

# **Alternative Schutzmaßnahmen gegen Bahnlärm**

**Michael Jäcker-Cüppers**

**Umweltbundesamt**

**Dessau**

**[Michael.jaecker-cueppers@uba.de](mailto:Michael.jaecker-cueppers@uba.de)**

**Informationsveranstaltung**

**Bonn, 09.10.2007**

- **Einleitung**
- **Gesamtkonzept zur Minderung des Eisenbahnlärms**
- **Globales Verkehrsmanagement**
- **Lokales Verkehrsmanagement**
- **Minderung der Rollgeräuschemissionen: Rauheiten**
- **Minderung der Fahrzeugemissionen:**
  - **Radrauheiten**
  - **Radoptimierung**
  - **Radabsorber**
  - **Reduzierung der Quellenzahl**
  - **Drehgestellverkleidung**
  - **aerodynamische Emissionen**
  - **Antriebsgeräusche**

- **Minderung der Kurvengeräusche**
- **Minderung der Emissionen des Fahrwegs**
  - **Schiennenpflege**
  - **Verminderung der Schienenabstrahlung**
  - **Erhöhung der Fahrbahnabsorption**
  - **Gleisnahe Abschirmung**
- **Zusammenfassung**

- **Lärmvorsorge: Neubau und wesentliche (bauliche!) Änderung von Schienenwegen**
  - Eisenbahn- und ÖPNV-Strecken seit 1974 (BlmSchG)
  - Seit 1990 VLärmSchV (Grenzwerte, Schienenbonus)
- **Lärmsanierung an Eisenbahnstrecken des Bundes**
  - Keine Immissionsgrenzwerte
  - Lärmsanierungsprogramm des Bundes seit 1999
  - Ab Mitte 2008 Aktionspläne an Haupteisenbahnstrecken (>60 000 Züge/Jahr)
- **Lärmsanierung im ÖPNV**
  - Keine Immissionsgrenzwerte
  - Keine systematischen Lärmsanierungsprogramme; Reaktion auf Beschwerden
  - Ab Mitte 2008 Aktionspläne in Agglomerationen > 250 000 Einwohner
- **Heranrückende Wohnbebauung (Orientierungswerte der DIN 18005 beachten)**

- **Maßnahmen:** Aktionen zur Minderung der Lärmbelastung:
  - z. B. Bau einer Lärmschutzwand
  - z. B. Umrüstung der Güterwagen auf K-Sohlen
- **Instrumente:** Aktionen, die Maßnahmen auslösen:
  - z. B. Immissionsgrenzwerte
  - z. B. Förderprogramm
- **Strategien:** Integrierte Gesamtkonzepte auf allen Handlungsebenen
  - EU: Emissionsgrenzwerte
  - BReg D: z. B. Immissionsgrenzwerte, Rahmenbedingungen, Lärmsanierungsprogramm
  - Länder: z. B. Vollzug Aktionsplanung
  - Gemeinden: Bauleitplanung, ÖPNV (Beschaffung)
  - EVU: z. B. Beschaffung
  - EIU: z. B. Gleispflege

## Einleitung: Warum sind Maßnahmenkombinationen erforderlich?

### Bsp. Eisenbahnen:

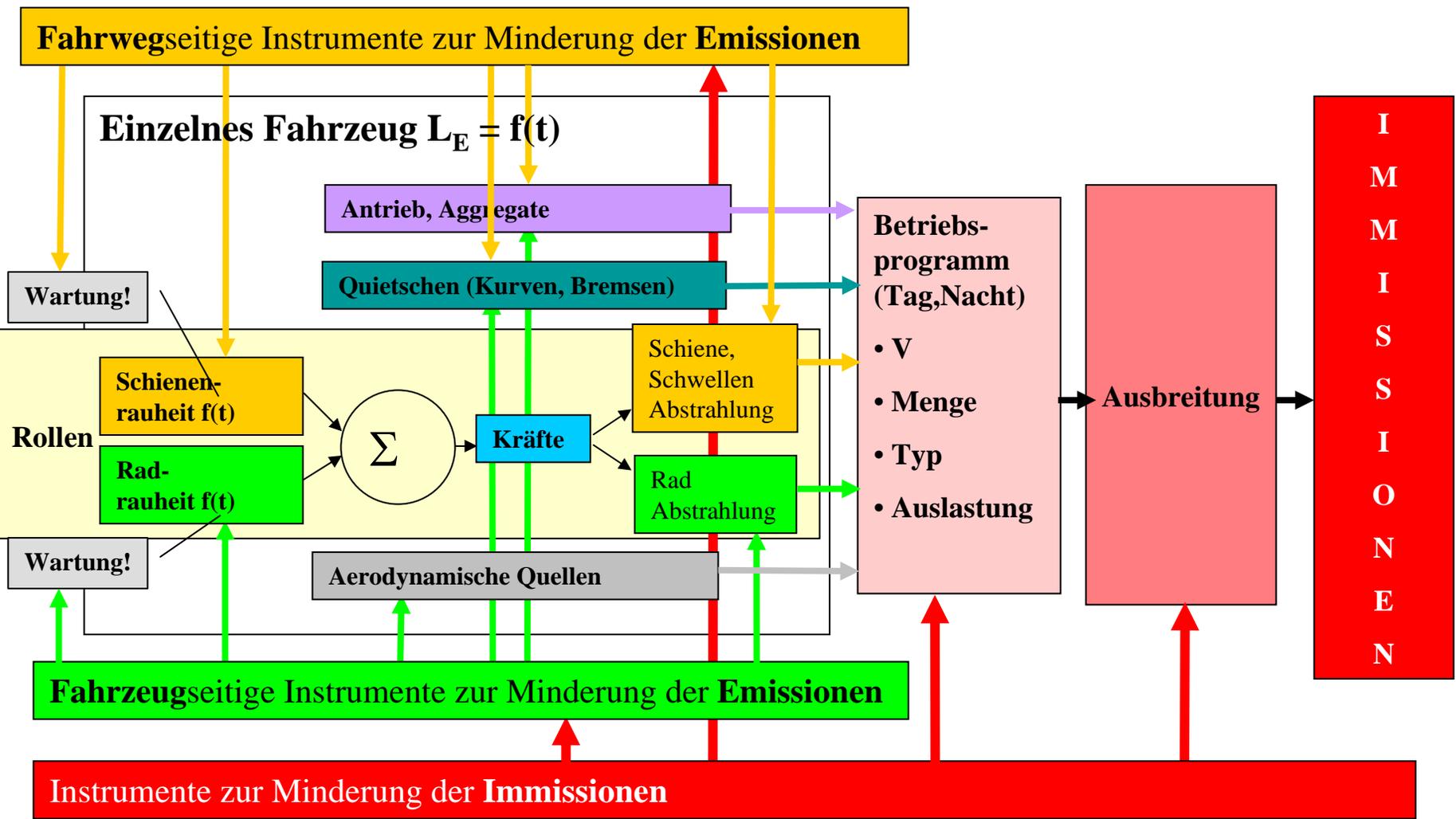
- **Belastungen** (Mittelungspegel außen in 25 m) lagen beim Start des Lärmsanierungsprogramms bei bis zu **80 dB(A)** in der Nacht (Güterverkehr)
- **Zielwerte** :
  - Lärmsanierungsprogramm **75/65** dB(A) tags/nachts (Mittelungspegel außen; mit Schienenbonus **70/60** dB(A))
  - UBA: Zielpegel zur Vermeidung gesundheitlicher Risiken: **65/55** dB(A) [Ableitung beim Straßenverkehrslärm]
  - WHO: Guidelines for Community Noise: **55/45** dB(A)
- Selbst für die kurzfristige Vermeidung gesundheitlicher Risiken **bis zu 25 dB(A)** Minderung erforderlich:
- Nur durch **Maßnahmenkombinationen** zu erreichen
- Manche Maßnahmen ohnehin **nur in Kombination** wirksam
  - Bsp. Minderung der Rad- und Schienenrauheiten
  - Schallschürzen und gleisnahe Abschirmungen

- Aktuelle Strategien orientiert am **Mittelungspegel** (VLärmSchV, Lärmsanierungsprogramm, Aktionsplanung)
  - Nächtliche Vorbeifahrtpegel (**Maximalpegel**) aber relevant für Störungen des Schlafs (Aufwecken, Beeinflussen der Schlaftiefe etc.)
  - Störende **Einzelereignisse**: Bremsen- und Kurvenquietschen, Signalhörner etc.
  - **Fluglärmgesetz** von 2007: enthält Maximalpegelkriterium
- Sollte mittelfristig auch bei den **anderen Verkehrsträgern** angewandt werden.

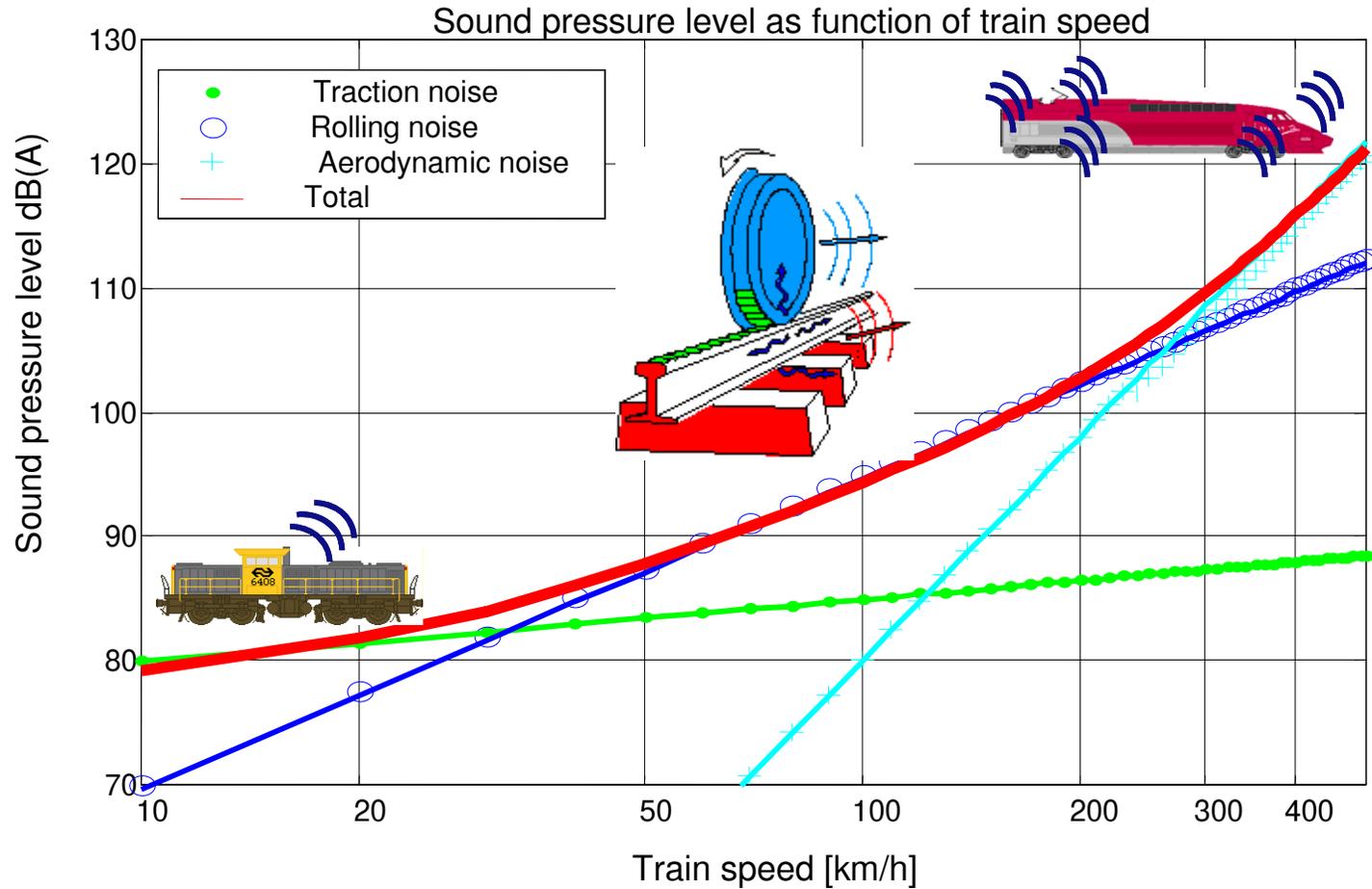
- Belastungen **rechnerisch** bestimmt (Schall03 [noch gültig Version 1990, Entwurf 2006 noch nicht verabschiedet], VBUSch [ULR]):
  - ➔ Nur die Minderungen bestimmbar, die in den **Rechenmodellen** auch abgebildet sind
- Bsp. **Maximalpegel**: nicht abgebildet
- Bsp. **Rad- und Schienenzustand**: Annahme einer durchschnittlich guten Wartung; real aber starke Abweichungen möglich
- Bsp. allgemeiner **Wartungszustand** der Fahrzeuge
- Minderungsangaben: Beachten, ob sie sich auf **Teilschallquellen** oder auf das **Gesamtsystem** beziehen! (hier in der Regel als Minderung der Gesamtemissionen angegeben)

- **Schienenverkehr: nachhaltiges** Transportmittel
  - **Beispiel CO<sub>2</sub>:**
    - **Personenverkehr in g/Pers-km: Pkw 144; Bahn(fern) 52; Flug 369 (UBA für 2005)**
    - **Güterverkehr: in g/t-km: Schiene 29; Straße 158; Wasser 31 (UBA 2003)**
  - **flächensparend**
  - **verkehrssicher**
  - **Vergleich der externen Kosten Güter D 2005: Schiene 9,5 €/1000 t-km, Straße 29,8 €/1000 t-km**
- **Ziel der BReg und der EU (Weißbuch Verkehrspolitik) Verkehr auf die Schienen zu verlagern (BReg. Verdopplung des Schienengüterverkehr von 1997 bis 2015)**
- **Lärmschutzaufgaben sollten die Verlagerungsziele nicht gefährden**
  - **verkehrsmittelübergreifendes Gesamtkonzept**
  - **harmonisierte anspruchsvolle Lärmschutzanforderungen**

# Gesamtkonzept zur Minderung des Eisenbahnlärms 1



# Einfluss der Geschwindigkeit auf die Emissionen



- **Maßnahmen der Verkehrspolitik und des globalen Verkehrsmanagements:**
  - **Vermeidung** unnötigen Verkehrs (zum Beispiel durch Abbau von Exportsubventionen in der EU)
    - Internalisierung externer Kosten
  - **Steigerung der Transporteffizienz** (zum Beispiel durch höhere Auslastung der Züge, durch Öffnung der Märkte und durch technische Harmonisierung des Eisenbahnbetriebs),
  - **Steuerung der Verkehrsflüsse** nach dem Kriterium, die Summe der Lärmbelastungen zu minimieren; besonderer Schutz der Nachtruhe und des Abends (ULR!) wegen höherer Sensibilität erforderlich
    - emissionsabhängige Trassenpreise
  - Schaffung **neuer Infrastruktur** zur Entlastung hoch belasteter Gebiete

- **Maßnahmen des lokalen Verkehrsmanagements:**
  - Zugangsverbote oder **Beschränkungen** für laute Fahrzeuge,
  - Reduzierung der **Geschwindigkeit**,
  - **Instrument: Emissionskontingentierung oder „Emission Ceiling“ (Einfrieren der streckenbezogenen Emissionen)**
- **Maßnahmen zur Minderung der Fahrzeugemissionen:**
  - **Beschaffung** leiser Neufahrzeuge
  - **Nachrüstung** der lauten Fahrzeuge des Bestands (wie Umrüstung der Güterwagen mit Grauguss-Klotzbremsen)
  - **Wartung**
- **Maßnahmen an den Fahrwegen:**
  - Leiser **Gleisaufbau**
  - Erzeugung und Bewahrung **glatter Schienenlaufflächen**
  - Erhöhung der **Absorption** (Schienenabsorber, Rasengleis)

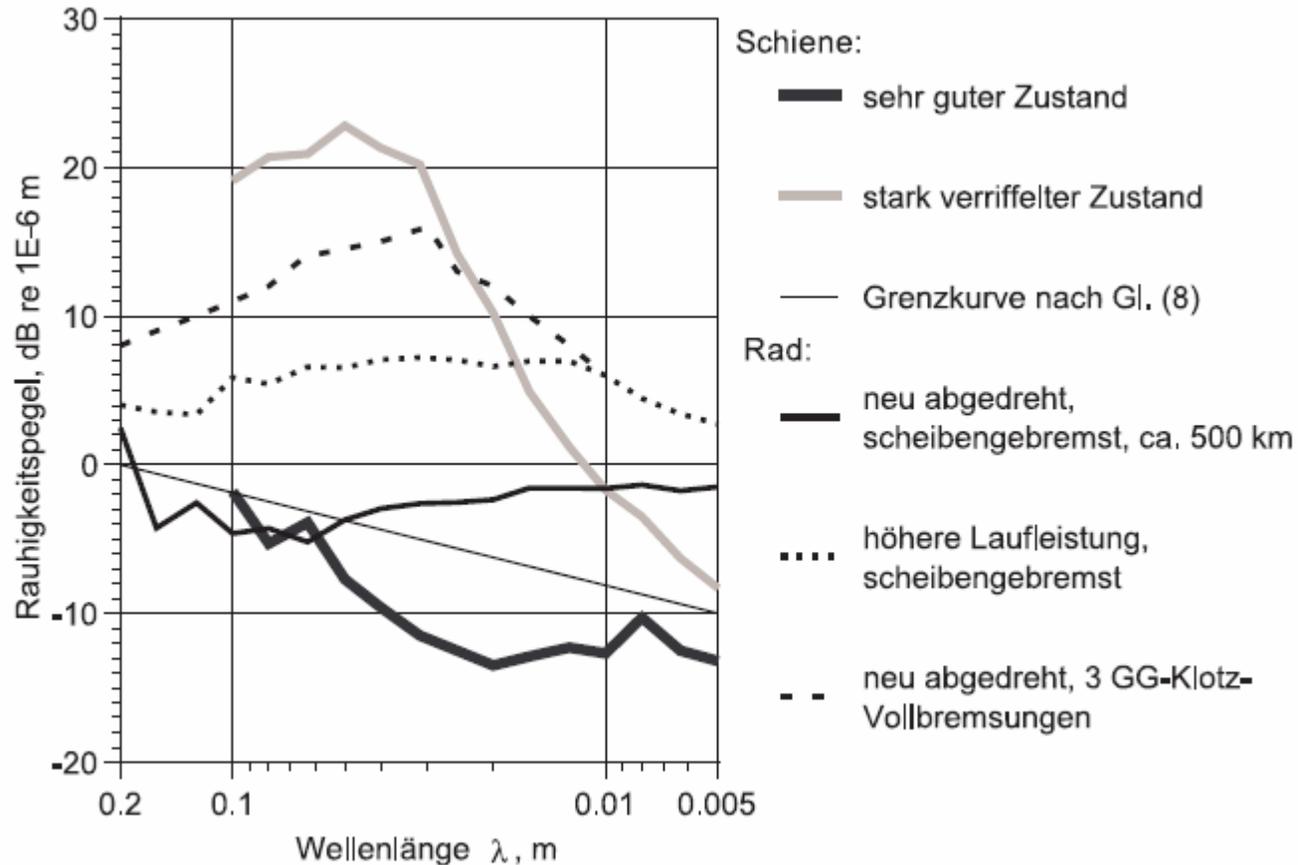
- **Sekundäre Lärmschutzmaßnahmen:**
  - **Aktive Maßnahmen** (Tunnel, Wände, Wälle, Abstandsvergrößerung)  
(gilt auch für den Fall "**heranrückende Wohnbebauung**")
  - **baulicher Schallschutz**
  - **Lärmschutz durch Gebäude- und Wohnraumorientierung**

- **Optimal: Lärmschutzgesetz** mit anspruchsvollen Grenzwerten für alle Konfliktfälle (Stufenplan; Grenzwerte für heranrückende Wohnbebauung)
- Dabei Berücksichtigen **mehrerer Quellen**
- **in D nur isolierte Vorschriften für neue Infrastrukturen** [„Lärmvorsorge“]
- **Fahrzeuge: Emissionsgrenzwerte:**
  - **In der EU für Neufahrzeuge (seit 2002 bzw. 2006 TSI) der Eisenbahnen**
- **Emissionsabhängige Trassenpreise** für alle Wagenkategorien
- **Fahrwege: Verpflichtung** zur Gleispflege über Berechnungsvorschriften oder LUFV
- **Gesamtsystem: Emissionskontingentierung**

- **Bsp: Emissionsabhängige Trassenpreise:**
  - **Emissionen: Lärm, Abgase**
  - **Trassenpreisdifferenz sollte abhängig von**
    - **Tageszeit (Nacht- und Abendschutz)**
    - **Emissionsklassen der Fahrzeuge**
    - **Belastung der Strecken**
  - **Anreiz für alle Betreiber (auch: ausländische Wagen!), zu sensiblen Zeiten auf den lautesten Strecken die leisesten Fahrzeuge einzusetzen (Anstoß zur Innovation)**

- **Betriebsbeschränkungen:**
  - europarechtlich und verkehrspolitisch problematisch
- **Geschwindigkeitsbeschränkungen:**
  - **Effekte:** siehe auch Folie 11;  
z. B. Halbierung der Geschwindigkeit bei dominierendem Rollgeräusch (Schall03 alt):
    - Mittelungspegel – 6 dB(A)
    - Maximalpegel – 9 dB(A)
  - führen zur Minderung der **Streckenkapazitäten** (Gefährden des „Nachtsprung“ etc.)
  - sollten auf **Sonderfälle** begrenzt bleiben

# Minderung der Rollgeräuschemissionen: Rauheiten



- **Bremssystem entscheidend:**
  - am besten: Scheibenbremsen, Trommelbremsen
  - danach: Kunststoffklötze (K-Sohlen, LL-Sohlen)
  - am schlechtesten: Graugussklötze (GG)
  - Aber: voller Effekt nur bei sehr glatten Schienen (Umrüstung auf K-Sohlen: **statt 10 dB(A) nur 6 dB(A)** bei durchschnittlich glatter Schiene)
- **Wartung wichtig:**
  - Beseitigung von **Raddefekten** wie Flachstellen, Polygonalisierung
  - Beseitigen der **Rauheiten**:
    - Rauheitspegeldifferenzen selbst bei Scheibenbremsen bis zu 10 dB
    - **Systematische** Pflege erforderlich (D: ICE; Berlin: BVG)
    - Bsp. S-Bahn **Kopenhagen**: Überwachung der Räder senkt Wartungs- und Lebenszykluskosten sowie Geräuschemissionen (siehe Abbildungen nächste Folie)
    - Bsp. **Niederlande, Schweiz**: Dauermessstationen im Netz

# Minderung der Fahrzeugemissionen: Radrauhheiten: Bsp. Kopenhagen

---



## Radflächenüberwachung mittels Beschleunigungsmessung bei der Kopenhagener S-Bahn

(Länge der Messstrecke: 4 Radumfänge)



## Beschleunigungsaufnehmer

## Radgestaltung:

- **Kleine Räder leiser**
- **Gerader Radsteg leiser**
- **Abstimmung von Masse und Steifigkeit** so, dass möglichst wenig Eigenfrequenzen (Resonanzstellen) im Hörbereich
- **Bisherige Forschung: Sicherheitsprobleme** noch nicht gelöst (besondere Problem bei klotzgebremsten Fahrzeugen wegen hoher thermischer Beanspruchung  
→ Scheibenbremsen)
- **Dämpfung der Resonanzen**
  - **Materialwahl**
  - **Zusatzdämpfer: Radabsorber**

# Minderung der Fahrzeugemissionen: Radabsorber 1

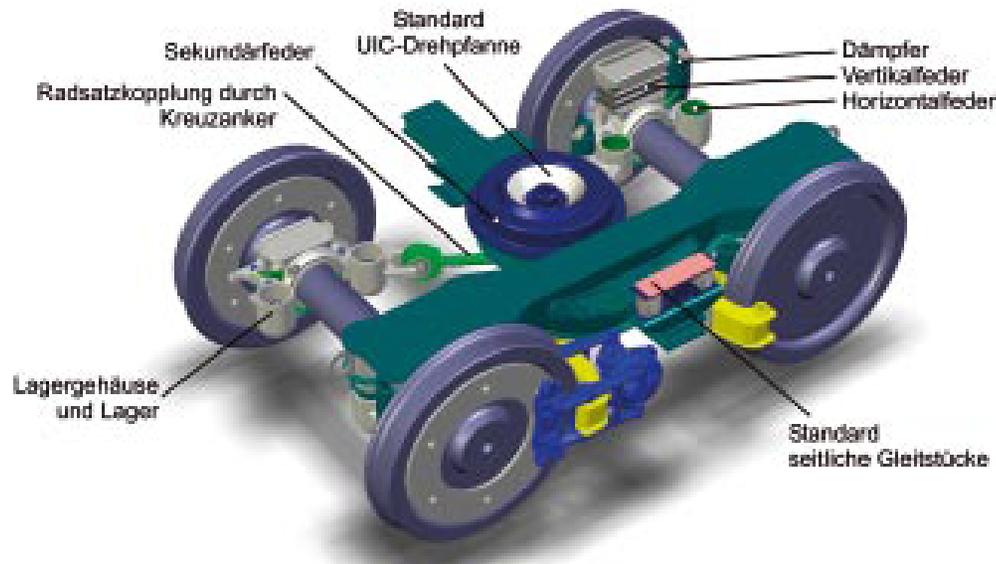
---



**Sonderfall  
Radscheibenbremsen  
(Stand der Technik bei  
angetriebenen Achsen)**

**Reduktion – 2 dB(A)**

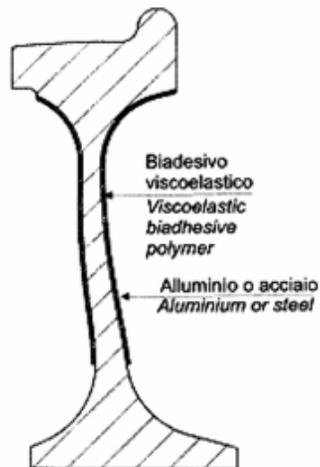
## Minderung der Fahrzeugemissionen: Radabsorber 2



- Bsp. **Leichtes und lärmarmes Güterwagen-Drehgestell LEILA-DG**
- Radscheibenbremsen
  - Radial einstellbar
  - Räder mit geradem Steg
  - gummigefederte Primärfeder (Körperschallentkopplung)
  - On-Board-Diagnosesystem
  - Minderung gegenüber GG-Wagen 14 dB(A) bei zu hoher Radrauheit (-18 dB(A) angestrebt)

# Minderung der Fahrzeugemissionen: Radabsorber 3

Schrey&Veit, GHH, Syope



## Minderung der Fahrzeugemissionen: Radabsorber 4

---

- **Effekte (Reduktionen):**
  - ICE Radabsorber 4 dB(A)
  - Syope (Lucchini):
    - ETR500 ( $190 \leq v \leq 295$  km/h)  $\geq 4$  dB(A);
    - Circumvesuviana ( $50 \leq v \leq 90$  km/h)  $\geq 4,5$  dB(A)
- **Kosten** : 300-500 € /Rad (Schrey&Veit)

## Minderung der Fahrzeugemissionen: Reduzierung der Quellenzahl

Weniger Räder pro Transportmenge: z. B. Jakob-Drehgestell , Doppelstockwagen



Fast Halbierung der Quellenzahl: - 3dB(A)

# Minderung der Fahrzeugemissionen: Drehgestellverkleidung



**Beispiel : KTLG der DB**

**niedrige gleisnahe  
Wand  
(0.35 m über SOK)**

**Drehgestellschürzen**

**In Kombination mit Scheibenbremsen  
Radabsorber und niedriger gleisnaher Wand :  $\Delta L = -20$  dB(A)**

# Minderung der aerodynamischen Fahrzeugemissionen

---

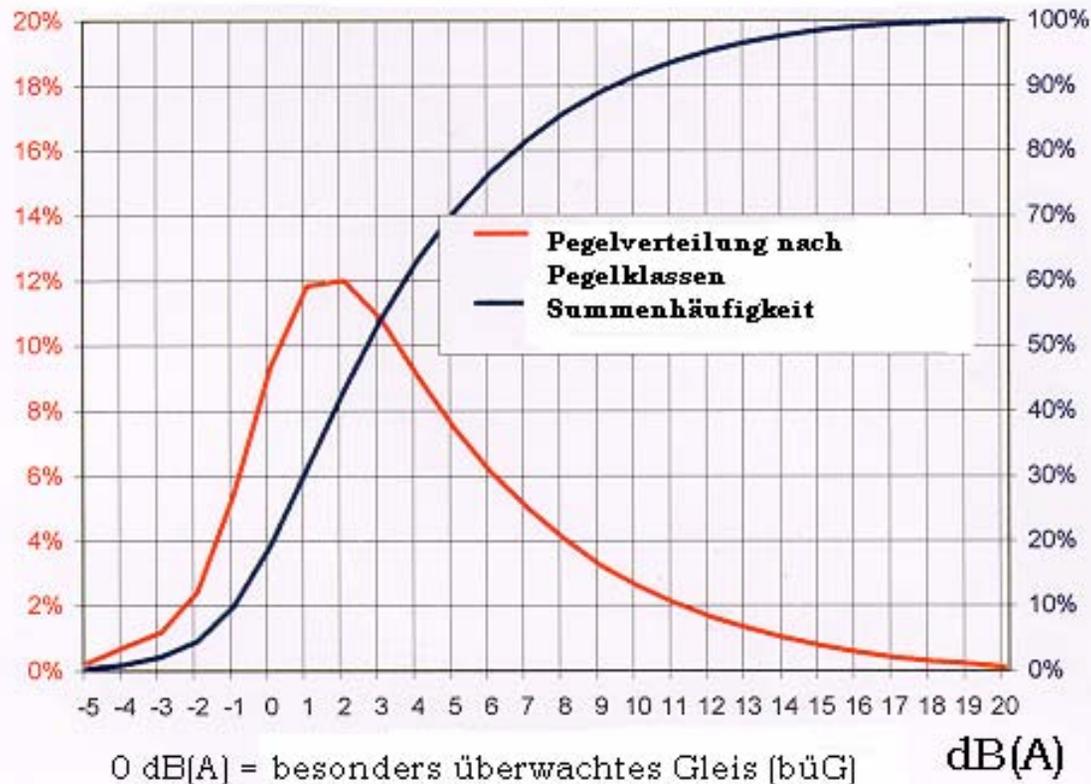
- **Lärmarme Stromabnehmer**
- **Drehgestellverkleidungen** (speziell für die vorderen)
- **Vermeiden von Kavitäten und hervortretenden Teilen entlang des Zuges**
- **Stromlinienförmiger Bug des Zuges**

- **Einsatz leiser Komponenten** (Kompressoren, Ventilatoren, Getriebe etc.)
- **Dieselmotoren: Geräuschminderung an Abgas- und Ansaugsystem**
- **Schwingungsisolierung** (keine Übertragung von Körperschall)
- **Kapselung**
- **Instrument: TSI – Emissionsgrenzwerte für Anfahren und stationären Lärm**  
(Dieselfahrzeuge dürfen bis zu + 4 dB(A) lauter sein)

- **Besonderes Problem im Nahverkehr**
- **Maßnahmen:**
  - **Radial einstellbare Drehgestelle**
  - **Radabsorber**
  - **Spezialbeschichtungen der Schiene**
  - **Bewässern der Schiene**

# Minderung der Emissionen des Fahrwegs: Schienenpflege 1

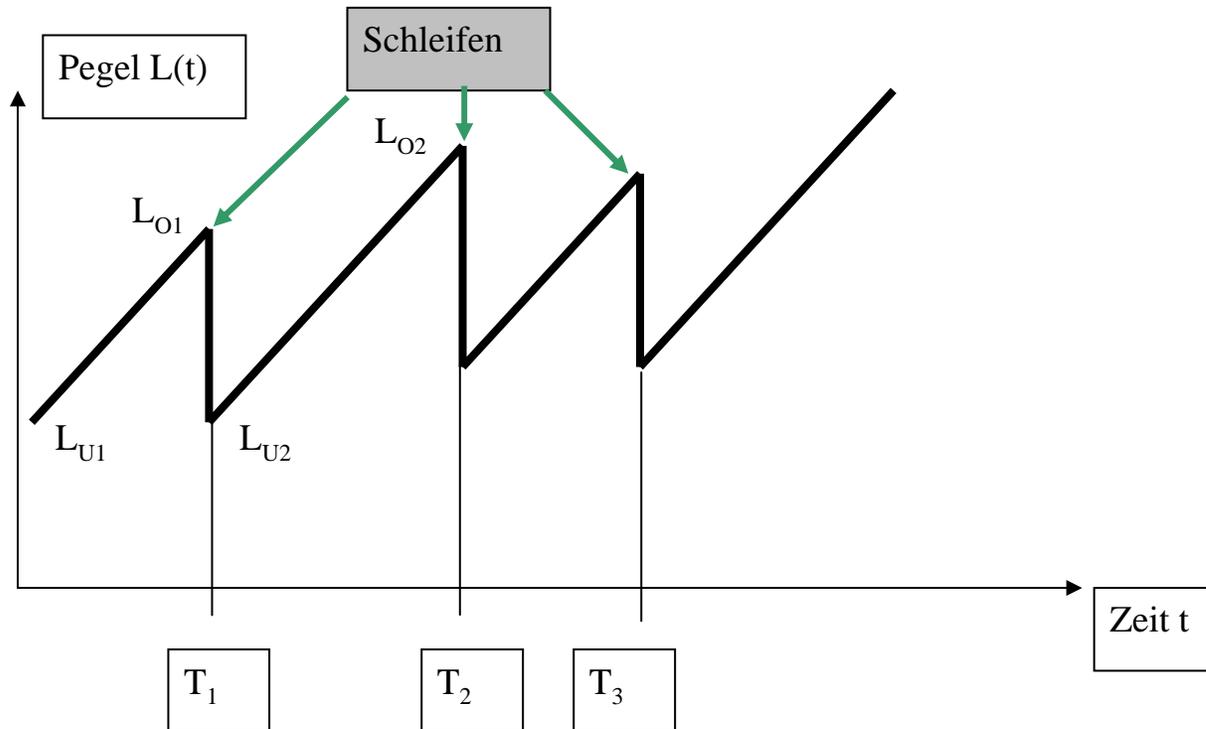
**Pegelverteilung an 13700 km  
Strecke (April 1998)**



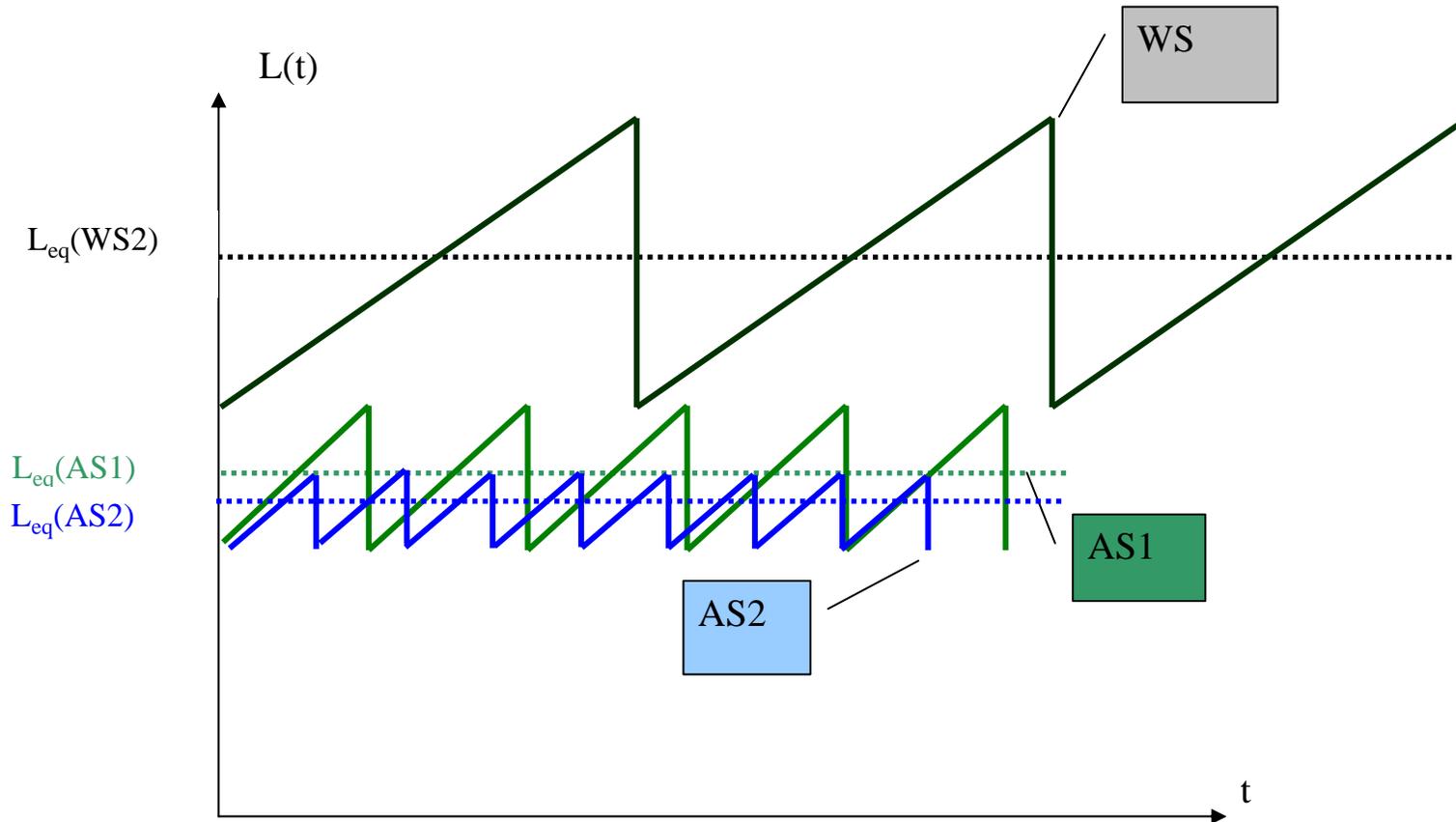


**Verriffelte Schiene (hellgraues wellenförmiges Muster)**

## Schienernpflege 3

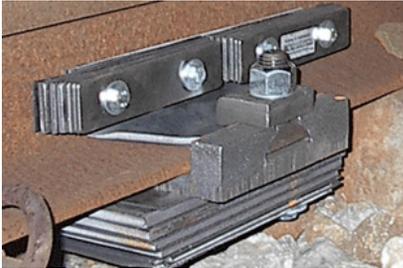


## Schiennenpflege 4



WS: Wartungsschleifen; AS: Akustisches Schleifen

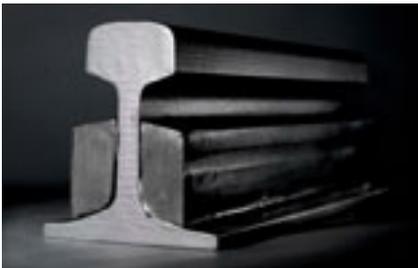
- **Wartungsschleifen:**
  - Keine Kontrolle der DB Netz bezüglich des Erhalts eines durchschnittlich guten Schienenzustands (Annahme für Immissionsberechnung, z. B. Lärmkarten nach ULR)
  - UBA: Verpflichtung in Richtlinien zur Immissionsberechnung verankern,
  - bzw. in die Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung aufnehmen
- **Besonders überwacht Gleis:**
  - Akustisches Schleifen
  - Überwachung (alle halbe Jahre), ggfs. erneutes Schleifen
  - unzulängliche Praxis (unzureichende Kontrolle durch EBA, Gleispflegeabschlag 3 dB(A) zu hoch, erneutes Schleifen nicht rechtzeitig)
- **Akustisches Schleifen:** bei Nicht-GG-Wagen bis zu 6 dB(A) Minderungspotential (2 jähriger Schleifzyklus)
- **Kosten** (Schleifintervall 8 Jahre):  
3500 €/km und Jahr  
(Wände mit gleichem Effekt 10 mal so teuer)



**Diskreter Absorber der Firma Schrey&Veit**



**Diskreter Absorber der Firma Corus**



**Kontinuierlicher Absorber der Firma Corus**

- **Wirkung der Absorber:**  
Minderungen von 2 bis 4 dB(A) (höherer Wert gilt für den Fall, dass beim Rollgeräusch die Abstrahlung der Schienen die der Räder deutlich überschreitet).
- **Kosten** für Absorber Schrey&Veit bei etwa 230 000 €/km.
- **Problem:** in Deutschland noch keine Zulassung (Frankreich: seit Mai 2007)

- **Absorption** vermindert die Reflexion der Schallstrahlen an der Fahrbahnoberfläche
- **Schotterbett**: gute Absorptionseigenschaften
- **Feste Fahrbahn**: geringe Absorption, deswegen Verwendung von **Fahrbahnabsorbern**
- **Nahverkehr**: **Rasengleis** als gute Lösung:
- **Ausbildung in hoch liegender Form** -2 dB(A)  
siehe Beispiele

## Erhöhung der Fahrbahnabsorption



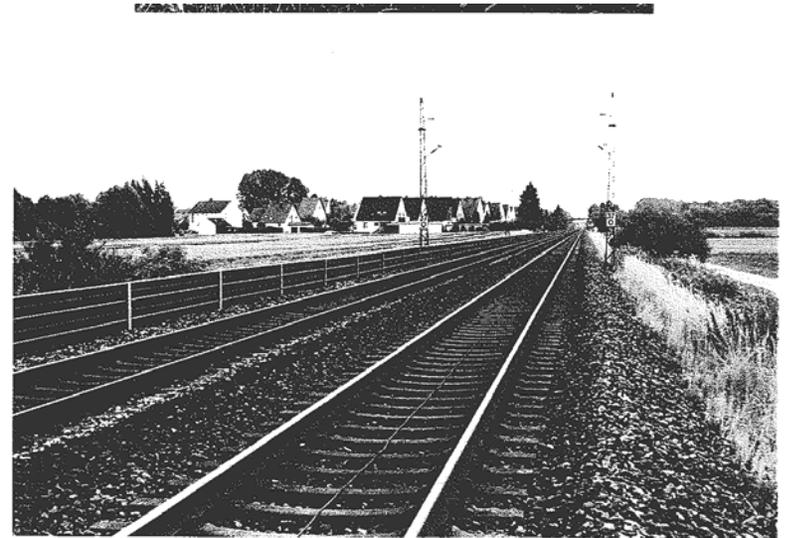
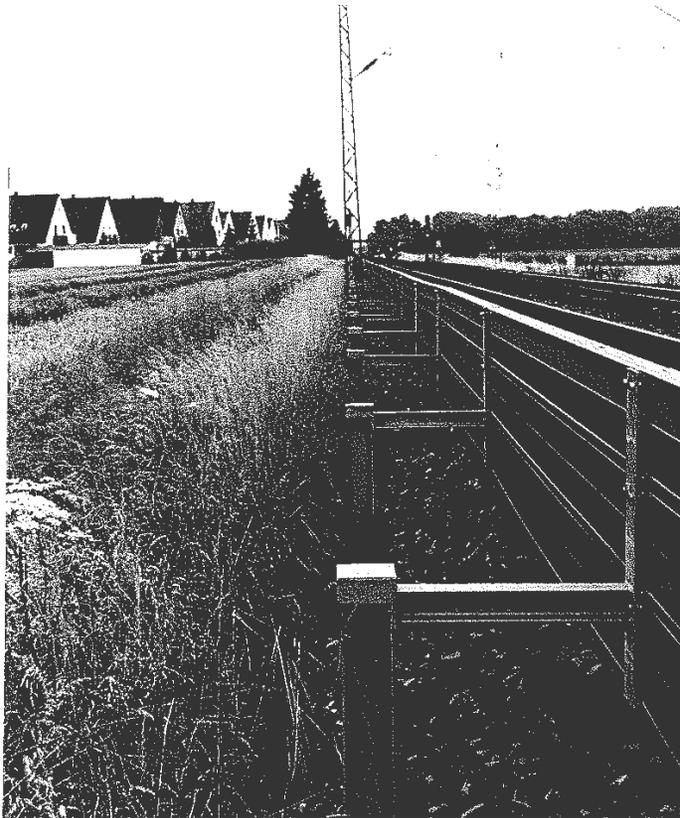
**Rasengleis in Bilbao**



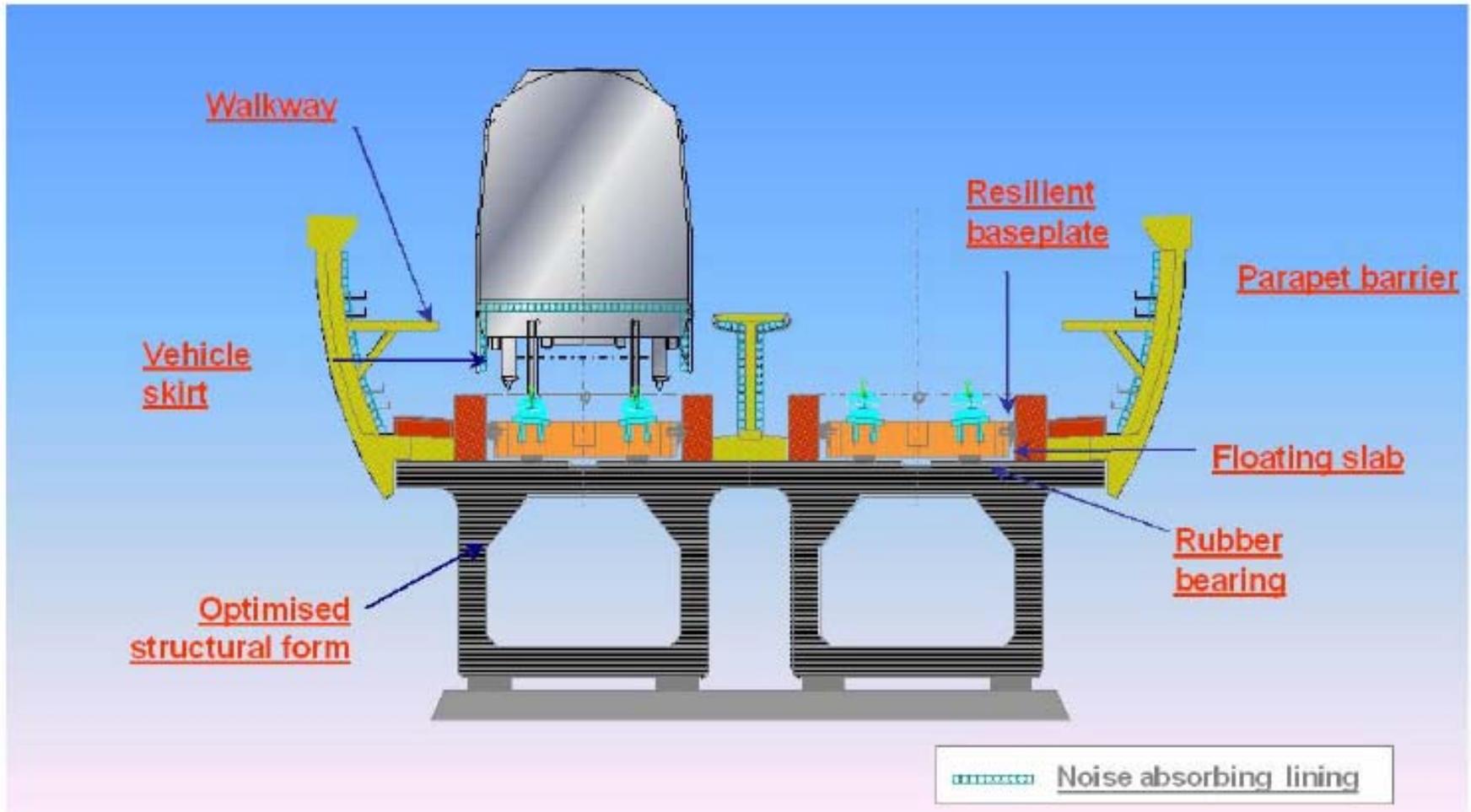
**Rasengleis in Dresden für eine  
Güterstraßenbahn**



## Gleisnahe Abschirmung: Beispiel Asbach-Bäumenheim



## Gleisnahe Abschirmung: Hong-Kong



- Neben der Umrüstung auf K- oder LL-Sohlen eine **Vielzahl** von Maßnahmen verfügbar
- Bsp.: **KTLG** hat ein Minderungspotential von **20 dB(A)** gezeigt
- **Leila-DG**: Minderungen von **18 dB(A)** werden erwartet (ohne gleisnahe Abschirmungen!)
- „Glatte Räder auf glatten Schienen“ – **kombinierte** Maßnahme  
→ **Gleispflege**
- Instrumente:
  - Neufahrzeuge: **Geräuschgrenzwerte (TSI)** und **emissionsabhängige Trassenpreise**
  - Bestand: **emissionsabhängige Trassenpreise**
  - Fahrwege: **Verpflichtung** von DB Netz im Rahmen LUFV
  - Gesamtsystem : **Lärmkontingentierung. Lärmschutzgesetz**