

Formelsammlung

Formelsammlung

Formelsammlung

Formel

Technische Akustik

Formelsammlung

2016

Jan Borgers

ammlung

Formelsammlung

Formelsammlung

Formelsammlung

Formelsammlung

Formelsammlung

Formelsammlung

Formelsammlung

1. Grundlagen	
• Bezugsgrößen für Schalldruck; Schallleistung	Seite 2
• Filterkurven A-; B-; C-Gewichtung	Seite 3
• Terz-; Oktavfilter und deren Bandbreiten	Seite 5
• Rauschsignale / Impulse	Seite 7
2. Luftströmungswiderstand	
• Definition	Seite 10
• Berechnung aus Faser- und Vlieseigenschaften	Seite 11
• Luftströmungswiderstand perforierter, gelochter Folien und Platte	Seite 14
3. Luftschallabsorption /Luftschalldämpfung	
• Schallkennimpedanz (Impedanzrohr ISO 10 534)	Seite 16
• „Normierte“ Luftschallabsorption	Seite 20
• Hallraum (ISO 354)	Seite 22
• Bewertung des Absorptionsgrades nach ISO 11654	Seite 28
4. Luftschalldämmung /Luftschallisolation	
• Schalldämmmass R basierend auf Schalleistung	Seite 31
• Apamat	Seite 31
• Decken-, Fensterprüfstand /LS-box	Seite 31
• Bewertetes Schalldämm-Maß	Seite 34
• Resonanz / Verlustfaktor / Speichermodul	Seite 36
5. Intensität / Schalleistung für die „Weiße Industrie“	Seite 46
6. Kraftfahrzeugakustik	
• Schalldruckpegel und Ordnungsanalyse	Seite 48
• Artikulationsindex	Seite 49
• Außengeräusch Vorbeifahrt ISO 362	Seite 52
Bauteil- und Fahrzeuganalyse; Benchmark mittels Geräuschsimulation	
• Mittlere äquivalente Luftschallabsorption einer KFZ-Karosserie	Seite 53
• Lautsprecher-simulation Reifen-, Motor-, Abgasmündungsgeräusch	Seite 55
• Karosserie Einfügedämmung	Seite 58
• Nachhallzeit im Fahrzeug	Seite 59

Mittlere äquivalente Absorption einer Automobilkarosse

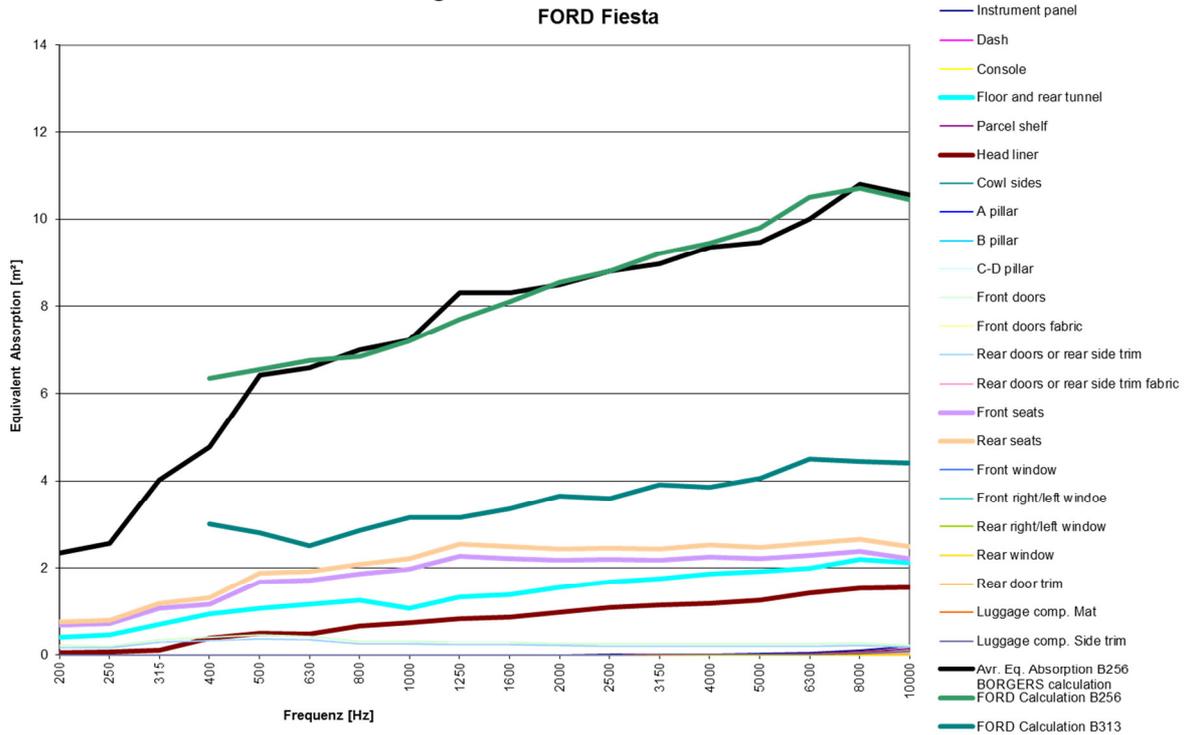
Fläche	Wirksame Fläche		ABSORPTIONSKOEFFIZIENT						ÄQUIV. ABSORPTION					
	Fläche [m²]	Akustisch unwirksam	200	250	315	400	500	630	200	250	315	400	500	630
Abstrahlungsflächen														
Instrument panel	1.56	0%	1.56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dash	0.70	80%	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Console	0.55	100%	0.55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Floor and rear tunnel	2.33	60%	0.89	0.20454545	0.30909091	0.41818182	0.47727273	0.52272727	0.16181818	0.18204545	0.21509091	0.37218182	0.42477273	0.46522727
Parcel shelf	1.10	100%	1.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pilead liner	2.10	30%	1.47	0.01969231	0.02953846	0.04923077	0.17723077	0.23630769	0.02894769	0.04342154	0.07236923	0.26052923	0.34737231	0.33289846
Cowl sides	0.43	100%	0.43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A pillar	0.12	0%	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B pillar	0.40	100%	0.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-D pillar	0.28	100%	0.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Front doors	1.08	100%	1.08	0.19	0.18	0.3173	0.367975	0.41865	0.20558	0.19476	0.3433186	0.39814895	0.4529783	0.41686755
Rear doors or rear side trim	0.88	0%	0.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rear doors or rear side trim fabric	0.12	100%	0.12	0	0	0	0	0	0.16739	0.15868	0.2795413	0.32418598	0.36883065	0.33942728
Front seats	4.00	0%	4.00	0.10795455	0.15909091	0.24431818	0.21590909	0.23295455	0.43181818	0.63636364	0.97727273	0.86363636	0.93181818	0.88636364
Rear seats	5.09	12%	4.48	0.10795455	0.15909091	0.24431818	0.21590909	0.23295455	0.48374	0.71288	1.09478	0.96748	1.04386	0.92984
Front window	1.16	0%	1.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Front right/left window	0.53	0%	0.53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rear right/left window	0.80	100%	0.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rear window	0.38	100%	0.38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rear door trim	0.52	100%	0.52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Luggage comp. Mat	0.65	100%	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Luggage comp. Side trim	0.60	100%	0.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fläche	BAUTEILBESCHREIBUNG						ABSORPTIONSKOEFFIZIENT im Fahrzeug							
25.43	22.29	0.79741958	0.91226573	1.48155604	1.76318077	2.01678951	1.96282063							
1.95 m²	Headliner	PUF	0.0384	0.0576	0.096	0.3456	0.4416		1.47929406	1.92805063	3.04237277	3.18616234	3.56963317	3.4337242
	Headliner	Fell	0.192	0.192	0.4992	0.7672	0.5952	1.0366	#NV	#NV	#NV	6.35	6.55	6.75
2.2 m²	carpet	Wool	0.4	0.45	0.68	0.92	1.05	1.15	#NV	#NV	#NV	3	2.8	2.5
	carpet	TPO	0	0	0	0	0	0						
1.76 m²	seats	velours	0.3	0.34	0.47	0.56	0.79	0.78						
	seats	PVC	0.29	0.28	0.46	0.69	0.69	0.72						
	seats	standard	0.295	0.31	0.465	0.51	0.74	0.75						
	seats	full leather/PV	0.19	0.28	0.43	0.38	0.41	0.39						
1 m²	load side trim	Wool	0.06	0.15	0.24	0.25	0.31	0.42						
	load side trim	TPO	0	0	0	0	0	0						
1 m²	load mat	Wool	0	0	0.04	0.03	0.02	0.07						
	load mat	TPO	0	0	0	0	0	0						
1.2 m²	parcel shelf	Wool	0.075	0.111	0.204	0.135	0.294	0.282						
1 m²	door trim	Wool	0.19	0.18	0.32	0.37	0.42	0.39						
	door trim	TPO	0	0	0	0	0	0						

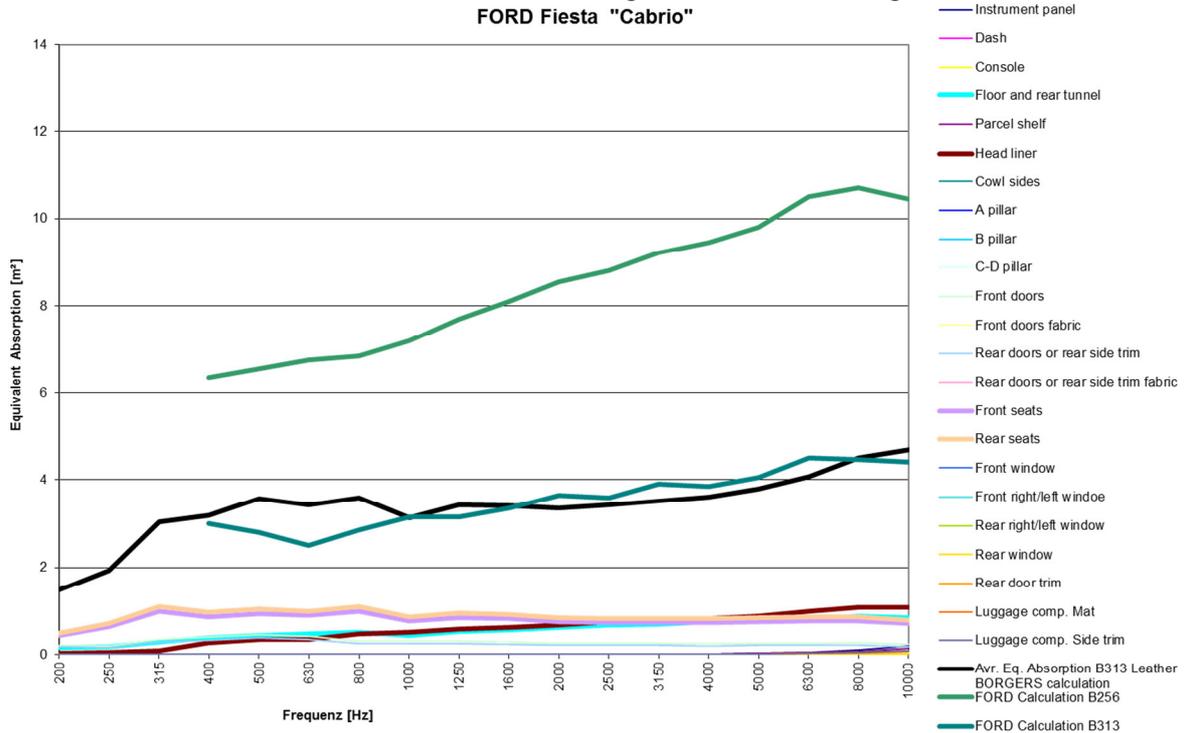
Berechnung der äquivalenten Absorption aus Absorptionsgrad – siehe auch unter Hallraum:

$$A * \alpha_s = 55,3 * V * \frac{1}{c_0 * \sqrt{\frac{t_u}{T_0} + 1}} * \left(\frac{1}{T_{Probe}} - \frac{1}{T_{leer}} \right)$$

PKW mit bekannter Serienausstattung



PKW mit Ledersitzen, TPO-Folie auf Bodenauskleidung und Dachauskleidung

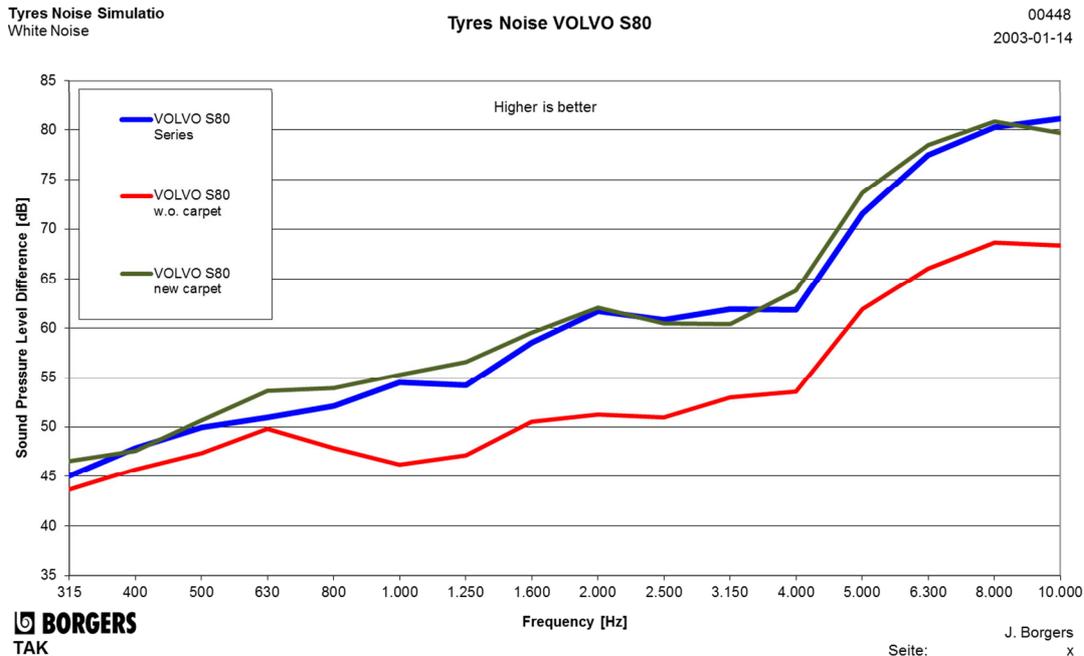


Entsprechend der Abnahme der Äquivalenten Absorption des Fahrgastraumes nimmt der Schalldruckpegel im Fahrzeug um ca. 4,5 dB zu

Reifen-, Abgasmündungs- und Motorgeräuschsimulation im Halbfreifeldraum (Absorptionsraum KFZ)

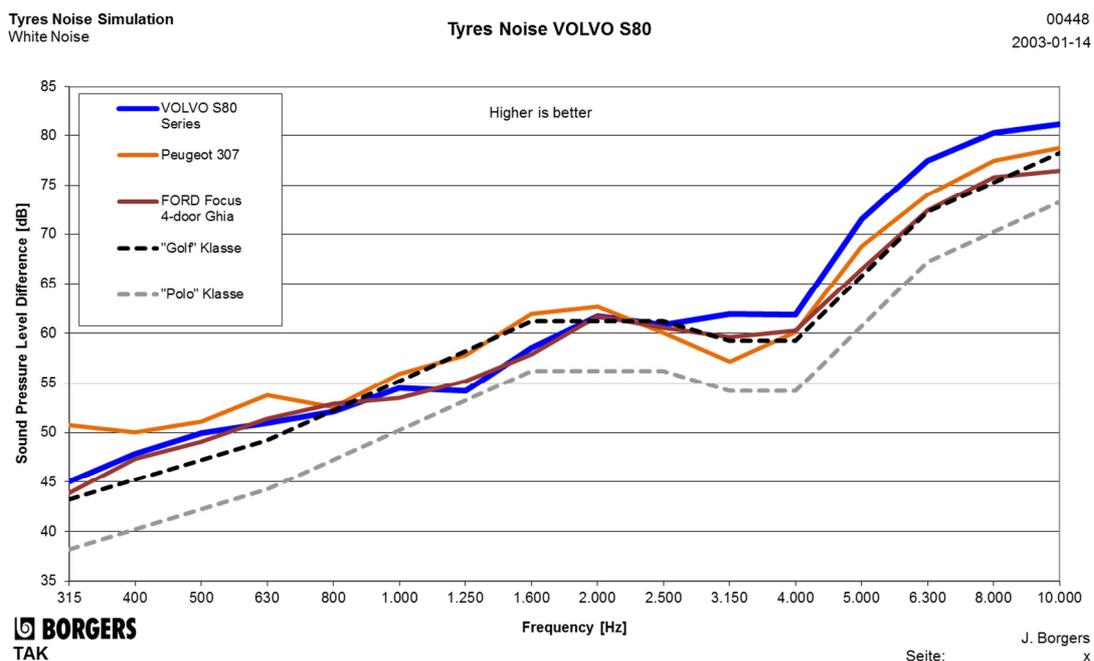
Ausgewertet werden Schalldruckpegeldifferenzen aus einer oder mehreren Mikrofon(en) Bezugsposition(en) und mindestens 4 Mikrofonpositionen im Fahrzeug jeweils energetisch gemittelt mit Gewichtung für die niedrigste Einfügedämmung, das niedrigste Schalldämm-Maß (s. Formel unten).

Reifengeräusch Bauteilanalyse



Deutlich der Positive Einfluss der Bodenteppich Systeme

Reifengeräusch Benchmark

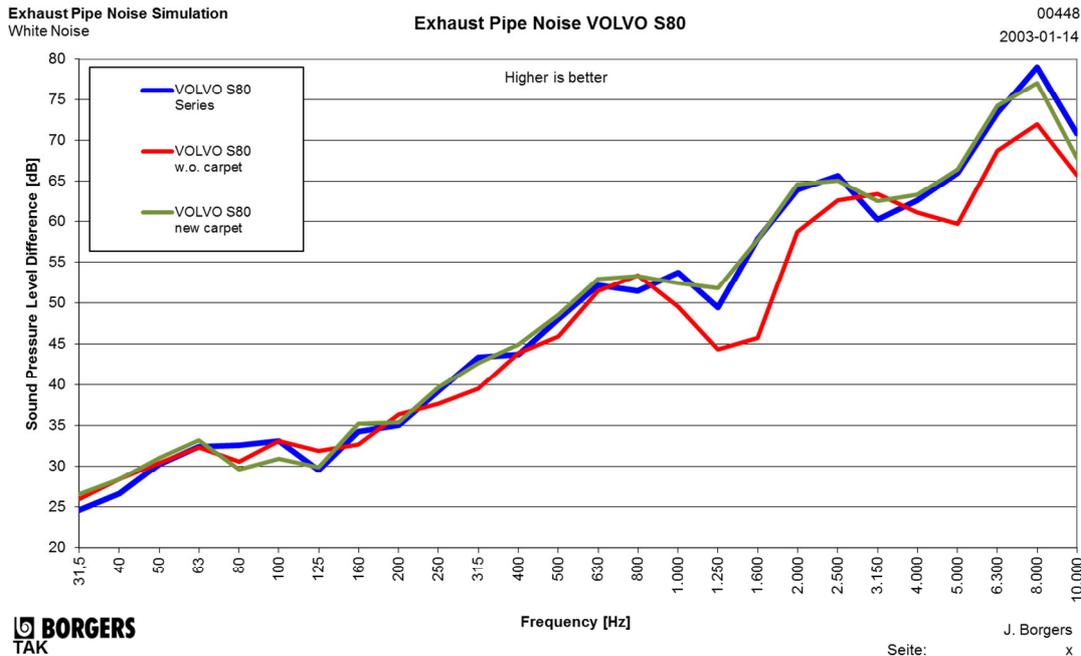


Formel zu Reifen-, Abgasmündungs- und Motorgeräuschsimulation und Karosseriedämmung

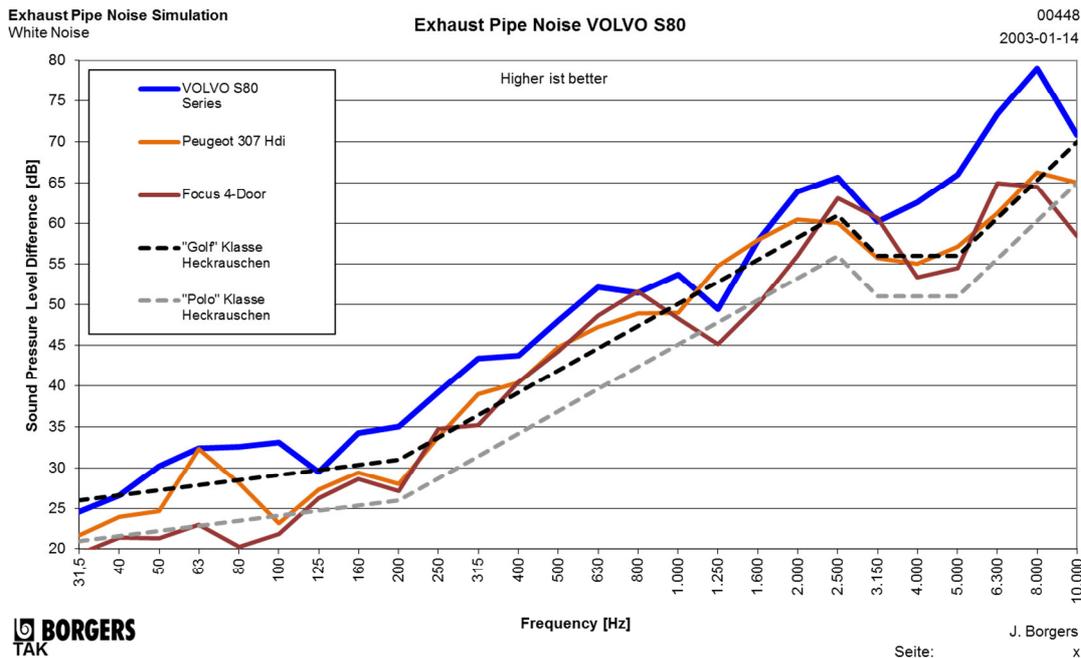
$$LEQ_{Diff} = \underbrace{\left(-10 * \lg\left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} 10^{\left(\frac{-LEQ_i_{Bezug}}{10}\right)}\right)\right)}_{LEQ \text{ Geräuschquelle}} - \underbrace{\left(-10 * \lg\left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} 10^{\left(\frac{-LEQ_i_{Karosse}}{10}\right)}\right)\right)}_{LEQ \text{ Fahrgastraum}}$$

Mit Gewichtung für die niedrigste Einfügedämmung, das niedrigste Schalldämm-Maß.

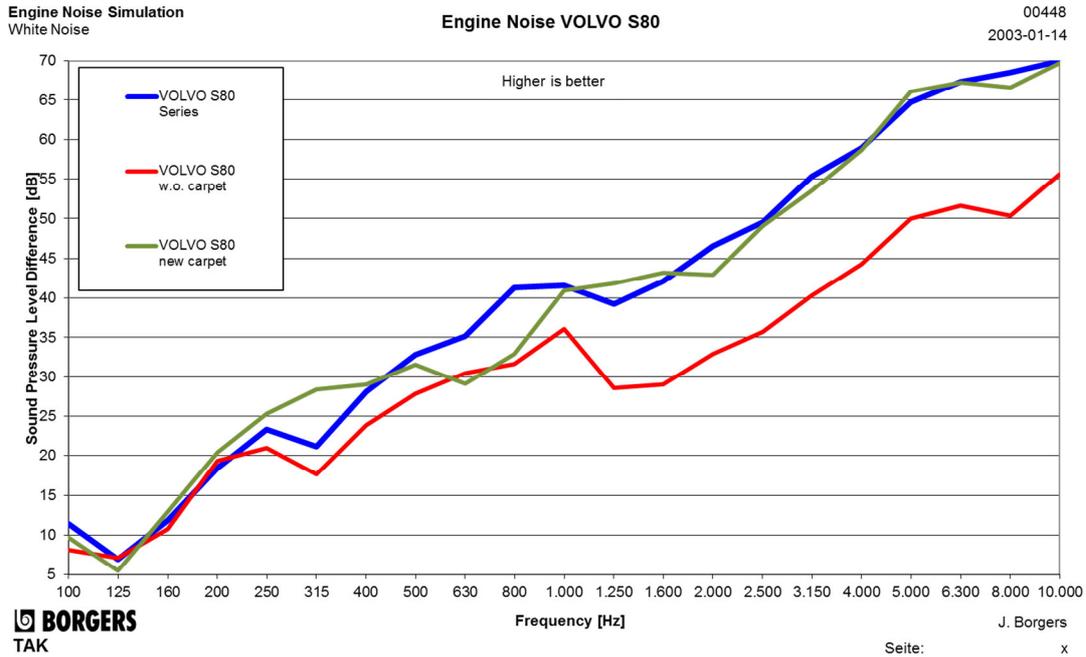
Abgasmündungsgeräusch Bauteilanalyse



Abgasmündungsgeräusch Benchmark

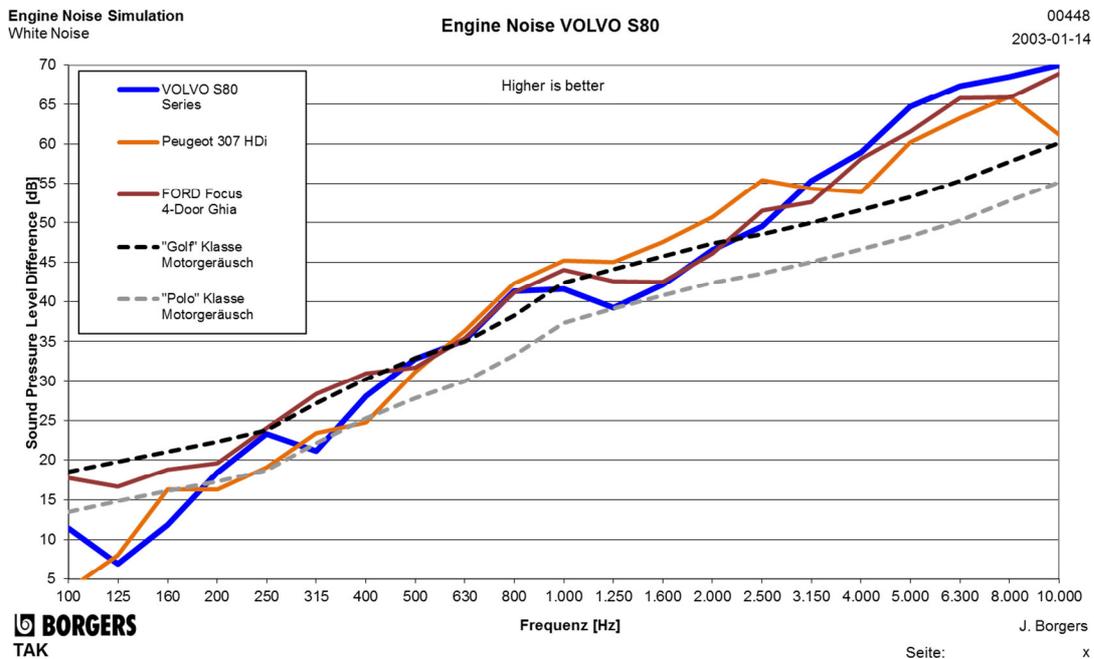


Motorgeräusch Bauteilanalyse



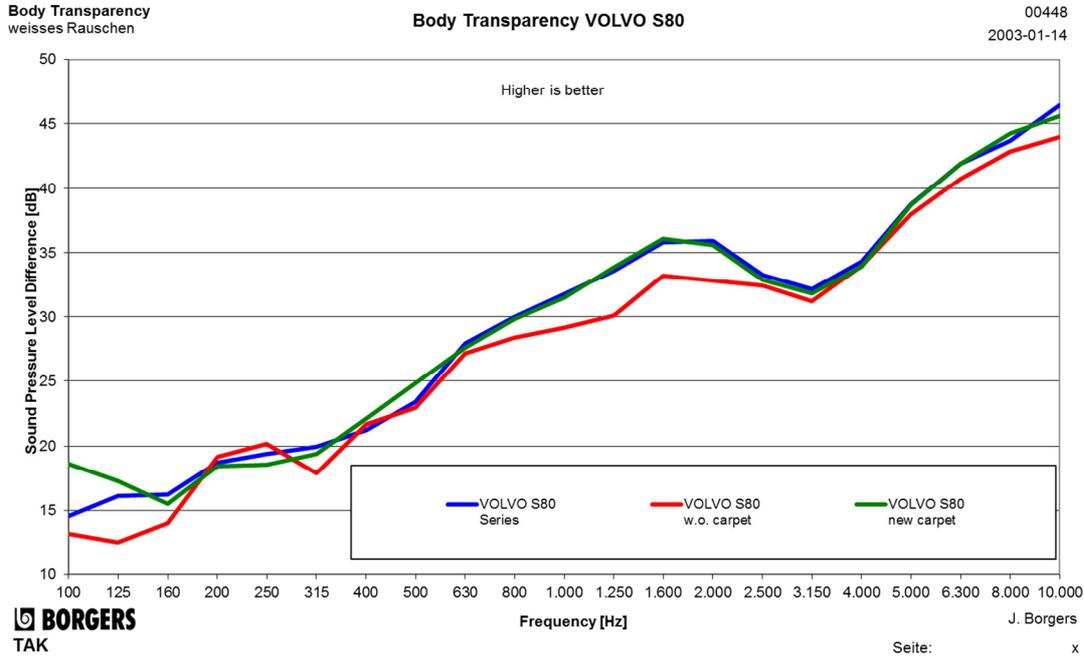
Deutlich zu sehen die Verschiebung der Resonanzen der Bodenteppichsysteme.
Deutlich der Positive Einfluss der Bodenteppich Systeme

Motorgeräusch Benchmark

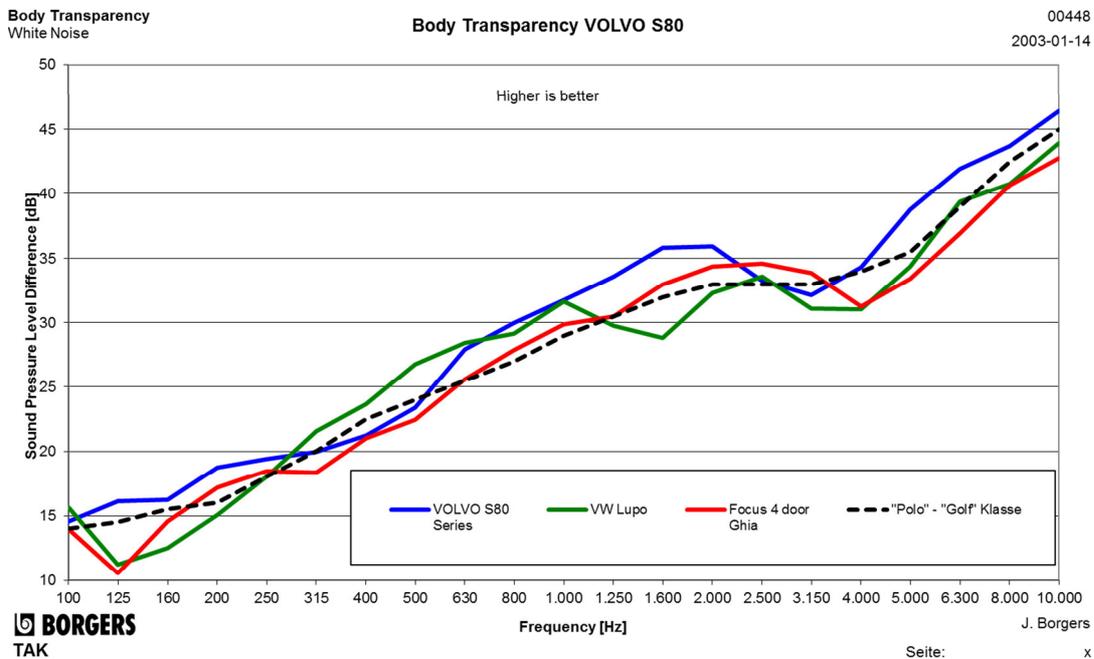


Karosserie Einfügedämmung im Hallraum

Karosseriedämmung Bauteilanalyse

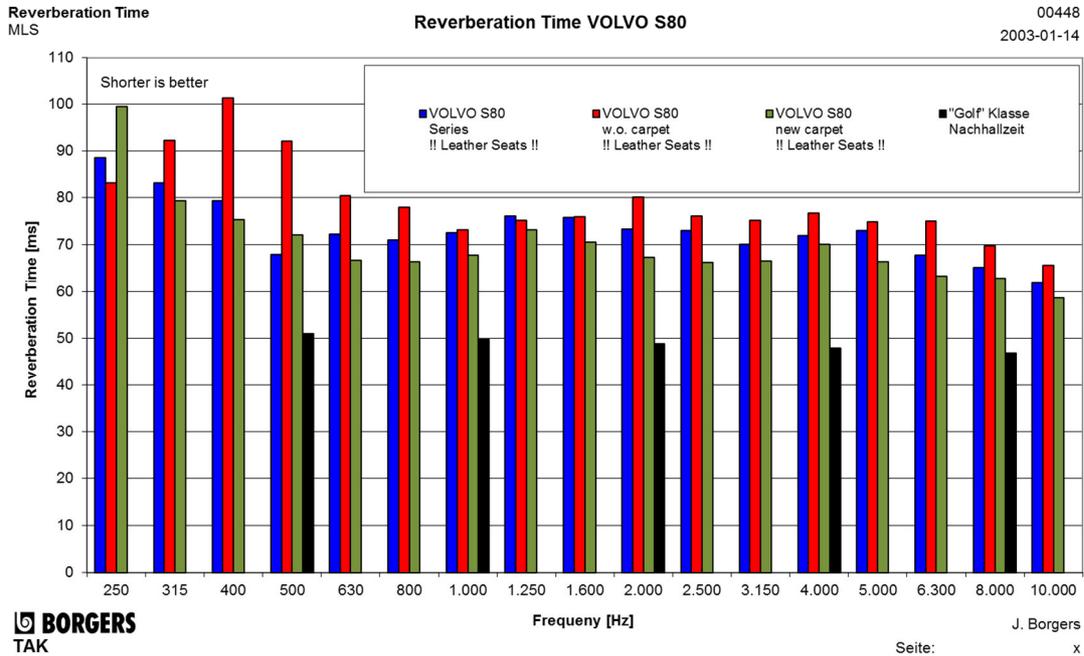


Karosseriedämmung Benchmark

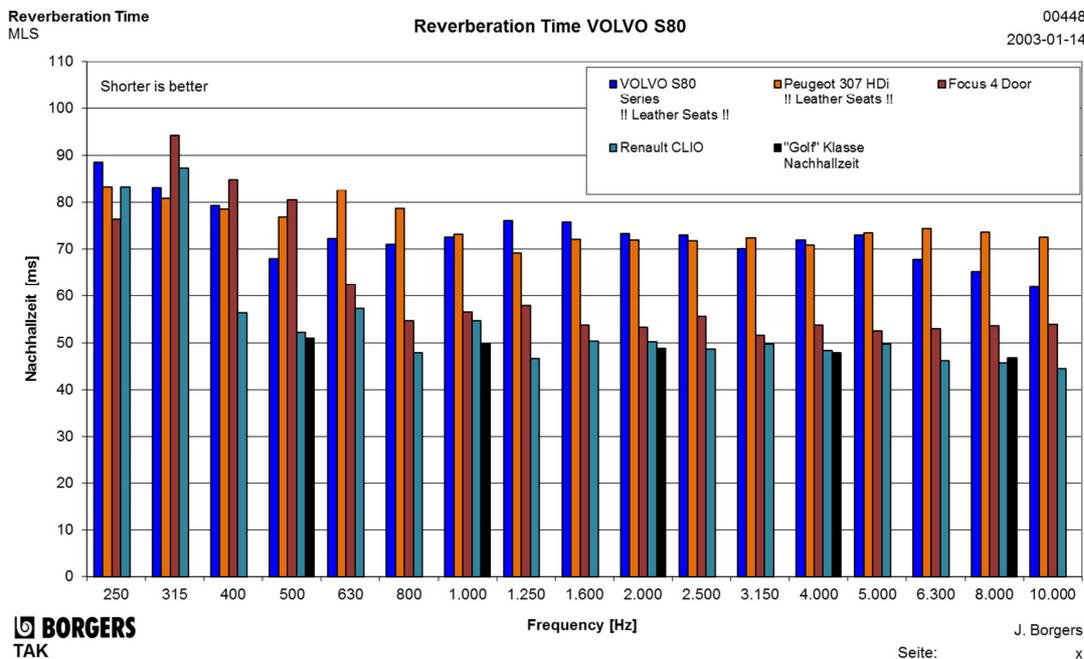


Nachhallzeit T_{60} Zeit, in Sekunden, die der Schall benötigt, um nach dem Abschalten der Schallquelle um 60 dB abzuklingen, gerechnet aus T_{30} oder T_{20} . Siehe auch Abschnitt Nachhallzeit. Arithmetische Mittelung aus 12 Mikrofonpositionen zu jeweils 30° auf dem Messkreis.

Nachhallzeit Bauteilanalyse



Nachhallzeit Benchmark



Der deutlich negative Einfluss der Ledersitze bei der Nachhallzeit im Fahrzeug erhöht den Schalldruckpegel im Fahrzeug um bis zu 3 dB.