



Evaluierung von Forschung und Entwicklung

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

www.schiene-fzg.tu-berlin.de
markus.hecht@tu-berlin.de



Warnung Weltklimarat 17.11.11 in Valencia:

**Erdtemperatur wird bis 2099 um 6 C steigen,
falls keine deutlichen Gegenmaßnahmen
gegen Treibhausgasemission ergriffen
werden**



Schieneverkehr könnte unmittelbar Beitrag leisten:

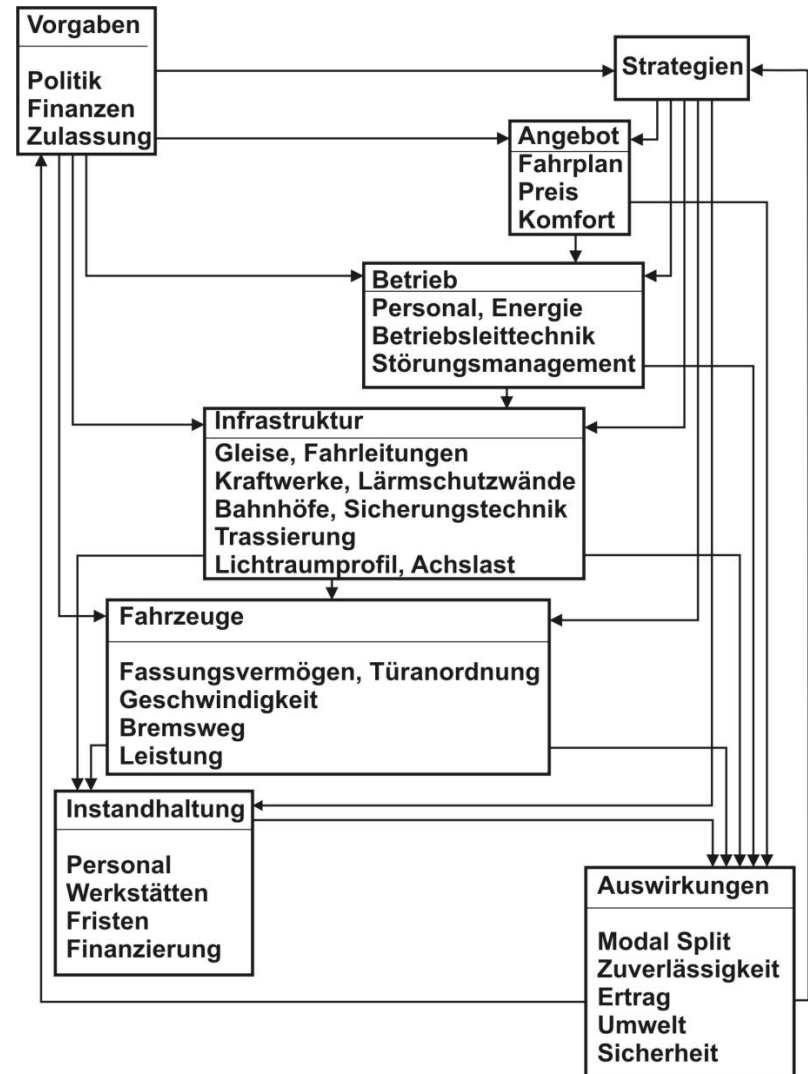
**Gleichzeitig signifikantes Marktanteilswachstum
(= Modal Split vergrößern)**

+

Treibhausgasausstoß erheblich vermindern



Schienerverkehr – ein System mit starker Vernetzung



[Dubbel, Taschenbuch des Maschinenbaus ,23. Auflage,
 Bild 1, Seite Q 35, Springer-Verlag, 2011]



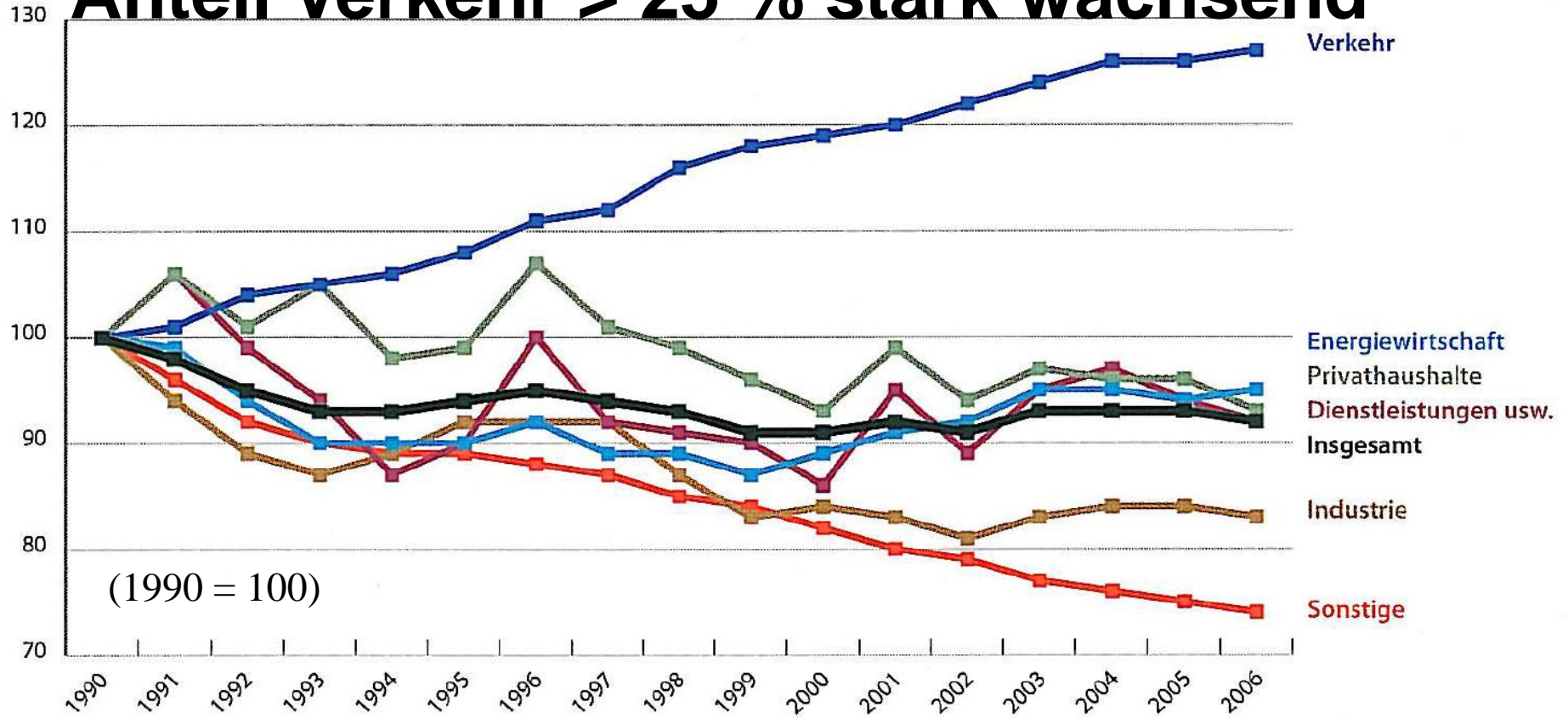
Schienerverkehr

- Vorteile:
 - geringer Energieverbrauch
 - Zeroemission schon heute möglich
 - geringer Landverbrauch im Transport
- Nachteile:
 - sehr große Lärmemission (+ 25 dB)
 - sehr starre Strukturen
 - schwierige Kommunikation



CO₂ – Emission

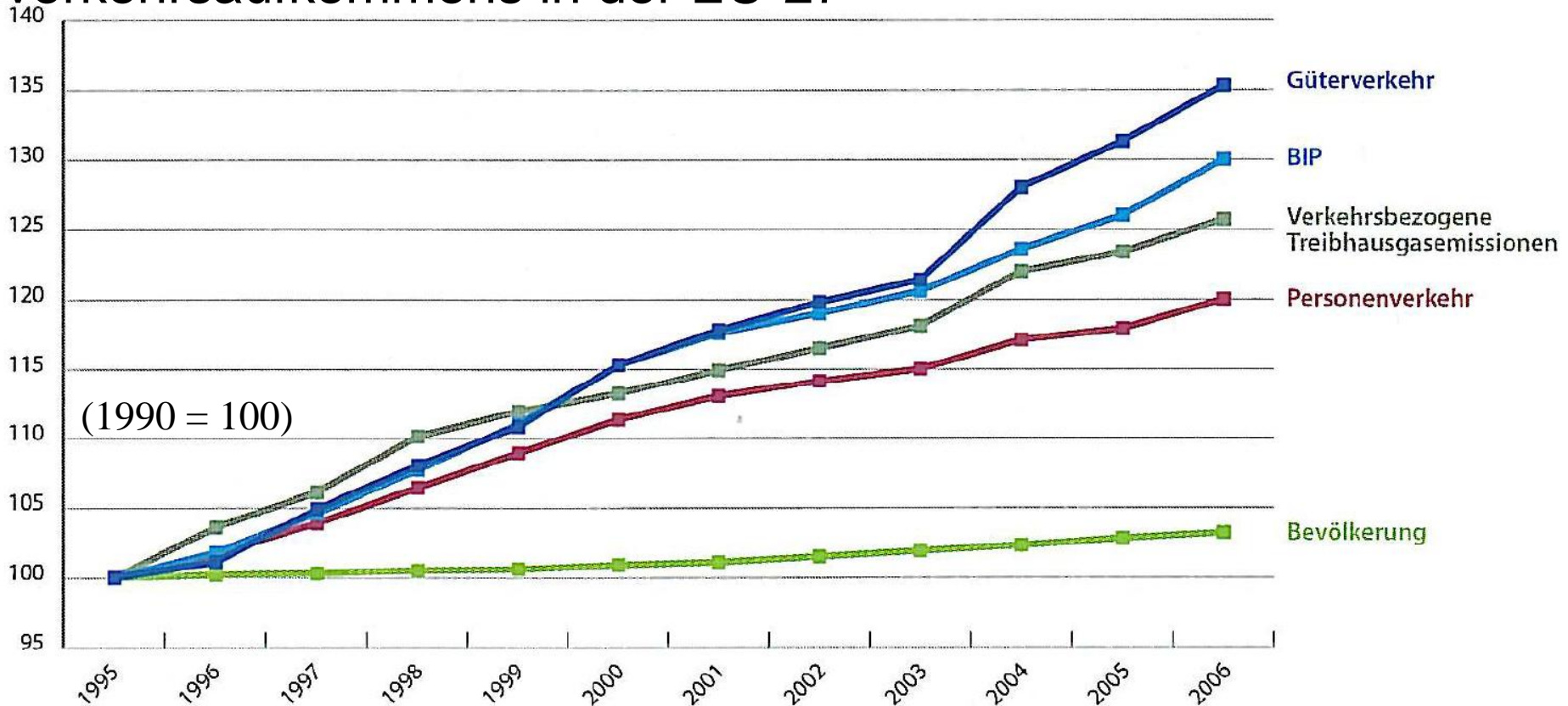
Anteil Verkehr > 25 % stark wachsend



Quelle: EU energy and transport in figures, Statisches Handbuch 2009



Entwicklung des BIP, der Bevölkerung, verkehrsbezogener Treibhausgasemissionen sowie des Güter- u. Personenverkehrsaufkommens in der EU-27



Quelle: EU energy and transport in figures, Statistisches Handbuch 2009

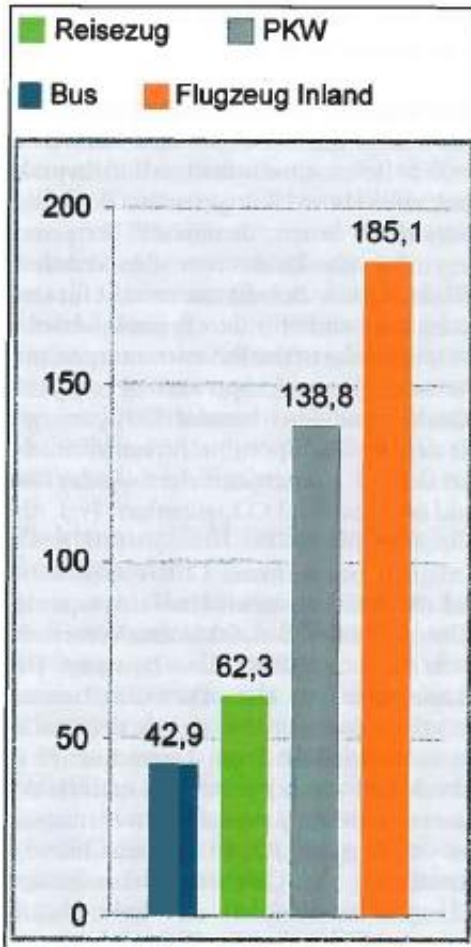


Abb. 3: Spezifischer CO₂-Ausstoß im Personenverkehr (Deutschland 2009 in g/Pkm)

Anmerkung: Gesamtemissionen inkl. energetischer Vorkette (WTW); Quelle: IFEU 2011

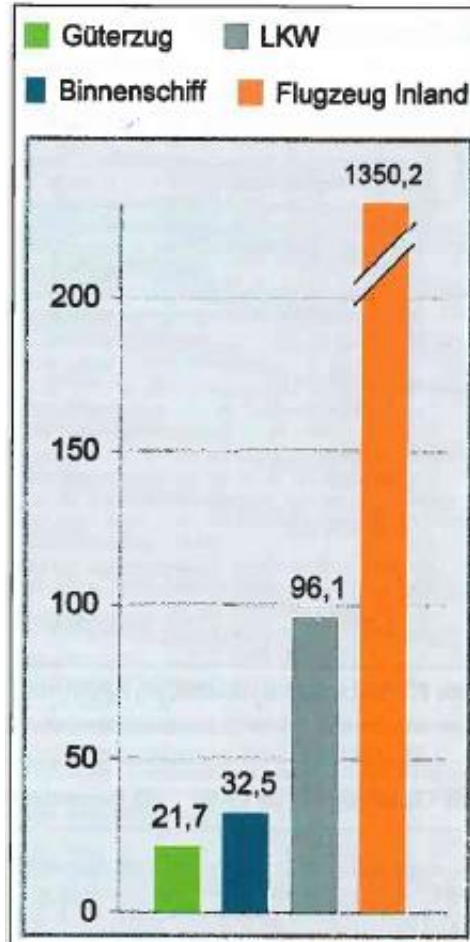


Abb. 4: Spezifischer CO₂-Ausstoß im Güterverkehr (Deutschland 2009 in g/tkm)

Anmerkung: Gesamtemissionen inkl. energetischer Vorkette (WTW); Quelle: IFEU 2011

CO₂ Ausstoß der Verkehrsträger in Deutschland, links Personenverkehr rechts Güterverkehr

Quelle Geißler, A.:
 Wie grün ist die Schiene?
 EI-Eisenbahningenieur
 10/2011, Seite 64-67



Treibhausgasminderung

**Kurzfristig (in ca 5 bis 10 Jahren) in D
auf der Schiene theoretisch erreichbar:**

Ziele

Güterverkehr - 80 % 5 g/tkm

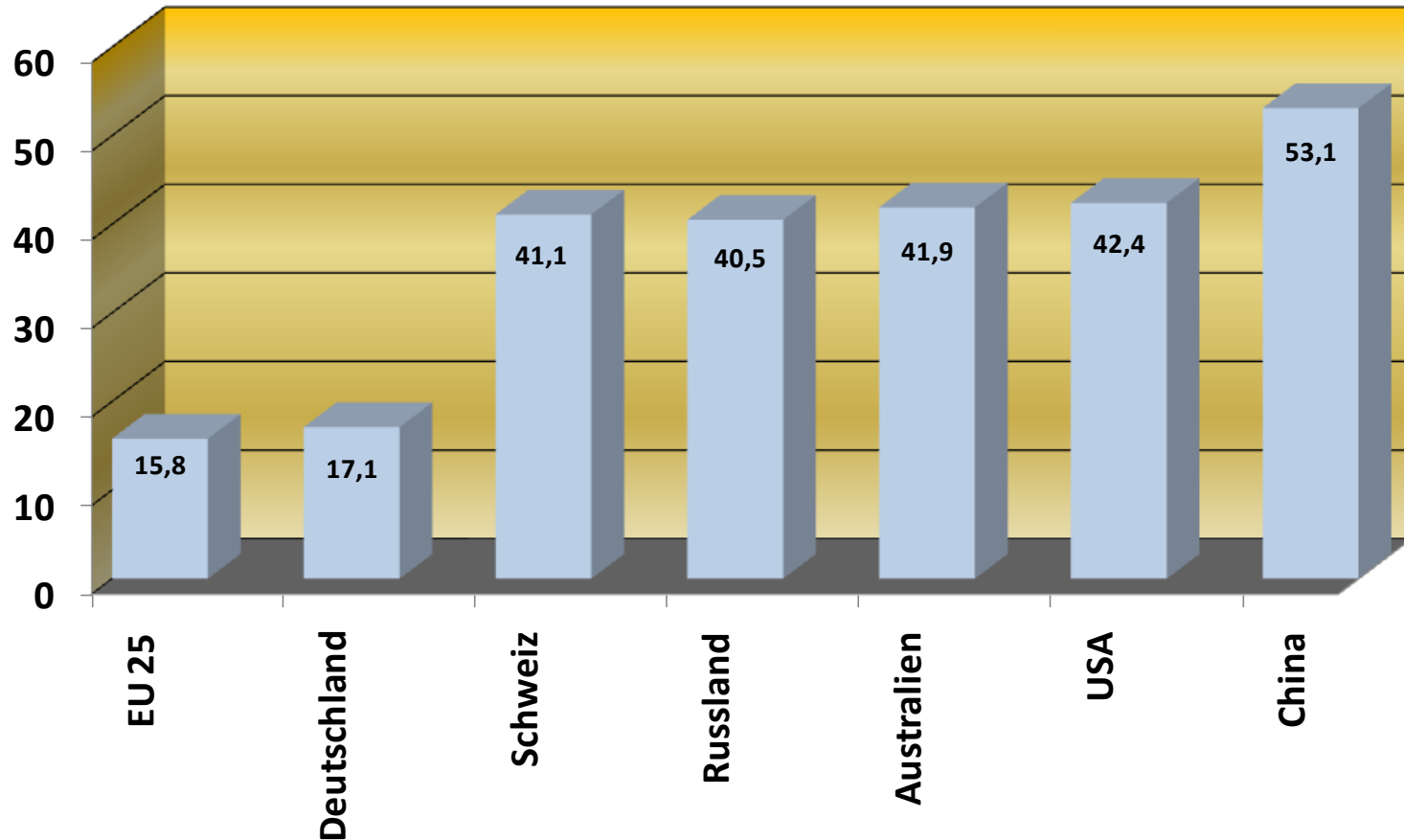
Personenverkehr - 90 % 5 g/Pkm

Methoden:

**Nutzbremmung durch ETCS auf Altstecken,
weitere Elektrifizierung, allein grünen Strom nutzen**



Marktanteil Schienengüterverkehr 2008 [% tkm]





Mögliches (10 Jahre) Modal Split Wachstumsziel:

Verdreifachung im Personen- und Güterverkehr



Konsequenz für Lärm:

bei Verdreifachung Modal Split

Schiene

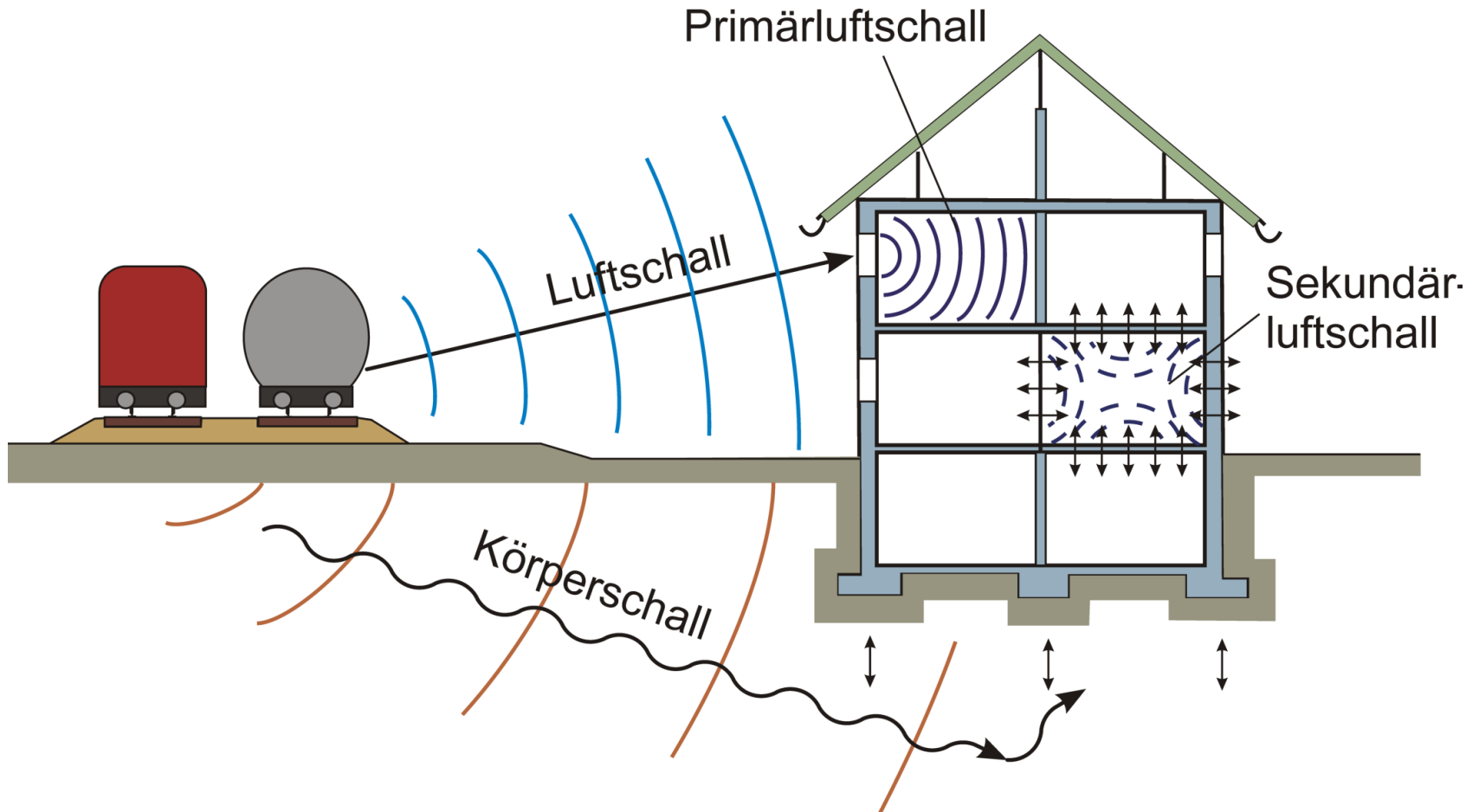
+ 5 dB



In Brennpunkten statt 25 dB neu 30 dB Grenzwertüberschreitung?



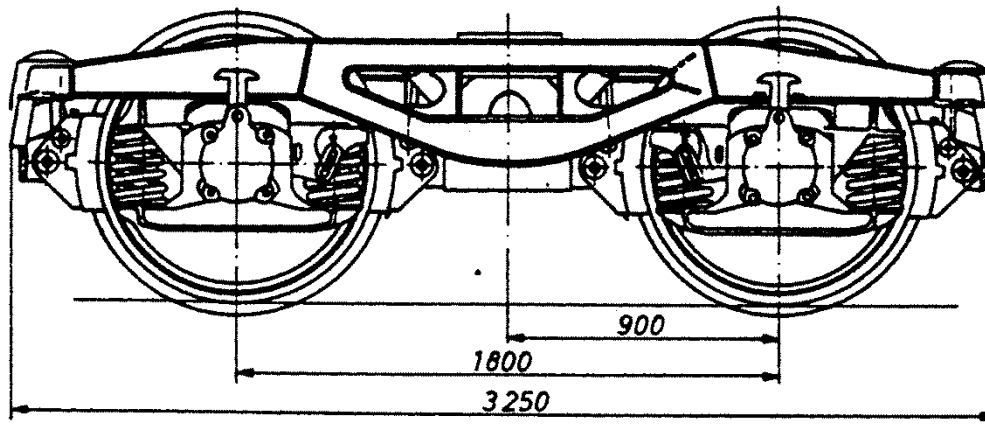
2 relevante Schallquellen





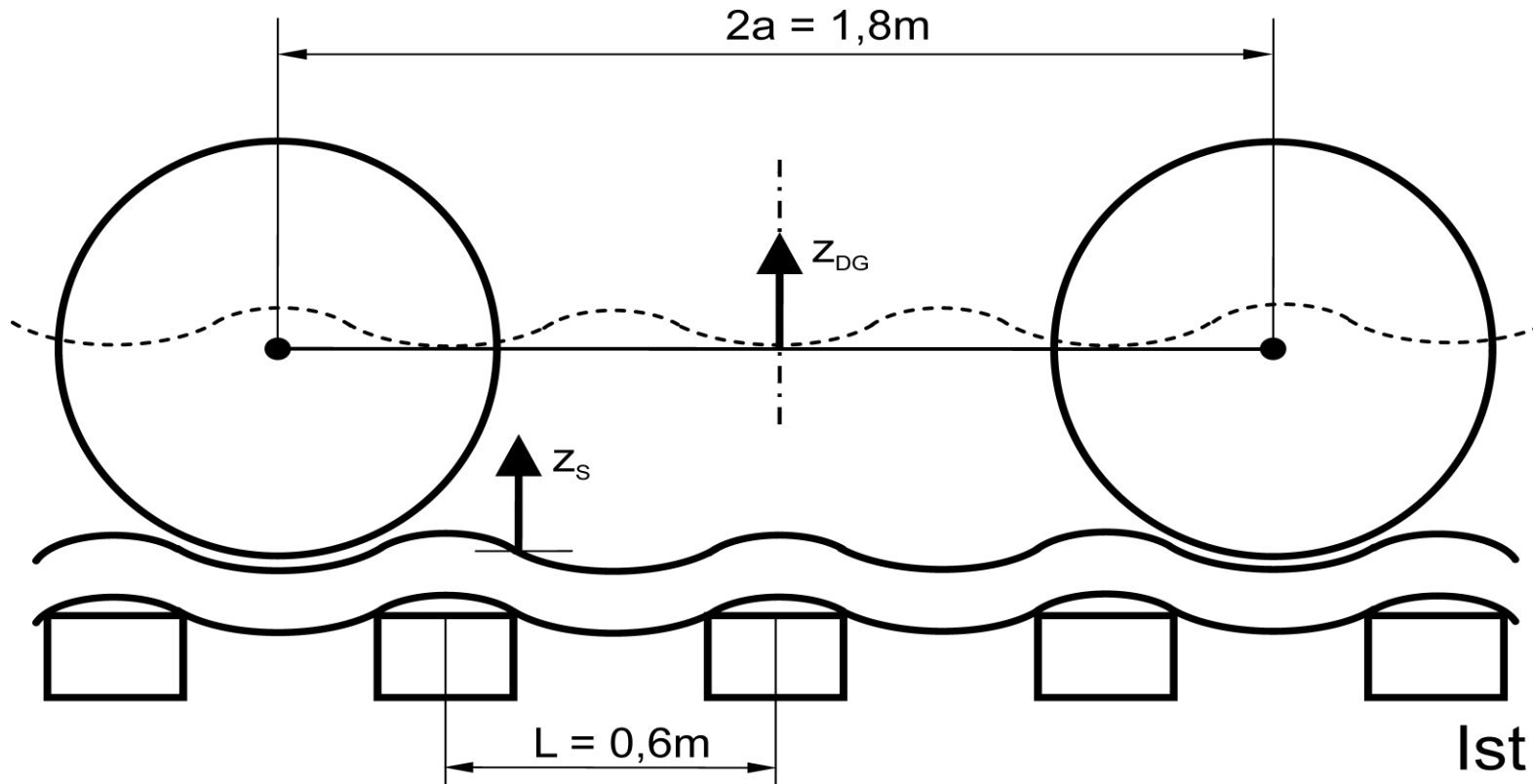
Starke Erschütterung bei Y 25,

1. da Reibungsdämpfung bei gutem Gleis Federung blockiert





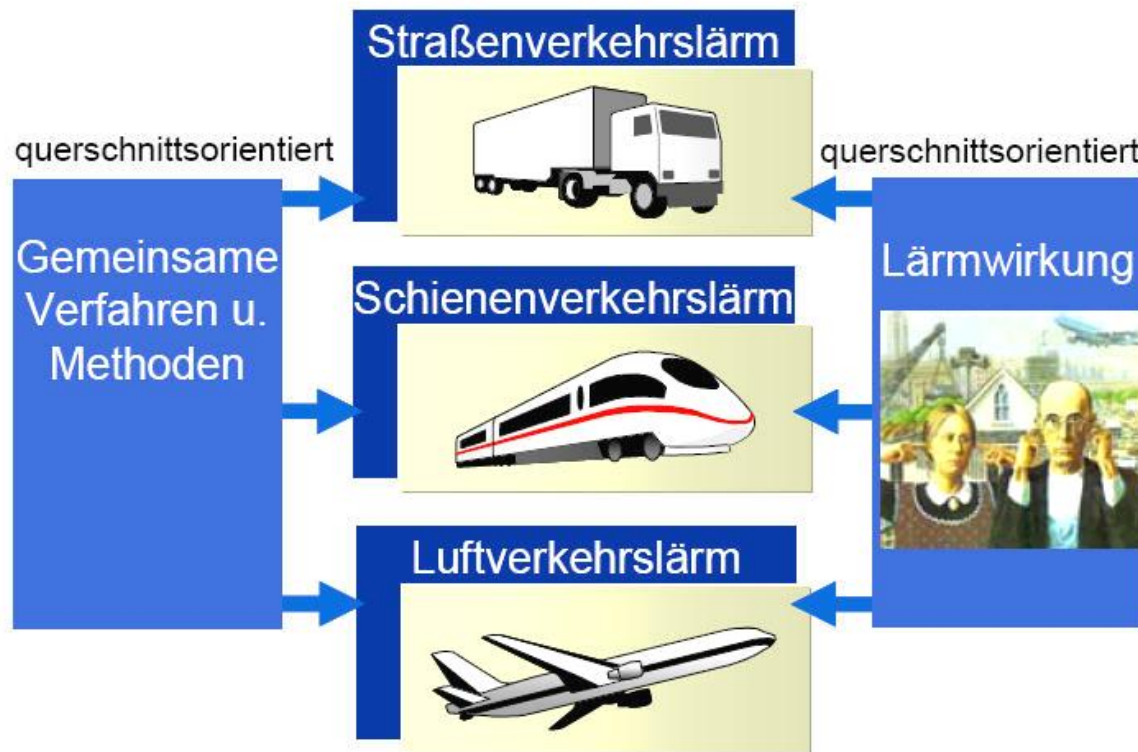
2. da Achsabstand 3* Schwellenabstand



[Handbuch System Bahn, Eurailpress 2008, Seite 442]



Bisher leiser Verkehr Struktur:

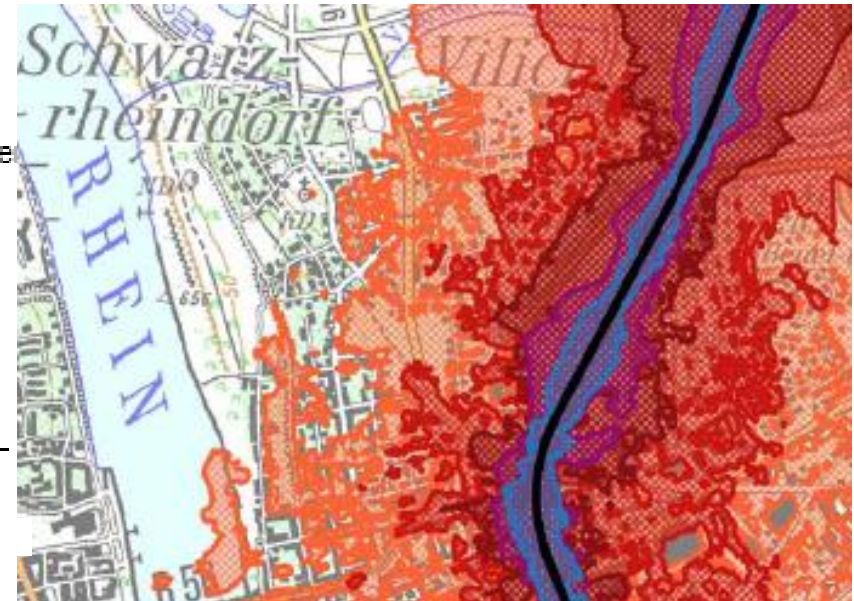
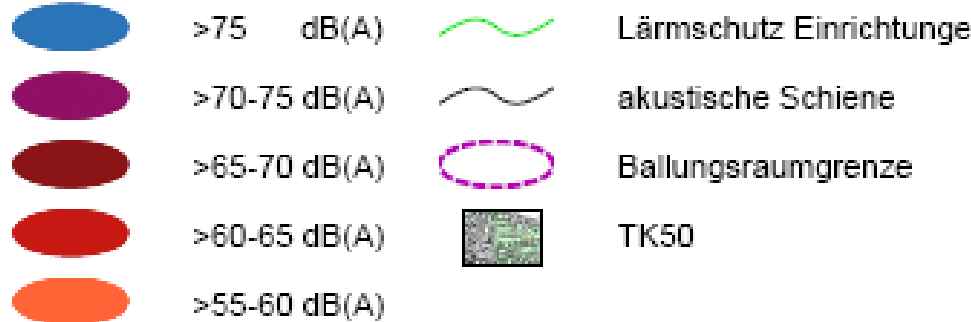




Neu Zieldefinition

durch EU- Umgebungslärmrichtlinie möglich:
<http://laermkartierung.eisenbahn-bundesamt.de>

Tag-Abend-Nacht-Lärmindex
 - L_{DEN}- in dB(A)



Datengrundlage: © Eisenbahn-Bundesamt 2009



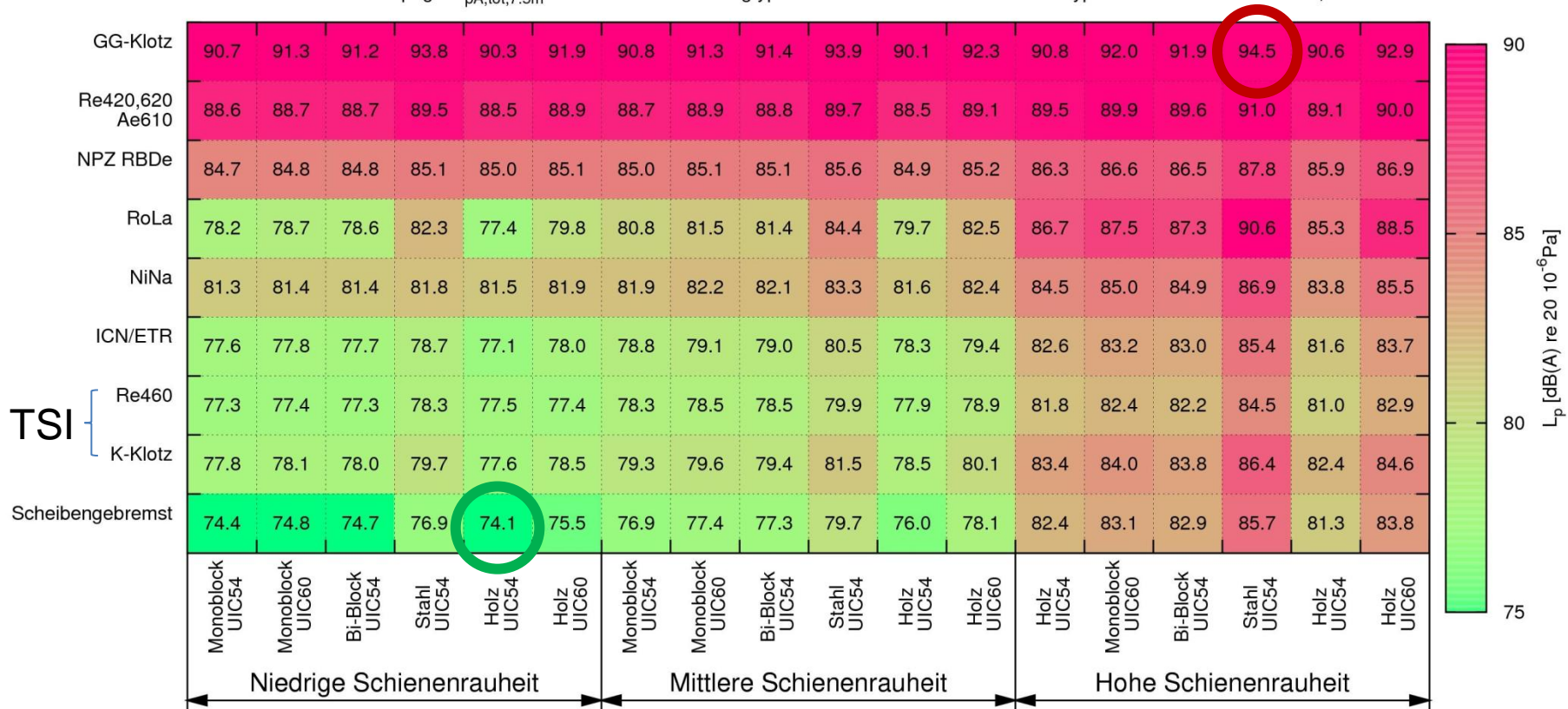
**Immission = f (Abstand +
Gelände, Anzahl Züge +
Zuglänge +
Geschwindigkeit, Emission)**

**Konsequenz: Lärminderung kann nur
durch Emissionsminderung erfolgen**



Rollgeräusch heute 20 dB Streuung

Berechnete Schalldruckpegel $L_{pA,tot,7.5m}$ aller sonRAIL Fahrzeugtypen auf unterschiedlichen Oberbautypen und Schienenrauheiten, $v=80$ km/h





Ziel muss ein:

- 1. Rollgeräusch am unteren Rand stabilisieren**
- 2. Rollgeräusch weiter reduzieren,
ca 5 dB heute und 10 dB zukünftig**



Beispiel Monitoring Lärminderungsmaßnahmen CH 2003-2010

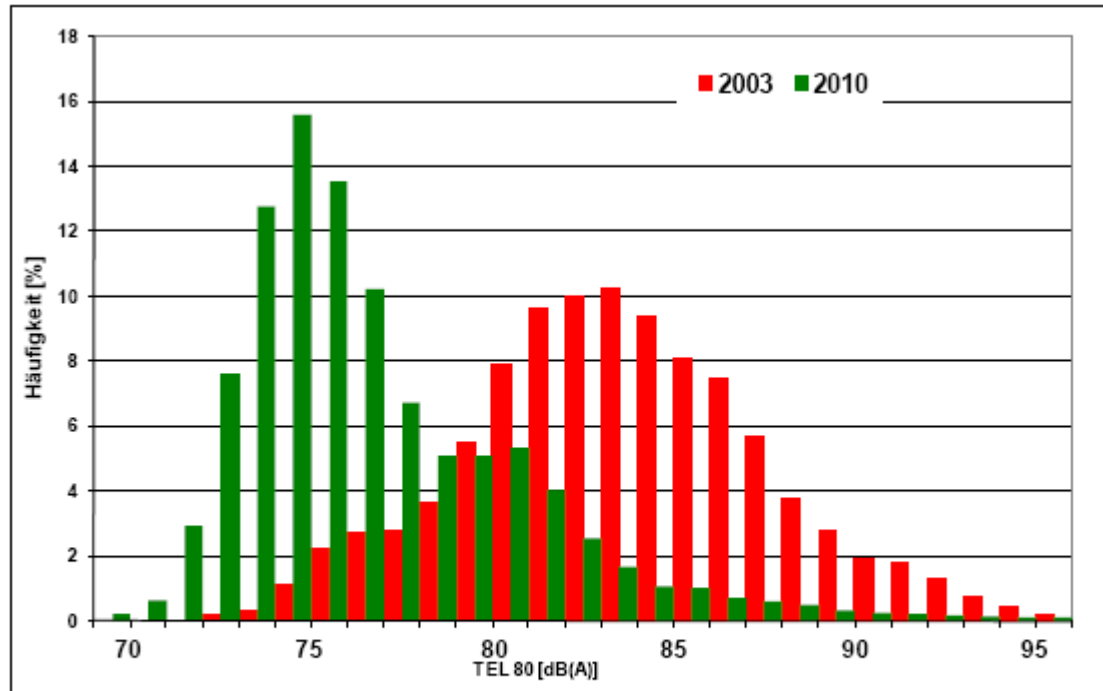


Abb. 11: Steinen (Gleis 115), Häufigkeitsverteilungen TEL 80 der Personenzüge in den Jahren 2003 und 2010

Quelle Jahresbericht Monitoring Eisenbahnlärm 2010, BAV , Bern



Betriebszustände und Lärmquellen

Hohe Geschwindigkeit
alle Fahrzeuge

Rollgeräusch (Rad,
Schiene, Schwelle)

Stillstand nur Trieb-
Fahrzeuge (Tfz)

Lüfter, Druckluftanlage,
Dieselleerlauf

Anfahrt nur Tfz

Antriebsanlage incl. Lüfter

Bogenfahrt alle Fahrzeuge

Kreischen (Rad,
Schiene)



Forschungsziele durch TSI Noise leiten lassen:

TSI – x dB

**TSI- Noise 2011 führt zu selben Ergebnissen wie
vor 20 Jahren Österreichisches
BGBl 414 /93
(Schienenfahrzeug-LärmzulässigkeitsVO)!!!!**



TSI-Noise April 2011, Stillstandslärmgrenzwerte

Limiting values $L_{pAeq,T}$ for the stationary noise of electric locomotives, diesel locomotives, OTMs, EMUs, DMUs and coaches

Vehicles	$L_{pAeq,T}$ in dB
Electric locomotives and OTMs with electric traction	75
Diesel locomotives and OTMs with diesel traction	75
EMUs	68
DMUs	73
Coaches	65

OTM = On Track Machine



TSI-Noise April 2011, Anfahrtlärmgrenzwerte

Limiting values L_{pAFmax} for the starting noise of electric locomotives, diesel locomotives, OTMs, EMUs and DMUs

Vehicle	L_{pAFmax} in dB
Electric locomotives $P < 4\,500$ kW at the rail wheel	82
Electric locomotives $P \geq 4\,500$ kW at the rail wheel and OTMs with electric traction	85
Diesel locomotives $P < 2\,000$ kW at the engine output shaft	86
Diesel locomotives $P \geq 2\,000$ kW at the engine output shaft and OTMs with diesel traction	89
EMUs	82
DMUs $P < 500$ kW/engine	83
DMUs $P \geq 500$ kW/engine	85



TSI-Noise April 2011, Vorbeifahrtlärmgrenzwerte

Limiting values $L_{pAeq,Tp}$ for the pass-by noise of electric and diesel locomotives, OTMs, EMUs, DMUs and coaches

Vehicle	$L_{pAeq,Tp}$ in dB
Electric locomotives and OTMs with electric traction	85
Diesel locomotives and OTMs with diesel traction	85
EMUs	81
DMUs	82
Coaches	80



Table 1

TSI Noise April 2011

 Limiting values $L_{pAeq,Tp}$ for the pass-by noise of freight wagons

Wagons	$L_{pAeq,Tp}$ in dB
New wagons with an average number of axles per unit length (apl) up to $0,15 \text{ m}^{-1}$ at 80 km/h	82
Renewed or upgraded wagons according Article 20 of Directive 2008/57/EC with an average number of axles per unit length (apl) up to $0,15 \text{ m}^{-1}$ at 80 km/h	84
New wagons with an average number of axles per unit length (apl) higher than $0,15 \text{ m}^{-1}$ up to $0,275 \text{ m}^{-1}$ at 80 km/h	83
Renewed or upgraded wagons according Article 20 of Directive 2008/57/EC with an average number of axles per unit length (apl) higher than $0,15 \text{ m}^{-1}$ up to $0,275 \text{ m}^{-1}$ at 80 km/h	85
New wagons with an average number of axles per unit length (apl) higher than $0,275 \text{ m}^{-1}$ at 80 km/h	85
Renewed or upgraded wagons according Article 20 of Directive 2008/57/EC with an average number of axles per unit length (apl) higher than $0,275 \text{ m}^{-1}$ at 80 km/h	87

Apl is the number of axles divided by the length over buffers.



Ziel Mischverkehrsstrecken leiser machen:



durch annähernd gleiches Lärmverhalten für alle Fahrzeuge

Grund:

höchste Effizienz, wenn alle Fahrzeuge gleiche
Lärmeigenschaften aufweisen, wegen logarithmischer
Pegeladdition

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



Schlussfolgerungen für die Zukunft

1. Lärminderung ist eine notwendige Voraussetzung für die Erhöhung der Klimarelevanz des Schienenverkehrs

2. Erhebliche Lärminderung ist nötig und physikalisch möglich, aber technisch wirtschaftlich noch nicht verfügbar