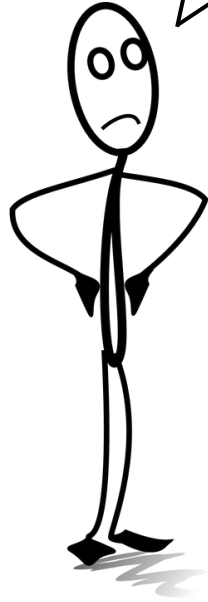
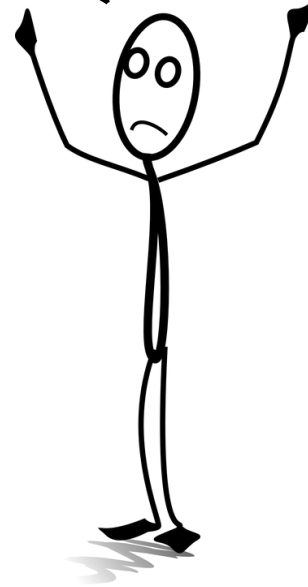


Holzfassade an
vielbefahrender Straße?
 $R'_{w,ges}$ und gut!



$R'_{w,ges} + C_{tr}$



29.11.2019

Bauphysikertreffen

Aktuelle Berechnungsansätze im passiven Schallschutz

Jan Weinzierl

Dipl.-Ing. (FH) Wilfried Wieland, M.Eng., M.BP.

Wolfgang Sorge Ingenieurbüro für Bauphysik GmbH & Co. KG

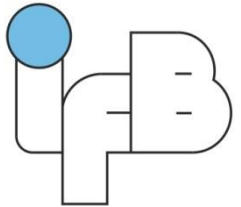
Überblick

- 1) Motivation
- 2) Messung von innerstädtischen Verkehrsgeräuschen
- 3) Entwicklung eines spektralen Prognosemodells
- 4) Innenpegelermittlung nach DIN 4109/VDI 2719
- 5) Vergleich der Innenpegelprognosen
- 6) Fazit
- 7) *Ausblick DIN 4109:2018*

Messung von innerstädtischen Verkehrsgeräuschen

WOLFGANG SORGE
INGENIEURBÜRO
FÜR BAUPHYSIK

Beratende Ingenieure VBI

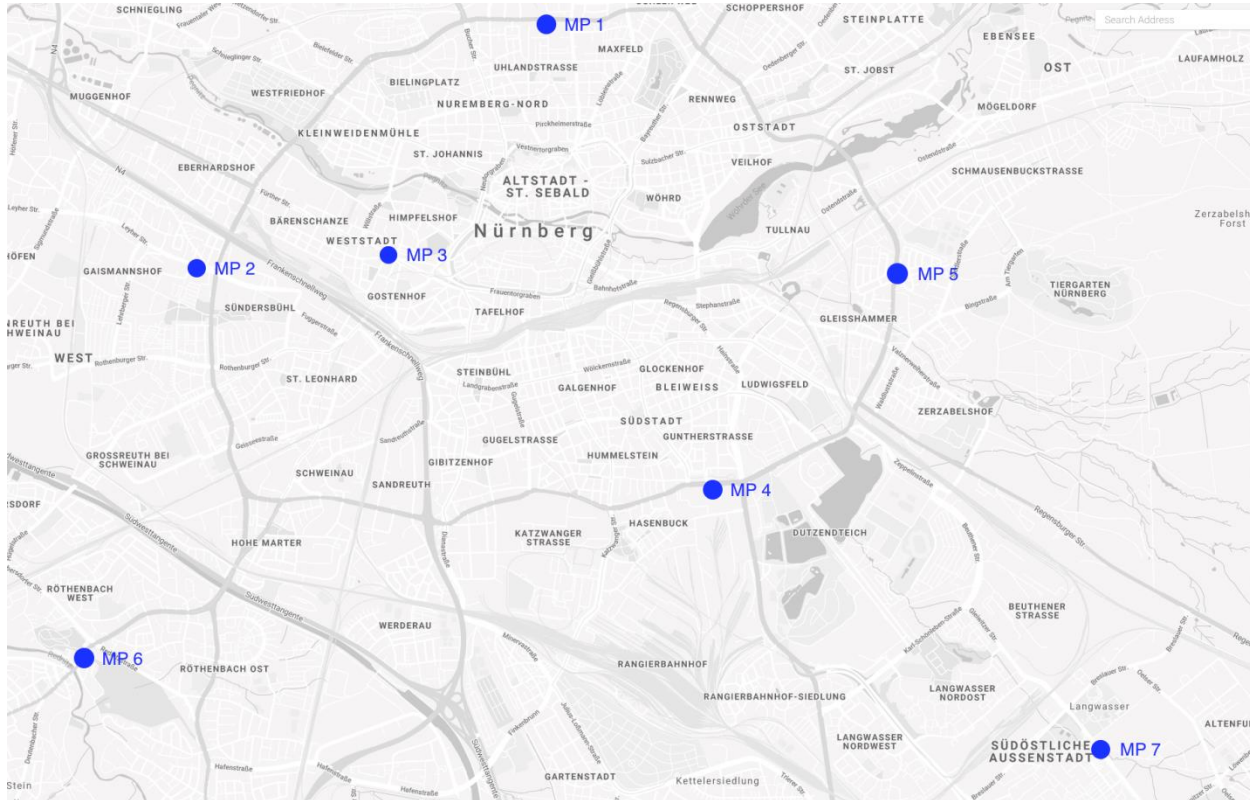


beraten
planen
prüfen

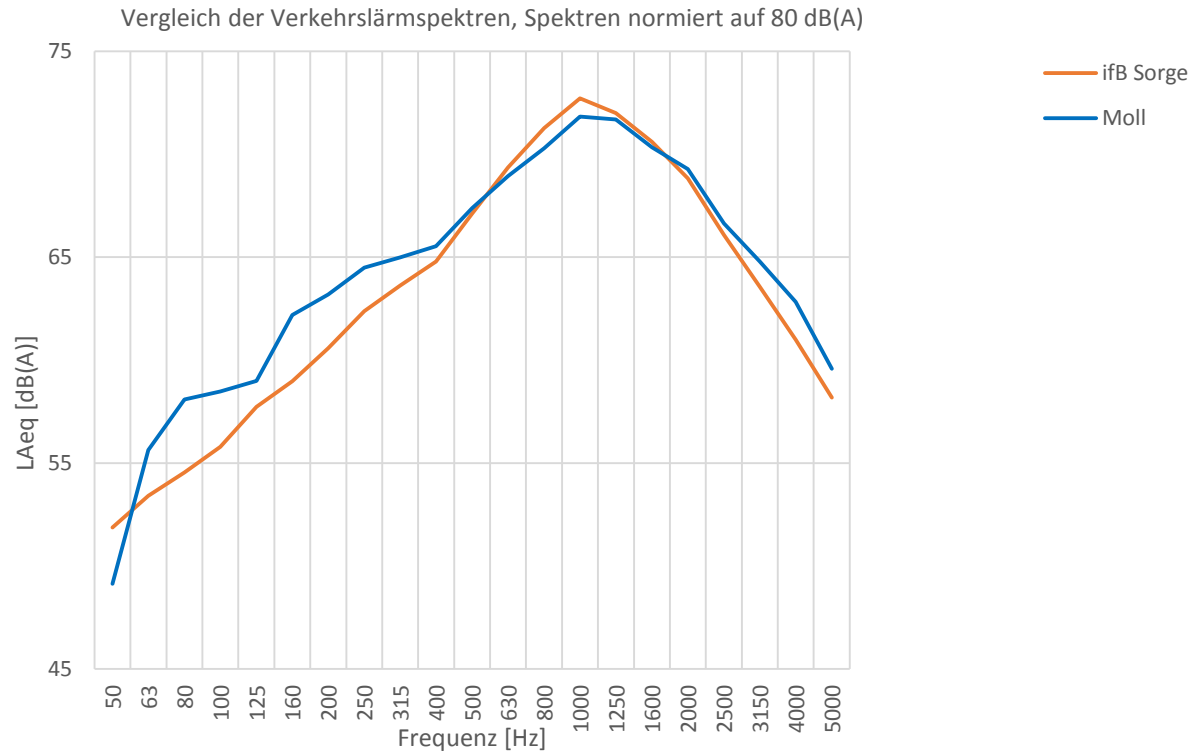
Messung von innerstädtischen Verkehrsgeräuschen



Lage der Messpunkte im Nürnberger Stadtgebiet



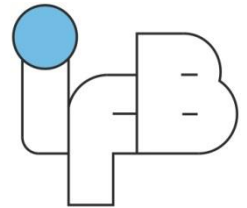
Vergleich der gemessenen Straßenverkehrslärmspektren



Entwicklung eines spektralen Prognosemodells

WOLFGANG SORGE
INGENIEURBÜRO
FÜR BAUPHYSIK

Beratende Ingenieure VBI



beraten
planen
prüfen

Eingangsdaten des Prognosemodells

Massivbau:

- Spektrales Rechenverfahren der DIN EN ISO 12354-1

Leichtbau:

- Daten aus Prüfstandsmessungen

Fenster:

- Daten aus Prüfstandsmessungen, $R_{w,P,Verglasung} \hat{=} R_{w,P,Fenster}$

Spektrale Innenpegelprognose

$$L_i(f) = L_a(f) - R'_{ges}(f) + 10 \log \frac{S_S}{A(f)} + 2 \text{dB}$$

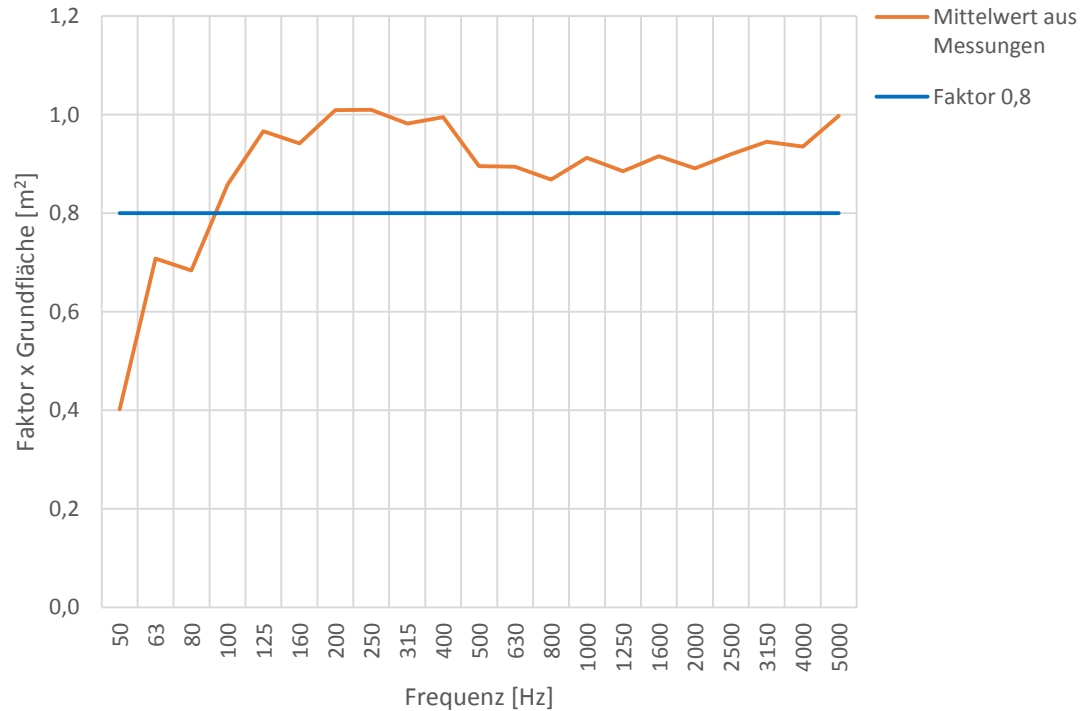
$R'_{ges}(f)$ = Prüfwert, Nomenklatur nach DIN 4109

$L_a(f)$ = Beurteilungspegel L_r

S_S = Fassadenfläche

$A(f)$ = frequenzabhängige äquivalente Absorptionsfläche A

Spektrale Innenpegelprognose - Ansatz für äquivalente Absorptionsfläche



Spektrale Innenpegelprognose

$$L_i(f) = L_a(f) - R'_{ges}(f) + 10 \log \frac{S_S}{A(f)} + 2 \text{dB}$$

$R'_{ges}(f)$ = Prüfwert, Nomenklatur nach DIN 4109

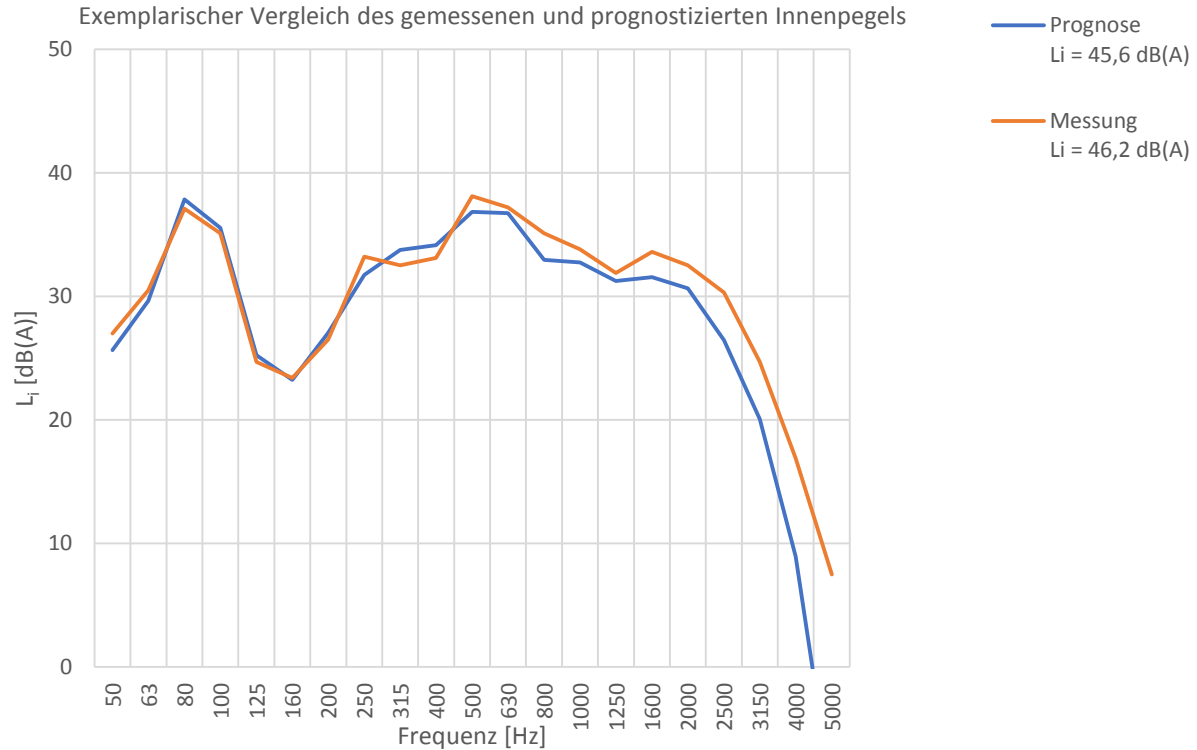
$L_a(f)$ = Beurteilungspegel L_r

S_S = Fassadenfläche

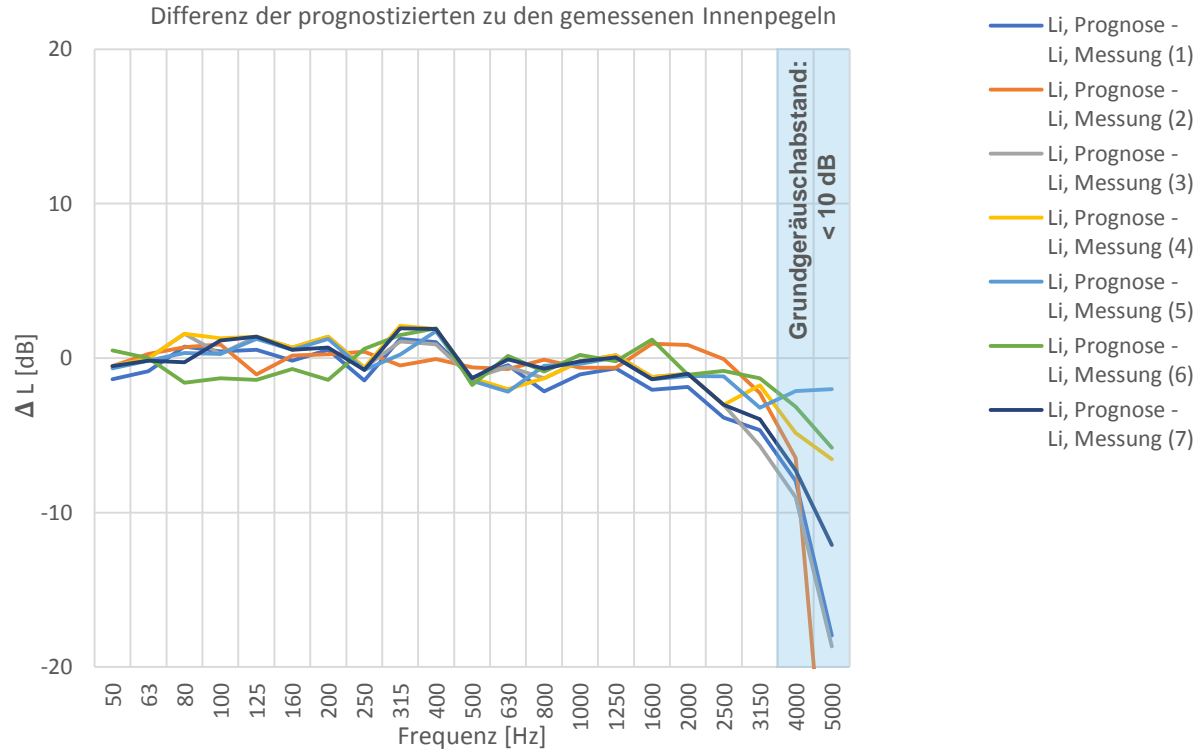
$A(f)$ = frequenzabhängige äquivalente Absorptionsfläche A

Frequenzbereich	Äquivalente Absorptionsfläche A
50 Hz – 100 Hz	$0,4 \cdot S_G$
125 Hz – 5000 Hz	$0,8 \cdot S_G$

Validierung der Innenpegelprognose



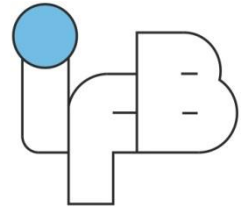
Validierung der Innenpegelprognose



Innenpegelermittlung nach DIN 4109/VDI 2719

WOLFGANG SORGE
INGENIEURBÜRO
FÜR BAUPHYSIK

Beratende Ingenieure VBI



beraten
planen
prüfen

Innenpegelprognose nach DIN 4109

$$R'_{w,ges} = L_a - K_{Raumart} + 10 \lg \left(\frac{S_S}{0,8 \cdot S_G} \right) + 2 \text{dB}$$

Annahme: $K_{Raumart} = L_{i,DIN}$

$$L_{i,DIN} = L_a - R'_{w,ges} + 10 \lg \left(\frac{S_S}{0,8 \cdot S_G} \right) + 2 \text{dB}$$

$$L_{i,DIN\&Ctr} = L_a - R'_{w,ges} + 10 \lg \left(\frac{S_S}{0,8 \cdot S_G} \right) + 2 \text{dB} - C_{tr,50-5000}$$

Innenpegelprognose nach VDI 2719

$$L_{i,VDI} = L_a - R'_{w,res} + 10 \lg \left(\frac{S_g}{A} \right) + K$$

$$R'_{w,res} \rightarrow R'_{w,ges}$$

$$S_g \rightarrow S_S$$

$$A \triangleq 0,8 \cdot S_G$$

$$L_{i,VDI} = L_a - R'_{w,ges} + 10 \lg \left(\frac{S_S}{0,8 \cdot S_G} \right) + K + 2\text{dB}$$

Innenpegelprognose der verschiedenen Verfahren

spektral: $L_i(f) = L_a(f) - R'_{ges}(f) + 10 \log \frac{S_S}{A(f)} + 2 \text{dB}$

DIN 4109: $L_{i,DIN} = L_a - R'_{w,ges} + 10 \lg \left(\frac{S_S}{0,8 \cdot S_G} \right) + 2 \text{dB}$ $\rightarrow \Delta = K = 6 \text{ dB}$
(innerstädt. Straße)

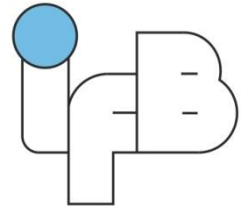
DIN 4109 & $C_{tr,50-5000}$: $L_{i,DIN\&Ctr} = L_a - R'_{w,ges} + 10 \lg \left(\frac{S_S}{0,8 \cdot S_G} \right) + 2 \text{dB} - C_{tr,50-5000}$

VDI 2719: $L_{i,VDI} = L_a - R'_{w,ges} + 10 \lg \left(\frac{S_S}{0,8 \cdot S_G} \right) + K + 2 \text{dB}$

Vergleich der Innenpegelprognosen

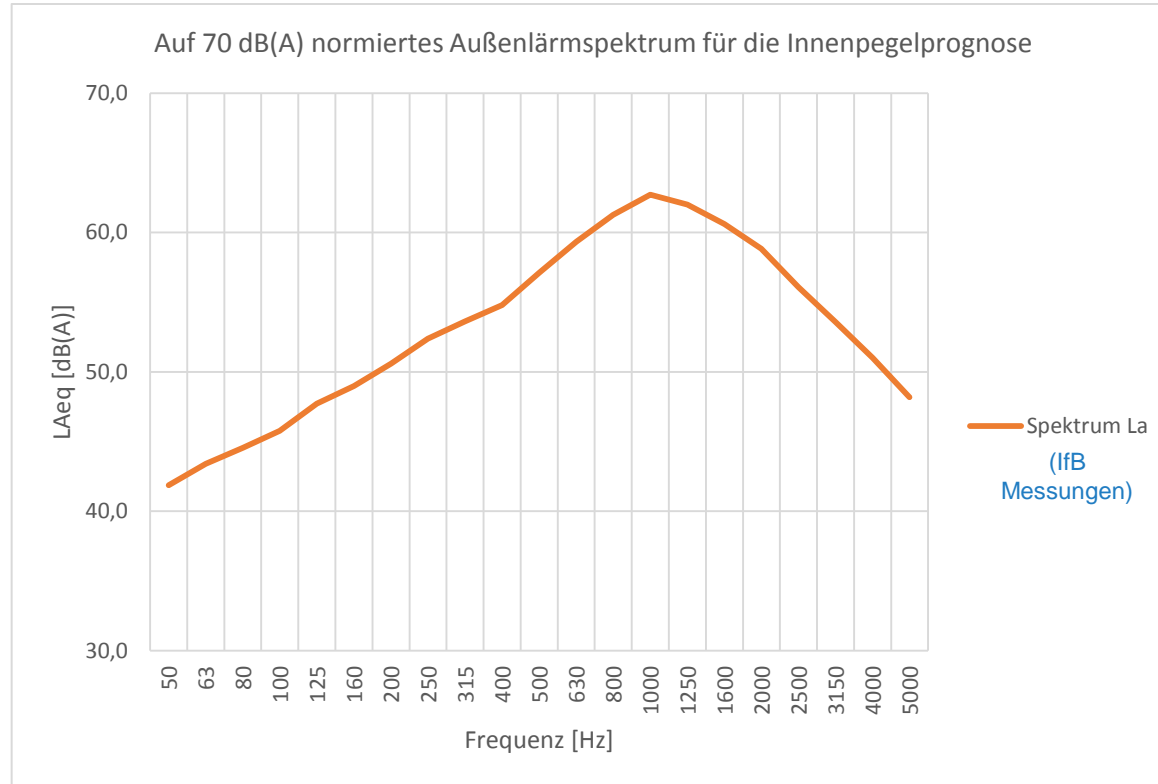
WOLFGANG SORGE
INGENIEURBÜRO
FÜR BAUPHYSIK

Beratende Ingenieure VBI

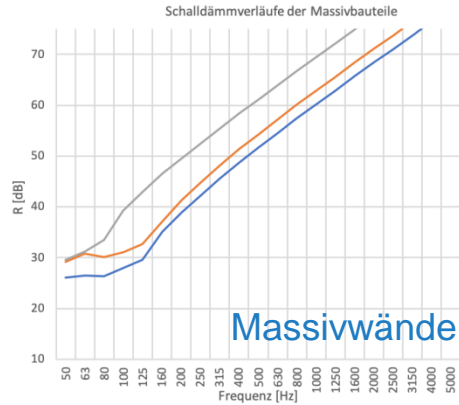


beraten
planen
prüfen

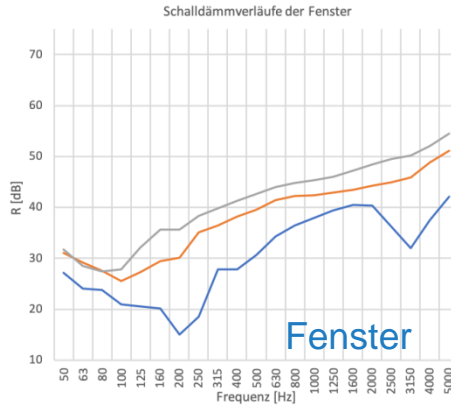
Außenlärmspektrum für spektrale Innenpegelprognose



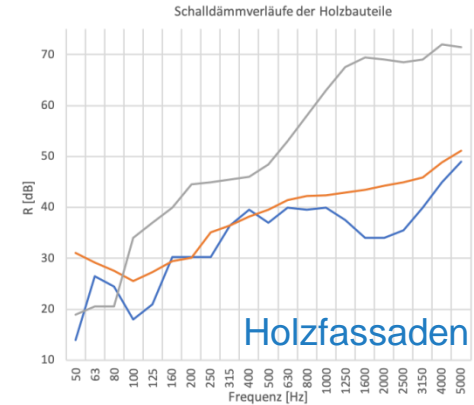
Vergleichende Berechnungen



- "schlecht",
Rw = 55 dB
- "mittel",
Rw = 57 dB
- "gut",
Rw = 65 dB

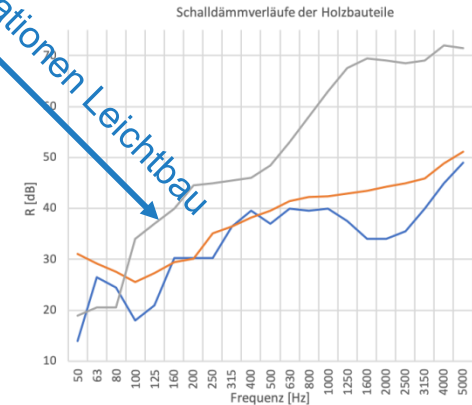
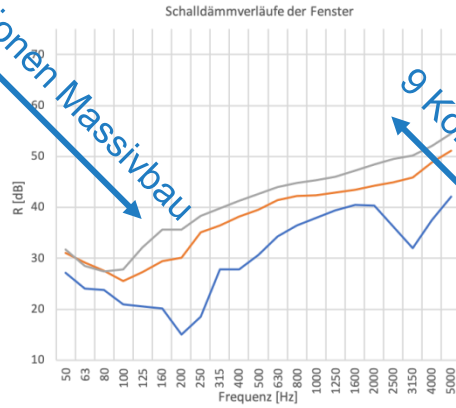
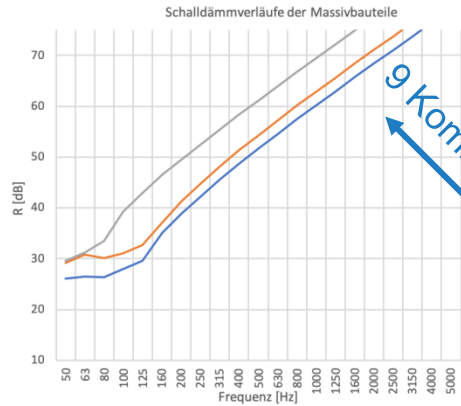


- SSK 2,
Rw,P = 33 dB
- SSK 4,
Rw,P = 42 dB
- SSK 5,
Rw,P = 46 dB



- "schlecht",
Rw = 37 dB
- "mittel",
Rw = 46 dB
- "gut",
Rw = 54 dB

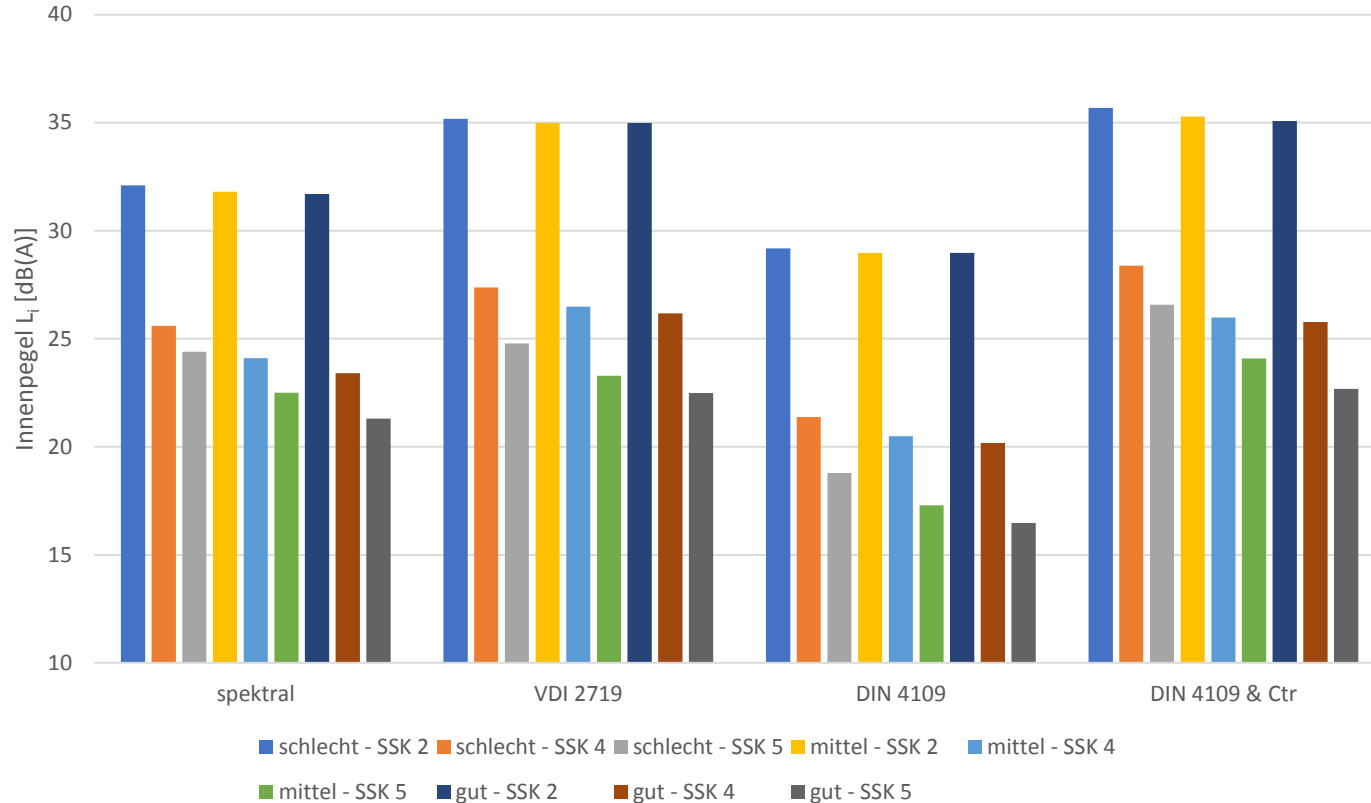
Vergleichende Berechnungen



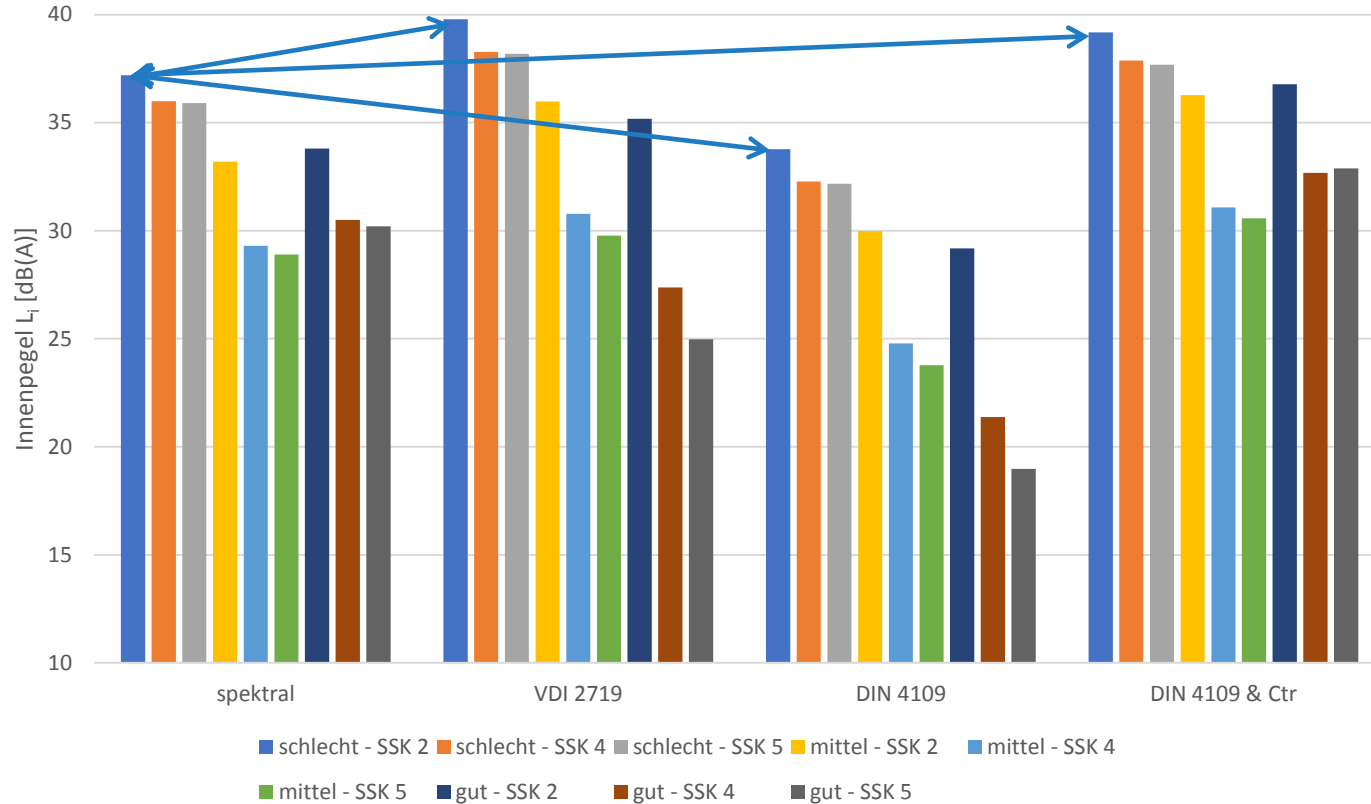
9 Kombinationen Massivbau

9 Kombinationen Leichtbau

Vergleichende Berechnungen - Massivbauweise

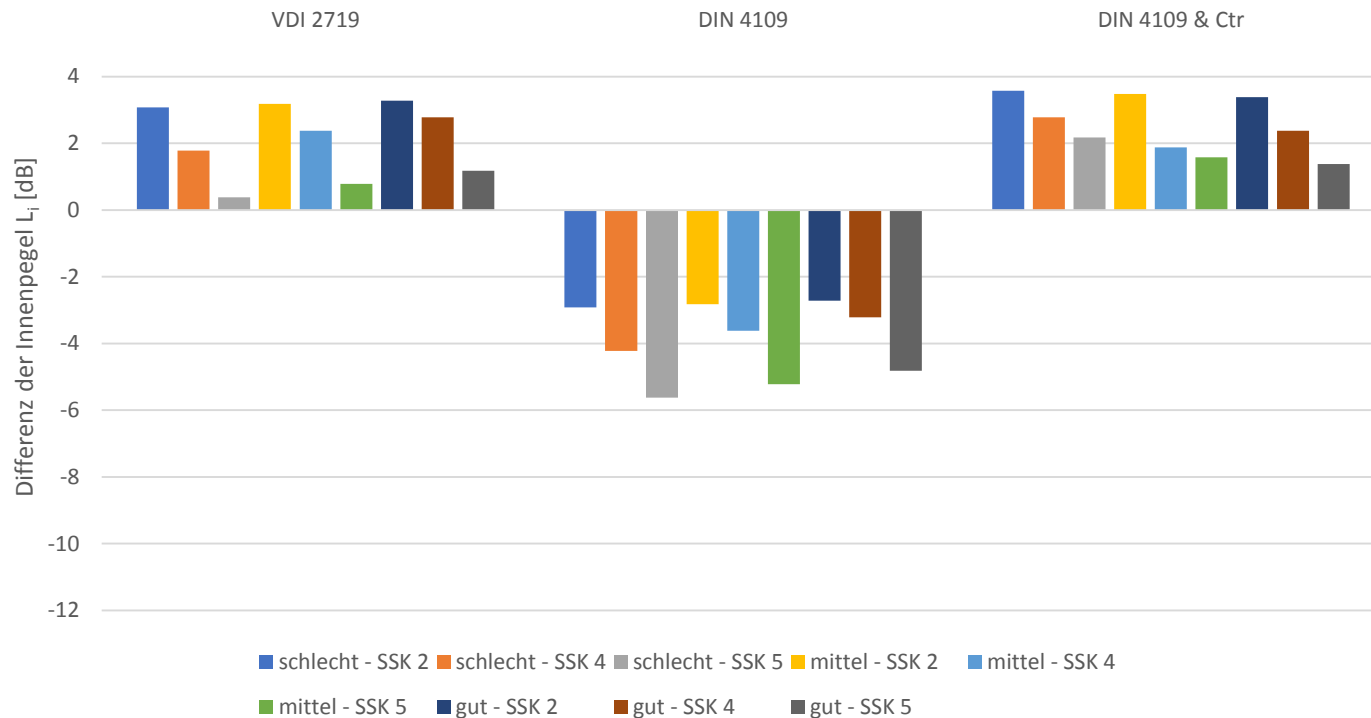


Vergleichende Berechnungen - Holzbauweise



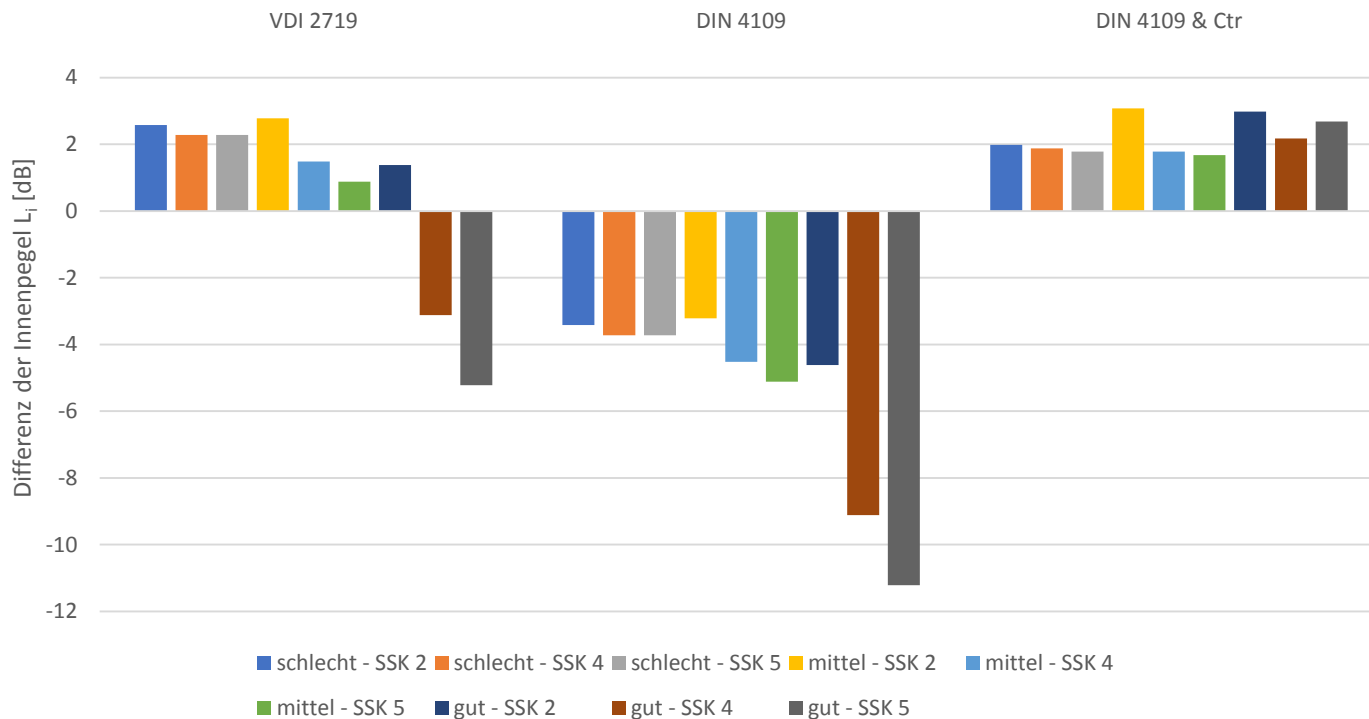
Vergleich der Innenpegel - Massivbauweise

Differenz der prognostizierten Innenpegel zum auf 0 dB normierten, spektral ermittelten Innenpegel -
Massivbauweise



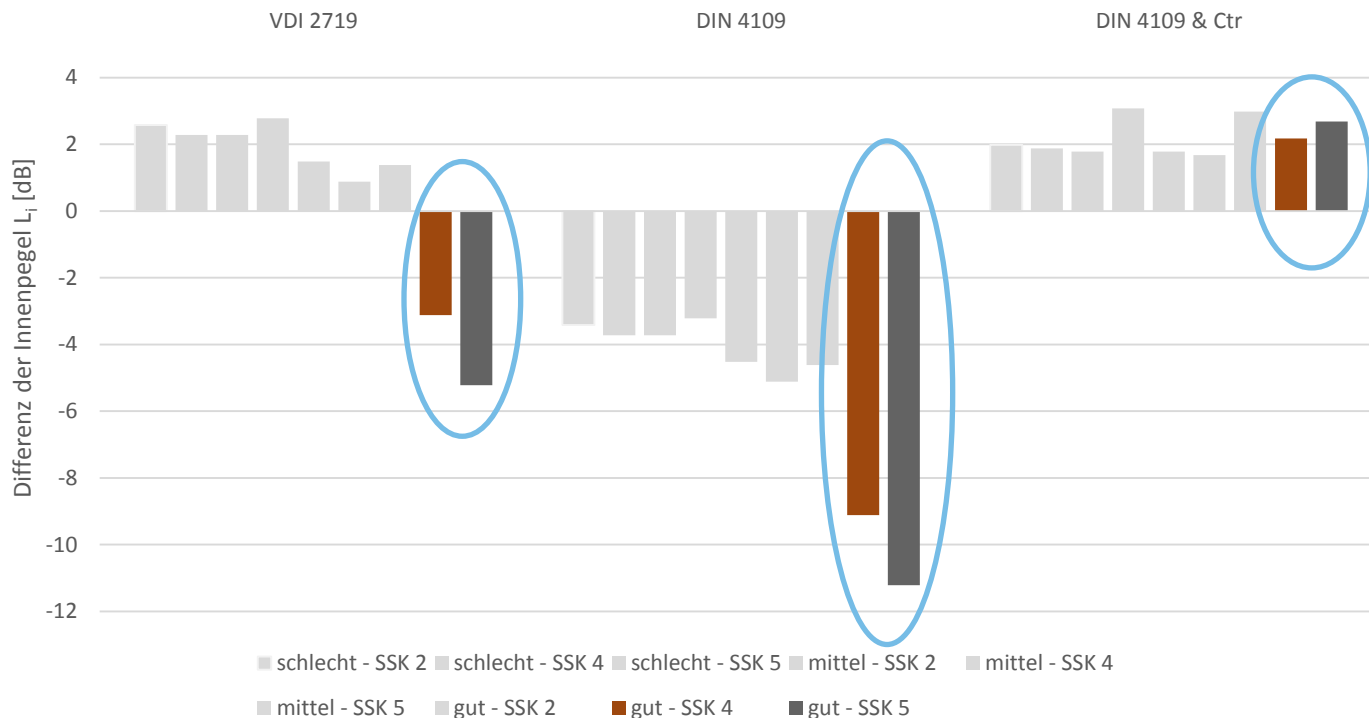
Vergleich der Innenpegel - Holzbauweise

Differenz der prognostizierten Innenpegel zum auf 0 dB normierten, spektral ermittelten Innenpegel - Holzbauweise

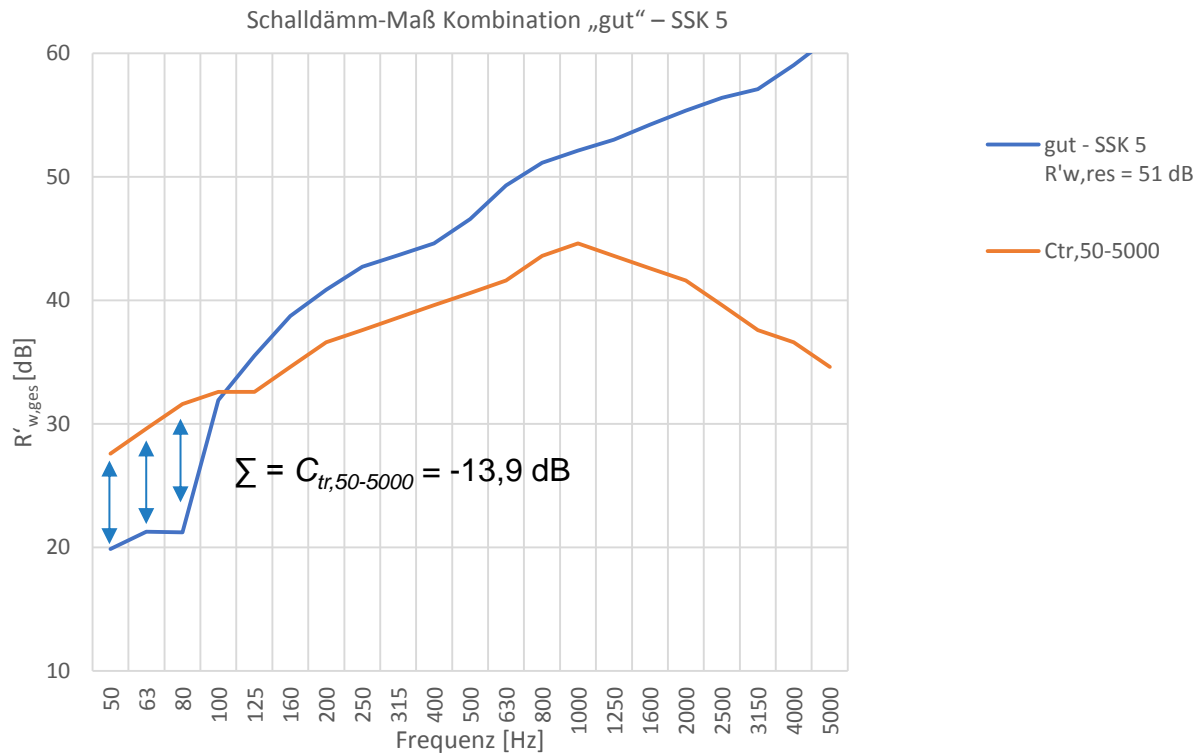


Vergleich der Innenpegel - Holzbauweise

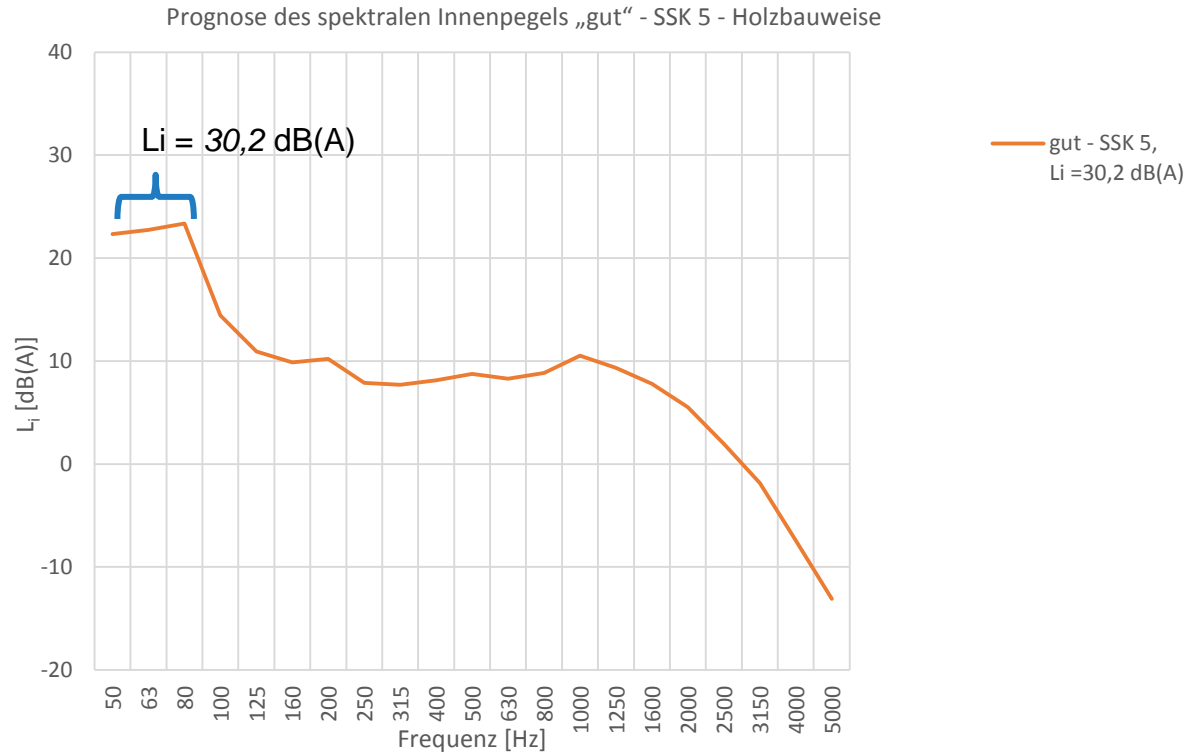
Differenz der prognostizierten Innenpegel zum auf 0 dB normierten, spektral ermittelten Innenpegel - Holzbauweise



Vergleich der Innenpegel - Holzbauweise



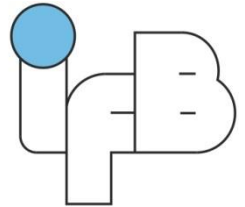
Vergleich der Innenpegel - hochschalldämmende Leichtbauweise



Fazit

WOLFGANG SORGE
INGENIEURBÜRO
FÜR BAUPHYSIK

Beratende Ingenieure VBI

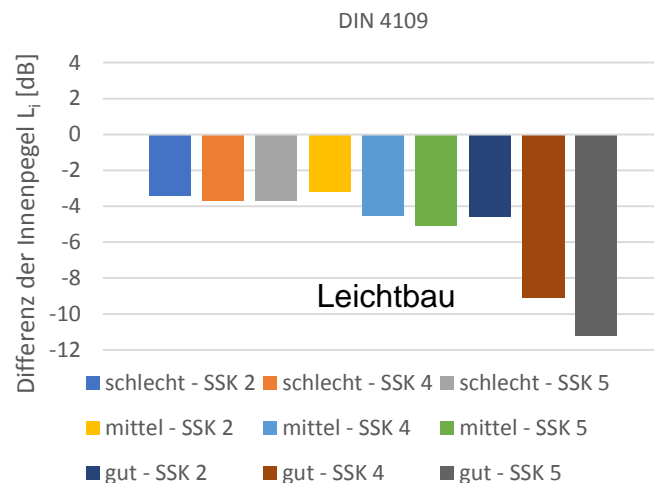
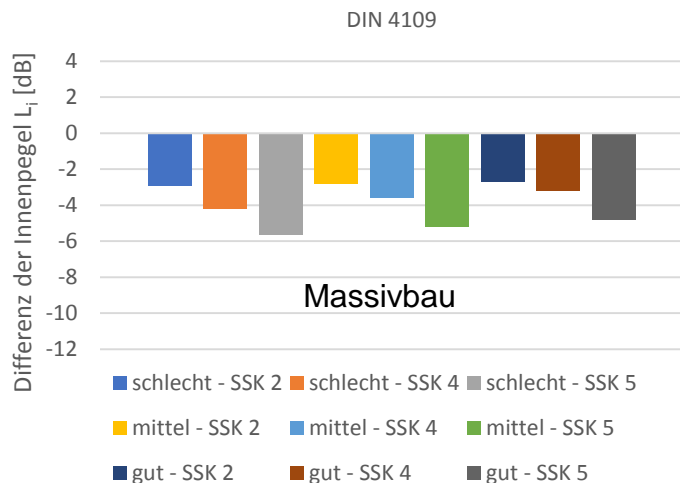


beraten
planen
prüfen

Innenpegelprognose über die verschiedenen Regelwerke

DIN 4109:

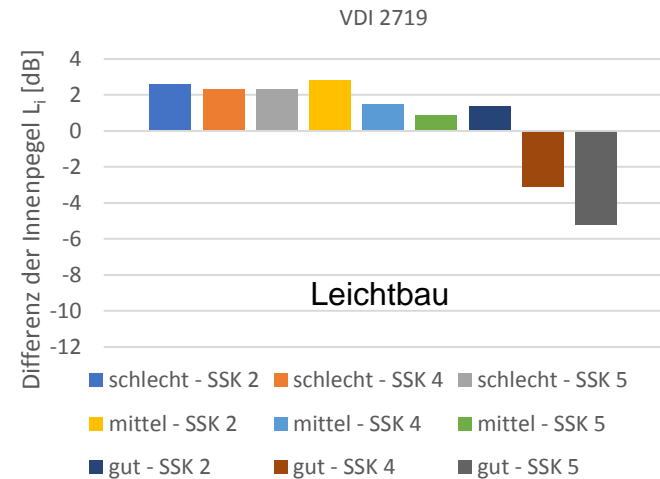
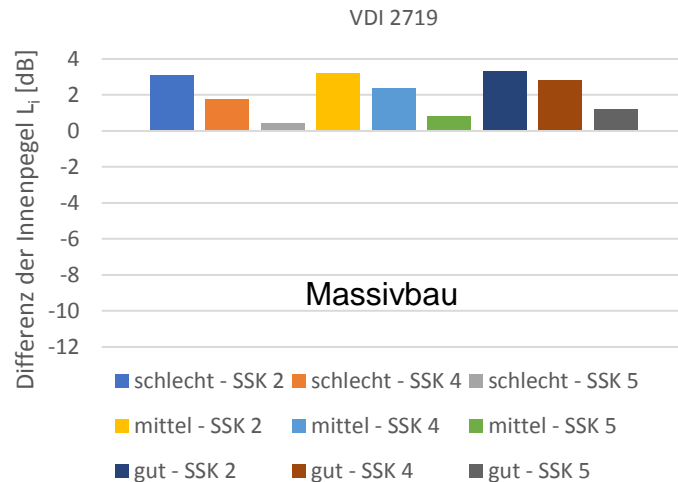
- Schutzziel der DIN 4109 $\neq K_{Raumart}$
- keine Innenpegelprognose möglich - liegt nicht auf der sicheren Seite
- DIN 4109 & $C_{tr,50-5000}$ \rightarrow sichere Prognose des Innenpegels



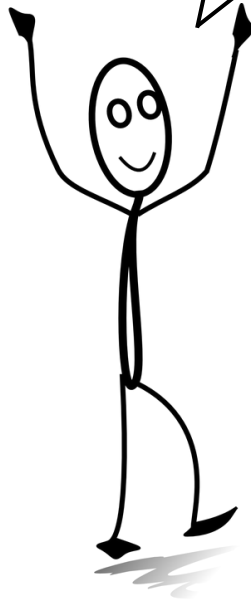
Innenpegelprognose über die verschiedenen Regelwerke

VDI 2719:

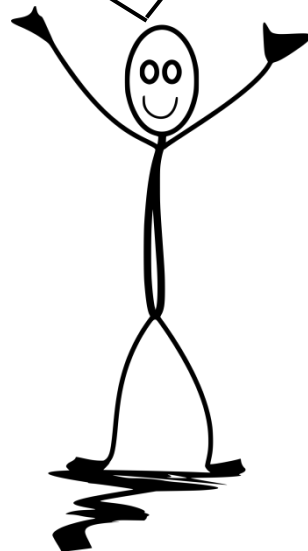
- im Allgemeinen sichere Prognose des Innenpegels
- $C_{tr,50-5000} < -8$ dB - keine verlässliche Prognose mehr möglich



Holzbau/Leichtbau?



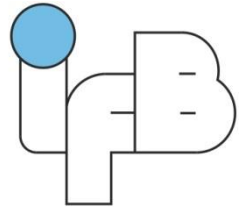
Für $C_{tr,50-5000} < -8 \text{ dB}$:
 $R'_{w,ges,korr} = R'_{w,ges} - (C_{tr,50-5000} + 8 \text{ dB})$



Ausblick DIN 4109:2018

WOLFGANG SORGE
INGENIEURBÜRO
FÜR BAUPHYSIK

Beratende Ingenieure VBI



beraten
planen
prüfen

„Schienenkorrekturterm“ nach DIN 4109-2:2018

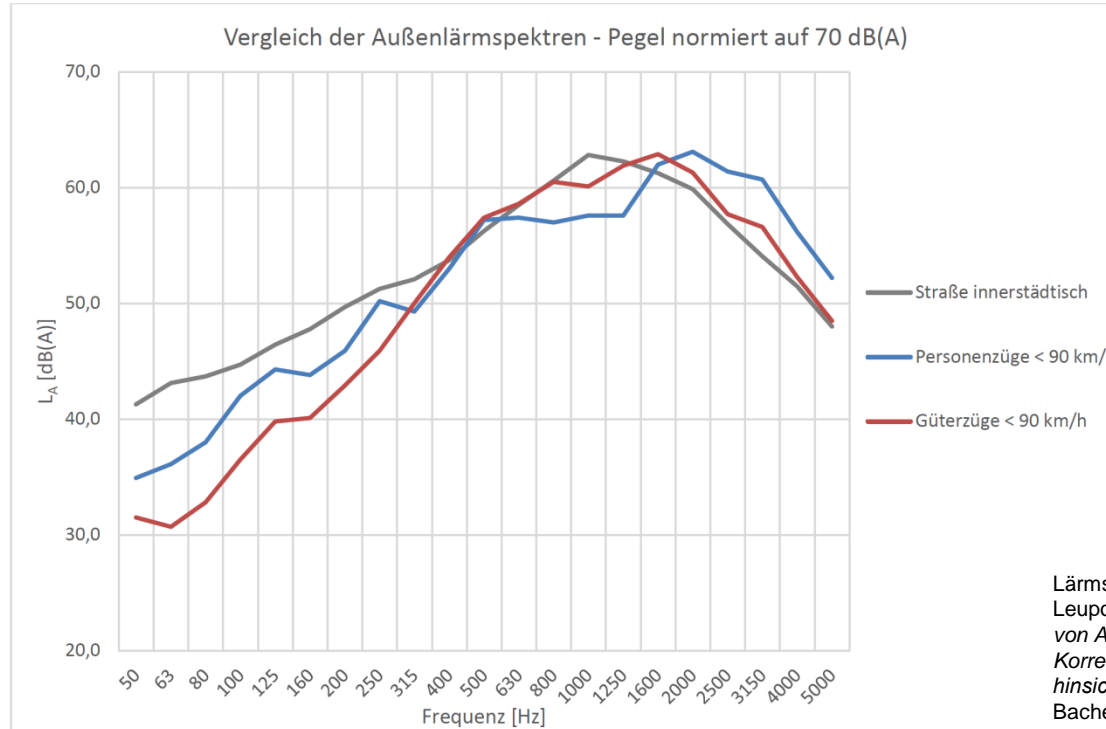
4.4.5.3 Schienenverkehr

Bei Berechnungen sind die Beurteilungspegel für den Tag (6:00 Uhr bis 22:00 Uhr) bzw. für die Nacht (22:00 Uhr bis 6:00 Uhr) nach der 16. BImSchV zu bestimmen, wobei zur Bildung des maßgeblichen Außenlärmpegels zu den errechneten Werten jeweils 3 dB(A) zu addieren sind.

Beträgt die Differenz der Beurteilungspegel zwischen Tag minus Nacht weniger als 10 dB(A), so ergibt sich der maßgebliche Außenlärmpegel zum Schutz des Nachtschlafes aus einem 3 dB(A) erhöhten Beurteilungspegel für die Nacht und einem Zuschlag von 10 dB(A).

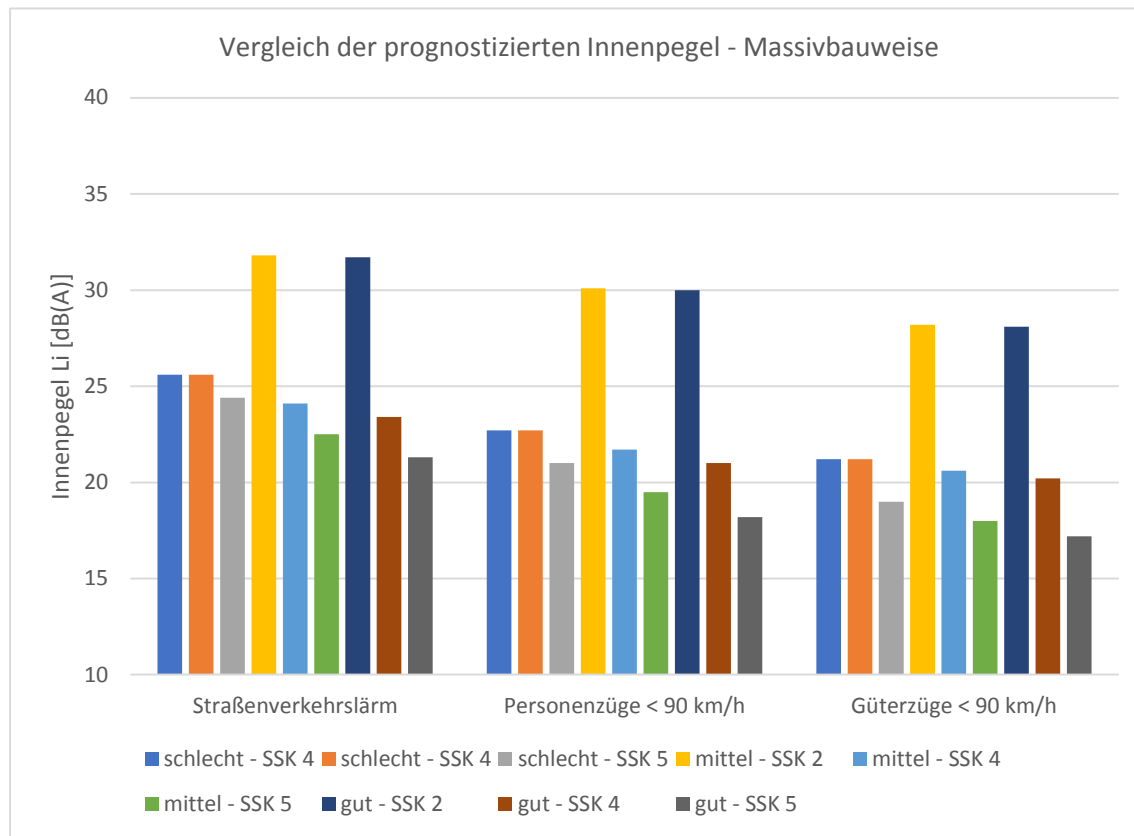
Aufgrund der Frequenzzusammensetzung von Schienenverkehrsgeräuschen in Verbindung mit dem Frequenzspektrum der Schalldämm-Maße von Außenbauteilen ist der Beurteilungspegel für Schienenverkehr pauschal um 5 dB zu mindern.

„innerstädtische“ Außenlärmspektren



Lärmspektren für Schienenverkehr aus:
Leupold, Patrick; „Ermittlung und Vergleich
von Außenlärmspektren zur Überprüfung der
Korrektursummanden der VDI 2719
hinsichtlich des Schallschutzes von Fenstern“;
Bachelorarbeit, HS Rosenheim, 2019

Spektrale Innenpegelprognose - Massivbauweise



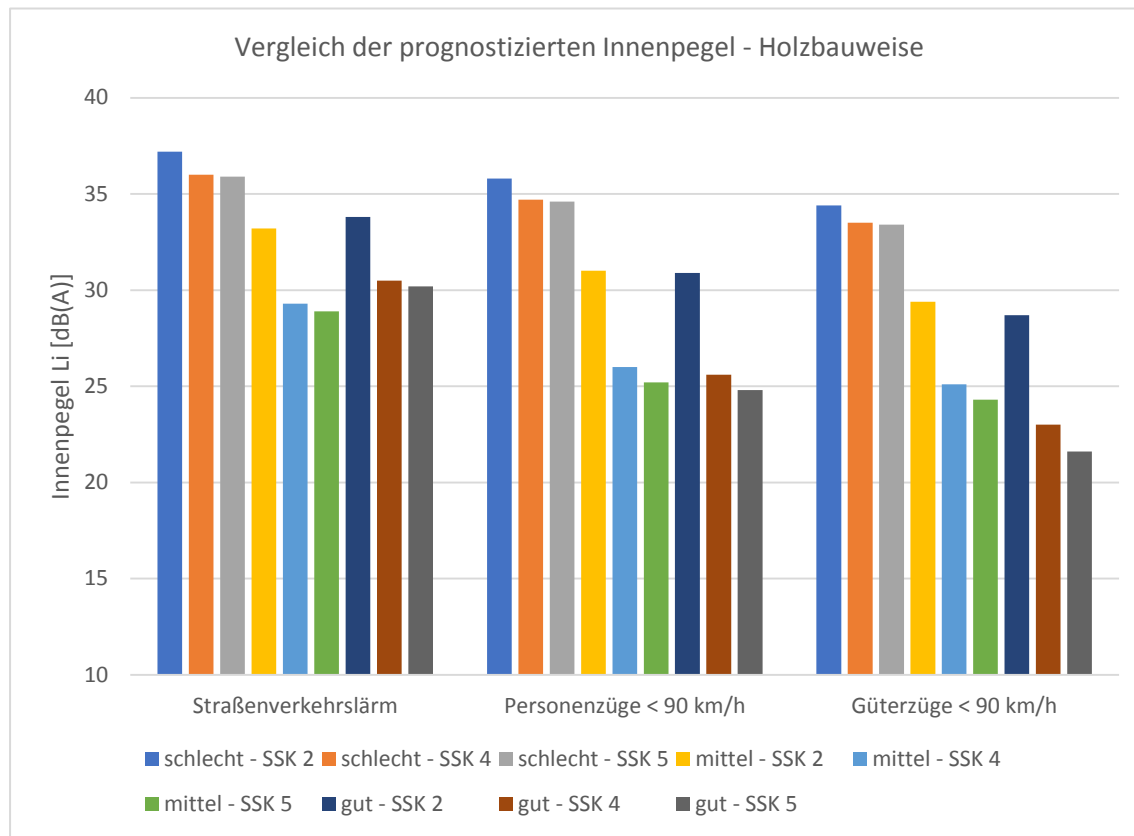
Spektrale Innenpegelprognose - Massivbauweise

Massivbauweise							
Konstruktion	Straße	Personenzug	Güterzug	R'_w	Straße	Personenzug	Güterzug
	$L_{i, \text{spektral}}$ [dB(A)]	$L_{i, \text{spektral}}$ [dB(A)]	$L_{i, \text{spektral}}$ [dB(A)]	[dB]	Korrektur- summand K [dB]	Korrektur- summand K [dB]	Korrektur- summand K [dB]
schlecht - SSK 2	32,1	30,3	28,3	41,0	3,1	1,3	-0,7
schlecht - SSK 4	25,6	22,7	21,2	49,0	4,6	1,7	0,2
schlecht - SSK 5	24,4	21,0	19,0	51,0	5,4	2,0	0
mittel - SSK 2	31,8	30,1	28,2	41,0	2,8	1,1	-0,8
mittel - SSK 4	24,1	21,7	20,6	49,0	3,1	0,7	-0,4
mittel - SSK 5	22,5	19,5	18,0	52,0	4,5	1,5	0
gut - SSK 2	31,7	30,0	28,1	41,0	2,7	1,0	-0,9
gut - SSK 4	23,4	21,0	20,2	50,0	3,4	1,0	0,2
gut - SSK 5	21,3	18,2	17,2	53,0	4,3	1,2	0,2
Mittelwert des Korrektursummanden:					3,8	1,3	-0,2

Außenlärmpegel: $L_a = 70$ dB(A)

Korrektursummand: $K = R'_w - (L_a - L_i)$

Spektrale Innenpegelprognose - Leichtbauweise

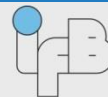


Spektrale Innenpegelprognose - Leichtbauweise

Holzbauweise							
Konstruktion	Straße	Personenzug	Güterzug	R'_w	Straße	Personenzug	Güterzug
	$L_{i, \text{spektral}}$ [dB(A)]	$L_{i, \text{spektral}}$ [dB(A)]	$L_{i, \text{spektral}}$ [dB(A)]	[dB]	Korrektur- summand K [dB]	Korrektur- summand K [dB]	Korrektur- summand K [dB]
schlecht - SSK 2	37,2	35,8	34,4	36,0	3,2	1,8	0,4
schlecht - SSK 4	36,0	34,7	33,5	38,0	4,0	2,7	1,5
schlecht - SSK 5	35,9	34,6	33,4	38,0	3,9	2,6	1,4
mittel - SSK 2	33,2	31,0	29,4	40,0	3,2	1,0	-0,6
mittel - SSK 4	29,3	26,0	25,1	45,0	4,3	1,0	0,1
mittel - SSK 5	28,9	25,2	24,3	46,0	4,9	1,2	0,3
gut - SSK 2	33,8	30,9	28,7	41,0	4,8	1,9	-0,3
gut - SSK 4	30,5	25,6	23,0	49,0	9,5	4,6	2
gut - SSK 5	30,2	24,8	21,6	52,0	12,2	6,8	3,6
Mittelwert des Korrektursummanden:					5,6	2,6	0,9

Außenlärmpegel: $L_a = 70 \text{ dB(A)}$

Korrektursummand: $K = R'_w - (L_a - L_i)$



Zusammenfassung

Korrektursummand K in dB			
	$K_{\text{Straße, innerstädtisch}}$	$K_{\text{Personenzug < 90km/h}}$	$K_{\text{Güterzug < 90 km/h}}$
VDI 2719	6	0 (...überwiegendem Personenverkehr)	3 (übrige Bahnstrecken)
Fenster (Ansatz: HS Rosenheim, informativ)	2,8	0,9	-0,2
Massivwand & Fenster	3,8	1,3	-0,2
Holz wand & Fenster	5,6	2,6	0,9

„Schienenkorrekturterm“ (=Differenz der Korrektursummanden) 2 – 3 dB

Zusammenfassung

Korrektursummand K in dB			
	$K_{\text{Straße, innerstädtisch}}$	$K_{\text{Personenzug < 90km/h}}$	$K_{\text{Güterzug < 90 km/h}}$
VDI 2719	6	0 (...überwiegendem Personenverkehr)	3 (übrige Bahnstrecken)
Fenster (Ansatz: HS Rosenheim, informativ)	2,8	0,9	-0,2
Massivwand & Fenster	3,8	1,3	-0,2
Holz wand & Fenster	5,6	2,6	0,9

„Schienenkorrekturterm“ 2 – 3 dB für Personenzüge und 4 – 5 dB für Güterzüge

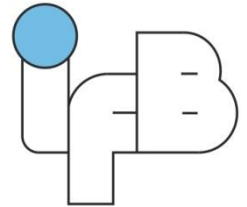
Fragen



Wilfried Wieland
www.ifbSorge.de

WOLFGANG SORGE
INGENIEURBÜRO
FÜR BAUPHYSIK

Beratende Ingenieure VBI



beraten
planen
prüfen