

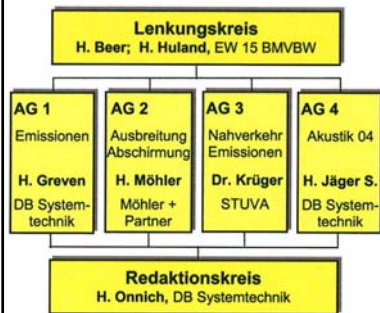
Schall 03 2006 Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Eisenbahnen und Straßenbahnen

Ulrich Möhler, Manfred Liepert
Möhler + Partner

„SCHALL 03 2006“ - Übersicht

1. Struktur der Schall 03 Neu
2. Schallimmissionsberechnung für Eisenbahnen und Straßenbahnen
3. Vergleichsrechnungen Schall 03 1990 und Schall 03 Neu
4. Besonderheiten der Schall 03 Neu in der praktischen Anwendung

„SCHALL 03 2006“ - Projektorganisation



Beginn des Projektes 2001
Vorläufiges Ende 2006

Je Arbeitsgruppe insgesamt ca. 10 Mitglieder, Vertreter aus Bahn, Behörden, Ing.-Büros, Verbänden

„SCHALL 03 2006“ - Inhalt

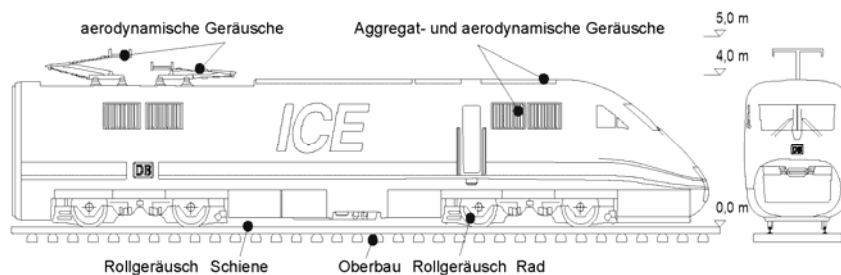
- 1 Anwendungsbereich
- 2 Gesetze und Verordnungen, Normen und Richtlinien
- 3 Begriffe, Festlegungen
- 4 Berechnungsverfahren
- 5 Schallemissionen von Eisenbahnen
- 6 Schallemissionen von Straßenbahnen
- 7 Schallausbreitung
- 8 Berechnung der Schallimmission
- 9 Beurteilungspegel
- 10 Qualitätssicherung der Berechnungen
- 11 Berücksichtigung anderer Bahntechnik und von schalltechnischen Innovationen

„SCHALL 03 2006“ - Berechnungsverfahren

$$L_{W'A,f,h,m,Fz} = a_{A,h,m,Fz} + \Delta a_{f,h,m,Fz} + 10 \lg \frac{n_Q}{n_{Q,0}} \text{dB} + b_{f,h,m} \lg \left(\frac{v_{Fz}}{v_0} \right) \text{dB} + \sum c_{f,h,m} + \sum K$$

$a_{A,h,m,Fz}$	A-bewerteter Summschallpegel der längenbezogenen Schalleistung bei der Bezugsgeschwindigkeit $v_0 = 100 \text{ km/h}$ auf Schwellengleis mit durchschnittlichem Fahrflächenzustand, in dB
$\Delta a_{f,h,m,Fz}$	Pegeldifferenz im Oktavband f in dB,
n_Q	Anzahl der Schallquellen der Fahrzeugeinheit
$n_{Q,0}$	Bezugsanzahl der Schallquellen der Fahrzeugeinheit,
$b_{f,h,m}$	Geschwindigkeitsfaktor,
v_{Fz}	Geschwindigkeit,
v_0	Bezugsgeschwindigkeit, $v_0 = 100 \text{ km/h}$
$c_{f,h,m}$	Pegelkorrekturen für Fahrbahnart und Fahrfläche
K	Pegelkorrekturen für Brücken und die Auffälligkeit von Geräuschen;

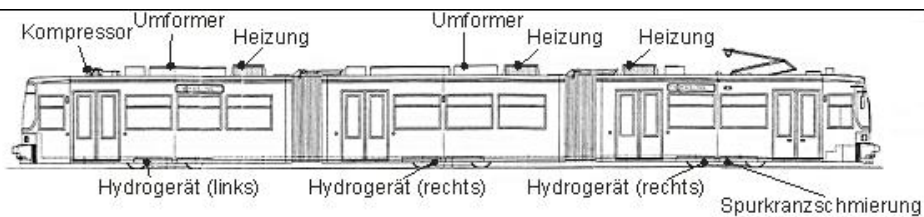
„SCHALL 03 2006“ - Schallemissionen Eisenbahnen



„SCHALL 03 2006“ - Schallquellen - Eisenbahn

Fahrzeugart	Schallquellenart	Teil-Schallquelle
HGV - Triebkopf	Rollgeräusch	Schienenrauheit
HGV Mittelwagen- / Steuerwagen		Radrauheit
HGV - Triebzug		Körperschallabstrahlung Kesselwagen
HGV Neigezug	Aerodynamische Geräusche	Stromabnehmerwippe
E-Triebzug und S-Bahn		Stromabnehmerfuß, Klimaanlage
Diesel-Triebzug		Drehgestell
E - Lok	Aggregatgeräusche	Ventilatoren, Klimaanlagen Dach
Diesel - Lok		Ventilatoren, Klimaanlagen Unterflur
Reisezugwagen	Antriebsgeräusche	Abgasanlage
Güterwagen		Motor Getriebe

„SCHALL 03 2006“ - Schallquellen – Straßenbahn



„SCHALL 03 2006“ - Schallquellen – Straßenbahn

Fahrzeugart	Schallquellenart	Teilquelle, Geräuschursache
Niederflurfahrzeuge	Fahrgeräusch	Schienenrauheit
Hochflurfahrzeuge		Radrauheit, Motor, Getriebe
U Bahnfahrzeuge	Aggregatgeräusch	Stromrichter, Kompressor, Klima bzw. Lüftungsaggregate

„SCHALL 03 2006“ - Schallemissionen – Weitere Bahnanlagen

- Rangierbahnhöfe
- Containerbahnhöfe
- Rollende Landstraße
- Autoreisezüge
- Endhaltestellen (nur bei Straßenbahnen)

„SCHALL 03 2006“ - Emissionsdaten

Emissionsdaten für Eisenbahnen:

- Datenbank der Fa. Müller-BBM
- ca. 10.000 Einträge von Messdaten verschiedener Institutionen (UBA, LfUs, DB, Ing.-Büros)

Emissionsdaten für Straßenbahnen:

- Emissionsmessungen von Bay. LFU und Ing.-Büros

Emissionsdaten für Umschlagbahnhöfe etc.:

- Emissionsmessungen DB, Ing.-Büros. Literatur

„SCHALL 03 2006“ - Schallemissionen Eisenbahn Beispiel Datenblatt Reisezugwagen

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Reisezugwagen, Fz-Kategorie 9											
Anzahl Achsen $n_{Achse} = n_{Achse,0} = 4$											
Bezugsgeschwindigkeit $v_0 = 100$ km/h											
	Teilquelle										
	m	f_m [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	a_A [dB]
Rollgeräusche											
Quellhöhe $h_S = 0$ m											
Radsätze mit Grauguss-Klotzbremse (GG-Bremse)											
Schienenrauheit	1	a_r [dB]	-50	-40	-24	-8	-3	-6	-11	-30	67
Radrauheit	2	a_r [dB]	-40	-30	-22	-9	-3	-5	-15	-26	71
Radsätze mit Wellenscheibenbremse											
Schienenrauheit	1	a_r [dB]	-50	-40	-24	-8	-3	-6	-11	-30	67
Radrauheit	2	a_r [dB]	-50	-40	-25	-9	-4	-4	-11	-23	56
Aerodynamische Geräusche											
Quellhöhe $h_S = 4$ m	6	a_r [dB]	-21	-18	-15	-12	-5	-4	-10	-18	29
Quellhöhe $h_S = 0$ m	7	a_r [dB]	-15	-8	-6	-6	-8	-14	-21	-32	40
Aggregatgeräusche											
Quellhöhe $h_S = 4$ m	8	a_r [dB]	-35	-24	-13	-4	-5	-7	-14	-25	44

„SCHALL 03 2006“ - Schallemissionen – Pegelkorrekturen - Geschwindigkeit

Spalte	A	B	C							
Zeile	Schallquellenart	Teilquellen <i>m</i>	Geschwindigkeitsfaktor <i>b</i> in der Oktavband-Mittenfrequenz, Hz							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
2	Rollgeräusche	1, 2, 3, 4	-5	-5	-5	0	10	25	25	25
3	Aerodynamische Geräusche	5, 6, 7	50							
4	Aggregatgeräusche	8, 9	-10							
5	Antriebsgeräusche	10, 11	20							

„SCHALL 03 2006“ - Schallemissionen – Pegelkorrekturen - Fahrbahn

Spalte	A	B	C							
Zeile	Einflussgröße		Pegelkorrekturen <i>c</i> 1 in dB für Oktavband-Mittenfrequenz, Hz							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Feste Fahrbahn	Erhöhte Schienenabstrahlung	0	0	0	7	3	0	0	0
2		Reflexion an der Fahrbahn	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Feste Fahrbahn mit Absorber	Erhöhte Schienenabstrahlung	0	0	0	7	3	0	0	0
4		Reflexion an der Fahrbahn	0	0	0	-2	-2	-3	0	0
5	Bahnübergang	Erhöhte Schienenrauheit	0	0	0	8	4	0	0	0
6		Reflexion an der Fahrbahn	1	1	1	1	1	1	1	1

„SCHALL 03 2006“ - Schallemissionen – Pegelkorrekturen – BüG Brücken

Spalte	A	B							
Zeile	Einflussgröße	Pegelkorrekturen c_2 in dB in der Oktavband-Mittenfrequenz, Hz							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	besonders überwachtetes Gleis (büG)	0	0	0	-4	-5	-5	-4	0

Spalte	A	B	C
Zeile	Brücken- und Fahrbahnart	K_{Br} dB	K_{LM} dB
1	Direkt befahrene Brücken mit stählerem Überbau	12	-6
2	Brücken mit stählerem Überbau und Schwellengleis im Schotterbett	6	-3
3	Brücken mit massiver Fahrbahnplatte oder mit besonderem stählerem Überbau und Gleise auf Schwellen im Schotterbett	3	-3
4	Brücken mit Fester Fahrbahn	4	-

„SCHALL 03 2006“ - Schallemissionen – Pegelkorrekturen für die Auffälligkeit

- Kurvengeräusche Eisenbahnstrecken
- Kurvengeräusche in Rangier- und Umschlagbahnhöfen
- Impulsgeräusche bei Auflaufstößen, Hemmschuhen etc
- Pegelkorrektur Straße - Schiene

„SCHALL 03 2006“ - Schallausbreitung -

$$A = A_{\text{div}} + A_{\text{atm}} + A_{\text{gr}} + A_{\text{bar}}$$

A_{div} Geometrische Ausbreitung

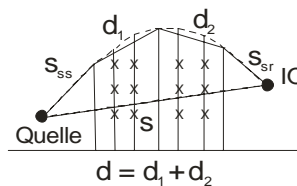
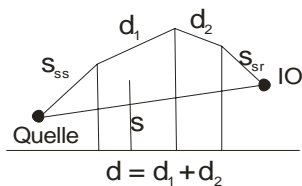
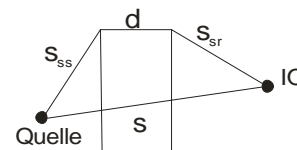
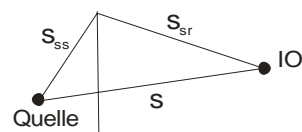
A_{atm} Luftabsorption

A_{gr} Bodeneinfluss ,

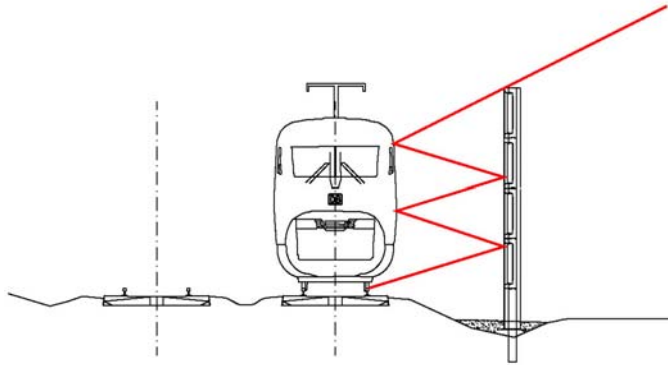
A_{bar} Abschirmung durch Hindernisse

Reflexionen

Beugungskanten



Reflexionen



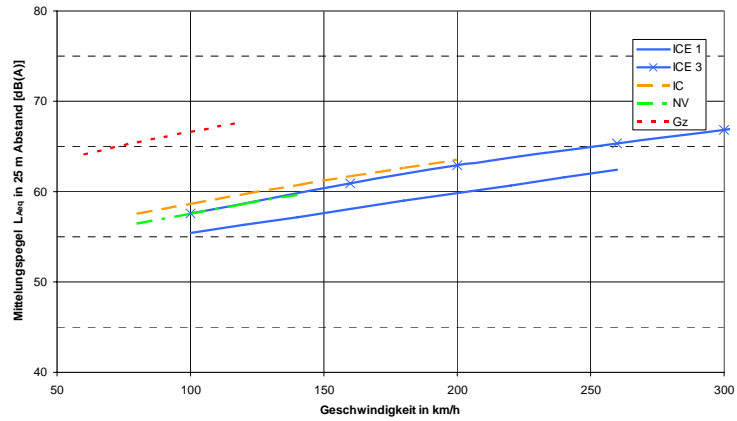
Reflexionen zwischen Schallschutzwand und Wagenaufbauten

Berücksichtigung Reflexionen zwischen reflektierender Schallschutzwand und Wagenaufbauten durch die Verminderung der Abschirmwirkung:

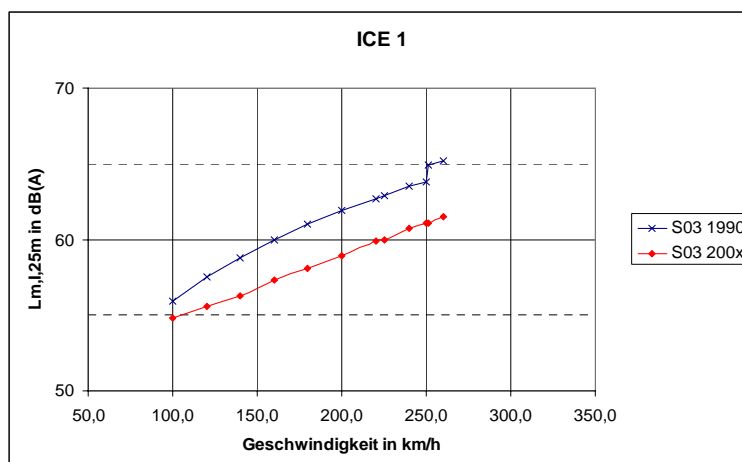
$$D_{\text{ref}} = 3 - h_{\text{abs}} > 0$$

D_{ref} Korrektur für reflektierende Schallschutzwände
 h_{abs} Höhe schallabs. Sockel über Schienenoberkante

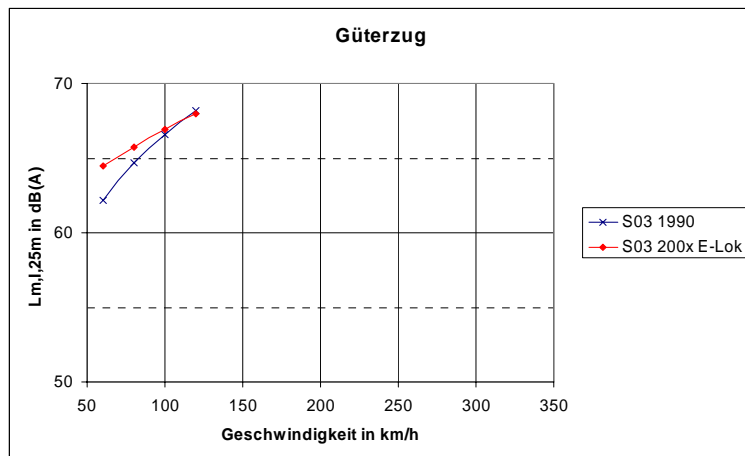
Schallemission verschiedener Zugarten auf durchschnittlichem Gleis



Vergleich der Schallemission Schall 03 „alt/neu“



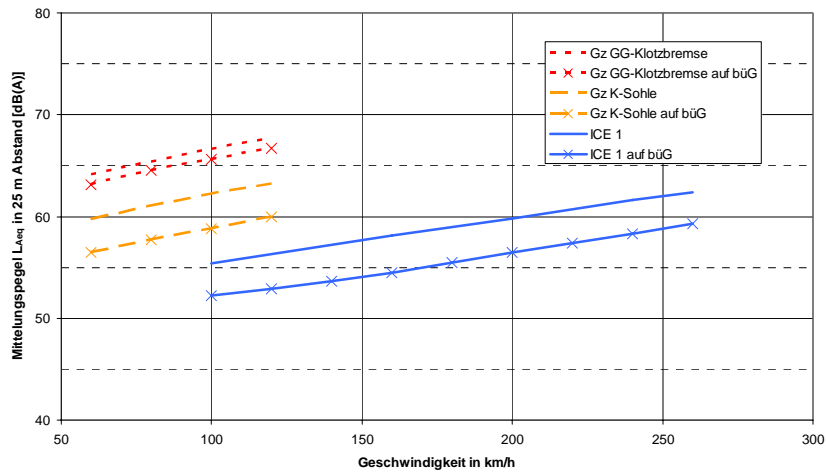
Vergleich der Schallemission Schall 03 „alt/neu“



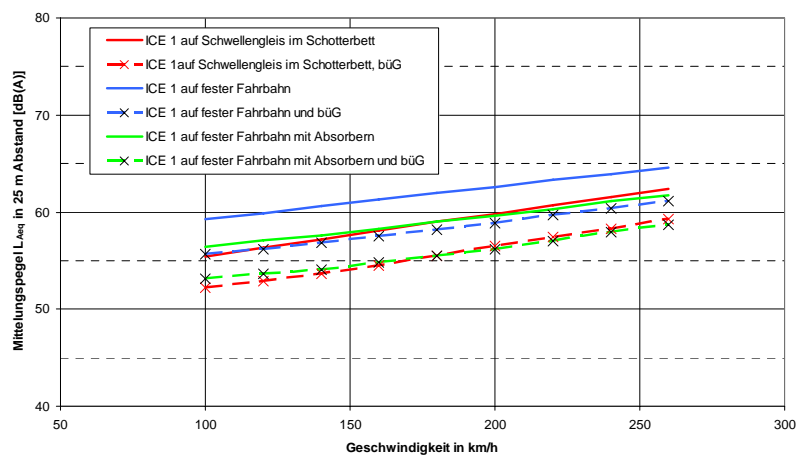
Lärminderungsmaßnahmen nach "SCHALL 03 2006"

- 1.) Einfluss der Bremsbauart
- 2.) Einfluss der Schienenoberfläche („büG“)
- 3.) Kombination von Bremsbauart und büG
- 4.) Einfluss der Fahrbahn
- 5.) Kombination von Fahrbahn und büG
- 4.) Einfluss von Abschirmungen (Schallschutzwände)

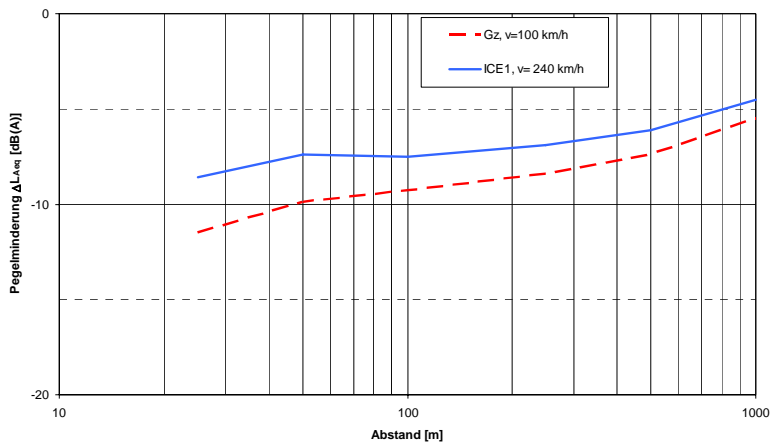
Einfluss der Bremsbauart und des Schienenoberfläche



Einfluss der Fahrbahn



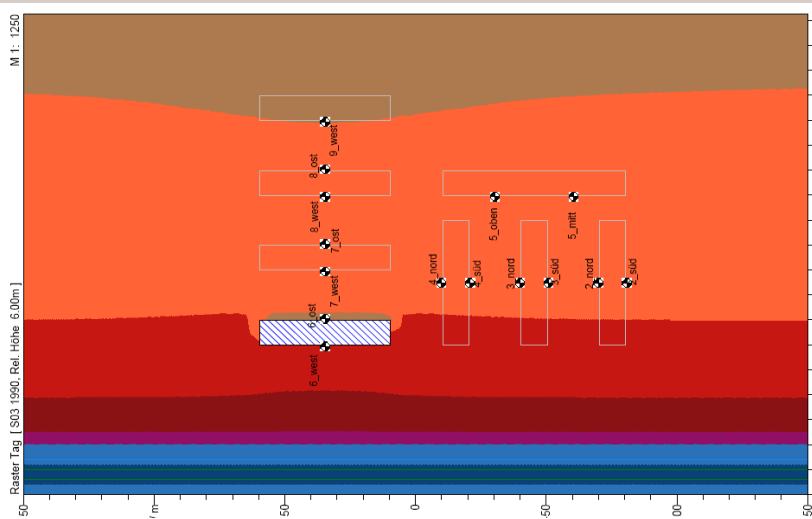
Einfluss von Abschirmungen, LS-Wand 2,0 m



Möhler + Partner
www.mopa.de

Tagung der bayerischen §26 BImSchG-Stellen
BayLFU Augsburg
19.11.2008

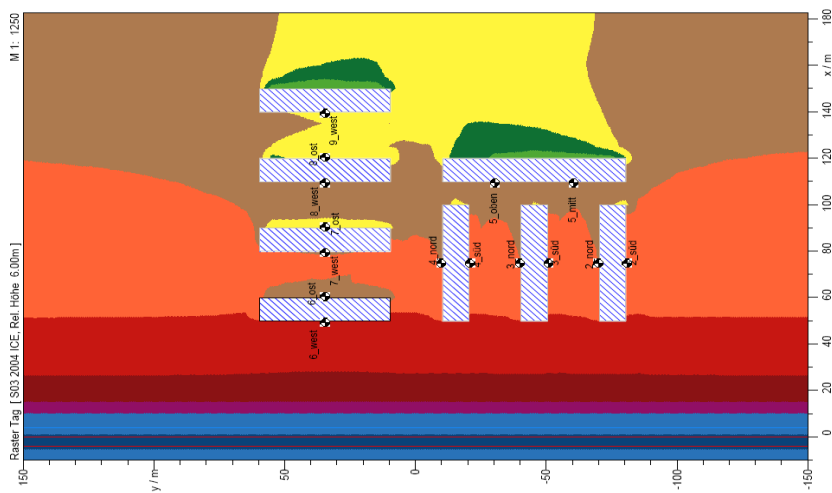
Berücksichtigung Abschirmung durch Bebauung – Schall 03 1990



Möhler + Partner
www.mopa.de

Tagung der bayerischen §26 BImSchG-Stellen
BayLFU Augsburg
19.11.2008

Berücksichtigung Abschirmung durch Bebauung – SCHALL 03 2006



Möhler + Partner
www.mopa.de

Tagung der bayerischen S26 BImSchG-Stellen
BayLFU Augsburg
19.11.2008

Qualitätssicherung

- Die für die Berechnung verwendeten Softwareprodukte müssen die Anforderungen der DIN 45687 erfüllen.
- Die verwendete Software (mit Versionsnummer) und die Eingangsparameter für die Berechnungen, wie z.B. geometrische Daten, Fahrbahnarten der betrachteten Schienenwege, Hindernisse auf dem Ausbreitungsweg und deren Reflexionseigenschaften, sind zu dokumentieren und nach den Vorgaben der DIN 45687 zur Verfügung zu stellen.
- Die Daten von Verkehrsmengen und Ereignissen auf Strecken sowie Rangier- und Umschlagbahnhöfen sind entsprechend der in Beiblatt 1-3 vorgegebenen Einteilung von Fahrzeugen und Betriebsvorgängen darzustellen.

Möhler + Partner
www.mopa.de

Tagung der bayerischen S26 BImSchG-Stellen
BayLFU Augsburg
19.11.2008

Einführung anderer Bahntechnik und schalltechnischer Innovationen

- Fahrzeugarten
- Komponenten von Fahrzeugen
- Komponenten von Rangier- und Umschlagbahnhöfen
- Fahrbahnarten
- Brücken
- Gleis- und Radpflegeverfahren
- bahnspezifische Schallschutzmaßnahmen im Ausbreitungsweg

Einführung anderer Bahntechnik und schalltechnischer Innovationen

Anerkennungsverfahren:

- Antrag
- Prüfung durch zuständige Stelle
- Ausstellung eines Zertifikats
- Mitteilung an den Antragsteller
- Veröffentlichung des Zertifikats

Schlussfolgerungen Vergleich Schall 03 alt / neu Änderungen in der Systematik

- Keine Trennung Strecke (Schall 03) und Rangieranlagen (Akustik 04)
- Differenzierte Betrachtung des Geräuschspektrums
- Berücksichtigung unterschiedlicher Schallquellenhöhen
- Fahrbahnzuschläge und besonders überwachtetes Gleis je Zugart
- Ausbreitungseinflüsse in bebauten Gebieten

Schlussfolgerungen Vergleich Schall 03 alt / neu Auswirkungen

Bei freier Schallausbreitung auf Schotterbett

- Güterzüge höhere Schallemission
- ICE 1 und 3 geringere Schallemission
- IC und NV bleiben gleich
- Besonders überwachtetes Gleis bei Güterzügen geringer und bei IC Zügen höher
- Teilweise höhere Zuschläge bei Brücken

Schlussfolgerungen Vergleich Schall 03 alt / neu Auswirkungen

Abschirmwirkung

- Güterzüge, IC und NV höhere Abschirmwirkung
- ICE 1 und 3 geringere Abschirmwirkung
- In bebauten Gebieten höhere Abschirmwirkung