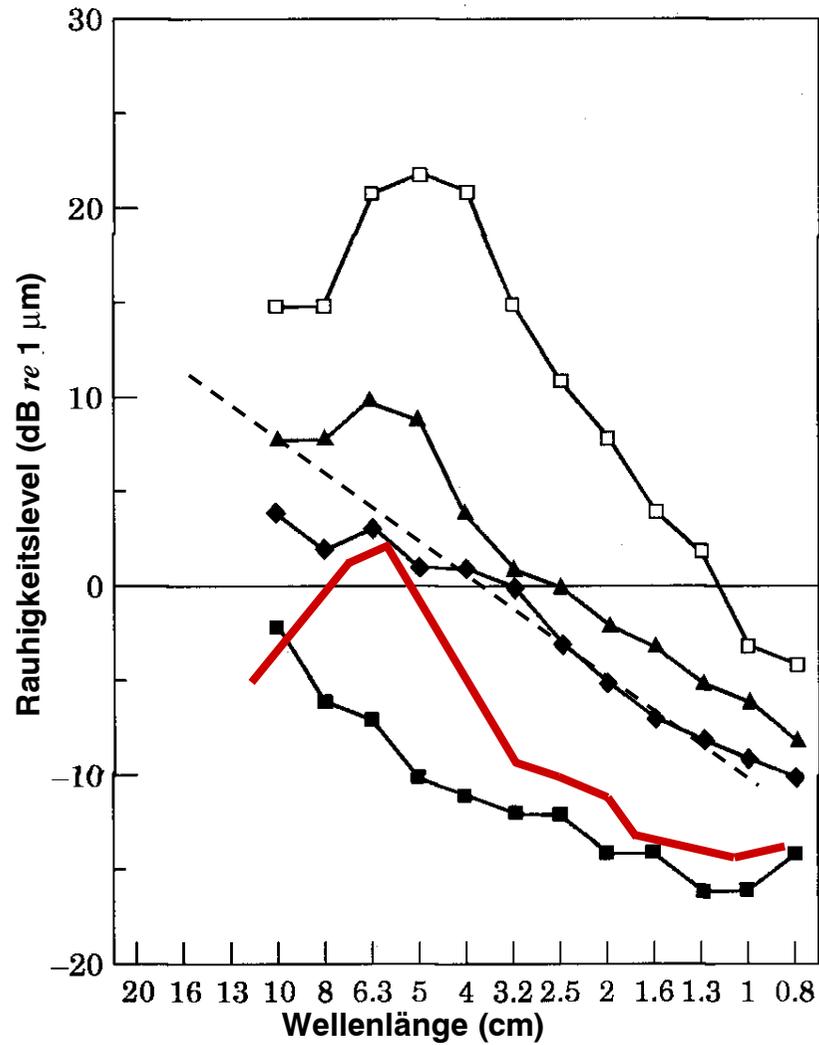


figure 6



— Euro sabot
Versuchsgleis

■ sehr glatte ◆ mittel
▲ rauh □ verriffelt
- - Grenzkurve für
Lärmessgleise
nach
prEN ISO 3095:2001



Schienenrauigkeit

**Kosten der Lärminderung = f (Geographie, Betrieb,
Aufwand + Know-how)**

**Immission = f (Abstand + Gelände, Anzahl Züge + Zuglänge
+ Geschwindigkeit, Emission)**

Mittlerer jährlicher Laufweg je Fahrzeugbauart

Streckenlokomotive 100000 - 200000 km/a

offene Hochbordwagen E 30000 km/a

Kesselwagen Z 50000 km/a

gedeckte Wagen H 80000 km/a

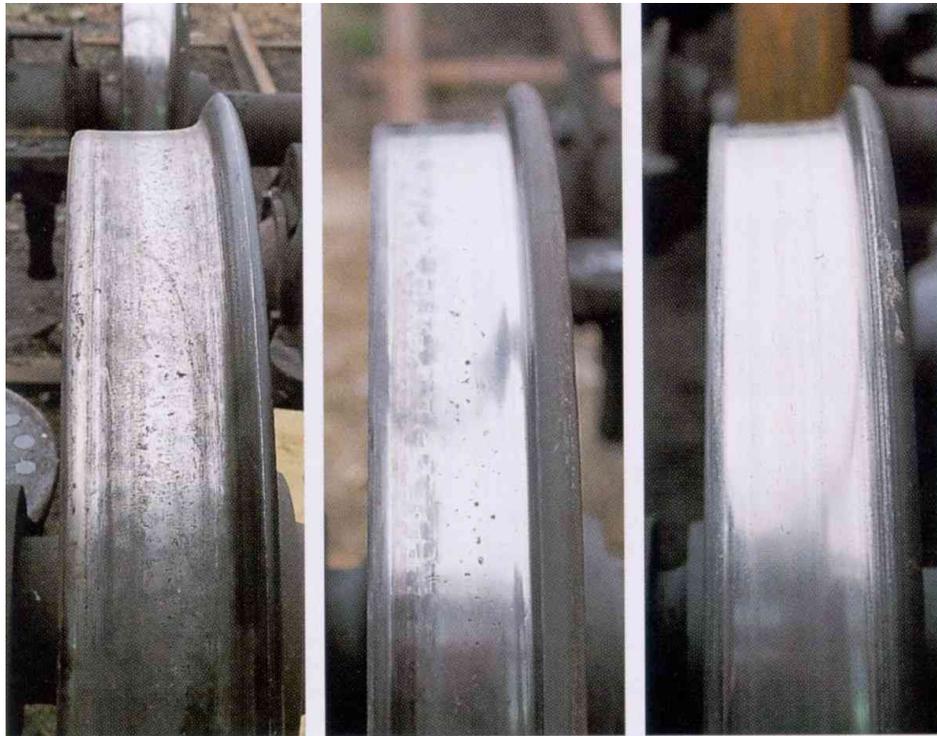
Kombiverkehr S 100000 - 200000 km/a

[LEILA Bericht AP 410: Life Cycle Costs; TU-Berlin, 2003]

Maßnahmen am Wagen

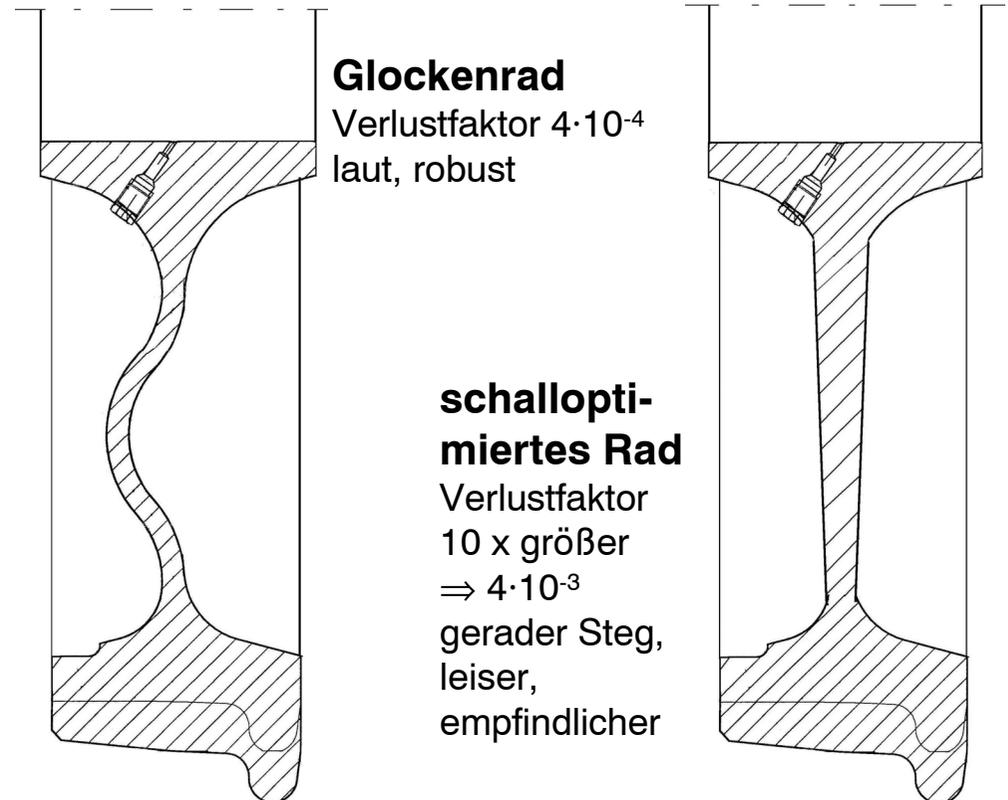
a) Kunststoffklötze + Glockenräder seit 2000 SBB + DB weitgehend für Neubeschaffungen

Pegeleinfluss - 11 dB

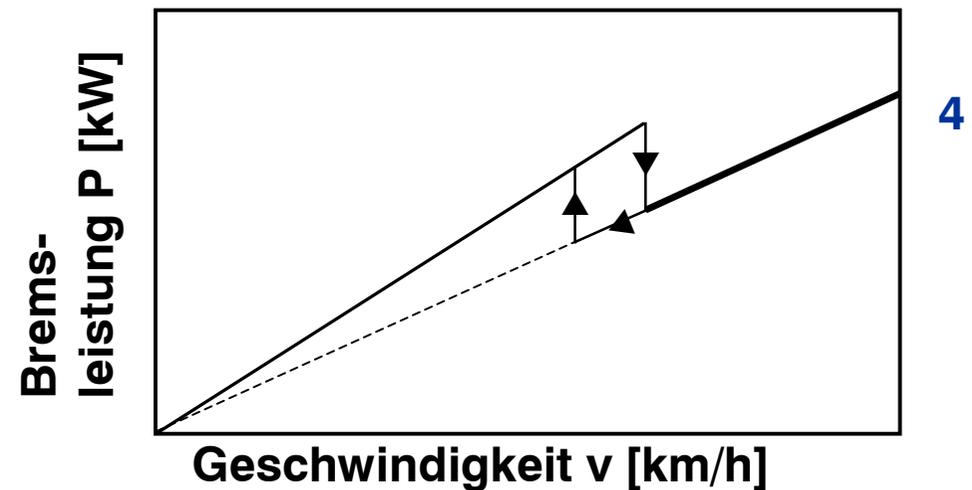
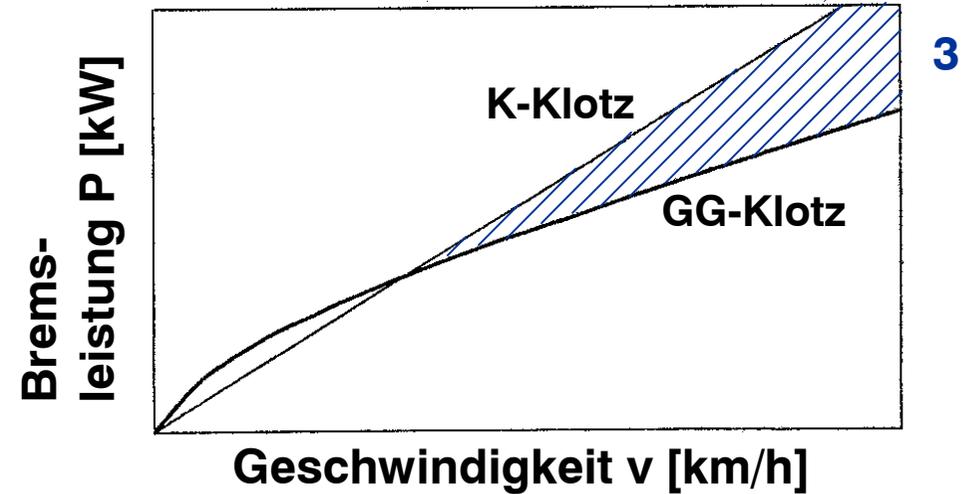
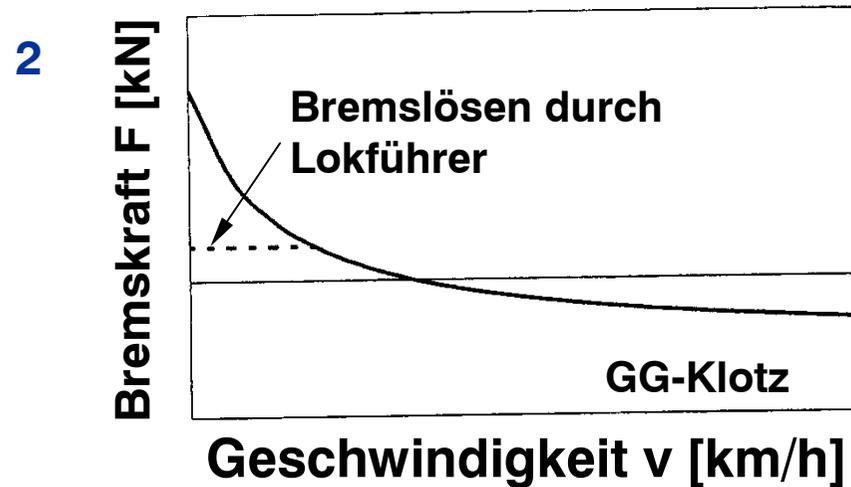
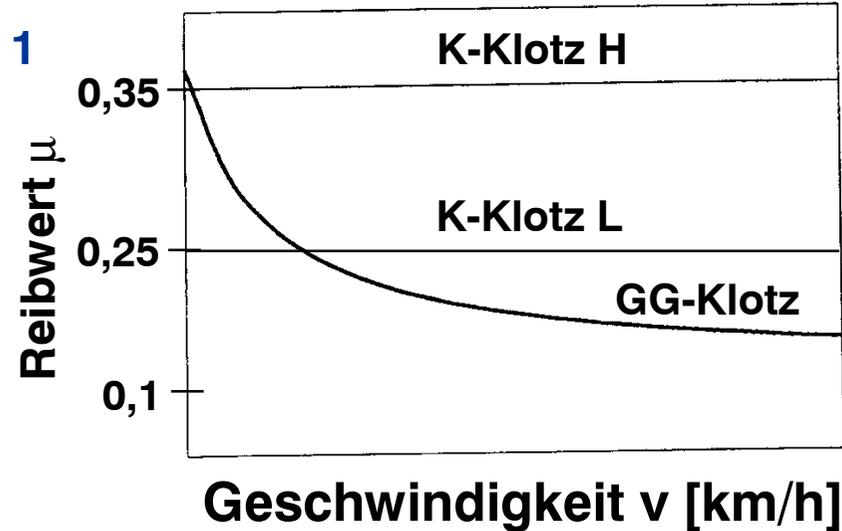


Radlaufflächen im Vergleich: Links die Beschädigungen durch GG-Klotzbremsen, Mitte das kunststoffklotz-gebremste Rad, rechts die scheiben-gebremste Lauffläche. Je weniger rau, desto weniger Lärmentwicklung. [DB / BahnTech 4/97 S. 4]

+ 3 dB



Reibwerte und Bremsleistung, Grauguss und Kunststoff

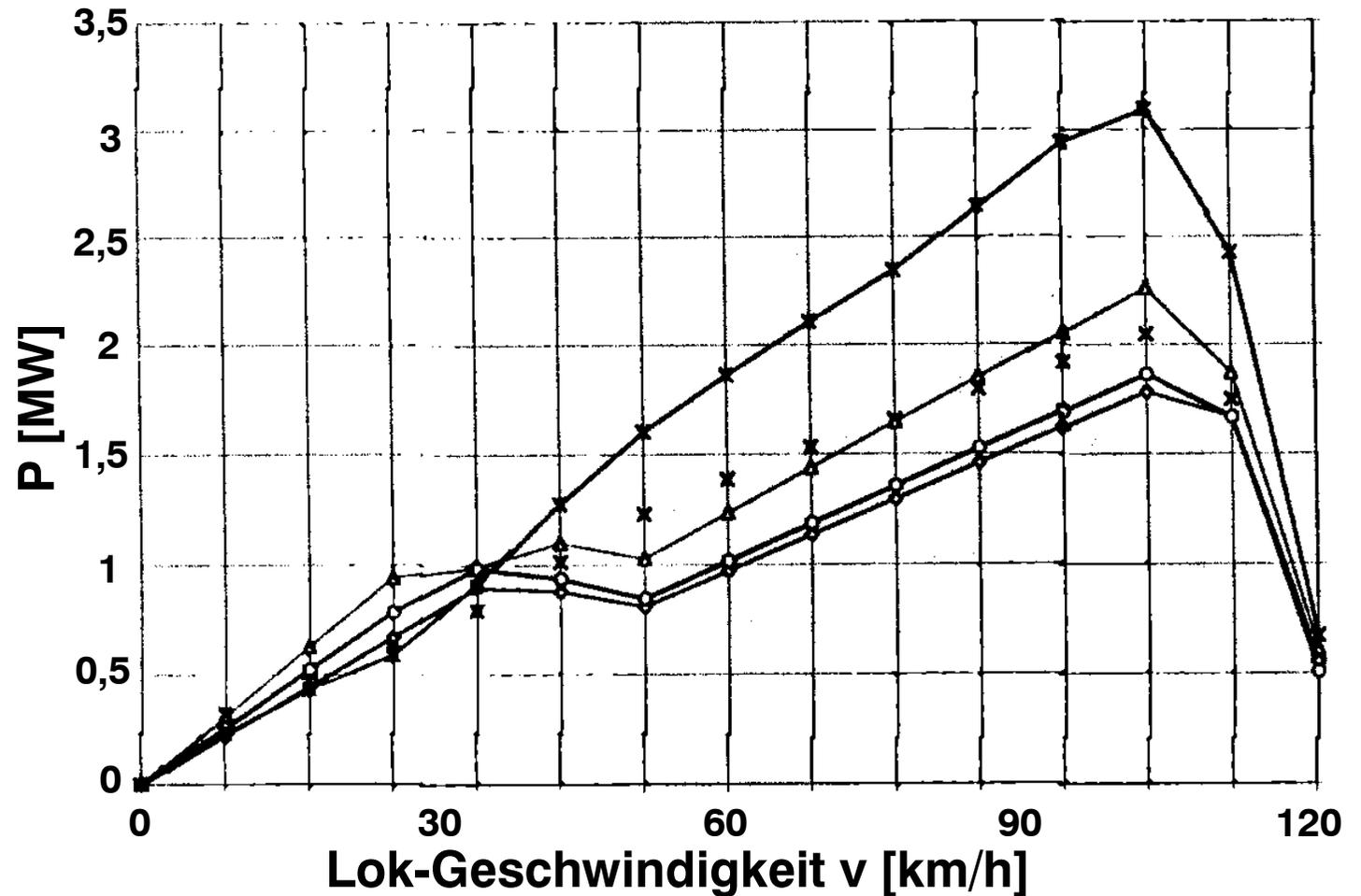


[Hecht, M.; European freight vehicle running gear: today's position and future demands; Journal of Rail and Rapid Transit, Vol 215, 2001, S. 1-11]

rechts: Anhaltebremsung aus 120 km/h Bremsleistung ganze Lok (m=79 t), SBB 450 (S-Bahn Zürich)

Massenfaktor
 $\rho \approx 1,2$
entspricht ~ 92 t
Wagenmasse

- x GG S-8
- △ Abex 319
- ◆ Cerametal C17
- Jurid PM 120
- * Jurid 739



b)

Low Noise Train 1996

(DB mit SBB + BUWAL + SLM-Versuchsslok)



- 23 dB (Scheibenbremse +
Radschallabsorber + Schürzen
+ niedrige Lärmschutzwand)

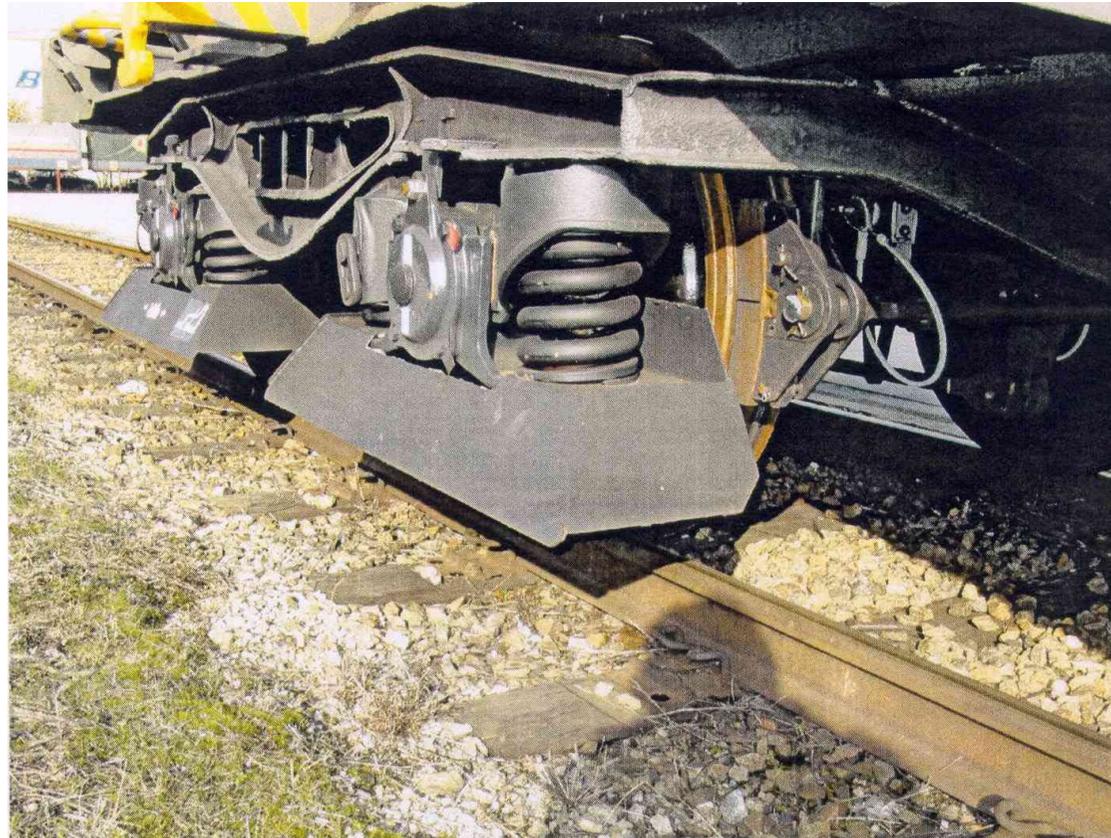
aber: betrieblich nicht akzeptiert

c)

Low Noise Train 2002

SBB + ÖBB + FS)

3 Demonstrationswagen, keine Prototypen!



- 12 dB (Kunststoffklötze + Schürzen + Entdröhnung
(76 dB?) + Vermeiden von Klappern)

— LNT Versuchsgleis

— Eurosabot
Versuchsgleis

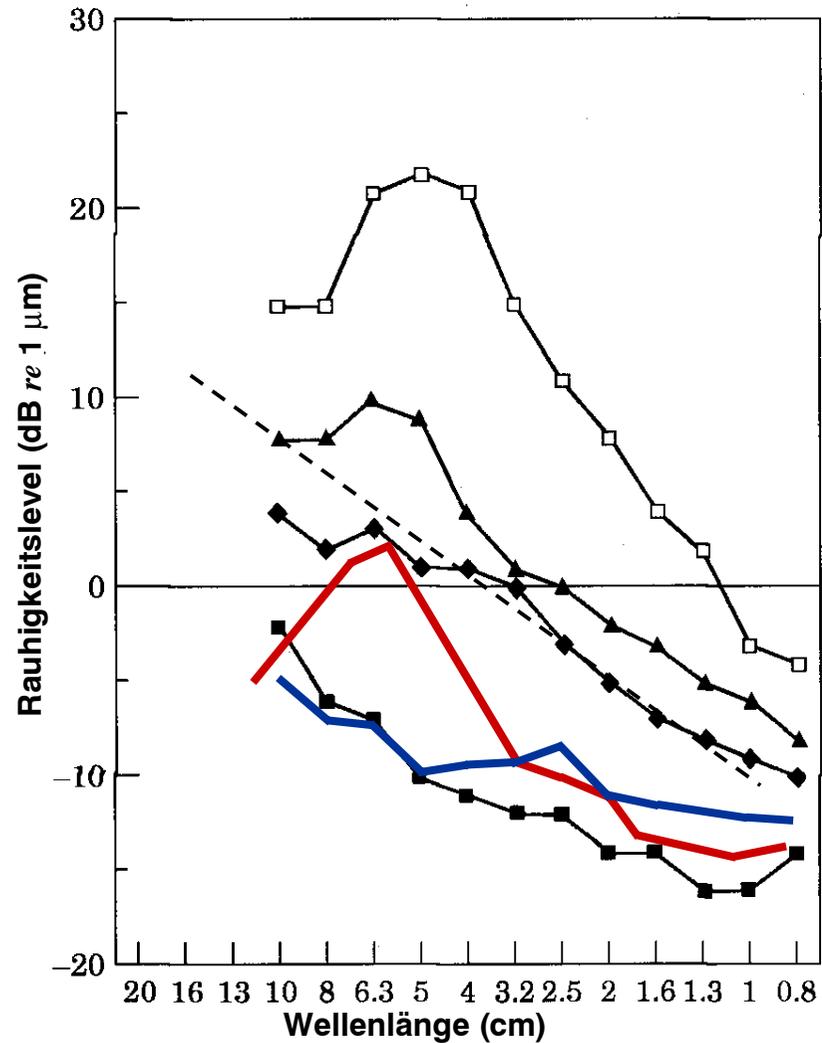
■ sehr glatte ◆ mittel

▲ rau □ verriffelt

- - Grenzkurve für
Lärmessgleise

nach

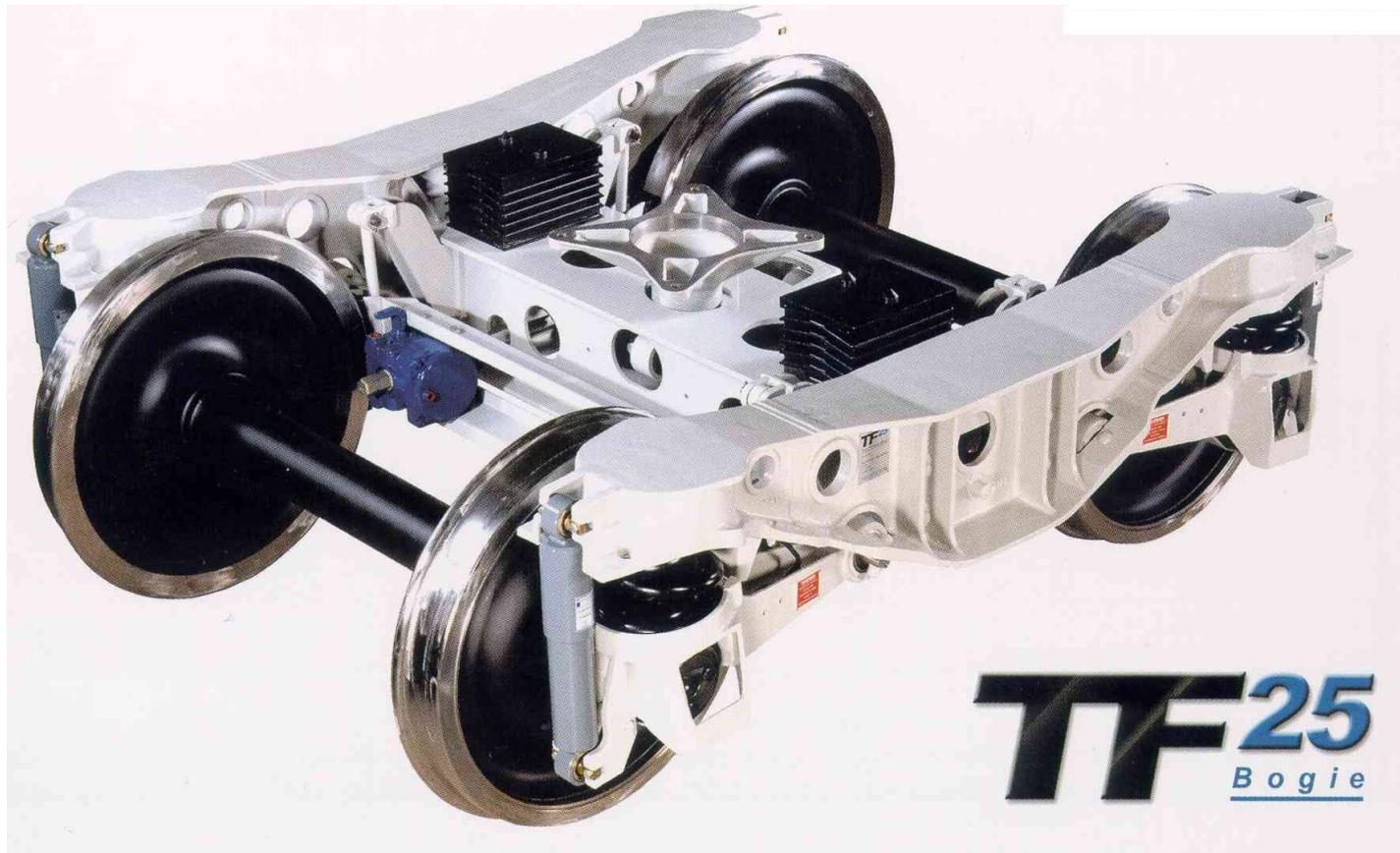
prEN ISO 3095:2001



Schienenrauigkeit

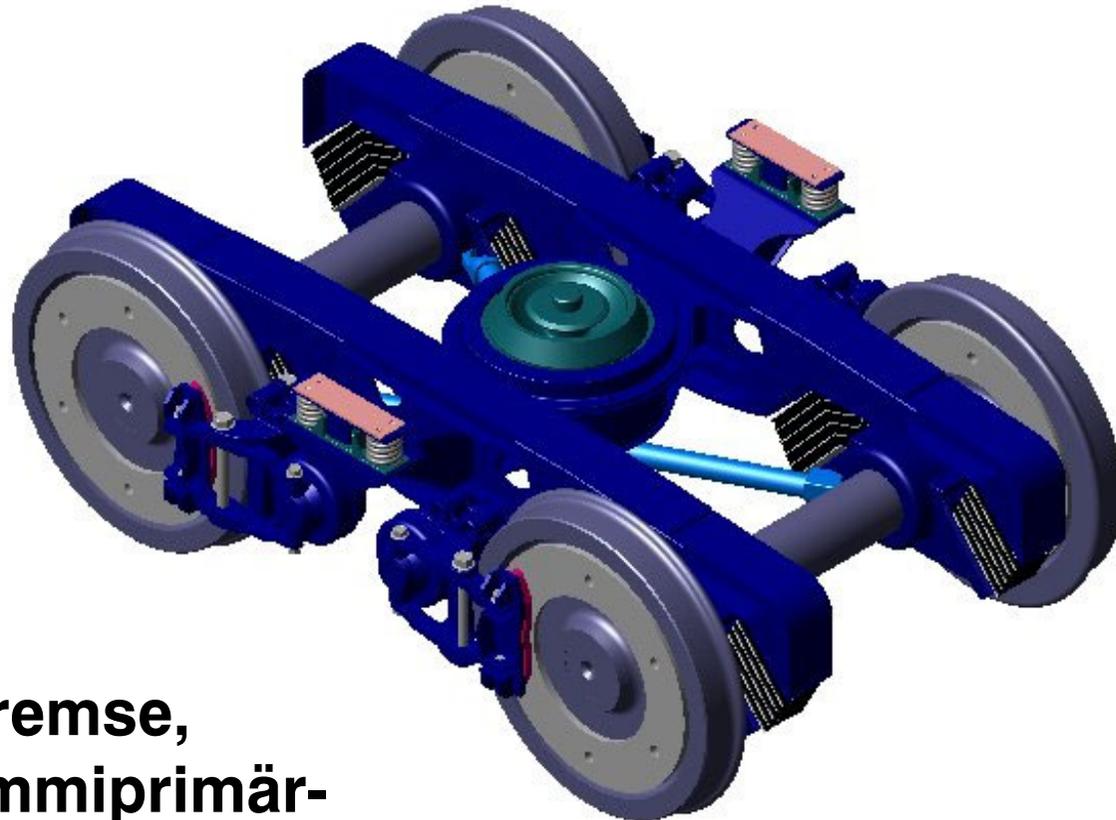
d) TF25 Power Duffryn

- 6 bis - 9 dB (Kunststoffklotzbremse)



e) LEILA (LEichtes und LärmArmes) Drehgestell

BMBF + BUWAL Forschungsvorhaben



- 18 dB

(Radscheibenbremse,
lärmarmes Rad, Gummiprimär-
feder, keine Reibungsdämpfung,
Akustikdesign)

f) LEMBO (Low Emission Bogie)

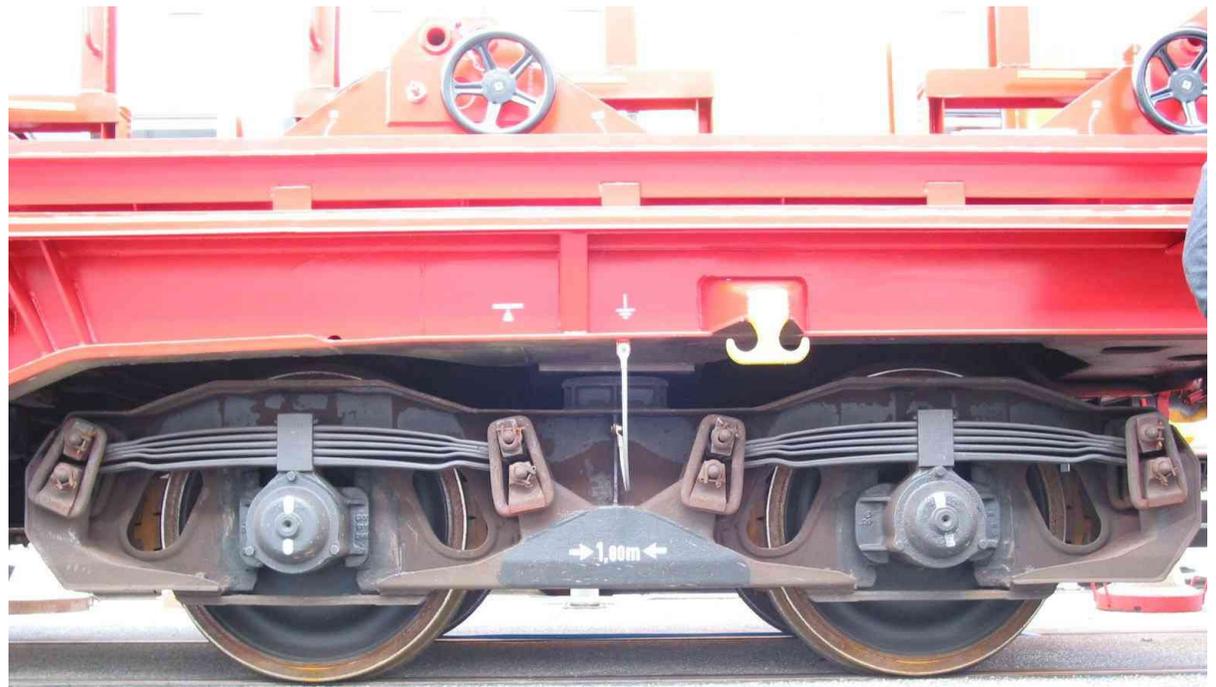
Alstom LHB

Weiterentwicklung Schakenfahrwerk

Ausgangstyp BA 652:

Lärminderung offen

Ziel war - 12 bis - 17 dB



g) Dolomiet-Shuttle NedTrain Consulting



Tapps-Wagons



**Geluidarm wiel GHH
Kunststoffklotzbremse**

Lärminderung - 10 bis - 12 dB

A: Grenzwerte

Gesetzlich verbindliche Grenzwerte sind bis vor kurzem in Europa nur in Österreich vorhanden: Schienenfahrzeug - Lärmzulässigkeitsverordnung SchLV vom 25. Juni 1993

Achtung: Standversuch mit Maximaldrehzahl Dieselmotor und Hilfsbetriebe, außer Lüfter, halbe Drehzahl!
 Fahrversuch bei 80 km/h in 7,5 m Querabstand, $v > 80$ km/h:
 $\Delta L = 30 \log (v / 80)$ addieren

§ 7. Zulässige Grenzwerte im Sinne dieser Verordnung:

Außenschalldruckpegel:

(1) Standversuch (2) Fahrversuch

Innenschalldruckpegel:

(3) Standversuch (4) Fahrversuch

Fahrzeuggattung		Grundsätzliche Versuche			
		(1)	(2)	(3)	(4)
Elektr. Lokomotiven		74	84	66	76
Elektr. Triebwagen		74	82	64	74
Lokomotiven mit VKM		80	86	66	76
Triebwagen mit VKM		76	84	64	74
Nebenfahrzeuge		78	86	68	78
Reisezugwagen	Kat. 1	71	80	54	63
	Kat. 2	71	80	57	66
	Kat. 3	74	83	60	74
	Kat. 4	74	83	60	73
Güterwagen	Kat. 1	—	81	—	—
	Kat. 2	—	83	—	—
	Kat. 3	—	85	—	—

CH: AB-EBV zu Art. 2, Blatt Nr. 2; Ergänzung betreffend Emissionsgrenzwerte für neue Schienenfahrzeuge

- 4 Für Fahrzeuge, die neu in der Schweiz zugelassen werden, wird eine Begrenzung der Lärmemissionen eingeführt. Diese Bestimmungen gelten bis zum Inkraft-Treten einer entsprechenden europäischen Regelung.
- 41 Die Emissionsgrenzwerte widerspiegeln den Stand der Technik. Sie gelten für alle Wagen des Reisezug-, Güter- und Dienstverkehrs sowie für Triebfahrzeuge.
- 42 Für den Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte sind die Bestimmungen der prEN ISO 3095.2 anzuwenden.
- 421 Der Nachweis der Lärmzulässigkeit ist erbracht, wenn der TEL-Wert (Transit Exposure Level) den Wert des Emissionsgrenzwerts nicht überschreitet.
- 422 Die durchgeführten Messungen sind zu protokollieren. Die Besonderheiten der Messungen, insbesondere betreffend Messeinrichtungen und Umgebungsbedingungen sind zu vermerken.
- 43 Die Messungen haben bei konstanter Geschwindigkeit ($\pm 5\%$) für 100 %, 75 % und 50 % der maximal vorgesehenen Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs zu erfolgen.

44 Die Emissionsgrenzwerte gelten für eine konstante Fahrgeschwindigkeit von 80 km/h, gemessen im Abstand von 7.5 m ab Gleisachse und einer Höhe von $1.2\text{ m} \pm 0.2\text{ m}$ über Schienenoberkante. Für Fahrgeschwindigkeiten $V > 80\text{ km/h}$ sind die Grenzwerte um den Wert $Z = 30 \times \log(V [\text{km/h}] / 80)$ anzupassen.

Lokomotiven	82 dB(A)
Triebwagen	80 dB(A)
Reisezugwagen	78 dB(A)
Güterwagen	84 dB(A)

441 Für Triebfahrzeuge (Lokomotiven, Triebwagen) gelten die Grenzwerte auch für alle Betriebssituationen mit Geschwindigkeiten zwischen 0 und 40 km/h.

442 Für Fahrzeuge, die nicht im Neuzustand in der Schweiz immatrikuliert werden, gelten die Sanierungswerte gemäss Verordnung über die Lärmsanierung der Eisenbahnen.

$$\text{TEL} \leftrightarrow L_{\text{AFmax}}$$

beide definiert in prEN 3095.2001

Praxis

lange Vierachser:	$\text{TEL} \approx L_{\text{AFmax}} - 2 \text{ dB}$
kurze Vierachser: + Zweiachser	$\text{TEL} \approx L_{\text{AFmax}} - 1 \text{ dB}$

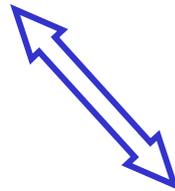
Grenzwerte ↔ Werte Typtests

TEL [dB (A)]

Betriebszustand		Grenzwert			Istwert				
		CH 2003 AB-EBV	A 1993 SchLV	EU 2004 TSI - CR	Re 460	Re 482	GG- Wagen	K- Wagen	
Loks	Fahrt	80 km/h	82	83	?	78	84		
	Anfahrt		82	-	?	77	79		
Güter- wagen	Fahrt	80 km/h	84	80-84	?			90-95	82-87

Problem:

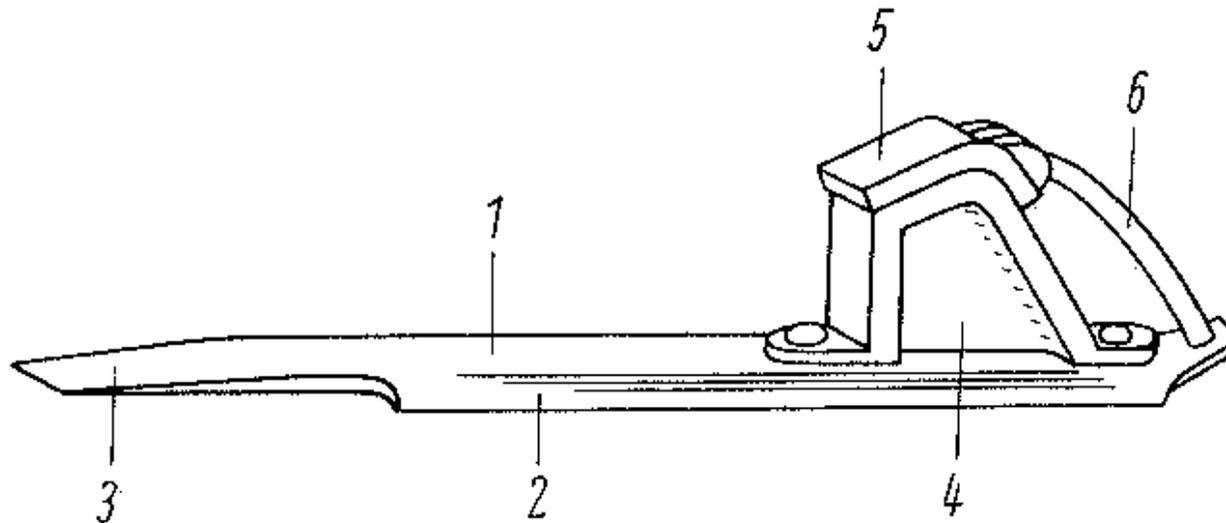
Typentestbedingungen



reale Bedingungen

→ **Flachstellen durch Bremsblockieren und Hemmschuhbremsung**

Maßnahmen gegen Achsblockieren bei Hemmschuhbremse: Reibwert Kappe 0,4 → 0,1 mit Nylatron-Belag



Hemmschuh
1 Sohle, 2 Führungs-
leiste, 3 Spitze, 4 Bock,
5 Kappe, 6 Griff

Maßnahmenpaket

Grenzwerte

CH, A, EU (TSI - CR)

Anreizsysteme

- **CH: 1 Rp / Achskm für nicht GG gebremste Fahrzeuge**
- **Lärmabhängige Trassenpreise**

Inhalte und Ziele "Leiser Verkehr"



Technische und operationelle Lärminderung Lärmschäden Ordnungspolitik

Verfahren und Methoden

- Schallquellenlokalisierung
- Akustische Simulationsverfahren
- Start- und Landeverfahren

Lärmwirkung

- Psychosoziale Lärmwirkungen
- Sprachverständlichkeit, kognitive Leistungen
- Schlaf, Leistung und Befinden



Straßenverkehrslärm

- Reifen-Fahrbahn-Geräusche, Fahrbahnübergänge



Schieneverkehrslärm

- Rad-Schiene-Geräusche
- Antriebsgeräusche (Lüfter, Bremsen)



Fluglärm

- Antriebsgeräusche
 - Strömungsgeräusche
 - aktive / passive Lärminderung
- (DLR Projekt Leiser FLugverkehr)

www.fv-leiserverkehr.de



Technische Universität Berlin
FG Schienenfahrzeuge