

**Baubetriebliche Untersuchungen und Optimierungsansätze von  
schallschutztechnisch relevanten Innenbauteilen im  
Mehrfamilienwohnungsbau**

Von der Fakultät Bauwesen der Universität Dortmund  
angenommene

DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Doktors  
der Ingenieurwissenschaften

von

Dipl.-Ing. Michael Jablonski

Dortmund

Juni 1999

Tag der mündlichen Prüfung: 04. November 1999

1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Udo Blecken
2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Volker Kuhne



## **Vorwort**

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Baubetrieb des Fachbereichs Bauwesen an der Universität Dortmund.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Udo Blecken danke ich herzlich für die Anregung zu diesem Thema und für seine Betreuung. Seine Hilfestellungen und Ratschläge haben wesentlich zum Gelingen der Dissertation beigetragen.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Volker Kuhne danke ich für das Interesse an meiner Arbeit und seine Bereitschaft, daß Koreferat zu übernehmen.

Ebenso sei Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Achim Hettler als Vorsitzendem des Promotionsausschusses gedankt sowie Herrn Univ.-Prof. Dr.-phil. Norbert Nußbaum als weiteres Mitglied des Promotionsausschusses.

Ein besonderer Dank ist an Herrn Ministerialdirigent a.D. Honorarprofessor Dr.-Ing. Dr.-Ing. e.h. Herbert Ehm gerichtet, der die Arbeit mit seinen Anregungen bereichert hat.

Den Kolleginnen und Kollegen vom Lehrstuhl für Baubetrieb danke ich für ihre Unterstützung, wobei mein besonderer Dank an Herrn Dr.-Ing. Johannes Rehmann und Herrn Dipl.-Ing. Mike Gralla gerichtet ist.

Mehrere Firmen haben kostenlos diverse Unterlagen zur Verfügung gestellt, ihnen sei hiermit ebenfalls gedankt.

**Baubetriebliche Untersuchungen und Optimierungsansätze von  
schallschutztechnisch relevanten Innenbauteilen im  
Mehrfamilienwohnungsbau**

**Inhaltsverzeichnis:**

	<b>Seite:</b>
Inhaltsverzeichnis .....	II
Abkürzungsverzeichnis .....	VII
Verzeichnis kennzeichnender Größen .....	IX
Abbildungsverzeichnis .....	X
<b>0.) Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>1.) Aufgabenstellung und Zielsetzung .....</b>	<b>2</b>
1.1 Zielsetzung der Arbeit .....	2
1.2 Abgrenzung der Arbeit .....	4
1.2.1 Abgrenzung „innerer Schallschutz“ .....	4
1.2.2 Abgrenzung der Gebäudeart .....	4
1.3 Aufbau der Arbeit .....	5
<b>2.) Grundlagen .....</b>	<b>7</b>
2.1 Schall im Wohnungsbau .....	7
2.1.1 Schallarten .....	7
2.1.2 Einfluß des Schalls auf die Bewohner .....	10
2.1.3 Schallschutz .....	12
2.2 Schallschutznormung und Richtlinien .....	15
2.2.1 DIN 4109 .....	17
2.2.2 VDI 4100 .....	19

2.2.3	Notwendigkeit der VDI 4100 neben der DIN 4109 .....	21
2.3	Rechtliche und wirtschaftliche Folgen durch mangelhaften Schallschutz .....	29
2.3.1	Stand der Rechtsprechung .....	29
2.3.2	Nachträgliche Beseitigung von Schallschutzmängeln .....	34
2.4	Stand des Schallschutzes im Wohnungsbau .....	35
2.4.1	Stand der Schallschutzplanung in der Entwurfsphase .....	35
2.4.2	Anforderungen des Bauherrn .....	40
2.4.3	Erwartungen der Bewohner .....	40
2.4.4	Ausführung .....	42
<b>3.)</b>	<b>Vorschläge und Konstruktionsgrundlagen für wirtschaftlichen</b>	
	<b>Schallschutz</b> .....	44
3.1	Entwurfsplanung und konstruktive Durchbildung .....	44
3.1.1	Raumanordnung / Grundrißgestaltung .....	45
3.1.2	Berechnungsverfahren .....	46
3.1.3	Wahl der Konstruktion .....	49
3.1.4	Flankierende Bauteile .....	50
3.1.5	Einschalten von Fachplanern .....	51
3.2	Ausführung .....	53
3.3	Schallschutzverbesserung durch Vorfertigung .....	55
3.3.1	Vorfertigung Massivwandelemente .....	56
3.3.2	Vorfertigung Treppenläufe .....	57
3.3.3	Vorfertigung Deckenelemente .....	58
3.3.4	Vorfertigung Installationen .....	59
3.3.5	Vorfertigung Vorwandelemente .....	59
3.3.6	Vorfertigung Ständerwände .....	60
3.3.7	Vorfertigung Vorsatzschalen .....	61
<b>4.)</b>	<b>Kostenuntersuchungen schallschutzrelevanter Bauteile/ Gewerke</b> .....	62
4.1	Wände .....	62
4.1.1	Tragfähigkeit von Massivwänden .....	65
4.1.2	Kostenänderung infolge Laständerung .....	67
4.1.3	Wohnflächenveränderung .....	68

4.1.4	Normalbeton .....	69
4.1.5	Konstruktionsleichtbeton .....	73
4.1.6	Schwerbeton .....	74
4.1.7	Mauerwerk .....	75
4.1.8	Vorsatzschalen .....	80
4.1.9	Leichte nichttragende Trennwände .....	84
	4.1.9.1 Massivwände .....	85
	4.1.9.2 Massivwände mit Vorsatzschale .....	89
	4.1.9.3 Ständerwände .....	89
4.1.10	Kostenvergleich Wände .....	92
4.2	Türen .....	94
4.3	Massivdecken .....	95
	4.3.1 Kostenänderung infolge Laständerung .....	99
	4.3.2 Kostenänderung durch Änderung der Deckendicke .....	100
	4.3.3 Normalbeton .....	102
	4.3.4 Konstruktionsleichtbeton .....	104
	4.3.5 Schwerbeton .....	105
	4.3.6 Spannbetonhohlplatten .....	105
	4.3.7 Estrich / Deckenauflagen .....	106
	4.3.7.1 Biegeweiche Unterdecken .....	107
	4.3.7.2 Estrich .....	109
	4.3.7.3 Weichfedernder Bodenbelag .....	110
	4.3.7.4 Hohlräumeböden/ Doppelböden .....	111
	4.3.8 Kostenvergleich Massivdecken .....	112
4.4	Treppenläufe und -podeste .....	113
4.5	Installationen/ haustechnische Anlagen .....	119
	4.5.1 Wohnungsinterne Installationen/ haustechnische Anlagen .....	122
	4.5.1.1 Installationsleitungen .....	122
	4.5.1.2 Wasser- und Abwasseranlagen .....	124
	4.5.1.3 Vorwandssysteme .....	131
	4.5.1.4 Schächte .....	134
	4.5.1.5 Heizungsanlagen .....	138
	4.5.1.6 Gasinstallation .....	139

4.5.1.7	Elektroinstallation .....	140
4.5.1.8	Lüftung .....	143
4.5.2	Allgemeine haustechnische Anlagen .....	143
4.5.2.1	Aufzugsanlagen .....	143
4.5.2.2	Müllschlucker .....	144
4.5.2.3	Elektrische Antriebe .....	144
4.5.2.4	Garagenanlagen .....	145
4.5.2.5	Gemeinschaftswaschanlagen .....	145
4.5.2.6	Schwimmanlagen, Saunen und Sportanlagen .....	146
4.5.2.7	Zentrale Staubsauganlagen .....	146
4.5.2.8	Sonstige haustechnische Anlagen .....	146
<b>5.)</b>	<b>Ermittlung der Schallschutzkosten unterschiedlicher Schallschutzstufen und Ausführungsarten .....</b>	<b>147</b>
5.1	Abhängigkeit der Kosteneinflüsse .....	147
5.2	Schallschutzbemessung und Kostenoptimierung durch Variation .....	151
5.3	Schallschutzkostenermittlung .....	157
5.4	Kalkulations- und optimierungsbeispiel .....	162
<b>6.)</b>	<b>Kostenuntersuchungen zum Schallschutz in Mehrfamilienhäusern .....</b>	<b>179</b>
6.1	Auswahl der sinnvollen Varianten zur Schallschutzoptimierung .....	179
6.1.1	Auswahl der Ausführungsarten Schallschutzoptimierung .....	179
6.1.2	Auswahl der Grundrißtypen .....	182
6.2	Kostenvergleich kompletter Gebäude .....	184
6.2.1	Einspanner Grundriß .....	184
6.2.2	Zweispänner Grundriß .....	190
6.2.3	Dreispänner Grundriß .....	195
6.2.4	Mehrspanner Grundriß .....	201
6.3	Vergleich der Kosteneinflüsse auf die Ausführungsarten und Grundrißtypen ....	207
6.3.1	Differenzkosten unabhängig von Ausführungsart und Schallschutzstufe	209
6.3.2	Differenzkosten innerhalb einer Schallschutzstufe bei unterschiedlicher Ausführungsart .....	210

6.3.3	Differenzkosten der Ausführungsarten bei unterschiedlichen Schallschutzstufen .....	210
6.4	Ergebnisse bzgl. der Abhängigkeit von Kosten und Schallschutz .....	215
<b>7.)</b>	<b>Kostenoptimierung unter besonderer Berücksichtigung des Schallschutzes</b>	<b>223</b>
7.1	Kostenoptimierungsmethoden im Geschößwohnungsbau .....	226
7.2	Planungsmethoden und Produktentwicklungen für hohen Schallschutz .....	241
7.3	Konstruktionskonzepte für Wohngebäude mit hohem Schallschutz .....	245
7.3.1	Teilsystem Tragwerk .....	249
7.3.2	Teilsystem raumbildende Bauteile .....	252
7.3.3	Teilsystem Schallschutz .....	254
7.3.4	Teilsystem Wärmeschutz .....	254
7.3.5	Teilsystem Installation .....	254
7.4	Optimierung von Teilsystemen .....	256
7.5	Beispiel für ein optimiertes Teilsystem .....	256
<b>8.)</b>	<b>Zusammenfassung wesentlicher Ergebnisse und Ausblick</b> .....	<b>260</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>262</b>
<b>Anhang A</b>	Kalkulationsformblätter .....	<b>A1 - A13</b>
<b>Anhang B</b>	Kostentabellen für die Kalkulationsformblätter .....	<b>B1 – B36</b>
<b>Anhang C</b>	Kostenvergleich Wände .....	<b>C1 – C18</b>
<b>Anhang D</b>	Kostenvergleich Decken .....	<b>D1 – D8</b>
<b>Anhang E</b>	Antworten der Umfrage Planungsbüros, Kapitel 2 .....	<b>E1</b>
<b>Anhang F</b>	Berechnungsbeispiele EN 12354-1 .....	<b>F1 – F6</b>

## Lebenslauf

**Abkürzungsverzeichnis:**

A+V	Abschreibung und Verzinsung
a.a.R.d.T	allgemein anerkannte Regel der Technik
Abb.	Abbildung
AG	Aktiengesellschaft
AGK	Allgemeine Geschäftskosten
BauO NW	Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen
Bbl.	Beiblatt
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
dB	Dezibel
d.h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung, eingetragener Verein
DM	Deutsche Mark
erf.	erforderlich
erh.	erhöhter
etc.	et cetera
evtl.	eventuell
f.	folgende Seite
ff.	fortlaufende Seiten
ggf.	gegebenenfalls
GK	Gipskarton
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
Hz	Hertz
i.a.	im allgemeinen
i.d.R.	in der Regel
kg	Kilogramm
LBO	Landesbauordnung
m <sup>2</sup>	Quadratmeter

m <sup>3</sup>	Kubikmeter
MFH	Mehrfamilienhaus
MW	Mauerwerk
NABau	Normen Ausschuß Bau
OKFF	Oberkante Fertigfußboden
o.ä.	oder ähnlich
Rep.	Reparatur
S.	Seite
SSt.	Schallschutzstufe
T.	Tabelle
u.a.	unter anderem
U.S.A	United States of America
usw.	und so weiter
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vgl.	vergleiche
VOB	Verdingungsordnung für Bauleistungen
WuG	Wagnis und Gewinn
Z.	Zeile
z.B.	zum Beispiel
zzgl.	zuzüglich



## Verzeichnis kennzeichnender Größen:

<b>R</b>	Schalldämm-Maß in [dB]
<b>R<sub>w</sub></b>	bewertetes Schalldämm-Maß in [dB] ohne Berücksichtigung der Schallübertragung über flankierende Bauteile
<b>R'<sub>w</sub></b>	bewertetes Schalldämm-Maß in [dB] mit Berücksichtigung der Schallübertragung über flankierende Bauteile
<b>R'<sub>w,R</sub></b>	Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes in [dB] mit Berücksichtigung der Schallübertragung über flankierende Bauteile
<b>L'<sub>n,w</sub></b>	bewerteter Norm-Trittschallpegel in [dB]
<b>L<sub>In</sub></b>	Installationsschallpegel in [dB(A)]
<b>L<sub>AF,max</sub></b>	maximaler Schalldruckpegel für Haustechnische Anlagen in [dB(A)]
<b>m'</b>	flächenbezogene Masse in [kg/m <sup>2</sup> ]
<b>m'<sub>L,Mittel</sub></b>	mittlere flächenbezogene Masse in [kg/m <sup>2</sup> ]
<b>s'</b>	dynamische Steifigkeit in [MN/m <sup>3</sup> ]
<b>ΔL<sub>w,R</sub></b>	Trittschallverbesserungsmaß der Deckenauflage (Rechenwert) in [dB]
<b>g</b>	flächenbezogenes Eigengewicht nach DIN 1055 in [kg/m <sup>2</sup> ]
<b>R'<sub>w,P</sub></b>	bewertetes Schalldämm-Maß in [dB] mit Schallübertragung über flankierende Bauteile im Prüfstand mit bauähnlicher Flankenübertragung, ohne Abzug des Vorhaltemaßes
<b>ρ</b>	Rohdichte in [kg/m <sup>3</sup> ]

## Abbildungsverzeichnis:

	<b>Seite:</b>
Abbildung 1: Wege des Luftschalls bei einschaligen Wänden .....	9
Abbildung 2: Medizinische Leitsätze zur Lärmbekämpfung .....	10
Abbildung 3: Schallpegel ausgewählter Geräuschquellen .....	11
Abbildung 4: Installationsgeräusche und ihre Wege .....	14
Abbildung 5: Antworten der Planer, Frage 1: Planung nach DIN oder VDI ? .....	36
Abbildung 6: Antworten der Planer, Frage 2: DIN 4109 ausreichend ? .....	37
Abbildung 7: Antworten der Planer, Frage 3: VDI 4100 bekannt ? .....	37
Abbildung 8: Antworten der Planer, Frage 4: Planung nach VDI 4100 ? .....	38
Abbildung 9: Antworten der Planer, Frage 5: Unternehmensgröße ? .....	38
Abbildung 10: Umfrage Umweltbundesamt, Antworten der Fragen 1 und 6 .....	39
Abbildung 11: Schwierigkeiten der Bewohner mit Ihren Wohnungen .....	41
Abbildung 12: Akzeptanz von Einsparungsmöglichkeiten im Wohnungsbau .....	41
Abbildung 13: Einflußmöglichkeit auf den Schallschutz innerhalb verschiedener Projektphasen .....	44
Abbildung 14: Abhängigkeit zwischen Kosteneinfluß und Projektfortschritt .....	45
Abbildung 15: Unterteilung der Konstruktion .....	49
Abbildung 16: Auflagerung von Stahlbeton-Fertigteile-Decken .....	58
Abbildung 17: Vorgefertigte Metallständerwand .....	61
Abbildung 18: Einschalige und zweischalige Massivwand .....	62
Abbildung 19: Spannrichtung von Deckenplatten bei fehlender Tragfähigkeit .....	66
Abbildung 20: Anschluß nichttragender Wände an die Decke .....	66
Abbildung 21: Kosten infolge Wohnflächenveränderung .....	68
Abbildung 22: Aufbau Stahlbetonwand aus Normalbeton, einschalig .....	69
Abbildung 23: Aufbau Stahlbetonwand aus Normalbeton, zweischalig .....	71
Abbildung 24: Aufbau Mauerwerkswand hoher Rohdichte, einschalig .....	75
Abbildung 25: Aufbau Mauerwerkswand hoher Rohdichte, zweischalig .....	76
Abbildung 26: Aufbau biegesteife Wand mit biegeweicher Vorsatzschale .....	83
Abbildung 27: Bauteilüberprüfung bzgl. Behandlung als leichte Trennwand gemäß DIN 1053 .....	85
Abbildung 28: Entkopplung von nichttragenden Massivwänden .....	87

Abbildung 29: Ständerwand .....	90
Abbildung 30: Einflußmöglichkeiten auf den Schallschutz bei Massivwänden .....	94
Abbildung 31: Doppeltür .....	95
Abbildung 32: Folgen durch Erhöhen der Masse .....	97
Abbildung 33: Aufbau Massivdecke aus Normalbeton .....	102
Abbildung 34: Massivdecke mit biegeweicher Unterdecke .....	109
Abbildung 35: Kostenvergleich Hohlrumboden / konventionelle Bauweise .....	111
Abbildung 36: Einflußmöglichkeiten auf den Schallschutz bei Massivdecken .....	113
Abbildung 37: Trittschallentkopplung Treppenlauf / Auflagerung .....	114
Abbildung 38: Treppenlauf Typ 3, vorh. $L'_{n,w,R} = 46$ dB .....	118
Abbildung 39: Treppenlauf Typ 4, vorh. $L'_{n,w,R} = 38$ dB .....	118
Abbildung 40: Treppenpodest Typ 3, vorh. $L'_{n,w,R} = 49$ dB .....	118
Abbildung 41: Treppenpodest Typ 4, vorh. $L'_{n,w,R} = 40$ dB .....	119
Abbildung 42: Treppenpodest Typ 5, vorh. $L'_{n,w,R} \ll 40$ dB .....	119
Abbildung 43: Leitungsverlegung in der Fußleiste .....	124
Abbildung 44: Körperschallentkoppelte Wasserinstallation .....	126
Abbildung 45: Wirtschaftlichkeitsvergleich verschiedener Vorwandssysteme .....	133
Abbildung 46: Vorwandsystem (unverkleidet) .....	133
Abbildung 47: Bemessungsnomogramm für Aussparungen in Mauerwerkswänden .....	135
Abbildung 48: Verschiedene Möglichkeiten der Leitungsführung .....	136
Abbildung 49: Einfluß von Verteiler- und Gerätedosen in Hohlraumwänden .....	141
Abbildung 50: Gebäudeausschnitt trennendes Bauteil/ flankierende Bauteile .....	151
Abbildung 51: Ablauf der Schallschutzbemessung und –optimierung .....	154
Abbildung 52: Ablauf der Schallschutzbemessung und –optimierung mit Berücksichtigung von Statik und TGA .....	155
Abbildung 53: Ablaufdiagramm zur kostenoptimalen Konstruktion bei alternativen SSt .....	156
Abbildung 54: Formblatt für Wände .....	160
Abbildung 55: Ausgefülltes Formblatt Treppenraumwand DG .....	166
Abbildung 56: Ausgefülltes Formblatt Treppenraumwand 1. und 2. OG .....	167
Abbildung 57: Ausgefülltes Formblatt nichttragende Innenwände ohne Sanitär .....	168
Abbildung 58: Ausgefülltes Formblatt nichttragende Innenwände mit Sanitär .....	169
Abbildung 59: Ausgefülltes Formblatt Decken über EG, 1.OG und 2.OG .....	170
Abbildung 60: Ausgefülltes Formblatt Wohnungseingangstüren .....	171

Abbildung 61: Ausgefülltes Formblatt Treppenläufe und -podeste .....	172
Abbildung 62: Ausgefülltes Formblatt Wasser-/ Abwasserleitungen führende Schächte	173
Abbildung 63: Ausgefülltes Formblatt Wasser-/ Abwasserinstallation, Sanitär Blatt 1	174
Abbildung 64: Ausgefülltes Formblatt Wasser-/ Abwasserinstallation, Sanitär Blatt 2	175
Abbildung 65: Ausgefülltes Formblatt Gemeinschaftswaschanlage .....	176
Abbildung 66: Ausgefülltes Formblatt Zusammenstellung der Differenzkosten Blatt 1	177
Abbildung 67: Ausgefülltes Formblatt Zusammenstellung der Differenzkosten Blatt 2	178
Abbildung 68: Ansichten/ Schnitt .....	184
Abbildung 69: Grundriß EG .....	185
Abbildung 70: Grundriß 1.OG .....	185
Abbildung 71: Grundriß 2.OG .....	186
Abbildung 72: Grundriß DG .....	186
Abbildung 73: Ansichten .....	190
Abbildung 74: Grundriß unteres EG .....	191
Abbildung 75: Grundriß EG .....	191
Abbildung 76: Grundriß DG .....	192
Abbildung 77: Grundriß Spitzboden .....	192
Abbildung 78: Ansichten .....	195
Abbildung 79: Grundriß KG .....	196
Abbildung 80: Grundriß EG .....	196
Abbildung 81: Grundriß OG .....	197
Abbildung 82: Grundriß DG .....	197
Abbildung 83: Grundriß Spitzboden .....	198
Abbildung 84: Ansicht .....	201
Abbildung 85: Grundriß KG .....	202
Abbildung 86: Grundriß EG - 2.OG .....	202
Abbildung 87: Grundriß 3.OG .....	203
Abbildung 88: Grundriß 1.DG .....	203
Abbildung 89: Grundriß 2.DG .....	204
Abbildung 90: Kostenunterschiede unabhängig von Schallschutzstufe und Ausführungsart .....	214
Abbildung 91: Kostenunterschiede einzelner Ausführungsvarianten innerhalb einer Schallschutzstufe .....	214

Abbildung 92: Kostenunterschiede einzelner Schallschutzstufen innerhalb einer Ausführungsart .....	215
Abbildung 93: Optimierungsmöglichkeiten verschiedener am Bau beteiligter Institutionen .....	242
Abbildung 94: Schallschutztechnisch ökonomische (Ent-)Kopplungen im Massivbau	247
Abbildung 95: Trennung von Tragwerk, raumbildenden Bauteilen und Installationen	249
Abbildung 96: Minimierung der Verknüpfung Tragwerk/ raumbildende Bauteile/ Schallschutz .....	252
Abbildung 97: Einteilung raumbildender Bauteile .....	253
Abbildung 98: Optimierungsmöglichkeit von Teilsystemen und Verbindung zum Gebäude .....	256
Abbildung 99: Systemskizze vorgefertigte Ständerwand .....	257
Abbildung 100: Versuchsvorfertigung Ständerwand .....	258
Abbildung 101: Transport vorgefertigtes Ständerwerkwandelement zur Baustelle .....	258
Abbildung 102: Vorgefertigte Sanitärzelle aus Trockenbauwänden .....	259
Tabelle 1: Europäischer Vergleich Anforderungen Luftschalldämmung .....	16
Tabelle 2: Europäischer Vergleich Anforderungen Trittschalldämmung .....	17
Tabelle 3: Tabelle 1 VDI 4100 .....	20
Tabelle 4: Abweichungen unterschiedlicher Schallschutzniveaus .....	22
Tabelle 5: Kennwerte für Schallschutzstufen (SSt) von Wohnungen in Mehr- familienhäusern, VDI 4100 Vorlage Januar 1998 .....	24
Tabelle 6: Kennwerte für Schallschutzstufen (SSt) von Doppel- und Reihen- häusern, VDI 4100 Vorlage Januar 1998 .....	25
Tabelle 7: Kennwerte für Schallschutzstufen (SSt) innerhalb des eigenen Bereiches, VDI 4100 Vorlage Januar 1998 .....	25
Tabelle 8: Schutz von Wohnungen gegen Schallübertragungen aus einem fremden Wohn- oder Arbeitsbereich, Vergleich der DIN 4109 mit der VDI 4100	26
Tabelle 9: Schutz von Wohnungen gegen Schallübertragungen aus eigenem Wohn- oder Arbeitsbereich, Vergleich der DIN 4109 mit der VDI 4100 .....	28
Tabelle 10: Zuordnung von Schallschutzstufen zu Baubewertungsbegriffen .....	33
Tabelle 11: Schalldämm-Maße zweischaliger Massivwände .....	64

Tabelle 12:	Anforderungen $R'_{w,R}$ DIN 4109/ VDI 4100 Wände .....	65
Tabelle 13:	Kennwerte Stahlbetonwände aus Normalbeton, einschalig, Ortbetonvariante .....	70
Tabelle 14:	Kennwerte Stahlbetonwände aus Normalbeton, zweischalig, Ortbetonvariante .....	71
Tabelle 15:	Kostenunterschied Wand Ortbetonfertigung/ Stahlbeton-Fertigteil, einschalig .....	73
Tabelle 16:	Kostenunterschied Wand Ortbetonfertigung/ Stahlbeton-Fertigteil, zweischalig .....	73
Tabelle 17:	Kostenvergleich Normalbetonwand/ Konstruktionsleichtbetonwand, einschalig .....	74
Tabelle 18:	Kennwerte Mauerwerkswände hohe Rohdichte, einschalig .....	76
Tabelle 19:	Kennwerte Mauerwerkswände hohe Rohdichte, zweischalig .....	77
Tabelle 20:	Kennwerte Mauerwerkswände mittlere Rohdichte, einschalig .....	78
Tabelle 21:	Kennwerte Mauerwerkswände mittlere Rohdichte, zweischalig .....	78
Tabelle 22:	Luftschalldämm-Maße einschalige, leichte Massivwände .....	79
Tabelle 23:	Kennwerte Mauerwerkswände niedrige Rohdichte, zweischalig .....	80
Tabelle 24:	Luftschallschutzverbesserung durch biegeeweiche Vorsatzschalen .....	81
Tabelle 25:	Vergleich verschiedener biegeweicher Vorsatzschalen .....	82
Tabelle 26:	Kennwerte Massivwände mit biegeweicher Vorsatzschale .....	84
Tabelle 27:	Kostenvergleich entkoppelte nichttragende Innenwände .....	88
Tabelle 28:	Kennwerte Ständerwerkswände .....	91
Tabelle 29:	Abhängigkeit von $m'$ bei der Deckendimensionierung .....	96
Tabelle 30:	Schallschutzanforderungen DIN 4109/ VDI 4100 Decken .....	98
Tabelle 31:	Kennwerte Massivdecken aus Normalbeton .....	103
Tabelle 32:	Luftschalldämm-Maße von Leichtbetondecken .....	104
Tabelle 33:	Kennwerte Spannbetonhohlplattendecken .....	106
Tabelle 34:	Kennwerte Massivdecke mit biegeweicher Unterdecke .....	108
Tabelle 35:	Schallschutzanforderungen DIN 4109/ VDI 4100 Treppenläufe /-podeste	114
Tabelle 36:	Kennwerte verschiedener Treppenläufe .....	115
Tabelle 37:	Kennwerte verschiedener Treppenpodeste .....	116
Tabelle 38:	Kennwerte verschiedener Treppenlauf und –podest Kombinationen .....	117
Tabelle 39:	Anforderung an Installationen und haustechnische Anlagen .....	121

Tabelle 40:	Kostenvergleich Wasser- und Abwasserinstallation SSt I, II und III .....	129
Tabelle 41:	Wirtschaftlichkeitsvergleich konventionelle Installation/ Vorwandinstallation .....	134
Tabelle 42:	Kostenvergleich Schächte .....	137
Tabelle 43:	erforderliche Aussparungstiefe bei Abwasserleitungen üblicher Durchmesser .....	137
Tabelle 44:	Kostenvergleich verschiedener Elektroinstallationen .....	142
Tabelle 45:	Zuordnung von Ausführungsarten zu Bauweisen .....	180
Tabelle 46:	Schallschutzanforderungen Einspänner .....	187
Tabelle 47:	Kosten Einspänner Grundriß ohne Berücksichtigung der Wohnflächen- veränderung .....	188
Tabelle 48:	Kosten Einspänner Grundriß ohne Berücksichtigung der Wohnflächen- veränderung .....	188
Tabelle 49:	Schallschutzanforderungen Zweispänner .....	193
Tabelle 50:	Kosten Zweispänner Grundriß ohne Berücksichtigung der Wohnflächen- veränderung .....	194
Tabelle 51:	Kosten Zweispänner Grundriß ohne Berücksichtigung der Wohnflächen- veränderung .....	194
Tabelle 52:	Schallschutzanforderungen Dreispänner .....	199
Tabelle 53:	Kosten Dreispänner Grundriß ohne Berücksichtigung der Wohnflächen- veränderung .....	200
Tabelle 54:	Kosten Dreispänner Grundriß ohne Berücksichtigung der Wohnflächen- veränderung .....	200
Tabelle 55:	Schallschutzanforderungen Mehrspänner .....	205
Tabelle 56:	Kosten Mehrspänner Grundriß ohne Berücksichtigung der Wohnflächen- veränderung .....	206
Tabelle 57:	Kosten Mehrspänner Grundriß ohne Berücksichtigung der Wohnflächen- veränderung .....	206
Tabelle 58:	Matrix der fiktiven Bauvorhaben .....	207
Tabelle 59:	Betrachtete Kostengruppen gemäß DIN 276 .....	208
Tabelle 60:	Kostenunterschiede unabhängig von Schallschutzstufe und Ausführungsart .....	211
Tabelle 61:	Kostenunterschiede einzelner Ausführungsvarianten innerhalb einer	

	Schallschutzstufe .....	212
Tabelle 62:	Kostenunterschiede einzelner Schallschutzstufen innerhalb einer Ausführungsart .....	213
Tabelle 63:	Aufsplittung der Differenzkosten verschiedener SSt .....	217
Tabelle 64:	Akzeptanz von Baukostenveränderungen .....	222



## **0.) Einleitung:**

Kaum ein Bereich, der das Wohnen betrifft, wird so subjektiv bewertet, wie der Schallschutz. Was dem einem ruhig erscheint, ist dem anderen schon zu laut. Obwohl der Wohnkomfort stark vom Schallschutz des Gebäudes abhängt, wird dieser oft vernachlässigt mit der Folge von Wertminderungen, gerichtlichen Auseinandersetzungen, finanziellen Einbußen und nicht selten mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Bewohner.

Schall und die damit verbundenen Probleme lassen sich sehr schlecht beschreiben, deshalb sei hier auf eine Compact Disk [32] verwiesen, die in eindrucksvoller Weise guten sowie weniger guten Schallschutz hörbar darstellt und den Hörern das bekannte Problem des Lärms aus der Nachbarwohnung ins Gedächtnis ruft. Im Prinzip ist es technisch möglich, in jedem Mehrfamilienhaus einen akzeptablen Schallschutz für die Bewohner zu gewährleisten, lediglich unzureichende Planung und Einsparungen bei der Ausführung verhindern einen qualitativ hochwertigen Schallschutz.

Die Arbeit will die Frage beantworten, was normaler, guter und hochwertiger Schallschutz kostet. Als Maßstab für den Schallschutz werden die drei Schallschutzstufen der VDI 4100 gewählt, ihnen sind die aus Vergleichskalkulationen entwickelten Kosten gegenübergestellt, und die Mehrkosten, die aus höherem Schallschutz resultieren, im Vergleich ermittelt. In dem Sinne soll es eine Kostenplanungshilfe für den Architekten und Fachplaner im Wohnungsbau sein. Ebenso läßt sich zeigen, mit welcher konstruktiven Strategie hoher Schallschutz (Wärmeschutz und Tragwerksoptimierung) zu erreichen ist. Die baukonstruktiven Strategien engen sich auf entkoppelte Konstruktionen ein, nur sie bieten noch Lösungen mit annehmbaren Kosten.

## **1.) Aufgabenstellung und Zielsetzung**

Um das Thema „**Baubetriebliche Untersuchungen und Optimierungsansätze von schallschutztechnisch relevanten Innenbauteilen im Mehrfamilienwohnungsbau**“ entsprechend bearbeiten zu können, wird zu Beginn die Zielsetzung der Arbeit formuliert. Die innerhalb der Arbeit erforderlichen Abgrenzungen über den zu betrachtenden inneren Schallschutz sowie über die Gebäudeart und den Wohnstandard werden festgelegt. Der Aufbau der Arbeit wird dargestellt.

### **1.1 Zielsetzung der Arbeit**

Das Ziel dieser Arbeit ist es, den Schallschutz im Mehrfamilienwohnungsbau in das Bewußtsein aller am Bau Beteiligten zu rücken und aufzuzeigen, daß guter Schallschutz keinen Widerspruch zum kostensparenden Bauen darstellt. Erst wenn Architekten, Bauherren, Fachplaner, Ingenieure und Handwerker sich der Wichtigkeit des Schallschutzes bewußt sind und die Eigentümer bzw. Bewohner einen angemessenen Schallschutz einfordern sowie vertraglich durchsetzen, kann mit der entsprechenden Berücksichtigung des Schallschutzes in Planung und Ausführung gerechnet werden.

Schallschutzanforderungen sind durch die Regeln der Technik definiert, die die Norm DIN 4109 definiert und Bestandteile des Bauordnungsrechts sind. Andererseits formuliert die VDI 4100 Schallschutzempfehlungen, die über die Anforderungen der DIN 4109 hinausgehen aber nicht öffentlich-rechtlich verbindlich sind. Die DIN 4109 schlägt Standardkonstruktionen vor und bietet Berechnungsmethoden an, die Mindestanforderungen darstellen, aber keinen gesamtheitlichen Entwurfsansatz bieten und durch wenige Fehler in der Ausführung in Frage gestellt werden können. Die VDI 4100 formuliert Schallschutzempfehlungen, die in Schallschutzstufen aufgeteilt werden:

- Schallschutzstufe I: Schallschutz, der vollständig identisch mit dem der DIN 4109 ist.
- Schallschutzstufe II: Schallschutz, der deutlich über den Anforderungen der DIN 4109 liegt und für Wohngebäude mit gehobenem Standard üblich ist.

- Schallschutzstufe III: Extrem hoher Schallschutz, der an der technisch realisierbaren Obergrenze liegt.

Anders ausgedrückt: der Architekt und die Fachplaner stehen vor verschiedenen Fragen. Welches Schallschutzniveau soll man dem Kunden / Bauherrn anraten, wenn er gleichzeitig die Fragen beantworten muß:

- Welche Mehrkosten resultieren aus erhöhtem Schallschutz?
- Ist der Schallschutz bei üblicher Planung, Bauleitung und Qualitätssicherung durchsetzbar, muß erhöhte Qualitätssicherung betrieben werden oder liegt das Qualitätsniveau über dem baustellentechnisch machbaren Rahmen?
- Welche Konstruktionsstrategie führt zum wirtschaftlich optimalen Bauentwurf?

Also alle Untersuchungen und Betrachtungsweisen zielen auf baubetriebliche Belange, d.h. Wirtschaftlichkeit, Realisierbarkeit, Optimierungsmöglichkeit, Qualität, etc. Es ist nicht beabsichtigt, innerhalb dieser Arbeit neue bauphysikalische Erkenntnisse zu erarbeiten. Um die Wirtschaftlichkeitsaussagen für den Planer reproduzierbar zu entwickeln und um die Richtigkeit der schalltechnischen Planung zu gewährleisten, werden Berechnungsverfahren, Methoden und Kennwerte aus bauaufsichtlich eingeführten Normen und Regelwerken benutzt, die Rechtscharakter besitzen, also Standardwerkzeug des Architekten und des Fachplaners sind.

Die Ziele der Arbeit lassen sich folgendermaßen definieren:

- Sensibilisierung der Beteiligten bzgl. der Bedeutung des Schallschutzes im Mehrfamilienwohnungsbau für das Wohlbefinden der Bewohner
- Untersuchen, was „guter bis sehr guter“ Schallschutz (VDI 4100 SSt II und SSt III) im Vergleich zum herkömmlichen Schallschutz nach DIN 4109 kostet
- Entwicklung eines Verfahrens zur Ermittlung der Schallschutzkosten, unabhängig von Schallschutzniveau und Ausführungsart
- Ableitung von Optimierungsansätzen als baukonstruktive Regel und als Grundlage für weitere produktspezifische Entwicklungen

## **1.2 Abgrenzung der Arbeit**

### **1.2.1 Abgrenzung „innerer Schallschutz“**

Es wird in der Arbeit der „innere Schallschutz“ betrachtet. Innerer Schallschutz dient als Begriff, um den Schallschutz einzelner Wohnungen eines Mehrfamilienhauses untereinander zu beschreiben. Nicht betrachtet wird der Schallschutz der Räume untereinander innerhalb einer Wohneinheit. Die VDI 4100 fordert zwar diesen Vergleich, er wird aber nicht in der Untersuchung berücksichtigt.

Beim inneren Schallschutz werden verschiedene Schallschutzstandards betrachtet, nämlich die Anforderungen der bauaufsichtlich eingeführten DIN 4109 sowie die Empfehlungen der VDI Richtlinie 4100, um eine eindeutige und praxisgerechte Beschreibung zu gewährleisten. Die Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz nach Beiblatt 2, DIN 4109 hingegen werden nicht betrachtet, im Normentwurf der DIN 4109 Nachfolgerin ist der Ersatz durch die VDI 4100 bzw. eine Harmonisierung geplant.

Der Schallschutz gegen Außenlärm bleibt ebenfalls unberücksichtigt, weil er:

- kein spezielles Problem aus dem Mehrfamilienwohnungsbau darstellt, sondern auf alle Gebäudearten zutrifft,
- bei Fassadenbauteilen und Dächern nur dann betrachtet werden muß, wenn sie als flankierende Bauteile in die Betrachtungen mit einbezogen werden müssen und
- weil er sich bei üblicher Bauausführung auf die Auslegung der Fenster nach Schallschutzklassen reduziert.

### **1.2.2 Abgrenzung der Gebäudeart und der Wohnstandards**

Die Untersuchungen werden nur beim Mehrfamilienwohnungsbau durchgeführt. Gerade dort hat der innere Schallschutz Bedeutung, weil die Bewohner auf die Schallquellen in den anderen Wohnungen so gut wie keinen Einfluß nehmen können, der Lebenswandel und –rhythmus der anderen Familien ist nicht beeinflussbar. D.h. vermeidbarer (laute Musik, etc.) oder unvermeidbarer (Benutzung der Toilette, etc.) Lärm wird anfallen. Unzumutbare Belästigung

durch Lärm aus anderen Wohnungen und damit die Minderung der Wohnqualität müssen durch Schallschutz vermieden werden.

Innerhalb der Arbeit steht der Begriff Wohnungsbau also für den Mehrfamilienwohnungsbau mit mindestens drei Wohneinheiten. Es lassen sich jedoch die Ergebnisse entsprechend auf andere Gebäudearten, z.B. Einfamilienhäuser, gemischte Wohn- und Geschäftshäuser, etc. übertragen.

Zweifamilienhäuser werden in der Untersuchung nicht berücksichtigt. Man geht davon aus, daß Zweifamilienhäuser erweiterte Einfamilienhäuser (Einfamilienhaus mit einer Einliegerwohnung) sind und von den Familienmitgliedern (Kindern, Großeltern, etc.) bewohnt werden und daß sich die Bewohner bezüglich des Lärms untereinander arrangieren. Die DIN 4109 entspricht dieser Grundidee, indem sie an Gebäude mit nicht mehr als zwei Wohnungen geringere Schallschutzanforderungen als an Mehrfamilienhäuser mit mehr als zwei Wohneinheiten stellt (z.B. keine Anforderungen an die Trittschalldämmung der Treppenläufe und -podeste bei Zweifamilienhäusern).

Bauordnungsrechtliche Anforderungen werden entsprechend den Regelungen des Landes Nordrhein-Westfalen gemäß der BauO NW (Landesbauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen) in der Fassung vom 1. Januar 1996 berücksichtigt, soweit sie über die der DIN 4109 hinausgehen.

Zunächst sollen keine Einschränkungen der Wohnungsstandards vorgenommen werden. Bauvorhaben der Komfortstufen Sozialwohnung, Eigentumswohnung, Luxuseigentumswohnung, etc. werden in Kapitel 6 untersucht. Die betrachteten Grundrisse / Ausführungsarten können dabei in jeder Komfortstufe verwendet werden, wobei der Wohnkomfort natürlich auch von der erreichten Schallschutzqualität abhängt.

### **1.3 Aufbau der Arbeit**

Die Arbeit ist in acht Kapitel gegliedert, die jeweils in einzelne Abschnitte unterteilt sind. Kapitel 1 beschreibt die Aufgabenstellung und Zielsetzung der Arbeit und grenzt den Inhalt entsprechend ab. Das Kapitel 2 stellt die wesentlichen Grundlagen des Schalls und der

Bauakustik dar, nämlich den negativen Einfluß, den der Schall auf die Bewohner ausüben kann, die einschlägigen Normen, Richtlinien und allgemein anerkannte Regeln der Technik, die beachtet werden müssen, um dem störenden Schall entgegenzuwirken, und wie der Schallschutz zur Zeit im Wohnungsbau umgesetzt wird. Kapitel 3 bietet Vorschläge und Konstruktionsgrundlagen für wirtschaftlichen Schallschutz innerhalb verschiedener Projektphasen. Dabei werden allgemeine Aussagen zur generellen Vorgehensweise bei Planung und Ausführung getroffen. Die Abschnitte dieses Kapitels betrachten unterschiedliche Projektphasen, in denen der Schallschutz verschieden stark beeinflußt werden kann. Detaillierte Kostenuntersuchungen schallschutzrelevanter Bauteile / Gewerke werden in Kapitel 4 vorgenommen, so daß eine schrittweise wirtschaftliche Beurteilung der Konstruktion ermöglicht wird. Sie wird später vertieft. Das Kapitel 5 stellt ein Verfahren zur Analyse der Schallschutzkosten unterschiedlicher Schallschutzstufen vor. Es bildet die Grundlage, die Kosten der Gebäude des Kapitels 6 berechnen zu können. Dazu werden Formblätter entwickelt, mit denen die Kostenuntersuchungen zum Schallschutz in Mehrfamilienhäusern in Kapitel 6 durchgeführt werden. Die erarbeiteten Kostenuntersuchungen basieren auf identischen Grundrissen (abgesehen von unterschiedlichen Bauteildicken) und unterschiedlich realisierten Schallschutzstufen I, II und III. Die genutzten Grundrisse sind fiktive Grundrisse, die sich an tatsächlich ausgeführten Bauvorhaben orientieren und den heute üblichen Mehrfamilienhäusern entsprechen. Um verschiedene Raumsituationen mit unterschiedlichen Schallschutzproblematiken zu behandeln, werden Ein-, Zwei-, Drei- und Mehrspanner Grundrißtypen betrachtet. Diese Untersuchungen setzen also die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einzelner Bauteile gemäß Kapitel 4 fort und berücksichtigen die komplexen schallschutztechnischen Zusammenhänge der zum Gebäude zusammengefügt Einzelbauteile. Der Weg zur Kostenoptimierung beim Schallschutz wird im Kapitel 7 aufgezeigt, indem die Konstruktion entkoppelt und dadurch Optimierung zugelassen wird. Kapitel 8 schließt mit einer Zusammenfassung wesentlicher Ergebnisse und einem Ausblick die Arbeit ab. Die Anlagen dienen einerseits zum Nachvollziehen vieler Aussagen und andererseits zur Bearbeitung eigener Berechnungen. Sie sind in den Anhängen A bis F abgelegt, um die Lesbarkeit der Arbeit zu erhöhen.

## 2.) Grundlagen

Schall im Wohnungsbau stellt oftmals einen Grund zur Beschwerde dar. Deshalb legen Schallschutznormung und Richtlinien, i.a. die DIN 4109 und die VDI 4100, parallel zueinander Anforderungen/ Empfehlungen für den Schallschutz fest. Bei der Ausführung des Bauwerks entstehen häufig rechtliche und wirtschaftliche Folgen durch mangelhaften Schallschutz, die diskutiert werden. Eine Untersuchung wie weit der Schallschutz bei den beteiligten Interessensgruppen fortgeschritten ist, beendet die Betrachtung.

### 2.1 Schall im Wohnungsbau

Die Grundlagen über den zu betrachtenden Schall im Wohnungsbau werden beschrieben, um den Einfluß des Schalls auf die Bewohner sowie die entgegenwirkenden Schallschutzmaßnahmen darlegen zu können.

#### 2.1.1 Schallarten

Unter Schall werden mechanische Schwingungen und Wellen verstanden, die sich in festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen ausbreiten.<sup>1</sup> Dabei unterscheiden sie sich in ihrer Frequenz [Hz], der Wellenlänge [m] und in der Größe der übertragenen Energie. Die Frequenz ist dabei die Anzahl der Schwingungen je Sekunde, wobei bei zunehmender Frequenz die Tonhöhe ansteigt. Die Wellenlänge ist der Abstand zwischen zwei Phasen und steht reziprok zur Frequenz. Die Größe der übertragenen Energie wird durch den Schallpegel [dB] gekennzeichnet. Zwischen dem Schallpegel, der die Stärke des Schalls kennzeichnet, und der für die Erzeugung benötigten Erregungsenergie besteht ein logarithmischer Zusammenhang mit der Folge, daß eine Addition einzelner Schallpegel energetisch erfolgen muß. Beispielsweise ergeben zwei gleich laute Schallquellen, also eine Verdopplung der Schallenergie, einen um 3dB höheren Schallpegel als die einzelne Schallquelle.

Die Zusammensetzung einzelner, durch die Schallwellen entstandener, unregelmäßiger Töne wird als Geräusch bezeichnet. Lärm ist dabei jede Geräuschimmission, die als störend empfunden wird oder gar gesundheitliche Folgen verursacht. Das menschliche Gehör vermag Töne, also sinusförmige Schallschwingungen von 16-20.000 Hz wahrzunehmen, wobei es auf hohe und tiefe Frequenzen unterschiedlich empfindlich reagiert, es werden bei gleichen Schallpegeln tiefe Töne leiser empfunden als hohe Töne. Um diese Abhängigkeit zu

---

<sup>1</sup> vgl. Schulz in [1], S. 28

unterbinden, also um eine Beurteilung des Schallpegels unabhängig von der Frequenz zu ermöglichen, gibt es den Begriff der Lautstärke. Seit Jahren ist es allgemein üblich, bei Messungen der Lautstärke die Bewertungskurve A zu berücksichtigen, die diese Korrektur vornimmt und den Schallpegel  $L$  [dB] in den A-Schallpegel  $L_A$  [dB(A)] umrechnet.

Man unterscheidet verschiedene Arten von Schall in der Bauakustik, die in ihrer Entstehung und Ausbreitung unterschiedlich sind. Im Bauwesen sind folgende Schallarten von Bedeutung:

- Luftschall (Einfluß auf Wände, Decken und Installationen)
- Körperschall (Einfluß auf Installationen)
- Trittschall als Sonderform des Körperschalls (Einfluß auf Decken, Treppenläufe und –podeste)

Diese Trennung ist erforderlich, da den Schallarten verschieden entgegenzuwirken ist und unterschiedliche Bauteile betroffen sind. Die Bauakustik, die sich mit den obigen Schallarten bei Gebäuden auseinandersetzt, beschränkt sich dabei auf den Teil des Hörbereiches zwischen 100 und 3150 Hz.

### **Luftschall**

Gemäß der Schallschutznorm DIN 4109 wird unter Luftschall der sich in Luft ausbreitende Schall verstanden.<sup>2</sup> Er entsteht durch die Fortpflanzung von Schwingungen, die durch Sprache, Musik, Verkehrsgeräusche, etc. erzeugt werden. Schon geringe Energien genügen, um Schallwellen (Longitudinalwellen mit aufeinander folgender Verdichtung und Verdünnung des Mediums) zu erzeugen. Die Tonhöhe der durch Luftschall übertragenen Schallwellen kann im gesamten bauakustischen Frequenzbereich liegen.

### **Körperschall**

Körperschall ist der Schall, der sich in festen Stoffen, also in den einzelnen Bauteilen, ausbreitet. Er entsteht im allgemeinen durch mechanische Einwirkungen auf das Bauteil, z.B. durch einen Hammerschlag, Stuhlrücken, Begehen einer Decke, etc. Im allgemeinen entstehen dabei Transversal- und Biegewellen in den einzelnen Bauteilen, überwiegend ist der untere Frequenzbereich der Bauakustik betroffen. Der Körperschall wird im Übergang zur Luft zu

---

<sup>2</sup> vgl. DIN 4109 [17], S.20



Luftschall umgesetzt und sozusagen von den betreffenden Bauteilen abgestrahlt. Installationen wie Wasser-, Abwasser- sowie ähnliche Ver- und Entsorgungsleitungen tragen ebenfalls den Körperschall weiter und setzen ihn im Übergang zur Luft wieder in Luftschall um. Hier findet eine Körperschallanregung der Rohrleitungen durch das durchfließende bzw. durchströmende Medium statt.

### Trittschall

Körperschall, der durch das Begehen von Decken, Treppenläufen oder ähnlichen Bauteilen entsteht, wird Trittschall genannt.<sup>3</sup> Es gelten die gleichen physikalischen Gesetzmäßigkeiten wie beim Körperschall.

Die Schallübertragung von einem Raum der Wohnung in einen anderen Raum oder in einen Raum einer fremden Wohnung kann sowohl durch das trennende Bauteil (also direkt) oder über Nebenwege (flankierende Bauteile, Installationsleitungen, Schallbrücken, Schächte und Öffnungen) erfolgen. Die Abbildung 1 zeigt verschiedene Übertragungswege.

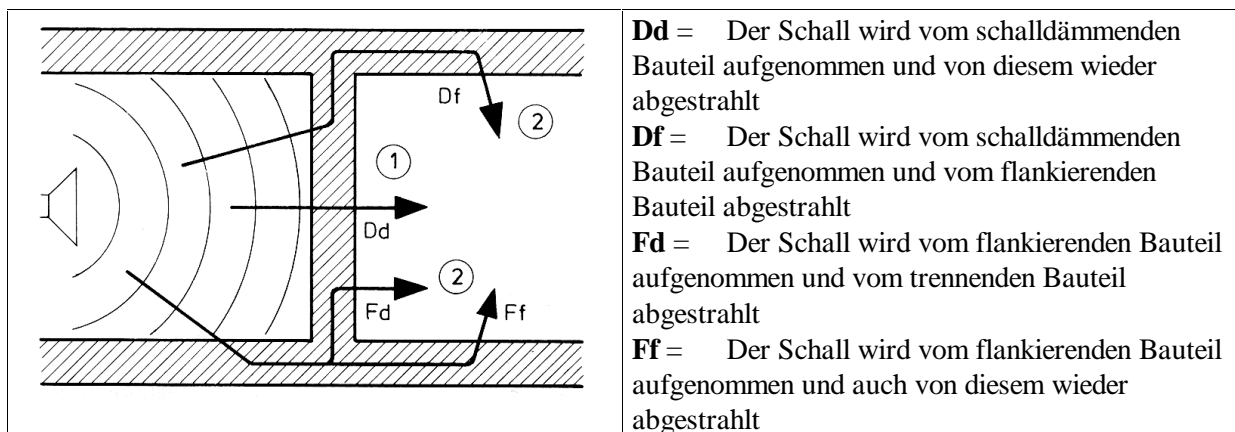


Abbildung 1: Wege des Luftschalls bei einschaligen Wänden<sup>4</sup>

Der Schall wird mit seinen weiteren Eigenschaften in diversen bauphysikalischen Fachbüchern behandelt. Für die nachfolgenden Betrachtungen, die sich fast ausschließlich baubetrieblich mit dem Schall auseinandersetzen, ist dieses jedoch nicht zwingend erforderlich. Eine umfassende Darstellung ist z.B. die von Schulz in [1], S.28 ff. und auch die von Lutz in [2] S. 3ff.

<sup>3</sup> vgl. DIN 4109 [17], Anhang A

<sup>4</sup> vgl. Schulz in [1], S. 76

### 2.1.2 Einfluß des Schalls auf die Bewohner

Die durch Lärm hervorgerufenen Störungen werden durch die Bewohner als besonders belastend empfunden und mindern die Wohnqualität entscheidend. Dabei werden Lärmbelastungen von den Betroffenen subjektiv bewertet, d.h. Stellung und Beziehung zum Verursacher sowie die persönliche Verfassung, seine Lebensumstände und seine Einstellung nehmen Einfluß auf sein Lärmempfinden. Schallschutz soll sichern, daß objektive Lärmbelastung vermieden wird und die Sicherung einer ungestörten Privatsphäre gegeben ist. Schlechter Schallschutz kann ein sonst gutes Nachbarschaftsverhältnis beeinträchtigen, da es verständlich ist, daß unvermeidbare Geräusche entstehen, die aber in bestimmten Situationen als Lärmbelastung vom Nachbarn nicht akzeptiert werden.

Dauernde Geräuschbelastung - so medizinische Untersuchungen – haben einen negativen Einfluß auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Bewohner, die Konzentrations- und Leistungsfähigkeit wird beeinträchtigt und können in Krankheiten münden. Die Abbildung 2 zeigt die „medizinischen Leitsätze zur Lärmbekämpfung“ in der die Obergrenzen der Schallpegel in bestimmten Lebensumständen dargestellt sind. Werden sie ständig überschritten, so drohen gesundheitliche Folgen.

<b>von Tischendorf hat in seinen „Medizinischen Leitsätzen zur Lärmbekämpfung“ als maximale Lautstärken aufgeführt:</b>	
a) in Schlafräumen bei geöffneten Fenstern:	25 - 30 dB (A)
b) in Krankenzimmern und Ruheräumen tagsüber - zum mindesten in den Mittag- und Abendstunden - bei geöffneten Fenstern:	30 - 40 dB (A)
c) bei Arbeiten mit dauernder hoher geistiger Konzentration:	25 - 45 dB (A)
d) bei Arbeiten mittlerer Konzentration:	50 - 60 dB (A)
e) bei sonstigen Arbeiten:	50 - 70 dB (A)
f) in Wohnräumen tagsüber:	45 dB (A)
g) in Erholungsgebieten, Anlagen und Gärten:	30 - 50 dB (A)

Abbildung 2: Medizinische Leitsätze zur Lärmbekämpfung<sup>5</sup>

Diese medizinisch akzeptablen Grenzwerte für die Lärmbelastung werden ausgewählten Schallpegeln verschiedener Lärmquellen in der nachfolgenden Abbildung gegenübergestellt:

<sup>5</sup> vgl. [1], S. 25

### **Kennzeichnende Schallpegel bekannter Geräusche und Grenzwerte**

<i>dB (A)</i>	<i>Geräusche und Lärmquellen</i>
0 - 6	Hörschwelle, Beginn der Hörempfindung
10	Atemgeräusch in 3cm Entfernung, leises Flüstern
20	Uhrenticken, ganz leises Wohngeräusch, ruhiger Garten
30	sehr ruhige Straße, übliche Wohngeräusche
<b>35</b>	<b>obere zulässige Grenze der Nachtgeräusche in Wohnvierteln</b>
40	leises (Unterhaltungs-) Sprechen, ruhige Straße, mittlere Wohngeräusche
<b>45</b>	<b>obere zulässige Grenze der Tagesgeräusche in Wohnvierteln</b>
50	übliche Unterhaltungsgespräche, laufender Wasserhahn, ruhiges Restaurant, gemäßigte Radiomusik, Bürogeräusche
55	mittlerer Straßenlärm
60	lärmarme Schreibmaschine, lautes Sprechen, Staubsaugerlärm, Lärm in Geschäftsstraßen, Kraftwagen in 10m Entfernung
<b>65</b>	<b>Beginn der Schädigung des vegetativen Nervensystems</b>
70	laute Straße, Straßenbahnlärm, sehr lautes Sprechen, einzelne Schreibmaschine Telefonklingeln in 1m Abstand
80	sehr laute Radiomusik, starker Verkehrslärm, Kinderlärm, Schreibmaschinenlärm
<b>90</b>	<b>Beginn der Gehörschäden:</b> Kreissäge, Preßluftbohrer, Lärm eines ungedämpften Maschinensaales, Motorradlärm
100 - 110	Dickhobelmaschine, Lärmbetriebe, Motorenprüfstand
<b>120</b>	<b>Schmerzschwelle:</b> Niethammerwerkstätte, Motorflugzeug in 3m Entfernung
130	Luftschuttsirene in 2m Entfernung
140	Düsenjäger im Stand in 15m Entfernung

Abbildung 3: Schallpegel ausgewählter Geräuschquellen<sup>6</sup>

Um entsprechenden Wohnkomfort zu garantieren und gesundheitliche Schäden der Bewohner zu verhindern, ist es erforderlich, daß die Baukonstruktion die Differenz aus dem Lärmpegel und der medizinisch vertretbaren Belastung auffangen muß.

Aus den medizinischen Leitsätzen und dem subjektiven Empfinden

- für den Lärmpegel  $\leq 40$  dB(A) gilt, daß eine Zunahme um 3 dB als doppelt so laut empfunden wird
- für Lärmpegel  $> 40$  dB(A) wird dies bei einer Zunahme von 10 dB erreicht<sup>7</sup>

ergibt sich, daß die Verdopplung der Schallenergie mit der Verdopplung der Lautstärke gleichzusetzen ist, da der nächtliche Grundgeräuschpegel mit der Obergrenze von 35dB(A) zugrunde gelegt werden muß, weil gerade in dieser Ruhephase die Menschen einen größeren Schallschutz erwarten.

<sup>6</sup> aus [1], S. 36

<sup>7</sup> (siehe auch DIN 4109, Abschnitt A.3.2)

### 2.1.3 Schallschutz

Unter Schallschutz sind die Maßnahmen zu verstehen, die der Schallentstehung entgegenwirken (primärer Schallschutz) und jene, die den Schall abmindern, bevor er vom Betroffenen gehört wird (sekundärer Schallschutz)<sup>8</sup>. Beide Schallschutzarten sind im Wohnungsbau anzuwenden, um eine positive Wirkung für die Bewohner durch Vermeidung von Lärmbelästigung zu erzielen. Die beste Lösung wäre, wenn gar kein Lärm entstehen würde. In der Haustechnik kann durch entsprechende Planung die Schallentstehung reduziert werden, indem durch die:

- Verwendung von Rohrleitungen mit geringer Rohrrauigkeit (z.B. PE-Rohre) Störungsgeräusche reduziert,
- Minimierung der Anzahl von Richtungsänderungen die Aufprallgeräusche reduziert,
- Vermeidung von zu starken Gefällen der Rohrleitungen Turbulenzen und damit intensive Störungsgeräusche unterdrückt und
- Einstellung eines optimalen Fließdruckes die Strömungsgeräusche verringert werden.

Durch entsprechende Grundrißplanung innerhalb der einzelnen Wohnungen sowie der Wohnungen untereinander kann vermieden werden, daß Räume mit nutzungsbedingt hohem Schallpegel (Bad und WC der Wohnung) nicht gerade neben schutzbedürftigen Räumen (Schlafzimmer der Wohnung) angeordnet werden. Im übrigen ist der Schall, der von den Bewohnern benachbarter Wohnungen ausgeht, nicht in seiner Entstehung kontrollierbar. Es müssen deshalb sekundäre Schallschutzmaßnahmen getroffen werden, um eine Schallminderung vor Erreichen des Gehörs der Bewohner zu erzielen. Baukonstruktiv ist das durch Schalldämmung und/ oder Schallabsorption realisierbar.

Bei der **Luftschalldämmung** teilt das Bauteil die auftreffende Schallenergie auf, so daß nur ein Teil direkt durch das trennende Bauteil in den benachbarten Raum abfließt. Die Schallenergie wird auf benachbarte Bauteile verteilt und in den Senderraum zurück reflektiert. Bei Luftschalldämmung wird das Schalldämm-Maß mit dem Zeichen **R** gekennzeichnet und der Dimension Dezibel (dB) gemessen. Die DIN 4109 formuliert die Luftschallschutzanforderungen an Bauteile mit dem bewerteten Schalldämm-Maß **R'<sub>w,R</sub>** der Einfluß flankierender Bauteile wird berücksichtigt, was entsprechend durch das Apostroph gekennzeichnet ist.

---

<sup>8</sup> vgl. DIN 4109 [17], Anhang A

**Schallabsorption** ist die Bezeichnung für den Verlußt an Schallenergie bei der Reflexion an Bauteiloberflächen. Je nach Oberflächenbeschaffenheit werden dabei unterschiedliche Anteile der Schallenergie in Wärmeenergie umgewandelt bei entsprechender Verminderung des Schallpegels. Wir sprechen von Absorption, die mit dem Absorptionsgrad  $\alpha$  als kennzeichnende Größe definiert wird, wobei  $\alpha=1$  für vollständige und  $\alpha=0$  für keine Absorption steht.

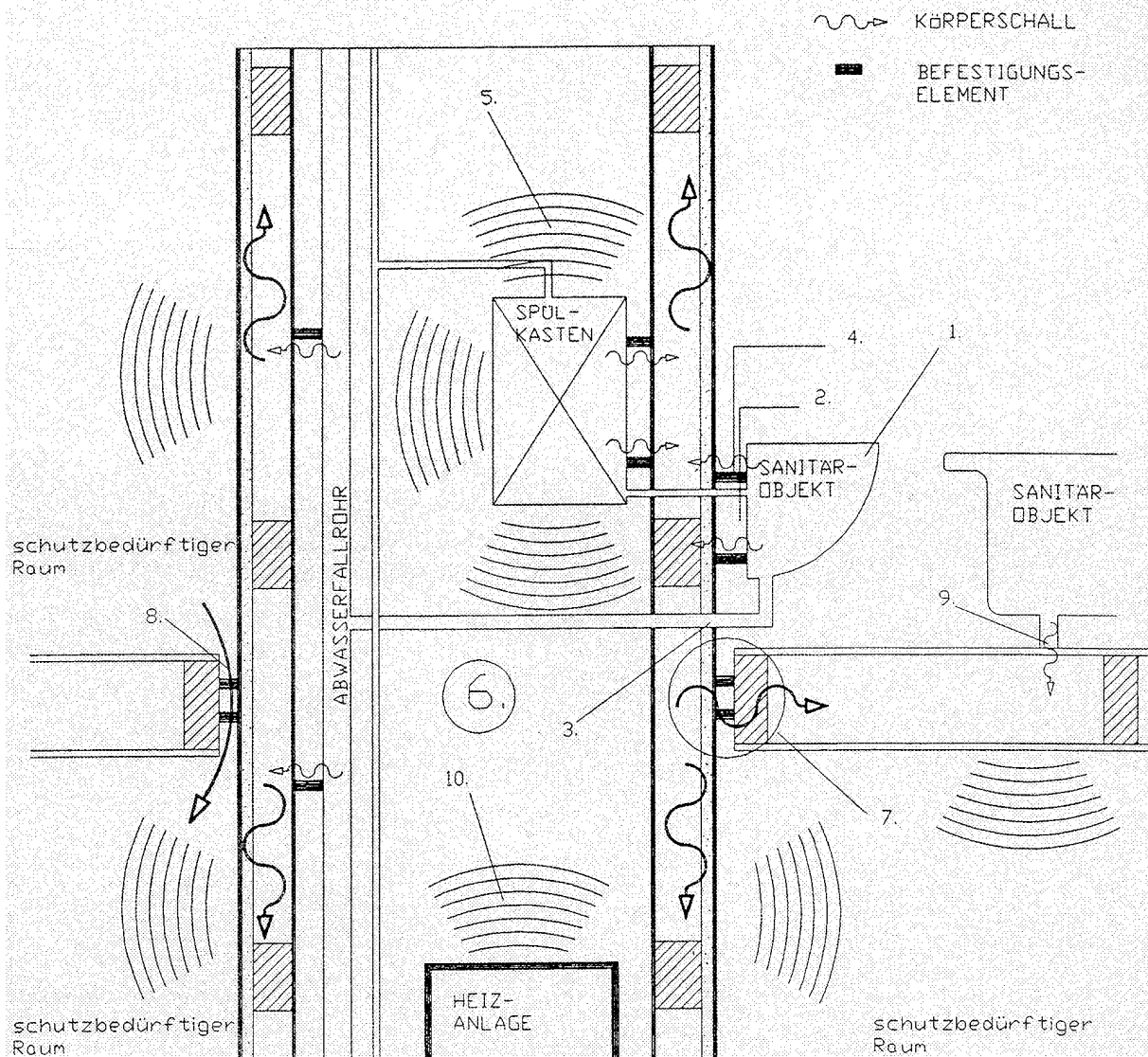
Für die **Trittschalldämmung** ist der bewertete Norm-Trittschallpegel  $L'_{n,w}$  gemessen in dB die maßgebende Größe, mit der die Bauteilanforderung festgelegt wird. Die Schalldämmung wird dadurch erreicht, daß die Übertragung der Schallenergie der angeregten Fläche auf andere Bauteile durch konstruktive Maßnahmen verringert wird. Ein weiterer Teil der Energie „fließt“ über benachbarte Bauteile entsprechend ab und verteilt sich innerhalb der Baukonstruktion.

**Installationen** wie z.B. Wasser-, Abwasser-, Lüftungs-, Gas-, sowie weitere Ver- und Entsorgungsleitungen übertragen, je nach ihrer Art, Körper und/oder Luftschall und sind dementsprechend zu beurteilen. Für Schächte gilt ebenfalls, daß Luft- und Körperschall übertragen werden können; dem ist entgegenzuwirken. Wie komplex der Schallschutz bei den Installationen ist, wird durch die nachfolgende Abbildung 4 deutlich, die die vielfältigen Schallursachen und Schallwege darstellt.

Eine Zuordnung einzelner Bauteile zum Schallschutz ist nicht möglich, er stellt sich vielmehr als Ergebnis mehrerer aufeinander abgestimmter Konstruktionslösungen ein. Es bestehen Abhängigkeiten zwischen der Schallschutzqualität kombiniert mit folgenden Faktoren:

- Qualität der Ausführung (z.B. Schallbrücken durch mangelhafte Ausführung)
- Masse der Bauteile (für Bauteile in Massivbauweise gilt: je größer die Masse, desto besser ist der Schallschutz)
- Flankierende Bauteile (über ungeeignete flankierende Bauteile kann Schallenergie trotz eines schalltechnisch gut trennenden Bauteils in den Nachbarraum gelangen (z.B. bei zu leichten flankierenden Bauteilen)
- Frequenzbereich des einwirkenden Schalls (niedrige Frequenzen sind schwieriger zu dämmen als hohe)
- Art des Schalls (Luft- oder Körperschall)
- Art der verwendeten Baustoffe
- Art der Konstruktion (z.B. einschalige oder zweischalige Wand)

## Schallursachen und Schallwege



### 1. Sanitärobjekte

Nutzerbedingte Geräusche, wie z.B. Fallenlassen eines WC Deckels, werden als Luft- und Körperschall in die Wände und angrenzende Räume weitergeleitet. In der DIN 4109 werden keine Anforderungen in dieser Richtung an Sanitärobjekte gestellt, obwohl gerade die Geräuschspitzen eine Beeinträchtigung der Lebensqualität zur Folge haben.

### 2. Körperschallbrücken zwischen Sanitärobjekten und Wänden.

Die Nutzergeräusche werden direkt in die Wand und darüber in angrenzende oder gegenüberliegende Räume geleitet (Schall-Längsleitung)

### 3. Fließ- und Fallgeräusche in der Rohrinstallation

Auch sie werden, wenn die Rohrinstallation nicht von den angrenzenden Bauteilen entkoppelt werden, in die Wand eingeleitet und in angrenzende Räume transportiert.

### 4. Befestigungstechnik

Durch Verschraubungen der Sanitärobjekte an den Wänden werden auch dort, wie unter 2. schon erwähnt, Geräusche in den Baukörper eingeleitet.

### 5. Einbauinstallationen

Geräusche, die durch aus- bzw. einströmendes Wasser in den Einbauinstallationen entstehen, werden durch Luftschall an umliegende Wände weitergeleitet und von dort aus an benachbarte Räume abgegeben.

### 6. Schallpegelerhöhung durch Schachtkonstruktion

Dadurch, daß der Installationskern ein Schacht ist, können die entstehenden Lärmpegel durch eben diese Konstruktion um bis zu 10 dB verstärkt werden. Durch die Montage von Absorptionsflächen kann diese Erhöhung verhindert werden.

### 7. Körperschallweiterleitung über flankierende Bauteile

Bei schallharter Anbindung von z.B. Decken an den Installationskern, wird der Schall in diese Bauteile eingeleitet und an den angrenzenden Raum abgegeben.

### 8. Fugenschall

Durch eventuelle Fugen wird der Luftschall in andere Räume weitergeleitet.

### 9. Trittschall

Bei einer nicht ausreichenden Trittschalldämmung werden durch Nutzer verursachte Geräusche, z.B. Einsteigen in Bade- oder Duschwanne, über die Decke in die darunter liegenden Räume geleitet.

### 10. Luftschall durch andere Anlagen

Luftschall, der durch Arbeitsgeräusche von Anlagen wie Heizung oder mechanischen Lüftungsanlagen entsteht, wird über die Wände an die angrenzenden Räume weitergeleitet.

Abbildung 4: Installationsgeräusche und ihre Wege<sup>9</sup>

<sup>9</sup> aus [45], S. 86 f.

## 2.2 Schallschutznormung und Richtlinien

Nachfolgend werden die Normen und Richtlinien beschrieben, die in der Bundesrepublik Deutschland den Schallschutz im Wohnungsbau bzgl. seiner Anforderungen, Nachweise, Berechnungsverfahren, Empfehlungen, etc. regeln. Die übergreifenden Regelwerke sind

- DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“
- VDI 4100 „Schallschutz von Wohnungen“

Weitere Regelwerke formulieren Schallschutzanforderungen /-empfehlungen für einzelne Gewerke, so z.B.:

- VDI 3733 „Geräusche bei Rohrleitungen“,
- VDI 2081 „Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen“
- DIN 1988 „Technische Regeln für Trinkwasserinstallationen“,
- DIN 18560 „Estriche im Bauwesen“.

Sie werden an dieser Stelle nicht betrachtet, sind aber bei der Planung und Ausführung entsprechend zu berücksichtigen.

Auf der Ebene der europäischen Normung wird innerhalb verschiedener Arbeitsgruppen an Regelwerken gearbeitet. Welche Ergebnisse erwartet werden können und wie weit sich die deutschen Vorstellungen durchsetzen, ist schwer vorauszusagen. Buss beschreibt in [10] den deutschen Einfluß folgendermaßen: *„Ob überhaupt von deutscher Seite auf das Europäische Normenwerk „Schallschutz“ Einfluß genommen werden kann, hängt davon ab, ob die Finanzierung dringend erforderlicher Untersuchungen gesichert werden kann. Diese Untersuchungen sind zur Prüfung der Kompatibilität und Auswirkungen neuer Verfahren und Rechenmethoden gegenüber den bisher in der Bundesrepublik Deutschland verwendeten erforderlich. Wegen der Haushaltslage der Bundesrepublik und davon abhängig der der Forschungs- und Prüfinstitute, ist es fraglich, ob die bisher für die Bundesrepublik Deutschland tätigen zehn Sachverständigen in nächster Zukunft werden weiterarbeiten können.“*<sup>10</sup>

Die Schallschutzanforderungen der einzelnen Länder bleiben unberührt, da sie in die nationale Kompetenz fallen. So wird auch in Zukunft die DIN 4109 bzw. eine Nachfolgerin die öffentlich-rechtlichen Anforderungen festlegen. Durch die Entwicklung des europäischen Binnenmarktes sind die Weichen unwiderruflich gestellt, so daß

- Bauteilprüfungen anders verlaufen,
- die in Deutschland bisher üblichen Prüfstände nicht mehr verwendet werden können,
- Bewertungen rechnerisch erfolgen und
- neue Berechnungsverfahren angewendet werden müssen.

Der Entwurf DIN EN 12354 legt die geplanten Verfahren dar. Mit der Einführung dieses neuen Regelwerkes sind also die relativ leicht handhabbaren Berechnungsverfahren nach DIN 4109 Beiblatt 1 nicht mehr anwendbar.

Die nachfolgenden Tabellen 1 und 2 zeigen die Hauptanforderungen für Luft- und Trittschalldämmung verschiedener europäischer Staaten im Vergleich untereinander auf. Wie daraus ersichtlich, sind die Anforderungen an die Luftschalldämmung mit den deutschen Anforderungen vergleichbar, das deutsche Luftschalldämm-Maß liegt im Mittelfeld. Bei der Trittschalldämmung sind die deutschen Anforderungen jedoch wesentlich höher als in anderen Ländern.

Insgesamt kommt die Bundesrepublik Deutschland damit in ähnlicher Weise wie auch andere europäischen Staaten ihrer Verpflichtung nach, die Bewohner vor unzumutbaren Lärm-belästigungen innerhalb ihrer Wohnungen zu schützen.

Innerhalb dieser Arbeit werden Schallschutzanforderungen der einzelnen europäischen Länder nicht weiter verfolgt. Als Literaturhinweis sei die Untersuchung von Ertel [13] erwähnt.

**Tabelle 1: Europäischer Vergleich Anforderungen Luftschalldämmung<sup>11</sup>**

Luftschalldämmung zwischen Wohnräumen Hauptanforderungen in 12 europäischen Ländern (Stand Januar 1996)					
Land mit Angabe der Anforderungsgröße	Anforderungen nach Gebäudetyp				
	Mehrgeschossige Gebäude		Reihen- und Doppelhäuser		
	Anforderung [dB]	Äquivalent-R' <sub>w</sub> (1) [dB]	Anforderung [dB]	Äquivalent-R' <sub>w</sub> (1) [dB]	
Dänemark	R' <sub>w</sub>	≥ 52 (4)	52	≥ 55	55
Schweden	R' <sub>w</sub> (2)	≥ 52 (4)	~ 52	≥ 55	~ 55
Norwegen	R' <sub>w</sub> (3)	≥ 52	~ 52	≥ 55	~ 55
Finnland	R' <sub>w</sub>	≥ 52 (4)	52	≥ 55	55
Island	R' <sub>w</sub> (2)	≥ 52	~ 52	≥ 55	~ 55
UK	D <sub>nT,w</sub>	≥ 52 (5)	~ 51–54	≥ 52	~ 51–54
Frankreich	D <sub>nAT</sub> (6)	≥ 54	~ 54–57	≥ 54	~ 54–57
Deutschland	R' <sub>w</sub>	≥ 53 (4)	53	≥ 57	57
Österreich	D <sub>nT,w</sub>	≥ 55	~ 54–57	≥ 60	~ 59–62
Niederlande	l <sub>u,k</sub>	≥ 0	~ 55	≥ 0	~ 55
Rußland	l <sub>b</sub>	≥ 50	~ 52		
Estland	R' <sub>w</sub> (2)	≥ 52	~ 52	≥ 52	~ 52

**Anmerkungen:**

(1) Die äquivalenten R'<sub>w</sub>-Werte wurden nach den Angaben von Metzlen [21] ermittelt, mit Ausnahme der Umrechnung von l<sub>u,k</sub> und l<sub>b</sub>, die auf Informationen von Gerretsen [31] bzw. Madatik [18] zurückgehen.

(2) Die maximal zulässige ungünstige Abweichung von der Bezugskurve ist auf 8 dB begrenzt.

(3) Die maximal zulässige ungünstige Abweichung von der Bezugskurve ist auf 10 dB begrenzt.

(4) Für horizontale Übertragung; für vertikale Übertragung ist die Anforderung um 1 dB höher.

(5) Für horizontale Übertragung; für vertikale Übertragung ist die Anforderung um 1 dB niedriger.

(6) Die angegebenen Anforderungen sind gültig ab Januar 1996.

Zusätzliche Detailinformationen zu den schalltechnischen Anforderungen in den einzelnen Ländern sind in Rasmussen & Rindel [26] zu finden.

<sup>10</sup> Buss [10], Teil2/10.1, S. 15

<sup>11</sup> aus [72], S. 5



**Tabelle 2: Europäischer Vergleich Anforderungen Trittschalldämmung<sup>12</sup>**

Trittschalldämmung zwischen Wohnräumen Hauptanforderungen in 12 europäischen Ländern (Stand Januar 1996)					
Land mit Angabe der Anforderungsgröße	Anforderungen nach Gebäudetyp				
	Mehrgeschossige Gebäude		Reihen- und Doppelhäuser		
	Anforderung [dB]	Äquivalent- $L'_{n,w}$ (1) [dB]	Anforderung [dB]	Äquivalent- $L'_{n,w}$ (1) [dB]	
Dänemark	$L'_{n,w}$	≤ 58	58	≤ 53	53
Schweden	$L'_{n,w}$ (2)	≤ 58	~ 58	≤ 58	~ 58
Norwegen	$L'_{n,w}$ (3)	≤ 58	~ 58	≤ 53	~ 53
Finnland	$L'_{n,w}$	≤ 58	58	≤ 58	58
Island	$L'_{n,w}$ (2)	≤ 58	~ 58	≤ 53	~ 53
UK	$L'_{nT,w}$	≤ 62	~ 64–57		
Frankreich	$L_{nAT}$ (4)	≤ 65	~ 63–60	≤ 65	~ 63–60
Deutschland	$L'_{n,w}$	≤ 53	53	≤ 48	48
Österreich	$L_{nT,w}$	≤ 48	~ 50–43	≤ 46	~ 48–41
Niederlande	$l_{co}$	≥ 0	~ 61–54	≥ 0	~ 61–54
Rußland	$l_y$	≤ 67	~ 60		
Estland	$L'_{n,w}$ (2)	≤ 60	~ 60	≤ 60	~ 60

**Anmerkungen:**  
(1) Die äquivalenten  $L'_{n,w}$ -Werte wurden nach den Angaben von Metzger [21] ermittelt, mit Ausnahme der Umrechnung von  $l_{co}$  und  $l_y$ , die auf Informationen von Gerretsen [31] bzw. Madalik [18] zurückgehen.  
(2) Die maximal zulässige ungünstige Abweichung von der Bezugskurve ist auf 8 dB begrenzt.  
(3) Für den Maximalwert von  $L'_{n,w}$  gelten besondere Regelungen: kein Terzwert darf über 65 dB liegen.  
(4) Die angegebenen Anforderungen sind gültig ab Januar 1996. Ab 1999 gilt die Anforderung  $L_{nAT} \leq 61$  dB (A).  
Zusätzliche Detailinformationen zu den schalltechnischen Anforderungen in den einzelnen Ländern sind in Rasmussen & Rindel [26] zu finden.

### 2.2.1 DIN 4109

Die DIN 4109 in ihrer zur Zeit aktuellen Ausgabe 11.89 ist durch Rechtsverordnung bauaufsichtlich eingeführt, ihre Einhaltung ist Voraussetzung für die Baugenehmigung. Als einziges Regelwerk stellt sie Schallschutzanforderungen öffentlich-rechtlicher Art.

Die z.Z. gültige DIN 4109 besteht aus folgenden Teilen:

- DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise“, Ausgabe 11.89
- DIN 4109 Beiblatt 1 „Schallschutz im Hochbau, Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren“, Ausgabe 11.89
- DIN 4109 Beiblatt 2 „Schallschutz im Hochbau, Hinweise für Planung und Ausführung für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich“, Ausgabe 11.89
- DIN 4109 Beiblatt 3 „Schallschutz im Hochbau, Berechnung von  $R'_{w,R}$  für den Nachweis der Eignung nach DIN 4109 aus Werten des im Labor ermittelten Schalldämm-Maßes  $R_w$ “, Ausgabe 6.96
- Berichtigungen zur DIN 4109 / 11.89, Ausgabe 8.92
- Berichtigungen zur DIN 4109 Beiblatt 1 / 11.89, Ausgabe 8.92
- Berichtigungen zur DIN 4109 Beiblatt 2 / 11.89, Ausgabe 8.92

<sup>12</sup> aus [72], S. 5

In der Baupraxis ist die DIN 4109 mit ihren zugehörigen Beiblättern bei Planern, Bauherrn und Unternehmern planungstechnisch eingeführt, wobei für den Wohnungsbau im Wesentlichen folgende Punkte den Stand der Technik nicht mehr befriedigen:

- Die Anforderungen der DIN 4109 sind zu niedrig, um die Bewohner vor „unzumutbaren Belästigungen“ durch den Schall zu schützen, siehe Kötz in [15], S. 3 oder Sälzer in [5], S. 23.
- Die Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz sind im Beiblatt 2 zu niedrig angesetzt. Die Differenz zu den Mindestanforderungen nach DIN 4109 beträgt teilweise nur 1 dB. Daraus folgt, daß dieser minimale Unterschied ein Schallschutzniveau für gehobene Ansprüche erreichen läßt, statt nur den Mindestschallschutz zu erfüllen.
- Die Bauteilflächen in Tabelle 3 haben keine Begrenzung, so daß folgender Effekt keine Berücksichtigung findet: *„daß bei wachsender Schallübertragungsfläche des Trennbauteils bei sonst gleichbleibender Raumausstattung der tatsächliche Schallschutzeffekt sinkt“*<sup>13</sup>
- Das Vorhaltemaß von 2dB darf nicht entfallen oder abgemindert werden, auch wenn bei einer einwandfreien Ausführung des Bauteils, wie es durch Vorfertigung möglich und dokumentierbar ist, darauf verzichtet werden könnte.
- Die vorgeschlagenen Konstruktionen sind zum Teil nicht mehr zeitgemäß oder entsprechen nicht mehr den a.a.R.d.T., das bekannteste Beispiel ist die einschalige Haustrennwand.
- Die besseren Schallschutzeigenschaften von Stahlbetondecken mit zunehmender Dicke und damit zunehmenden Gewicht werden nicht berücksichtigt. Die Tabelle 12 der DIN 4109 Beiblatt 1 endet bei 500kg/m<sup>2</sup> flächenbezogener Masse der Decke. Diese wird aber bei den üblichen Deckenspannweiten im Wohnungsbau häufig überschritten. Das gleiche gilt für Massivwände, deren zugehörige Tabelle 8 zu früh endet (siehe auch Sälzer in [5], S.55 ff.).
- Die Kosten, die der Schallschutz verursacht, werden nicht erwähnt. Es fehlen Hinweise für den Planer, wie Schallschutz kostengünstig realisiert werden kann.
- Die unzureichende Berechnungsverfahren in Beiblatt 1, besonders für Wasser- und Abwasserinstallationen müssen verbessert werden.

---

<sup>13</sup> Sälzer in [5], S. 29

Sälzer setzt sich in seinem Kommentar zur DIN 4109 [5] sehr detailliert mit den Stärken und Schwächen der Norm auseinander und verweist auf Literatur, die die Schwächen der DIN 4109 herausstellen.

### 2.2.2 VDI 4100

Mit der VDI Richtlinie 4100 „Schallschutz von Wohnungen“ in der aktuellen Ausgabe September 1994 stellt der Verein Deutscher Ingenieure Kriterien für die Planung und Beurteilung des Schallschutz von Wohnungen zur Verfügung. Die Inhalte der VDI 4100 gehen auf Anregungen zurück, die sich bis in das Jahr 1969 zurückverfolgen lassen. Erstmals wurde Anfang 1983 ein vorlagefähiger Arbeitsentwurf für eine VDI-Richtlinie „Schalltechnische Klassifizierung von Wohnungen“ diskutiert.<sup>14</sup> Die VDI 4100 besitzt keinen öffentlich-rechtlichen Charakter wie die DIN 4109 und spricht lediglich Empfehlungen aus (siehe auch Abschnitt 2.3.1)

Die Richtlinie versteht sich selbst als Ergänzung zur bauaufsichtlich eingeführten DIN 4109<sup>15</sup>. Sie soll einen Schallschutz quantifizieren, der über die Anforderungen der DIN 4109 hinaus geht. Dazu werden drei Schallschutzstufen eingeführt, um unterschiedlich hohe Schallschutzniveaus zu beschreiben:

**Schallschutzstufe I (SSt I):** Die Kennwerte entsprechen den Anforderungen der DIN 4109, also der Minimalanforderung, die heute als genehmigungsrechtliche Mindestgröße gilt. Es sind Einschränkungen der Wohnqualität zu erwarten.<sup>16</sup>

**Schallschutzstufe II (SSt II):** Die Einhaltung der Kennwerte sichert, daß die Wohnqualität nicht besonders eingeschränkt ist und daß eine Lärmbelästigung aus fremden Wohnungen verhindert wird. Es sind zwar Geräusche wahrzunehmen, jedoch werden sie im allgemeinen nicht mehr als störend empfunden. Die SSt II stellt nach Aussage der VDI 4100 den heute üblichen Schallschutzstandard dar.<sup>17</sup> Eine Umfrage realisierter Bauvorhaben hat allerdings diese Erwartung nicht betätigt, in den seltensten Fällen nämlich werden Bauvorhaben nach diesem Standard realisiert.

---

<sup>14</sup> vgl. Kötz in [74], S. 2/5

<sup>15</sup> vgl. VDI 4100 [20], S.1

<sup>16</sup> vgl. VDI 4100 [20], S.2

<sup>17</sup> vgl. VDI 4100 [20], S.2

**Schallschutzstufe III (SSt III):** Die SSt III gewährleistet ein hohes Maß an Schallschutz für die Bewohner und schirmt damit die Privatsphäre bei üblichem Lärm vollständig ab. Geräusche aus fremden Wohnungen werden zum Teil nicht mehr wahrgenommen. Diese Schallschutzstufe wird bei Wohnungen erwartet, die gehobenen Komfortansprüchen genügen sollen.<sup>18</sup> Es konnten leider durch verschiedene Umfragen keine solchen Bauvorhaben ausfindig gemacht werden, das heißt also, daß die Verbreitung solcher Schallschutzqualitäten nicht weit fortgeschritten ist. Die VDI 4100 weckt hingegen andere Erwartungen.

Die nachfolgende Tabelle 1 der VDI 4100 verdeutlicht die unterschiedlichen Schallschutzniveaus der Schallschutzstufen anhand der Wahrnehmbarkeit von Geräuschen.

**Tabelle 3: Tabelle 1 VDI 4100<sup>19</sup>**

<b>Tabelle 1: Wahrnehmung üblicher Geräusche aus Nachbarwohnungen und Zuordnung zu drei Schallschutzstufen (SSt)</b>				
Spalte	1	2	3	4
Zeile	Art der Geräusch-emission	Wahrnehmung der Immission aus der Nachbarwohnung, abendlicher Grundgeräuschpegel von 20 dB(A) und üblich große Aufenthaltsräume vorausgesetzt		
1		SSt I	SSt II	SSt III
2	Laute Sprache	verstehbar	im allgemeinen verstehbar	im allgemeinen nicht verstehbar
3	Sprache mit angehobener Sprechweise	im allgemeinen verstehbar	im allgemeinen nicht verstehbar	nicht verstehbar
4	Sprache mit normaler Sprechweise	im allgemeinen nicht verstehbar	nicht verstehbar	nicht hörbar
5	Gehgeräusche	im allgemeinen störend	im allgemeinen nicht mehr störend	nicht störend
6	Geräusche aus haustechnischen Anlagen	unzumutbare Belästigungen werden im allgemeinen vermieden	gelegentlich störend	nicht oder nur selten störend
7	Hausmusik, laut eingestellte Rundfunk- und Fernsehgeräte, Parties	deutlich hörbar		im allgemeinen hörbar

Die VDI Richtlinie 4100 kommt mit deutlich weniger differenzierten Bauteilen aus als die DIN 4109, z.B. hat sie nur zwei mögliche Unterteilungen für den Trittschallschutz zwischen

<sup>18</sup> vgl. VDI 4100 [20], S.3

fremden Wohnungen (siehe Tabelle 2, VDI 4100) eingeführt. Die Norm sieht elf Möglichkeiten vor (siehe Tabelle 3, DIN 4109). Um unterschiedlichen Wohnsituationen gerecht zu werden, verwendet die VDI 4100 drei Kategorien, mit denen sie die Anwendungsbereiche für die Schallschutzanforderungen festlegt:

- **Tabelle 2, VDI 4100:** Kennwerte für Schallschutzstufen (SSt) von Wohnungen in Mehrfamilienhäusern, Schutz in Aufenthaltsräumen vor Geräuschen aus fremden Bereichen
- **Tabelle 3, VDI 4100:** Kennwerte für Schallschutzstufen (SSt) von Doppel- und Reihenhäusern, Schutz in Aufenthaltsräumen vor Geräuschen aus fremden Bereichen
- **Tabelle 4, VDI 4100:** Kennwerte für Schallschutzstufen (SSt) innerhalb des eigenen Bereiches (selbst genutzte Wohnung oder Haus)

Im Anhang der Richtlinie werden Empfehlungen für schalltechnisch günstige Grundrisse gemacht, so daß der Architekt konkrete Angaben für die Planung erhält. Im praktischen Entwurf läßt sich aufgrund der äußeren Randbedingungen selten ein schallschutztechnisch optimaler Grundriß durch Zwischenschalten von Räumen oder anderen Raumanordnungen realisieren, wie die VDI 4100 anregt. So ist es bei den vorkommenden Wohnungsgrößen im MFH von etwa 40 bis 100 m<sup>2</sup> kaum möglich z.B. Abstellräume zwischen Treppenraum und Aufenthaltsraum zwischenzuschalten, da Platz fehlt, die Gebäudegeometrie dies nicht zuläßt oder das Raumprogramm gestört wird. Andere Raumanordnungen sind oftmals nicht möglich, da dieses die Nutzung beeinträchtigt z.B. durch gewünschte Ausrichtung des Wohnzimmers nach Süden.

Im Anhang sind außerdem sehr allgemein gehaltene Aussagen über Kosten abgedruckt, um sie schon im Vorentwurf zu berücksichtigen. Den Kostenangaben fehlen konkrete Beträge, so daß die wirtschaftlichen Konsequenzen der Planung unverbindlich bleiben.

### 2.2.3 Notwendigkeit der VDI 4100 neben der DIN 4109

Die Empfehlungen der VDI 4100 ergänzen die DIN 4109 in Bereichen, in denen nur unzureichende Angaben für die Planung zur Verfügung stehen.

---

<sup>19</sup> VDI 4100 [20], S.3

Die auf den nächsten Seiten folgenden Tabellen 8 und 9 stellen die Schallschutzanforderungen der DIN 4109, einschließlich den Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz nach DIN 4109 Beiblatt 2 den Empfehlungen der VDI 4100 gegenüber, um damit die Diskrepanz der unterschiedlichen Regelwerke zu verdeutlichen.

Vergleiche von Schallschutzempfehlungen der VDI 4100 mit den Schallschutzanforderungen der DIN 4109 in Tabelle 4 zeigen Abweichungen von bis zu 19 dB. Unter Berücksichtigung, daß eine um 10 dB geringere Lautstärke bei Schallpegeln größer 50 dB(A) als nur noch halb so laut empfunden wird<sup>20</sup> und bei 3 dB eine Verbesserung von ca. 30 % eintritt<sup>21</sup>, fordert die VDI 4100 den bis zu vierfachen Schallschutz gegenüber der DIN 4109.

**Tabelle 4: Abweichungen unterschiedlicher Schallschutzniveaus**

	DIN 4109 Beiblatt 2 im Vergleich zur DIN 4109	VDI 4100 SSt I im Vergleich zur DIN 4109	VDI 4100 SSt II im Vergleich zur DIN 4109	VDI 4100 SSt III im Vergleich zur DIN 4109
<b>Luftschall R'w [dB]</b>				
mittlere Abweichung	2	0	3	6
maximale Abweichung	10	0	5	8
<b>Trittschall L'n,w [dB]</b>				
mittlere Abweichung	7	0	7	14
maximale Abweichung	12	0	12	19

Gerade bei den Trittschallschutzanforderungen ergeben sich sehr große Abweichungen innerhalb der verschiedenen Anforderungs-/ Empfehlungsniveaus, so daß sich die Frage stellt, welches Regelwerk nun den Wünschen der Bewohner nach ausreichendem Schallschutz am nächsten kommt. Die Praktiker stellen regelmäßig folgende Mängel der VDI 4100 heraus:

- Die Schallschutzstufen II und III sind innerhalb der Wohnung aus wirtschaftlichen und technischen Gründen nicht zu erfüllen. Es werden bei Massivbauweisen schwere Wände zwischen Aufenthaltsräumen erforderlich ( $m' \geq 270 \text{ kg/m}^2$ ), um das geforderte Schalldämm-Maß von  $R'_{w,R} = 48 \text{ dB}$  bei der SSt III zu erfüllen. Neben dem Aufwand, in der Decke Zulagebewehrung unter den Wänden zu verlegen, entsteht ein Wohnflächenverlust durch erforderliche Wanddicken infolge der benötigten flächenbezogenen Masse (siehe Abschnitt 4.1.3). Eine Luftschalldämmung von 48dB ist zwar konstruktiv erreichbar, jedoch wenig sinnvoll, da zumindest eine Wand innerhalb des Raumes eine Tür aufweist. Sie stellt eine Schwachstelle dar, durch die der Schall ggf. übertragen wird.

<sup>20</sup> vgl. Lutz [2], S. 12

- Die Schallschutzanforderungen lassen Bauvorhaben unwirtschaftlich werden, mit der Folge, daß sie nicht mehr vermiet- oder verkaufbar sind. Dieses ist im wesentlichen durch die höheren Errichtungskosten des Bauwerks infolge der höheren erforderlichen flächenbezogenen Masse sowie durch die Mindererlöse durch entfallende Wohnfläche wegen dickerer Wände begründet.
- Der überzogene Schallschutz der SSt III in Verbindung mit einem zu niedrigen Grundgeräuschpegel führt zum Paradoxum, daß Beunruhigungen bei den Bewohnern eintreten, was sich i.a. durch Unwohlsein und Angst äußert.
- Die Existenz von DIN 4109 und VDI 4100 und der unzureichenden Kenntnis der Rechtsgrundlage bei den am Bau Beteiligten führt zu einer Rechtsunsicherheit in der Planung und Bauausführung (siehe auch Abschnitt 2.3.1).

Die Vielzahl der Beanstandungen, in Verbindung mit der weitverbreiteten Ablehnung der VDI 4100, hat unter anderem dazu geführt, den zuständigen Ausschuß „Harmonisierung VDI 4100 und Beiblatt 2 zu DIN 4109“ zu veranlassen, die VDI 4100 zu überarbeiten. Dabei zielten die Harmonisierungsanstrengungen im Wesentlichen auf die Beseitigung von Widersprüchen und Doppelfestlegungen beider Regelwerke. Die VDI 4100 in der Vorlage Januar 1998 „Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz von Wohnungen“ enthält zur Ausgabe von 1994 folgende Erweiterungen:

- Die Trennung der Schallschutzempfehlungen im „eigenen Bereich“ von den Empfehlungen für „fremde Bereiche“. Eine Wohnung kann nun die SSt III erreichen, auch wenn ihre Räume untereinander der SSt III nicht entsprechen. Ergänzend zu den Schallschutzstufen I, II und III wurden deshalb die Schallschutzstufen A und B eingeführt, die den Schallschutz innerhalb des „eigenen Bereiches (Wohnung)“ festlegen. So lassen sich Wohnungen mit der SSt IIIA planen, die technisch und wirtschaftlich leichter realisierbar sind, als die SSt III der aktuellen VDI 4100.
- Die Tabelle 1 wurde um das Bauteil Wohnungseingangstüren erweitert und damit die wenig praxisgerechte Formel 4 ersetzt.
- Die Ergänzung von Decken unter Balkonen, Loggien und Laubengängen komplettiert die Bauteile.
- Die Empfehlung für Geräusche von sonstigen haustechnischen Anlagen wurde erhöht.

---

<sup>21</sup> vgl. Sälzer [5], S. 82

- Die Luftschallschutzempfehlung in horizontaler Richtung (Tabelle 1, Zeile 1 und 3, Spalte 6) wurde von 56 auf 55 dB herabgesetzt, um eine Ausführung auch mit einer Mauerwerkswand mit  $d=24\text{cm}$ , Rohdichteklasse 2,0 und  $2 \times 10\text{mm}$  Zementputz zu ermöglichen.

Nachfolgend werden die Tabellen 1, 2 und 3 der geplanten, überarbeiteten VDI 4100, Vorlage Januar 1998 dargestellt.

**Tabelle 5: Kennwerte für Schallschutzstufen (SSt) von Wohnungen in Mehrfamilienhäusern, VDI 4100 Vorlage Januar 1998<sup>22</sup>**

Spalte	1	2	3	4	5	6	7
Zeile	Schallschutzkriterien			kennzeichnende Größe nach DIN 4109	SSt I	SSt II	SSt III
1	Luftschallschutz	zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Räumen	horizontal	$R'_{w}$ in dB	Anforderungen nach DIN 4109	55/56 <sup>1)</sup>	59
2			vertikal			57	60
3		zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Treppenhäusern bzw. Fluren	56 <sup>1)</sup>			59	
4	Wohnungseingangstüren	Zugang zu den Aufenthaltsräumen über abgeschlossenen Wohnungsfür	$R'_{w}$ in dB	30		33	
5		direkter Zugang zu den Aufenthaltsräumen		40		43	
6	Trittschallschutz	zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Räumen	$L'_{n,w}$ in dB	46 <sup>2)</sup>		39	
7		zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Treppenhäusern		53		46	
8	Decken unter Balkonen, Loggien, Laubengängen					46	39
9	Geräusche von	Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam)	$L_{in}$ in dB(A)			30 <sup>3)</sup> *)	25 <sup>3)</sup> *)
10	Geräusche von	sonstigen haustechnischen Anlagen	$L_{A,Fmax}$ in dB(A)			27 <sup>4)</sup>	24 <sup>4)</sup>
11	Geräusche von	baulich verbundenen Gewerbetrieben (tags)	$L_r$ in dB(A) nach VDI 2058 Blatt 1			- <sup>5)</sup>	- <sup>5)</sup>
12	Luftschallschutz gegen von außen eindringende Geräusche			$R'_{w,res}$ in dB			<sup>6)</sup>

<sup>1)</sup> Eine 24 cm dicke einschalige Wand mit einer flächenbezogenen Masse  $\geq 490 \text{ kg/m}^2$  erfüllt diese Anforderung, auch wenn der rechnerische Nachweis nach Beiblatt 1 bei einer mittleren flächenbezogenen Masse der flankierenden Bauteile  $m' \geq 300 \text{ kg/m}^2$  nur  $R'_{w} = 55 \text{ dB}$  ergibt.

<sup>2)</sup> In Schallschutzstufen II und III ist in der Regel gewerbliche Nutzung störungsfrei nicht möglich.

<sup>3)</sup> Spitzen nach DIN 4109, Tabelle 4, FN 1), max 5 dB(A) höher.

<sup>4)</sup> Nutzergeräusche sollten durch Maßnahmen nach ... auf die angegebenen Kennwerte gemindert werden.

<sup>5)</sup>  $R'_{w,res}$  nach DIN 4109.

<sup>6)</sup>  $R'_{w,res}$  nach DIN 4109 +5 dB.

<sup>7)</sup> Schutz in Aufenthaltsräumen vor Geräuschen aus fremden Bereichen.



**Tabelle 6: Kennwerte für Schallschutzstufen (SSt) von Doppel- und Reihenhäusern, VDI 4100 Vorlage Januar 1998<sup>23</sup>**

Tabelle 2: Kennwerte für Schallschutzstufen (SSt) von Doppel- und Reihenhäusern<sup>6)</sup>

Spalte	1	2	3	4	5	6	7
Zeile	Schallschutzkriterien			kennzeichnende Größe nach DIN 4109	SSt I	SSt II	SSt III
1	Luftschallschutz	zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Räumen		$R'_w$ in dB	Anforderungen nach DIN 4109	63	68
2	Trittschallschutz	zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Räumen	horizontal oder diagonal	$L'_{n,w}$ in dB		41	34
3		zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Treppenhäufen oder -podesten				46	39
4	Geräusche von	Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam)		$L_{in}$ in dB(A)		25 <sup>2)</sup> 3)	20 <sup>2)</sup> 3)
5	Geräusche von	sonstigen haustechnischen Anlagen		$L_{AFmax}$ in dB(A)		25 <sup>3)</sup>	20 <sup>3)</sup>
6	Geräusche von	baulich verbundenen Gewerbebetrieben (tags)		$L_r$ in dB(A) nach VDI 2058 Blatt 1		- <sup>4)</sup>	- <sup>4)</sup>
7	Luftschallschutz gegen von außen eindringende Geräusche			$R'_{w,ren}$ in dB		<sup>4)</sup>	<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> In Schallschutzstufen II und III ist in der Regel gewerbliche Nutzung störungsfrei nicht möglich.  
<sup>2)</sup> Spitzen nach DIN 4109, Tabelle 4, FN 1), max 5 dB (A) höher.  
<sup>3)</sup> Nutzergeräusche sollten durch Maßnahmen nach ..... auf die angegebenen Kennwerte gemindert werden.  
<sup>4)</sup>  $R'_{w,ren}$  nach DIN 4109.  
<sup>5)</sup>  $R'_{w,ren}$  nach DIN 4109 +5 dB.  
<sup>6)</sup> Schutz in Aufenthaltsräumen vor Geräuschen aus fremden Bereichen.

**Tabelle 7: Kennwerte für Schallschutzstufen (SSt) innerhalb des eigenen Bereiches, VDI 4100 Vorlage Januar 1998<sup>24</sup>**

Tabelle 3: Kennwerte für Schallschutzstufen (SSt) innerhalb des eigenen Bereiches (selbst genutzte Wohnung oder Haus)

Spalte	1	2	3	4	5	6
Zeile	Schallschutzkriterien			kennzeichnende Größe nach DIN 4109	SSt A	SSt B
1	Luftschallschutz	zwischen Aufenthaltsräumen		$R'_w$ in dB	> 40 <sup>1)</sup>	≥ 48 <sup>1)</sup>
2	Trittschallschutz	zwischen Aufenthaltsräumen oder zwischen Aufenthaltsräumen und Erschließungs- bzw. Gemeinschaftsräumen	vertikal, horizontal oder diagonal	$L'_{n,w}$ in dB	53	46 <sup>2)</sup>
3	Geräusche von	Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam)		$L_{in}$ dB(A)	35	≤ 30
4	Geräusche von	sonstigen haustechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich		$L_{AFmax}$ in dB(A)	30	30 <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Gilt auch zwischen Aufenthaltsräumen und Treppen bzw. -podesten  
<sup>2)</sup> Weichfedernde Bodenbeläge können angerechnet werden.  
<sup>3)</sup> Nutzergeräusche sollten durch Maßnahmen nach Abschnitt 7.2 soweit wie möglich gemindert werden. Wegen fehlender Meßverfahren werden jedoch keine Kennwerte angegeben.

<sup>22</sup> aus Kötz [75], S. 3/9

<sup>23</sup> aus Kötz [75], S. 3/10

<sup>24</sup> aus Kötz [75], S. 3/10

**Tabelle 8: Schutz von Wohnungen gegen Schallübertragungen aus einem fremden Wohn- oder Arbeitsbereich, Vergleich der DIN 4109 mit der VDI 4100**

Bauteil:	Anforderung gemäß DIN 4109		Empfehlungen zum erh. Schallschutz gemäß DIN 4109 Beiblatt 2		Kennwerte der Schallschutzstufe I VDI 4100		Kennwerte der Schallschutzstufe II VDI 4100		Kennwerte der Schallschutzstufe III VDI 4100	
	erf. R'w	erf. L'n,w	erf. R'w	erf. L'n,w	R'w	L'n,w	R'w	L'n,w	R'w	L'n,w
Decken unter allgemein nutzbaren Dachräumen, z.B. Trockenböden, Abstellräumen und ihren Zugängen	53 dB Z.1, T.3	53 dB Z.1, T.3	≥ 55 dB Z.1, T.2	≤ 46 dB Z.1, T.2	wie 4109	wie 4109	57 dB Z.2, T.2	46 dB Z.4, T.2	60 dB Z.2, T.2	39 dB Z.4, T.2
Wohnungstrenndecken (auch -treppen) und Decken zwischen fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbaren Nutzungseinheiten	54 dB Z.2, T.3	53 dB Z.2, T.3	≥ 55 dB Z.2, T.2	≤ 46 dB Z.2, T.2	wie 4109	wie 4109	57 dB Z.2, T.2	46 dB Z.4, T.2	60 dB Z.2, T.2	39 dB Z.4, T.2
Decken über Kellern, Hausfluren, Treppenträumen unter Aufenthaltsräumen	52 dB Z.3, T.3	53 dB Z.3, T.3	≥ 55 dB Z.3, T.2	≤ 46 dB Z.3, T.2	wie 4109	wie 4109	56 dB Z.2, T.2	53 dB Z.4, T.2	59 dB Z.2, T.2	46 dB Z.4, T.2
Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen und ähnliches unter Aufenthaltsräumen	55 dB Z.4, T.3	53 dB Z.4, T.3	≥ 55 dB Z.4, T.3 DIN 4109	≤ 46 dB Z.4, T.2	wie 4109	wie 4109	je nach Aussenlärm	46 dB Z.4, T.2	je nach Aussenlärm	39 dB Z.4, T.2
Decken unter/über Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen	55 dB Z.5, T.3	46 dB Z.5, T.3	≥ 55 dB Z.5, T.3 DIN 4109	≤ 46 dB Z.5, T.3 DIN 4109	wie 4109	wie 4109	57 dB Z.2, T.2	46 dB Z.4, T.2	60 dB Z.2, T.2	39 dB Z.4, T.2
Decken unter Terrassen und Loggien über Aufenthaltsräumen	je nach Aussenlärm	53 dB Z.6, T.3	wie 4109	≤ 46 dB Z.5, T.2	wie 4109	wie 4109	je nach Aussenlärm	46 dB Z.4, T.2	je nach Aussenlärm	39 dB Z.4, T.2
Decken unter Laubengängen	je nach Aussenlärm	53 dB Z.7, T.3	wie 4109	≤ 46 dB Z.6, T.2	wie 4109	wie 4109	je nach Aussenlärm	46 dB Z.4, T.2	je nach Aussenlärm	39 dB Z.4, T.2
Decken und Treppen innerhalb von Wohnungen, die sich über zwei Geschosse erstrecken	keine Anforderung	53 dB Z.8, T.3	≥ 55 dB Z.1, T.3	≤ 46 dB Z.7, T.2	wie 4109 Beiblatt 2	wie 4109 Beiblatt 2	57 dB Z.2, T.2	46 dB Z.3, T.2	60 dB Z.2, T.2	39 dB Z.3, T.2
Decken unter Bad und WC ohne/mit Bodenentwässerung	54 dB Z.9, T.3	53 dB Z.9, T.3	≥ 55 dB Z.8, T.2	≤ 46 dB Z.8, T.2	wie 4109	wie 4109	57 dB Z.2, T.2	46 dB Z.4, T.2	60 dB Z.2, T.2	39 dB Z.4, T.2
Decken unter Hausfluren	je nach angrenzenden Raum	53 dB Z.10, T.3	je nach angrenzenden Raum	≤ 46 dB Z.9, T.2	wie 4109	wie 4109	56 dB Z.3, T.2	46 dB Z.4, T.2	59 dB Z.3, T.2	39 dB Z.4, T.2

Decken zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Treppenhäusern bzw. Fluren	52 dB Z.3, T.3	53 dB Z.3/10, T.3	55 dB Z.3, T.2	$\leq 46$ dB Z.3/9, T.2	wie 4109	wie 4109	56 dB Z.3, T.2	53 dB Z.5, T.2	59 dB Z.3, T.2	46 dB Z.5, T.2
Treppenläufe und -podeste	entfällt evtl. wie Decke	58 dB Z.11, T.3	entfällt evtl. wie Decke	$\leq 46$ dB Z.10, T.2	wie 4109	wie 4109	entfällt evtl. wie Decke	46 dB Z.2, T.10	entfällt evtl. wie Decke	39 dB Z.3, T.10
Wohnungstrennwände und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen	53 dB Z.12, T.3	entfällt	$\geq 55$ dB Z.11, T.2	entfällt	wie 4109	entfällt	56 dB Z.1, T.2	entfällt	59 dB Z.1, T.2	entfällt
Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren	52 dB Z.13, T.3	entfällt	$\geq 55$ dB Z.12, T.2	entfällt	wie 4109	entfällt	56 dB Z.3, T.2	entfällt	59 dB Z.3, T.2	entfällt
Wände neben Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen u.ä.	55 dB Z.14, T.3	entfällt	$\geq 55$ dB Z.14, T.3 DIN 4109	entfällt	wie 4109	entfällt	je nach Aussen- lärm	entfällt	je nach Aussen- lärm	entfällt
Wände von Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen	55 dB Z.15, T.3	entfällt	$\geq 55$ dB Z.15, T.3 DIN 4109	entfällt	wie 4109	entfällt	56 dB Z.1, T.2	entfällt	59 dB Z.1, T.2	entfällt
Türen, die von Hausfluren oder Treppenträumen in Flure und Dielen von Wohnungen führen	27 dB Z.16, T.3	entfällt	$\geq 37$ dB Z.13, T.2	entfällt	wie 4109	entfällt	gemäß Formel (4) VDI 4100	entfällt	gemäß Formel (4) VDI 4100	entfällt
Türen, die von Hausfluren oder Treppenträumen unmittelbar in Aufenthaltsräume von Wohnungen führen	37 dB Z.17, T.3	entfällt	$\geq 37$ dB Z.17, T.3 DIN 4109	entfällt	wie 4109	entfällt	individuell zu errechnen	entfällt	individuell zu errechnen	entfällt
Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam) in Wohn- und Schlafräumen	entfällt	$L_{In} \leq 35$ dB <sup>3)</sup> Z.1, T.4	entfällt	wie 4109	entfällt	wie 4109	entfällt	$L_{In} = 30$ dB evtl. 25 dB <sup>1)</sup> Z.6, T.2	entfällt	$L_{In} = 25$ dB evtl. 20 dB <sup>1)</sup> Z.6, T.2
Sonstige haustechnische Anlagen in Wohn- und Schlafräumen	entfällt	$L_{AF,max} \leq 30$ dB evtl. 35 dB <sup>2)</sup> Z.2, T.4	entfällt	wie 4109	entfällt	wie 4109	entfällt	$L_{AF,max} = 30$ dB Z.7, T.2	entfällt	$L_{AF,max} = 25$ dB Z.7, T.2
Luftschallschutz gegen von Aussen eindringende Geräusche	$R'_{w,res} =$ je nach Aus- senlärm	entfällt	wie 4109	entfällt	wie 4109	entfällt	wie 4109	entfällt	wie 4109 + 5 dB	entfällt

1) Wenn Abwassergeräusche gesondert (ohne die zugehörigen Armaturengeräusche) auftreten, sind wegen der erhöhten Lästigkeit dieser Geräusche um 5 dB niedrigere Werte einzuhalten. 2) Bei Lüftungstechnischen Anlagen sind um 5 dB höhere Werte zulässig, sofern es sich um Dauergeräusche ohne auffällige Einzeltöne handelt. 3) Eine Erhöhung der Anforderung auf  $L_{In} = 30$  dB(A) wurde bereits durch den Beschluß des zuständigen Normenausschusses im Juli 1997 verabschiedet, bis Frühjahr 1999 ist jedoch noch keine Änderung als Weißdruck erschienen, so daß z.Z. noch  $L_{In} = 35$  dB(A) öffentlich-rechtlich geschuldet wird. Werte für  $L_{In}$  und  $L_{AF,max}$  in [dB(A)]

**Tabelle 9: Schutz von Wohnungen gegen Schallübertragungen aus eigenem Wohn- oder Arbeitsbereich, Vergleich der DIN 4109 mit der VDI 4100**

Bauteil:	Empfehlungen zum normalen Schallschutz gemäß DIN 4109 Beiblatt 2		Empfehlungen zum erh. Schallschutz gemäß DIN 4109 Beiblatt 2		Kennwerte der Schallschutzstufe I VDI 4100		Kennwerte der Schallschutzstufe II VDI 4100		Kennwerte der Schallschutzstufe III VDI 4100	
	erf. R'w	erf. L'n,w	erf. R'w	erf. L'n,w	R'w	L'n,w	R'w	L'n,w	R'w	L'n,w
Decken und Treppen innerhalb von Wohnungen, die sich über zwei Geschosse erstrecken	50 dB Z.1, T.3	56 dB Z.8,T.3	≥ 55 dB Z.1, T.3	≤ 46 dB Z.1, T.3	wie 4109 Beiblatt 2	wie 4109 Beiblatt 2	55 dB Z.2, T.4	46 dB Z.3, T.4	55 dB Z.2, T.4	46 dB Z.3, T.4
Wände ohne Türen zwischen Aufenthaltsräumen	keine Empfehlung	entfällt	keine Empfehlung	entfällt	wie 4109 Beiblatt 2	entfällt	48 dB Z.1, T.4	entfällt	48 dB Z.1, T.4	entfällt
Wände ohne Türen zwischen „lauten“ und „leisen“ Räumen unterschiedlicher Nutzung, z.B. zwischen Wohn- und Kinderschlafzimmer	40 dB Z.4,T.3	entfällt	≥ 47 dB Z.4, T.3	entfällt	wie 4109 Beiblatt 2	entfällt	48 dB Z.1, T.4	entfällt	48 dB Z.1, T.4	entfällt
Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam) in Wohn- und Schlafräumen	entfällt	$L_{In} \leq 35 \text{ dB}^{3)}$ Z.1, T.4	entfällt	$L_{In} \leq 30 \text{ dB}$ gemäß Abschnitt 3.3	entfällt	wie 4109 Beiblatt 2	entfällt	$L_{In} = 30 \text{ dB}$ evtl.25 dB <sup>1)</sup> Z.4, T.4	entfällt	$L_{In} = 30 \text{ dB}$ evtl.25 dB <sup>1)</sup> Z.4, T.4
Sonstige haustechnische Anlagen in Wohn- und Schlafräumen	entfällt	$L_{AF,max} \leq 30 \text{ dB}$ evtl.35 dB <sup>2)</sup> Z.2, T.4	entfällt	$L_{AF,max} \leq 25 \text{ dB}$ evtl.30 dB <sup>2)</sup> gemäß Abschn.3.3	entfällt	wie 4109 Beiblatt 2	entfällt	$L_{AF,max} = 30 \text{ dB}$ Z.5, T.4	entfällt	$L_{AF,max} = 25 \text{ dB}$ Z.5 T.4
Luftschallschutz gegen von Aussen eindringende Geräusche	R'w,res = je nach Aussenlärm	entfällt	wie 4109	entfällt	wie 4109	entfällt	wie 4109	entfällt	wie 4109 + 5 dB	entfällt

1) Wenn Abwassergeräusche gesondert (ohne die zugehörigen Armaturengeräusche) auftreten, sind wegen der erhöhten Lästigkeit dieser Geräusche um 5 dB niedrigere Werte einzuhalten. 2) Bei Lüftungstechnischen Anlagen sind um 5 dB höhere Werte zulässig, sofern es sich um Dauergeräusche ohne auffällige Einzeltöne handelt. 3) Eine Erhöhung der Anforderung auf  $L_{In} = 30 \text{ dB(A)}$  wurde bereits durch den Beschluß des zuständigen Normenausschusses im Juli 1997 verabschiedet, bis Frühjahr 1999 ist jedoch noch keine Änderung als Weißdruck erschienen, so daß z.Z. noch  $L_{In} = 35 \text{ dB(A)}$  öffentlich-rechtlich geschuldet wird. Werte für  $L_{In}$  und  $L_{AF,max}$  in [dB(A)]

## 2.3 Rechtliche und wirtschaftliche Folgen durch mangelhaften Schallschutz

Als rechtliche Grundlagen für die Schallschutzanforderungen sind

- öffentliches Recht
- und
- privates Recht

als selbstständig nebeneinander bestehende Rechtsbereiche zu unterscheiden.

### 2.3.1 Stand der Rechtsprechung

Die Landesbauordnungen, z.B. BauO NW hier §3, fordern das **öffentliche Recht**.,(1) *Bauliche Anlagen sowie andere Anlagen und Einrichtungen im Sinne von § 1 Abs. 1 Satz 2 sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, daß die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit oder die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet wird. Die der Wahrung dieser Belange dienenden allgemein anerkannten Regeln der Technik sind zu beachten. Von diesen Regeln kann abgewichen werden, wenn eine andere Lösung in gleicher Weise die allgemeinen Anforderungen des Satzes 1 erfüllt. § 20 Abs. 3 und § 24 bleiben unberührt.*<sup>25</sup>

Die allgemein anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T) stellen einen unbestimmten Rechtsbegriff dar, der im Gesetz nicht definiert ist. *„Überwiegend werden unter anerkannten Regeln der Technik solche Regeln für den Entwurf und die Ausführung baulicher Anlagen verstanden, die in der Wissenschaft als richtig erkannt sind und feststehen, sowie im Kreise der entsprechend vorgebildeten Techniker durchweg bekannt und aufgrund fortdauernder praktischer Erfahrung als richtig und notwendig anerkannt sind.“*<sup>26</sup>

Beim ersten Teil dieser Definition handelt es sich um die theoretische Richtigkeit der Baumethoden. Der Begriff der „anerkannten Regeln der Technik“ wird inhaltlich zerlegt in „Stand der Technik“ (dokumentiert in DIN-Normen, VDE-, VDI-Richtlinien) und „Stand der Wissenschaft und Technik“ (z.B. in Entwicklung begriffene Normen). Während es sich beim „Stand der Technik“ um eine fortgeschrittene Entwicklung handelt, geht der „Stand der Wissenschaft und Technik“ über dieses Niveau noch einmal hinaus.

<sup>25</sup> aus BauO NW [36],S. 6

<sup>26</sup> aus Weiß [48],S. 39

Beim zweiten Teil dieser Definition handelt es sich um die praktische Erfahrung der Anwender. Der Anwender kann z.B. der Handwerker bei Regeln im Bereich der praktischen Bauausführungsarbeiten und der Architekt oder Ingenieur bei Regeln im planerisch-konstruktiven Bereich sein. Damit sind die anzuwendenden Regeln der Technik begrifflich erheblich eingeschränkt und – zumindest für den Juristen – geklärt. Beim bauwirtschaftlichen Handeln befindet man sich aber weiterhin in einer äußerst diffusen Situation. Es liegt eine Vielfalt von Regeln vor, die sich zum Teil widersprechen, unterschiedliche Standards definieren und zum Teil auf unterschiedlichen Prüfverfahren gründen, so auch beim Schallschutz.

Die DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“, Ausgabe 11.89 mit den zugehörigen Beiblatt 1 ist zur Zeit in allen Bundesländern, in Nordrhein Westfalen durch den Runderlaß des Ministeriums für Bauen und Wohnen vom 11. Juli 1997 in [55], bauaufsichtlich eingeführt. Sie stellt eine a.a.R.d.T dar, so daß der Sachverhalt wie ihn Heiermann, Riedel und Rusam in [4] beschreiben: *„Bei Widersprüchen zwischen technischen Normen in Regelwerken, gesetzlichen und behördlichen Bestimmungen und den anerkannten Regeln der Technik sind nur letztere maßgebend.“*<sup>27</sup> hier nicht zum Tragen kommt.

Einige Bundesländer sind den Empfehlungen des Allgemeinen Ausschuß der ARGEBAU gefolgt und haben einen Ergänzungserlaß veröffentlicht, wonach nur „die von der Obersten Bauaufsichtsbehörde durch öffentliche Bekanntmachung als Technische Baubestimmung eingeführten Technischen Regeln ... zu beachten“ sind,<sup>28</sup> also in den entsprechenden Bundesländern die Anwendung der DIN 4109 für den Schallschutz gilt.

Für die Planer bedeutet das, die a.a.R.d.T. , also die DIN 4109 entsprechend anzuwenden. Nach allgemeinem Rechtsverständnis gehen diejenigen Personen, die den Schallschutznachweis führen (üblicherweise die Tragwerksplaner), davon aus, daß durch die Einhaltung der gültigen DIN Norm darüber hinaus keinerlei rechtliche Folgen in Bezug auf Schallschutzmängel durch die Planung auf sie zukommen können. Der staatlich anerkannte Sachverständige für Schall- und Wärmeschutz, der den Schallschutznachweis prüft, hat lediglich die Verpflichtung, ein Einhalten des Schallschutzes nach DIN 4109 festzustellen. Dem öffentlichen Recht wird durch Erfüllung der Anforderungen der DIN 4109 genüge getan. Schallschutzanforderungen öffentlich-rechtlicher Art werden nur von der DIN 4109 gestellt. Die VDI 4100 bringt lediglich

---

<sup>27</sup> Heiermann [4], S. 978

Empfehlungen, ist aber in keinem Fall für die Erfüllung öffentlich-rechtlicher Belange heranzuziehen. Für die Schallschutzstufe I der VDI 4100 gilt das Gesagte der DIN 4109, da sie deren Anforderungen übernimmt und keine Ergänzungen hinzufügt.

Die Schallschutzstufen II und III der VDI 4100 stellen keine a.a.R.d.T. dar. Gegen die VDI 4100 als a.a.R.d.T. spricht, daß sie nicht weitgehend genug bei den Planern bekannt ist, wie u.a. die Umfrage in Abschnitt 2.4.1 zeigt. Ebenfalls spricht gegen die VDI 4100 als a.a.R.d.T. die in der VDI 1000 „Richtlinienarbeit-Grundsätze und Anleitungen“ gegebene Erklärung, was VDI-Richtlinien sind: *„(1.3) VDI-Richtlinien sind ... veröffentlichte Regeln der Technik, die zur Zeit der Bearbeitung nicht normungsfähig sind. Sie dienen der Fachwelt als richtungsweisende Arbeitsunterlagen und Entscheidungshilfen...-...In ihnen werden...Beurteilungs- und Bewertungskriterien gegeben. Sie behandeln im wesentlichen Themen, deren Entwicklung noch nicht beendet ist.“*<sup>29</sup>

Ebenso wird die VDI 4100 nicht von öffentlichen Bauherren akzeptiert, also ein großer Teil der potentiellen Anwender stellt sie somit in Frage.

Buss vertritt in [10] folgenden Standpunkt zur Anerkennung der VDI 4100 :*„Der ‚Allgemeine Ausschuß‘ der ARGEBAU hat in einem Entwurf für den Erlaß zur Richtlinie VDI 4100 empfohlen (Auszug): ... Die Richtlinie VDI 4100 wird weder von den Obersten Bauaufsichtsbehörden der Länder, dem Bundesministerium für Städtebau, Bauwesen und Raumordnung, dem Baugewerbe, noch von der ausübenden Praxis anerkannt. Vielmehr wurden die vom DIN bei der Schlußabstimmung eingeräumten Möglichkeiten zu Einsprüchen über den NABau voll ausgeschöpft und damit öffentlich dargelegt, daß die für allgemein anerkannte Regeln der Technik notwendige Akzeptanz aller betroffener Kreise nicht vorliegt. Deswegen kann nicht davon ausgegangen werden, daß es sich bei der Richtlinie 4100 um eine allgemein anerkannte Regel der Technik handelt.“*<sup>30</sup>

Aus den kontroversen Ansichten und Äußerungen geht hervor, daß keine eindeutige Meinung der Fachwelt bzgl. VDI 4100 vorherrscht, also ein erheblicher Mangel besteht, der der Anwendung der VDI 4100 im Wege steht.

---

<sup>28</sup> vgl. Buss in [10], Teil 2/3, S. 3

<sup>29</sup> VDI 1000 [79], S. 2

<sup>30</sup> Buss [10], Teil 2/3, S. 1 ff.

**Privatrechtlich** treten je nach vertraglicher Vereinbarung VOB oder BGB in Kraft: „Der Auftragnehmer übernimmt die Gewähr, daß seine Leistung zur Zeit der Abnahme die vertraglich zugesicherten Eigenschaften hat, den anerkannten Regeln der Technik entspricht und nicht mit Fehlern behaftet ist, die den Wert oder die Tauglichkeit zu dem gewöhnlichen oder dem nach dem Vertrag vorausgesetzten Gebrauch aufheben oder mindern.“<sup>31</sup> bzw. „Der Unternehmer ist verpflichtet, das Werk so herzustellen, daß es die zugesicherten Eigenschaften hat und nicht mit Fehlern behaftet ist, die den Wert oder die Tauglichkeit zu dem gewöhnlichen oder dem Vertrag vorausgesetzten Gebrauch aufheben oder mindern.“<sup>32</sup>

Die öffentlich-rechtlichen Anforderungen sind nicht unbedingt mit den privatrechtlich geschuldeten identisch, da privatrechtlich ein über den Mindestanforderungen der DIN 4109 liegender Schallschutz vereinbart werden kann. In dieser Inkongruenz ist die Ursache für eine Rechtsunsicherheit bei den Planern zu sehen, deren Ergebnis häufig eine gerichtliche Auseinandersetzung infolge unzureichender Schallschutzplanung ist. Unstrittig ist jedoch auch hier, daß die Anforderungen der DIN 4109 nicht unterschritten werden dürfen. Der privatrechtlich geschuldete Schallschutz variiert in Abhängigkeit der Gebäudeausstattung. Eine eindeutige Zuordnung ist oftmals nicht möglich, die Gerichte sind häufig überfordert geordnet Recht zu sprechen.

Ein nicht den vereinbarten Anforderungen entsprechender Schallschutz hat in rechtlicher und wirtschaftlicher Hinsicht Folgen. Der für den Wohnungseigentümer durch unzureichenden Schallschutz entstandene Schaden kann eine erhebliche Minderung des Verkehrswertes darstellen. Der Deutsche Mieterbund gibt Mietminderungen von 5 – 20 % für unzureichenden Schallschutz in [47] an, wobei die zivilrechtliche Grundlage, die dem Bauherrn zugesteht, bei solchen Mängeln gegen den Planer, Bauleiter und den Bauausführenden vorzugehen, im BGB §§ 537-539, 862 und 1004 geregelt ist.<sup>33</sup>

Zur Vermeidung von Streitigkeiten empfiehlt es sich, vom Bauherrn verlangte Schallschutzanforderungen, die über denen in der DIN 4109 geforderten liegen, z.B. die Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz gemäß DIN 4109 Beiblatt 2 oder die der SSt II

---

<sup>31</sup> aus VOB Teil B §13 (1) [53], S. 148

<sup>32</sup> aus BGB § 633 [54], S. 719

<sup>33</sup> vgl. Buss [10], Teil 2/2, S. 3



und III VDI 4100, vertraglich zu vereinbaren.<sup>34</sup> Dabei ist es oft strittig, ob eine im Exposé als Luxus-Eigentumswohnung, o.ä. angekündigte Immobilie privatrechtlich lediglich den Schallschutz nach DIN 4109 erfüllen muß oder ob ein höherer Schallschutz ohne besondere vertragliche Vereinbarung erwartet werden darf, also eine stillschweigende Vereinbarung vorliegt. Die Tabelle 10 zeigt eine Zuordnung von Schallschutzstufen zu Baubewertungsbegriffen, die teilweise von Gerichten in Streitigkeiten herangezogen wird.

**Tabelle 10: Zuordnung von Schallschutzstufen zu Baubewertungsbegriffen<sup>35</sup>**

Qualitätsstufe für die bauliche Bewertung	Komfortstufe	Schallschutzstufe nach VDI 4100
einfache Ausstattung	einfacher Standard	SSt I
durchschnittl. Ausstattung	üblicher Standard	SSt II
gute Ausstattung	gehobener Standard	SSt III
sehr gute Ausstattung	luxuriöser Standard	nicht festgelegt

Unter der Berücksichtigung der Ergebnisse dieser Arbeit ist die Tabelle 10 jedoch nicht vertretbar, sie spiegelt falsche Tatsachen vor, da ein üblicher Standard nicht der SSt II sondern der SSt I entspricht. Es sollte eine Zuordnung erfolgen, die die jeweilige Schallschutzstufe der Tabelle 10 um eine Schallschutzstufe reduziert, wobei die SSt I bzw. DIN 4109 nicht unterschritten werden darf.

Der Planer sollte sich jedoch bei der Auswahl der Schallschutzkonstruktion vor Augen halten, daß durch ein Einhalten einer eventuell zu hoch gesteckten Richtlinie keine Mängel entstehen, sondern höchstens das Bauwerk unwirtschaftlich wird.

Letztendlich muß der am Bau Beteiligte in seiner eigenen Verantwortung entscheiden und handeln. Für den Planer empfiehlt es sich, den Bauherrn mit in diese Betrachtung einzubeziehen, um in dessen Sinne zu handeln.

Da die Meinungen der Schallschutzexperten, wie zuvor gezeigt, verschieden sind und beide Seiten zutreffende Argumente anführen (VDI 4100 unwirtschaftlich, DIN 4109 unzureichend),

<sup>34</sup> siehe auch Bundesbaublatt 2/97 S. 126 ff.

<sup>35</sup> siehe Kötz in [74], S. 2/9

kann keine eindeutige Entscheidung für oder wider eines der Regelwerke getroffen werden. Dabei spielt es eine entscheidende Rolle, ob man die Bauherrenseite oder die ausführende Seite vertritt. Der Bauherr wird sich eher der VDI 4100 SSt II und III anschließen (wenn sich die Kosten dadurch nicht zu stark erhöhen). Der Ausführende hingegen muß bei den Arbeiten einen (noch) höheren Qualitätsstandard liefern, wodurch er auch höhere Risiken bzgl. eventueller Mängel hat und deshalb die DIN 4109 bevorzugt. Für den Planer ist es im Hinblick auf seinen Arbeitsaufwand unerheblich, nach welcher Regelung er das Bauwerk schallschutztechnisch bemißt, da ein eventuell höherer Arbeitsaufwand entsprechend vergütet werden muß, was aber gemäß §5 HOAI als „Besondere Leistung“ entsprechend zu vereinbaren ist.

### **2.3.2 Nachträgliche Beseitigung von Schallschutzmängeln**

Die nachträgliche Beseitigung von Schallschutzmängeln ist regelmäßig mit großen Problemen verbunden, da entweder die Mängel überhaupt nicht mehr abzustellen sind oder nur mit großem Aufwand und hohen Kosten beseitigt werden können. Wie umfangreich die Maßnahmen sein können, soll an nachfolgenden Beispielen demonstriert werden.

Beispiel 1: Durch Mörtelbrücken zwischen zweischaligen Mauerwerkswänden sind die Schalen miteinander verbunden. Diese Schallbrücken verschlechtern bei wenigen Fehlstellen den Schallschutz bereits drastisch. Die erforderliche Mängelbeseitigung geschieht mit einer riesigen Bandsäge, die die Schalen unter erheblichem Kostenaufwand trennt. Dieser Mangel hätte leicht bei einer sorgfältigeren Erstellung des Mauerwerks vermieden werden können.

Beispiel 2: Durch die Verwendung von Mauerwerk mit einer zu geringen Rohdichte reicht der Schallschutz der Wand nicht aus. Eine nachträgliche Verkleidung der Wand mit einer biegeweichen Vorsatzschale wird erforderlich, um den geforderten Luftschallschutz herzustellen. Daraus folgen hohe Kosten und Wohnflächenverlust. Bei Ausführung des Mauerwerks mit der geforderten Steinrohichte wären minimale Zusatzkosten aufgetreten.

Beispiel 3: Bei einem Stahlbeton-Treppenlauf wurden die Konsolen nicht fachgerecht auf das Podest aufgelagert, so daß beim Verguß Schallbrücken entstanden sind. Ein Neoprenlager, ca. 100,- DM je Treppenlauf, hätte den Schaden vermieden, die

nachträgliche Beseitigung ist nicht mehr möglich. Der Mangel bedingt eine Miet- oder Verkaufswertminderung von etwa 10 %.

Beispiel 4: Durch die schlechte Planung der Gründung einer Reihenhaussiedlung (durchlaufende Fundamente und Bodenplatten beider Häuser) sind Schallübertragungen zum Nachbarn gegeben. Eine nachträgliche Schallschutzverbesserung ist nur durch aufwendige Zusatzkonstruktionen (schwimmender Estrich im Untergeschoß sowie biegeweiche Vorsatzschalen), möglich. Die wesentlich effektivere schallschutztechnische Trennung der Häuser im Fundamentbereich wäre mit geringen Mehrkosten herstellbar gewesen.

Die Beispiele verdeutlichen, daß durch geringe Unzulänglichkeiten in Planung und Ausführung erhebliche Schallschutzmängel entstehen, deren Beseitigung zu erheblichen Mehrkosten führt.

## 2.4 Stand des Schallschutzes im Wohnungsbau

Bei der heutigen Realisierung des Schallschutzes im Mehrfamilienwohnungsbau sind verschiedene Interessengruppen zu unterscheiden:

- **Planer** (Abschnitt 2.4.1)
- **Bauherren** (Abschnitt 2.4.2)
- **Bewohner** (Abschnitt 2.4.3)
- **Ausführende Unternehmer** (Abschnitt 2.4.4)

### 2.4.1 Stand der Schallschutzplanung in der Entwurfsphase

Durch die Anhebung der Anforderungen der DIN 4109 Ausgabe 11.89 gegenüber der Ausgabe 09.62 ist zwar eine Verbesserung für den Bewohner zu verzeichnen, jedoch zeigen die vielen gerichtlichen Auseinandersetzungen, daß Mängel nach wie vor auftreten. Zur Zeit erfolgt die Planung und Ausführung vielfach nach DIN 4109. Bei der Durchsicht von 50 Verkaufsexposés aus dem Wohnungsbau, aufgestellt von Bauträgern und Planern, wurde keine Leistungsbeschreibung des Schallschutz gemäß VDI 4100 SSt II oder III festgestellt, es wurde ausschließlich der Schallschutz nach DIN 4109 zugesagt. Die Exposés konnten zwar nicht als repräsentativ für den Wohnungsbau angesehen werden, sie zeigen jedoch eine Tendenz auf und belegen, daß die VDI 4100 kaum Akzeptanz findet.

Außerdem wurden 140 Planer durch eine Umfrage zur Anwendung der VDI 4100 interviewt. Die Auswahl der Planer erfolgte bundesweit anhand von Telefonverzeichnissen und einem Zufallsmechanismus. 54 Planer haben den Fragebogen ausgefüllt, dies entspricht einer Rücklaufquote von 38,5 %. 8 Fragebögen waren nicht eindeutig ausgefüllt und wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt, 78 Planer haben nicht geantwortet (55,7 %). Die Antworten der einzelnen Fragebögen sind im Anhang E ersichtlich.

89 % der Planer planen den Schallschutz überwiegend nach den Anforderungen der DIN 4109. Als Hauptgrund wurde genannt, daß der Bauherr aus Kostengründen die DIN 4109 fordert. Ein weiterer Grund findet sich regelmäßig in der Tatsache, daß viele Planer die VDI 4100 nicht kennen und deshalb nicht anwenden können (Abbildung 5).

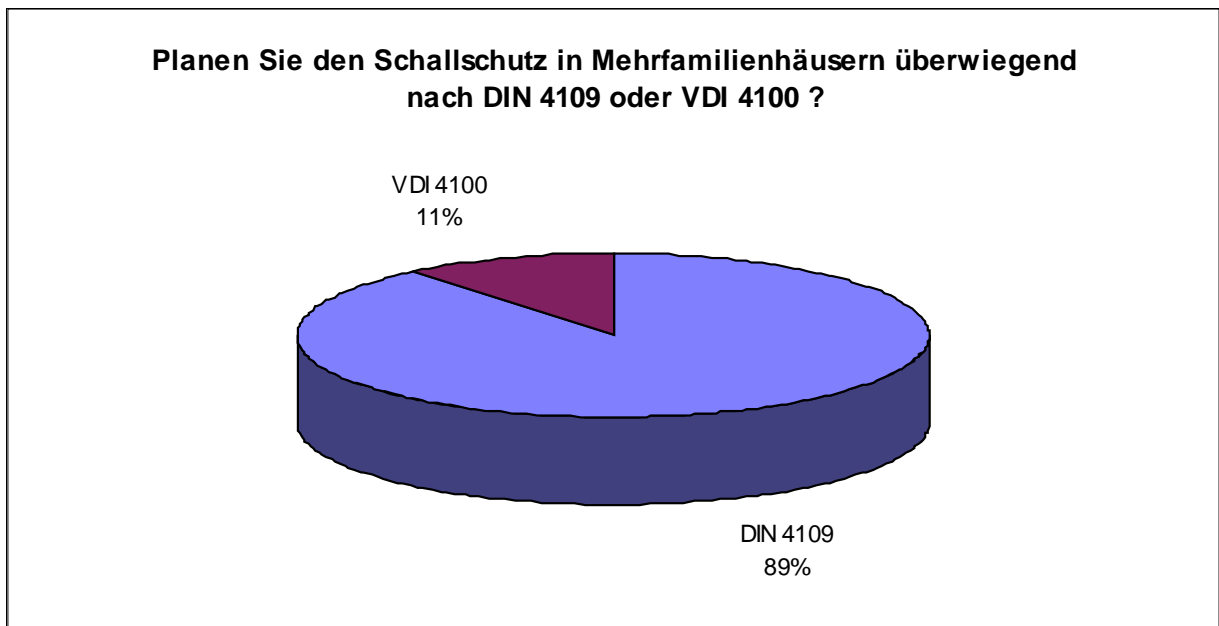


Abbildung 5: Antworten der Planer, Frage 1: Planung nach DIN 4109 oder VDI 4100?

59 % der Planer halten den Schallschutz der DIN 4109 für ausreichend, 41 % für unzureichend. Der relativ hohe Anteil der Planer, die den Schallschutz nicht für ausreichend halten, läßt die Vermutung aufkommen, daß die Anwendung der DIN 4109 nach Stand der Forschung und der technischen Entwicklung nicht mehr ausreicht und somit bei strikter Planung des Schallschutzes nach DIN 4109 privatrechtliche Folgen eintreten können (Abbildung 6).

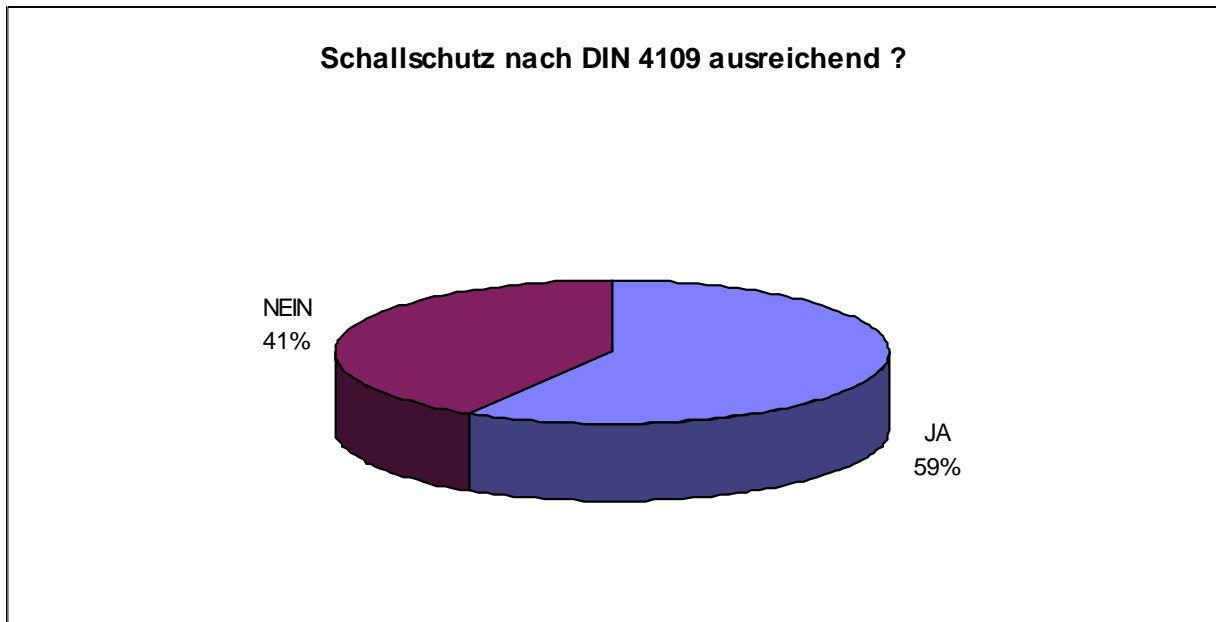


Abbildung 6: Antworten der Planer, Frage 2: DIN 4109 ausreichend?

Nur 54 % der Befragten gaben an, die VDI 4100 zu kennen. Deshalb ist es auch nicht ungewöhnlich, daß sie bei der Planung wenig Berücksichtigung findet (Abbildung 7). Eine kaum bekannte Richtlinie kann folglich nicht als a.a.R.d.T. angesehen werden.

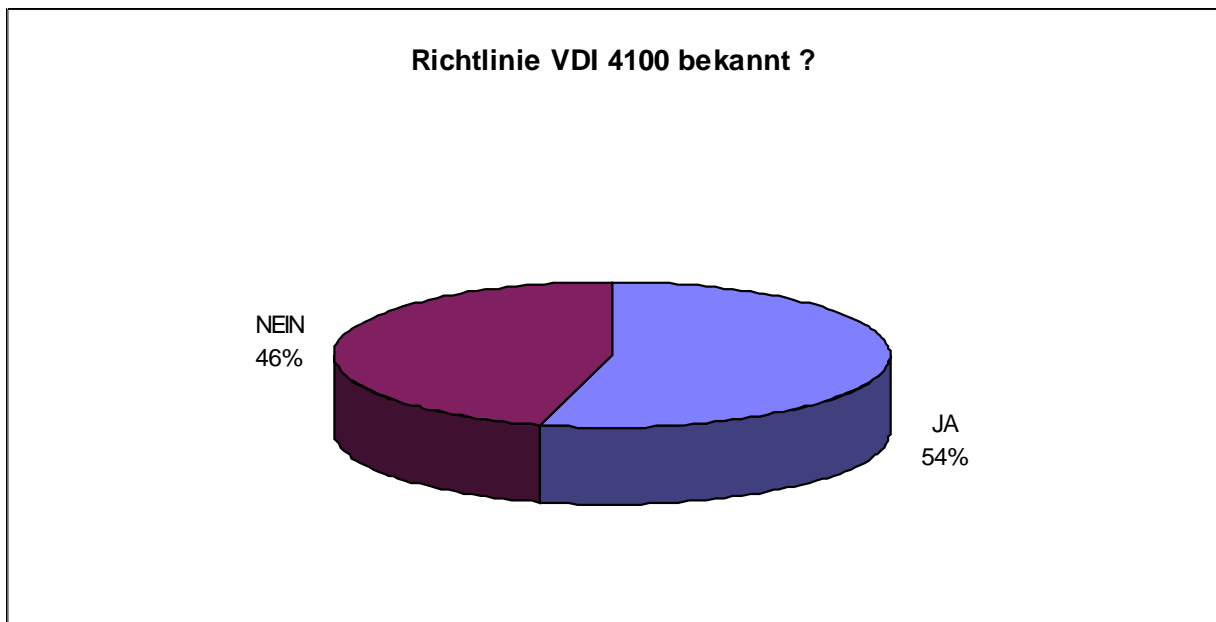


Abbildung 7: Antworten der Planer, Frage 3: VDI 4100 bekannt ?

Nur 22 % der Befragten gaben an, eine Planung nach VDI 4100 durchzuführen. 78 % planen nicht nach der VDI 4100, als Grund wurde häufig angeführt, daß der Bauherr dieses aus Kostengründen nicht wünscht (Abbildung 8).

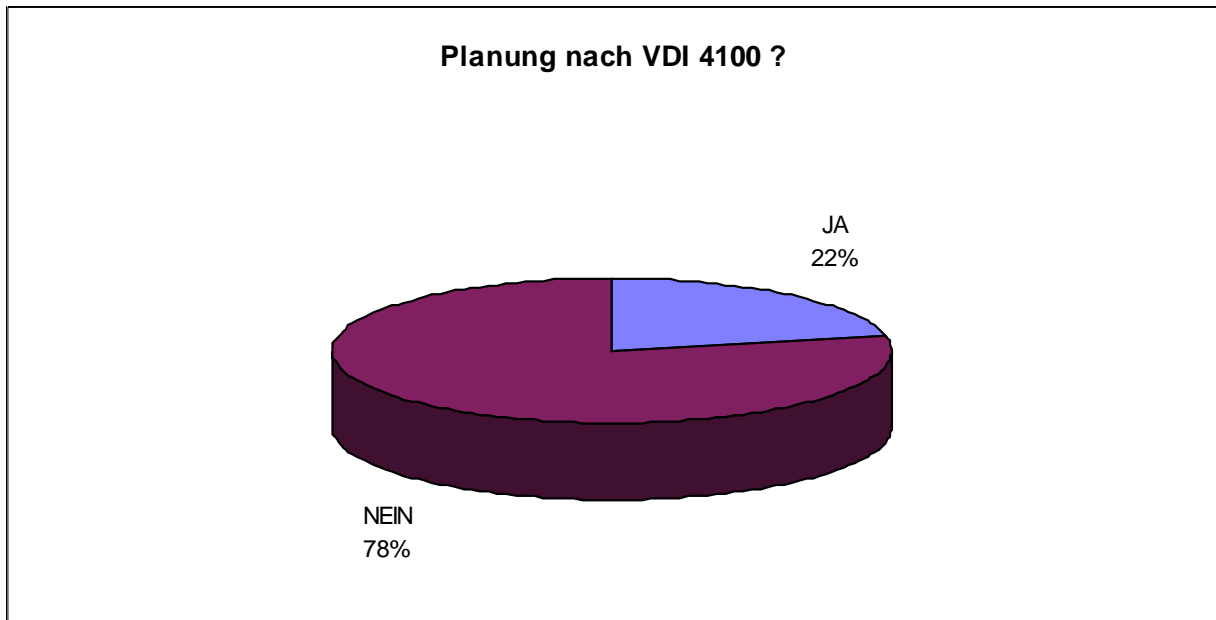


Abbildung 8: Antworten der Planer, Frage 4: Planung nach VDI 4100 ?

Man könnte vermuten, daß kleine Planungsbüros nicht ausreichend spezialisiert sind, um die VDI 4100 anzuwenden. Die Größenverteilung der befragten Planungsbüros ist aber gleichmäßig. Eine Abhängigkeit zwischen der Unternehmensgröße und der Verteilung der Antworten konnte nicht festgestellt werden (Abbildung 9).

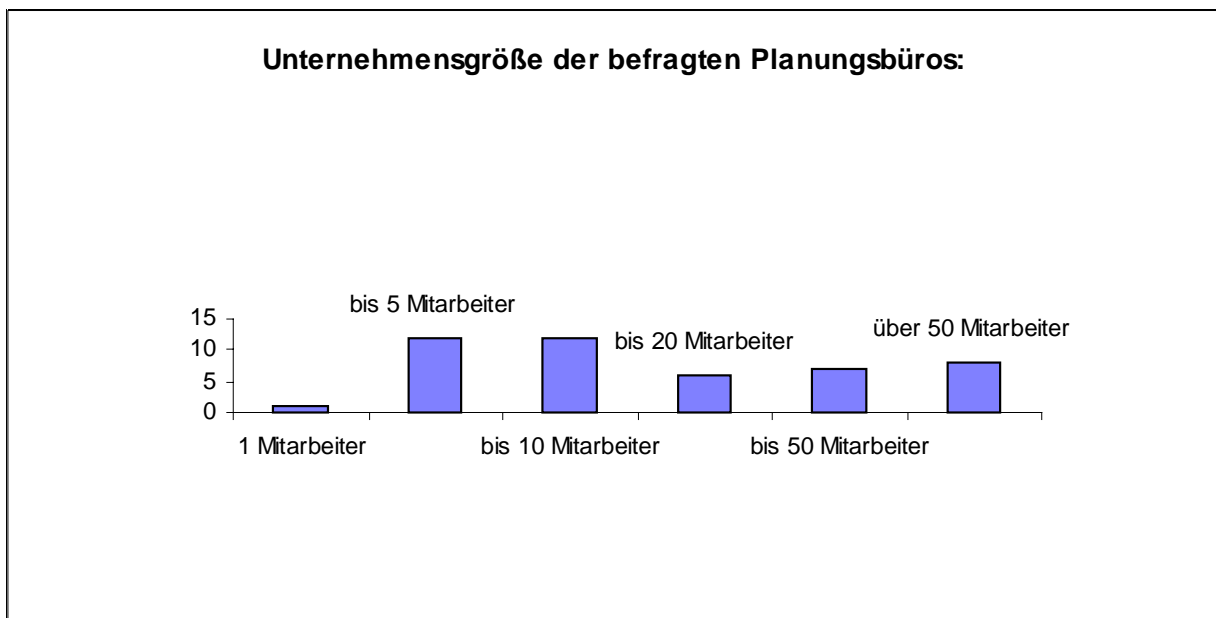


Abbildung 9: Antworten der Planer, Frage 5: Unternehmensgröße ?

Als wesentliches Ergebnis der Umfrage läßt sich herausstellen, daß die VDI 4100 unzureichend bei den Planern bekannt ist und deshalb selten zur Anwendung kommt. Aufklärung über die zu erwartenden Mehrkosten beim Schallschutz der SSt II und III, besonders bei den Planern, könnte die Situation ändern.

Die Fachplaner für Bauakustik hingegen vertreten eine ausgeprägt positive Meinung zur VDI 4100. Eine Umfrage, die das Umweltbundesamt Berlin im Jahr 1996 durchgeführt hat, belegt das nachdrücklich. Es wurden alle 72 akustischen Beratungsbüros in Deutschland, die als Prüfstelle für Eignungs- und Güteprüfungen nach DIN 4109 zugelassen sind, bezüglich der VDI 4100 befragt. Das Ergebnis, bei einer Rücklaufquote von 64 %, ist in Abbildung 10 dargestellt und sagt aus, daß die Fachleute die VDI 4100 zu 83 % als Planungshilfe fordern, nur 15 % lehnen sie ab und bevorzugen also die DIN 4109 nebst Beiblatt 2.

<b>Antworten der Umfrage unter den Sachverständigen der Bauakustischen Prüfstellen zur Anwendung der Richtlinie VDI 4100</b>			
<b><u>Frage 1: Ist die VDI 4100 in Ihrem Büro vorhanden ?</u></b>			
JA:	98 %	NEIN:	2 %
<b><u>Frage 2: Wird die VDI 4100 von Ihnen als Planungshilfe genutzt ?</u></b>			
wenn möglich immer:	35 %	SELTEN:	50 %
		NEIN:	15 %
<b><u>Frage 3: Wird die Anwendung der VDI 4100 von Ihren Auftraggebern akzeptiert ?</u></b>			
private Bauherren:	JA: 54 %	NEIN:	22 %
		keine Angabe:	24 %
öffentliche Bauherren:	JA: 4 %	NEIN:	61 %
		keine Angabe:	35 %
Wohnungsbau- gesellschaften:	JA: 28 %	NEIN:	46 %
		keine Angabe:	26 %
<b><u>Frage 4: Sollte Ihrer Meinung nach die Richtlinie als Planungshilfe erhalten bleiben ?</u></b>			
	JA: 83 %	NEIN:	15 %
		keine Angabe:	2 %
<b><u>Frage 5: Halten Sie die schallschutztechnische Klassifizierung von Wohnungen für eine sinnvolle Planungshilfe ?</u></b>			
	JA: 87 %	NEIN:	11 %
		keine Angabe:	2 %
<b><u>Frage 6: Haben sie bereits Wohnungsbau nach den Schallschutzstufen der VDI 4100 realisiert ?</u></b>			
JA:	43 %, davon 33 % in der SSt III	NEIN:	57 %

Abbildung 10: Umfrage Umweltbundesamt, Antworten der Fragen 1 bis 6<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Daten aus [16]

### 2.4.2 Anforderungen des Bauherrn

Mehrfamilienhäuser werden aus abwicklungstechnischen Gründen von Bauträgern oder Wohnungsbaugesellschaften errichtet, die die Wohnungen an die späteren Bewohner verkaufen oder vermieten. Der Bauträger muß seinen Gewinn sichern, gleichzeitig aber zu Marktpreisen anbieten, da er sonst die Wohnungen nicht verkaufen kann. Ebenso muß die Wohnungsbaugesellschaft den Mietpreis einstellen.

Diverse Gespräche mit Bauträgern, Planungsbüros und Bauherren, sowie die gesichteten Exposés bestätigen, daß aus Kostengründen nur die Anforderungen der DIN 4109 realisiert werden. Bedenken vor möglichen privatrechtlichen Klagen sowie Miet- oder Kaufpreisminderung bestehen dabei kaum. Die Nachfrage des Käufers nach höherem Schallschutz z.B. VDI 4100 SSt II / III ist nicht festzustellen, so daß der Bauträger die Nachfrage nicht decken muß.

### 2.4.3 Erwartungen der Bewohner

Eine 1995/96 im Auftrag der Informations-Zentrum Beton GmbH durchgeführte repräsentative Mieterbefragung zur Wohnsituation der Deutschen zeigt u.a. die Meinung der Bewohner zum Schallschutz auf. Dort werden vor allem bauphysikalische Probleme angeführt, die die Bewohner an ihren Wohnungen beanstanden. Die überwiegende Kritik wird beim Schallschutz formuliert, ein eindeutiges Zeichen für einen Verbesserungsbedarf (Abbildung 11). Dabei geht nicht aus der Untersuchung hervor, ob der Schallschutz aufgrund zu niedriger Mindestanforderungen beanstandet wird oder aufgrund von Planungs- und Ausführungsmängeln.

Nach den akzeptablen Maßnahmen für kostensparendes Bauen befragt (Abbildung 12), wurde an letzter Stelle mit 8 % ein geringerer Schallschutz von den Mietern akzeptiert. Die Mieter erwarten also angemessenen, wahrscheinlich höheren Schallschutz, als zur Zeit im Wohnbestand realisiert ist.

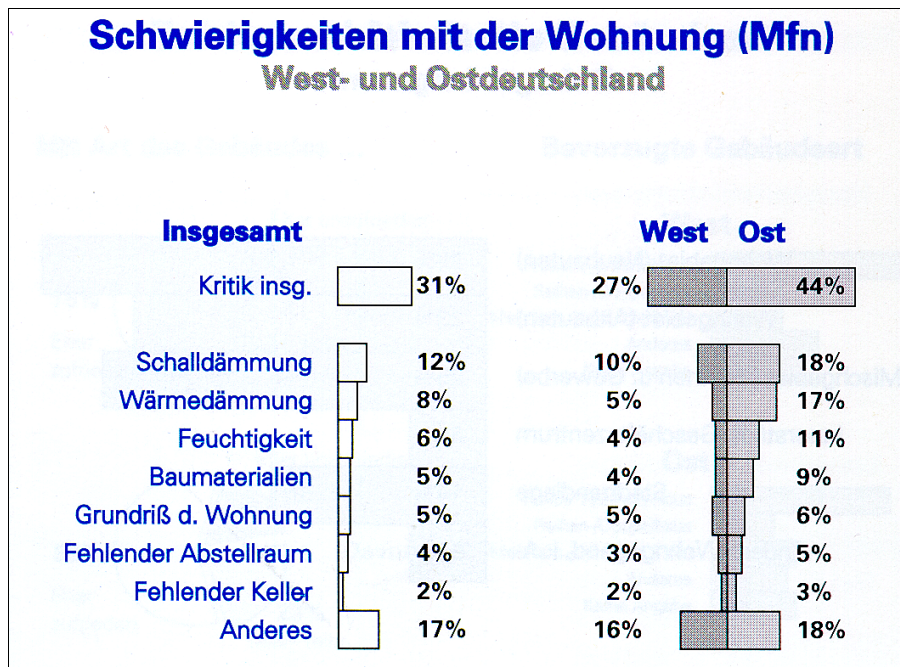
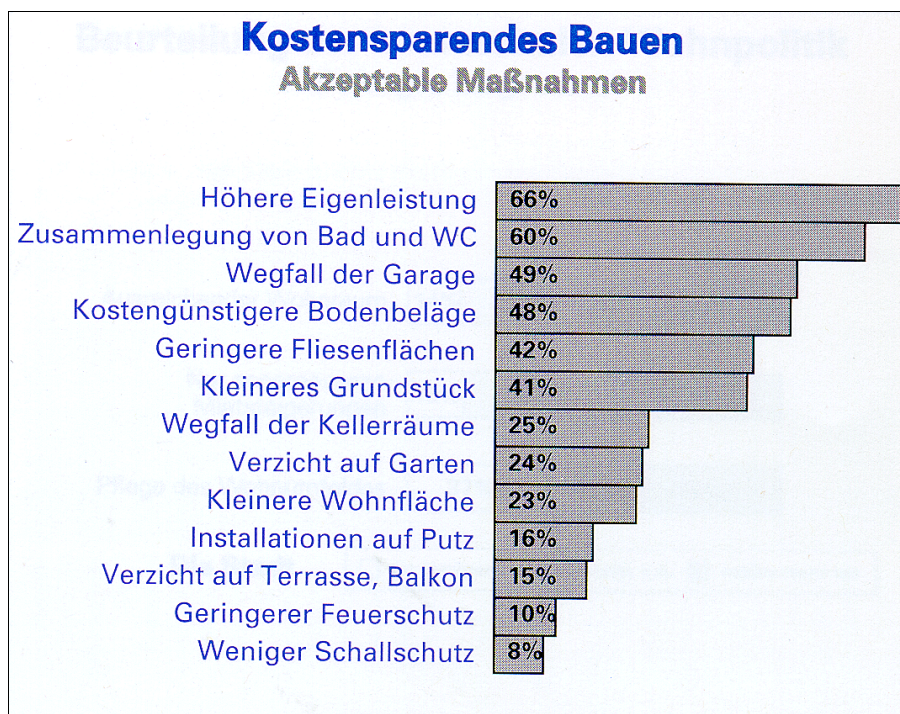
Das Schallschutzniveau sollte letztlich am akustischen Wohlbefinden festgemacht werden. Akustisches Wohlbefinden wird wie folgt charakterisiert<sup>37</sup>:

---

<sup>37</sup> vgl. Rasmussen, Rindel in [72], S. 4



- Abwesenheit von unerwünschtem Schall,
- Anwesenheit von erwünschtem Schall der gewünschten Qualität und Pegelhöhe,
- Gelegenheit zu geräuscherzeugenden Tätigkeiten, ohne andere Personen zu belästigen, zu stören oder von außenstehenden Personen gehört zu werden.

Abbildung 11: Schwierigkeiten der Bewohner mit ihren Wohnungen<sup>38</sup>Abbildung 12: Akzeptanz von Einsparungsmöglichkeiten im Wohnungsbau<sup>39</sup><sup>38</sup> aus [14], S. 8<sup>39</sup> aus [14], S. 13

Internationale Umfragen [72] haben ergeben, daß dieses Wohlbefinden bei einem Luftschallschutz von  $R'_{w,R} \geq 60$  dB und einem Trittschallschutz von  $L'_{n,w} \leq 48$ dB erreicht wird. Das bedeutet, daß ein Luftschallschutz der SSt III und ein Trittschallschutz der SSt II gegeben sein sollte, also Anforderungen, die deutlich über denen der DIN 4109 liegen.

#### 2.4.4 Ausführung

Die Qualität des Schallschutzes ist direkt von der Ausführungsqualität schallschützender Bauteile abhängig. Aufgrund der zur Zeit unbefriedigenden Preissituation am deutschen Baumarkt, hohem Kostendruck, Einsatz von Arbeitskräften ohne ausreichende Schulung im Handwerk leidet die Ausführungsqualität. Als Ergebnis stellen sich oft viele Mängel beim Schallschutz ein. Da wird der schwimmende Estrich unter Türen nicht mit einem Kellenschnitt geschlitzt, die Trennstreifen zwischen Wand und Estrich werden nicht sauber ums Eck verlegt, die Trittschalldämmung wird nicht lückenlos gestoßen, um nur einige Fehler zu nennen.

Eine Untersuchung darüber, wie häufig bei der Ausführung schallschutztechnisch relevante Fehler gemacht werden, liegt in der Literatur nicht vor. Viele Fehler werden nicht erkannt, weil sie schon verkleidet, überdeckt oder verputzt sind und vom Bewohner nur noch als „Hellhörigkeit des Hauses“ erkannt, aber nicht mehr als Fehler registriert werden können. Es ist jedoch zu vermuten, daß mindestens 20% aller ausgeführten Mehrfamilienhäuser solche mehr oder weniger gravierenden Mängel aufweisen.

Buss beschreibt in [10] folgende Ausführungsmängel, die häufig auftreten und deshalb als typisch zu bezeichnen sind:<sup>40</sup>

- Verschlechterung der Luftschalldämmung bei einschaligen Mauerwerkswänden durch nicht vollflächiger Vermörtelung der Stoß- und Lagerfugen. Eine Rohbauwand mit mangelhaft ausgeführten Fugen kann nicht durch den Wandputz repariert werden.
- Luftschallverschlechterung durch zu dünn aufgebrachte Wandputze.
- Eigenmächtige lokale/örtlich begrenzte Änderung der bemessenen Steinart auf der Baustelle z.B. durch Verwendung von leichteren vorhandenen Reststeinen.
- Verwendung von ungünstig gelochten Steinen mit der Folge des unzureichenden Luftschallschutzes trotz vorhandener flächenbezogener Masse.

<sup>40</sup> siehe Buss in [10], Abschnitt 7/2, Seite 2ff.

- Falsche Verzahnung des Mauerwerks und damit Veränderung der flankierenden Bauteile Beispiel: *„Ausgeführt wurde in einem Doppelhaus das Umfassungsmauerwerk mit einer Hintermauerschale aus Gasbeton Rohdichte 0,6 kg/dm<sup>3</sup>. Die Wohnungstrennwand ist zweischalig aus Mauerschalen je 11,5 cm KSL mit Mineralfaserdämmschicht  $d = 3$  cm. Die Wohnungstrennwand stößt gegen die Innenschale des Umfassungsmauerwerks. Das ist für den Wärmeschutz richtig, für den Schallschutz falsch. Schallübertragung durch Flankenübertragung. Das flankierende Bauteil Hintermauerschale ersetzt nicht die flächenbezogene Masse und Höhe der Wohnungstrennwand.“*<sup>41</sup>
- Durchführung eines schwimmenden Estrichs unter einer leichten Trennwand, dadurch eine Verschlechterung von Luft- und Trittschallschutz über die Schall-Längsleitung, der Estrichplatte.
- Mangelhafte oder fehlende Isolierung bei Rohrdurchführungen durch Wände oder Decken, dadurch Minderung des Schallschutzes.
- Verwendung vorhandener falscher Dämmstoffe, z.B. Hartschaumplatten, wodurch die Schalldämmung abnimmt.
- Richtige Abdichtung von Dämmstoffen, da Feuchte zu einer erhöhten Schalleitfähigkeit führt, ein Fehler, der oft auch bei Randstreifen des Trittschallschutzes auftritt.
- Unzureichend ausgeführte Dämmung von Sanitärelementen, sowie feste, schallharte Verbindungen von Wannen- und Duschauslauf mit dem Abflußrohr, mit dem Ergebnis unerwünschter Körperschallübertragung.

Des weiteren zeigen sich folgende Mängel bei der Qualitätssicherung der Ausführung:

- Schallbrücken im schwimmenden Estrich durch gänzlich oder teilweise fehlende Randstreifen oder durch Ausfüllen mit ungeeigneten schallharten Materialien.
- Zu tiefes Schlitzten dünner Mauerwerkswände zur Leitungsverlegung und damit eine zu große schallschutztechnische Schwächung der Wand. Schlitze gemäß DIN 1053 Teil 1 sollten aus schallschutztechnischen Gründen entfallen, obwohl sie verlegetechnisch und optisch gegenüber auf Putz verlegten Leitungen Vorteile bieten und regelmäßig in der Praxis ausgeführt werden. Im Extremfall wird der Schlitz zum Wanddurchbruch, um eine Steckdose zu setzen.

---

<sup>41</sup> Buss in [10], Abschnitt 7/2 Seite 3f.

### 3.) **Vorschläge und Konstruktionsgrundlagen für wirtschaftlichen Schallschutz**

Innerhalb der verschiedenen Projektphasen ist der Schallschutz unterschiedlich zu beeinflussen. Es müssen jeweils Maßnahmen ergriffen werden, um wirtschaftlich die gewünschte Schallschutzqualität zu erreichen. Folgende Projektphasen werden unterschieden:

- Entwurfsplanung und konstruktive Durchbildung (Abschnitt 3.1)
- Ausführung (Abschnitt 3.2)
- Schallschutzsteigerung durch Vorfertigung (Abschnitt 3.3)
- Rückbau/ Baustoffrecycling/ Entsorgung (Abschnitt 3.4)

#### 3.1 **Entwurfsplanung und konstruktive Durchbildung**

Innerhalb der Entwurfsphase ist die Einflußnahme auf den Schallschutz nach seiner Qualität und Kosten am größten. Mit zunehmendem Projektfortschritt nimmt die Kostenbeeinflußbarkeit ab (siehe Abbildung 14), deshalb sollten schallschutztechnische Entscheidungen so früh wie möglich getroffen werden, um bei hohem Schallschutz auch wirtschaftlich zu bauen. Einflußmöglichkeiten auf die Kosten und die Schallschutzqualität sind in der Planung durch eine entsprechende Grundrißgestaltung, besonders aber durch die richtige Wahl der einzelnen Konstruktionselemente und deren Kombination gegeben.

#### **Beeinflußbarkeit der Schallschutzqualität in Abhängigkeit zur Projektphase:**

<b>Projektphase:</b>	<b>Einflußmöglichkeit:</b>
Planung: Raumprogramm:	mittel
Konstruktion der Bauteile / Wahl der Baustoffe:	hoch
Ausführung: Rohbau: (Fehlervermeidung)	gering
Ausbau:	hoch

Abbildung 13: Einflußmöglichkeit auf den Schallschutz innerhalb verschiedener Projektphasen



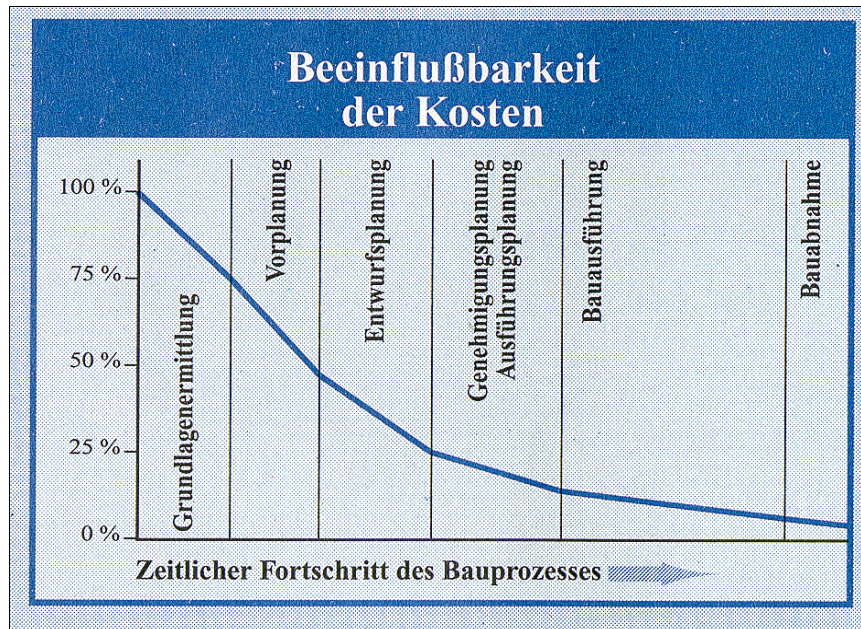


Abbildung 14: Abhängigkeit zwischen Kosteneinfluß und Projektfortschritt<sup>42</sup>

### 3.1.1 Raumanordnung / Grundrißgestaltung

Durch die Grundrißgestaltung kann der Schallschutz einer Wohnung beeinflusst werden. Es gibt schallschutztechnisch gute und schlechte Möglichkeiten die Raumanordnung zu gestalten, die DIN 4109 bietet dem Planer hierzu einige, allerdings zu wenige Anregungen im Beiblatt 2, Abschnitt 1.2 und 2.4.1 an. Inzwischen hat die Richtlinie VDI 4100 den Mangel teilweise behoben, im Anhang A1 und A2 sind viele Beispiele angeboten worden. Demnach werden schallschutztechnisch günstige und ungünstige Raumanordnungen unterschieden:

#### Schallschutztechnisch günstige Raumanordnung:<sup>43</sup>

- Räumliche Konzentration von Schallquellen, wie z.B. Sanitäreanlagen, Aufzugsschächte, Müllschlucker, etc.
- Lärmempfindliche Räume möglichst auf die leise Seite des Hauses legen
- Lärmempfindliche Räume möglichst weit entfernt von Schallquellen einplanen oder durch Zwischenschalten von anderen Räumen (z.B. Bad/ Abstellraum/ Schlafzimmer als Raumfolge) abschotten.
- Toilette, Bad, Küche, Abstellräume und Eßzimmer auf die laute Gebäudeseite legen
- Räume gleicher Nutzung gegenüber an eine Wohnungstrennwand legen

<sup>42</sup> aus [21], S. 9

<sup>43</sup> vgl. DIN 4109, Beiblatt 2 [19], S. 2 und VDI 4100 [20], S. 20 ff.

- An einer Wohnungstrennwand auf beiden Seiten laute Räume (Küchen, Bäder und Toiletten) angrenzen lassen, insbesondere dann, wenn keine schutzbedürftigen Räume an die Wohnungstrennwand grenzen

#### **Schallschutztechnisch ungünstige Raumanordnung:**<sup>44</sup>

- Schlaf- und Wohnräume neben Treppenhaus, Toiletten und Bädern
- „Splitt-Level“ Bauweise für benachbarte Wohnungen. Daraus folgt, daß z.B. zwei Wohnungen statt nur einer angrenzen
- Rohrleitungen in Wohnungstrennwänden verlegt
- Rohrleitungen, Armaturen, Geräte (Sanitärobjekte und Küchenspülen) an einer Wohnungstrennwand befestigt, wenn unmittelbar daran ein fremder Wohn-, Schlaf- oder Arbeitsraum grenzt

Der Beeinflussbarkeit des Schallschutzes einer Wohnung durch die Raumanordnung sind Grenzen gesetzt, da die Grundrißgestaltung nicht beliebig variierbar ist. Die Funktionsbeziehungen sind zum einen durch die Gebäudegeometrie, die Wohnungsanordnung und durch die erforderlichen Nutzungsbeziehungen der Wohnung vorgegeben. Bei kleinen Wohnungen mit wenigen Räumen ist es häufig nicht möglich, schallschutztechnisch gute Wohngrundrisse zu erzeugen, da Räume zum Zwischenschalten fehlen. Bei der Gestaltung muß berücksichtigt werden, daß die Bewohner einen schallschutztechnisch optimierten Grundriß nicht akzeptieren, wenn die Wohnbarkeit (Funktionalität) stark beeinträchtigt wird. Anregungen zu schallschutztechnisch günstigen Grundrissen stellt Buss in [10], Teil 3/12, S. 122 ff. dar.

#### **3.1.2 Berechnungsverfahren:**

In der Planung müssen die schallschutztechnischen Anforderungen erfüllt sein. Sie stammen bauaufsichtlich aus der DIN 4109 und erhöhte Forderungen aus den Vorgaben des Bauherren.

Die DIN 4109 bietet mit dem Beiblatt 1 „Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren“ ein bauaufsichtlich eingeführtes Hilfsmittel, um den Schallschutz rechnerisch planen und nachweisen zu können. Die innerhalb dieser Arbeit berechneten Werte wurden gemäß diesem Beiblatt ermittelt. Da es sich bei den zu betrachtenden Gebäuden um Ausführungen in

Massivbauart handelt, sind die Werte entsprechend nach den Abschnitten 1 bis 4 und 9 berechnet worden. Die Werte stellen Rechenwerte im Sinne der DIN 4109, Abschnitt 6 dar. Das entsprechende Vorhaltemaß von 2 bzw. 5 dB wurde bei der Übernahme von Werten aus Prüfungszeugnissen entsprechend berücksichtigt. Der Einfluß flankierender Bauteile wurde ebenfalls berücksichtigt. Hier wurde, falls nicht anders gekennzeichnet, von einer mittleren flächenbezogenen Masse  $m'_{L,Mittel}$  mit etwa  $300 \text{ kg/m}^2$  ausgegangen.

Die Berechnungsverfahren und Tabellen innerhalb des Beiblattes 1 zur DIN 4109 sind wesentlich auf den Nachweis abgestimmt, daß die Anforderungen der DIN 4109 bzw. die Empfehlungen an einen erhöhten Schallschutz gemäß dem Beiblatt 2 zur DIN 4109 erfüllt werden. Die Tabellen 8, 12 und 16 reichen hingegen nicht aus, um die wesentlich höheren Empfehlungen gemäß VDI 4100 SSt III rechnerisch zu überprüfen, da die Bauteile eine höhere flächenbezogene Masse  $m'_{L,Mittel}$  besitzen als die Tabellen zulassen. Natürlich werden die Schalldämm-Maße über die in den Tabellen der DIN 4109 ausgewiesenen flächenbezogenen Massen entsprechend dem Massegesetz zunehmen. Deshalb empfiehlt es sich, auf die Tabellen XI, XII und XIII von Sälzer in [5] zurückzugreifen, der die Tabellenwerte zunächst extrapoliert, um sie dann durch bauakustische Messungen entsprechend zu verifizieren.

Das Berechnungsverfahren, das in den Abschnitten 2 bis 4 der DIN 4109, Beiblatt 1 dargestellt ist, dient zur Ermittlung der Schalldämmung in Massivbauarten und arbeitet mit einem stark vereinfachten Nachweisverfahren. Es wurde aus einer Vielzahl von Messungen heraus entwickelt, um die komplexen Zusammenhänge für den Planer (i.a. Statiker) so zu gestalten, daß sie rechnerisch handhabbar bleiben. Dieses Verfahren mit seinen Randbedingungen reicht im Allgemeinen aus, um die von der DIN 4109 gestellten Anforderungen zu ermitteln. Auch die erhöhte Empfehlung nach Beiblatt 2, sowie die gemäß SSt II lassen sich ebenfalls mit diesem Verfahren rechnerisch nachweisen.

Die Schwäche des Verfahrens besteht allerdings darin, daß die flankierenden Bauteile lediglich über die mittlere flächenbezogene Masse Berücksichtigung finden. Gerade bei den hohen Schalldämm-Maßen der SSt III ist aber darauf zu achten, daß nicht zuviel Schall über leichte Flanken übertragen wird, denn er bleibt rechnerisch unberücksichtigt (z.B. flankierendes

---

<sup>44</sup> vgl. DIN 4109, Beiblatt 2 [19], S. 2 und VDI 4100 [20], S. 20 ff.

Bauteil 1 mit  $m' = 180\text{kg/m}^2$ , flankierendes Bauteil 2 mit  $m' = 420\text{kg/m}^2$ , daraus folgt  $m'_{L,\text{mittel}} = 300\text{kg/m}^2$ , also  $K_{L,1} = 0\text{ dB}$ ).

Die EU-Version und Nachfolgerin der aktuellen Ausgabe der DIN 4109 Beiblatt 1, die EN DIN 12354, wird voraussichtlich ein Nachweisverfahren bieten, das die Schallängsdämmung vergleichbar mit dem Verfahren für Gebäude in Skelett- und Holzbauart (Abschnitt 5, DIN 4109, Beiblatt 1) ermittelt. Zusätzlich wird die Stoßstellendämmung berücksichtigt, die das Schalldämm-Maß in Abhängigkeit der Anschlüsse flankierender Bauteile an das trennende Bauteil setzt. Das Verfahren liefert wesentlich genauere Ergebnisse und sollte für Berechnungen von Gebäuden der Schallschutzstufe II und III angewendet werden. Lutz stellt ein solches Verfahren für Massivbauten in [2] dar, Gösele ausführlicher in [71]. Es fehlt bisher aber eine ausreichende Zahl von Meßwerten für die Anwendung.

Der Nachweis der schalltechnischen Eignung von Wasser- und Abwasserinstallationen gemäß DIN 4109 ist unbefriedigend. Er beschränkt sich lediglich auf den Nachweis der Wände, an denen Wasser- und Abwasserinstallationen befestigt sind, auf die Verwendung einer bestimmten Armaturengruppe in Abhängigkeit des schutzbedürftigen Raumes zum Installationsort, sowie Anforderungen, die an den Ruhedruck und den Durchfluß der Leitungen gestellt werden. Deshalb kann nur auf Konstruktionsvorschläge der DIN 4109 und seiner Beiblätter zurückgegriffen werden.

Für einzelne Bauteile und gesamte Gebäude wird in dieser Arbeit das Verfahren für Massivbauten eingesetzt. Trotz des von Fachleuten bemängelten Nachweisverfahrens für Massivbauten eignet es sich am besten, um die Bauteile kostenmäßig untereinander bewerten zu können. Der auftretende Fehler des bewerteten Schalldämm-Maßes ist bei allen Bauteilen annähernd gleich groß, so daß der Vergleich untereinander möglich wird. Wesentlich für die Wahl des Verfahrens ist außerdem, daß eine Vielzahl an Schallschutzwerten vorhanden ist, auf die zurückgegriffen werden kann. Auf jeden Fall ist eine deutlich größere Menge an Werten vorhanden als für das Skelettbauverfahren oder für die Verfahren nach Lutz und Gösele, so daß die Arbeit zweckmäßigerweise auf das Verfahren für Massivbauten aufbaut.



### 3.1.3 Wahl der Konstruktion

Die Wahl der Konstruktion, deren Konstruktionselemente und Baustoffe beeinflusst die Schallschutzqualität des Bauwerks. So kann z.B. eine ein- oder zweischalige Wand vorgesehen werden, was schallschutz- und kostenmäßig große Unterschiede darstellt. Ebenso können leichte oder massive Baustoffe eingesetzt werden. Folgende Empfehlungen können dem Planer gegeben werden, um den Schallschutz wirksam und kostengünstig zu realisieren:

- Nach Möglichkeit soll die Tragkonstruktion bereits so beschaffen sein, daß sie die Schallschutzanforderungen ohne weitere Maßnahmen erfüllt.
- Konstruktionen sind in ihrer Komplexität so einfach wie möglich zu gestalten, so daß bei der Ausführung keine Fehler entstehen können. Einfache Standarddetails, wie z.B. Auflagerungspunkte bei Treppenläufen sind anzustreben. Schlecht konstruierte Details führen hingegen regelmäßig zu Schwierigkeiten auf der Baustelle. Es wird dann improvisiert und ungewollt entstehen zusätzliche Mängel mit massiven Schallbrücken.
- Die technische Gebäudeausrüstung ist frühzeitig in der Planungsphase zu berücksichtigen, da gerade Leitungsführungen jeglicher Art inklusive der zugehörigen Schächte und Kanäle regelmäßig schallschutztechnische Schwachstellen liefern.

Diese allgemeinen Hinweise / Empfehlungen treffen auf eine Vielzahl von Bauteilen bzw. Gewerken zu.

Im nachfolgenden Kapitel wird die Konstruktion entsprechend unterteilt, um Kostenaussagen für einzelne Bauteile treffen zu können (siehe Abbildung 15). Die Bauteile werden besprochen und ihre technischen Eigenschaften und Kosten analysiert.

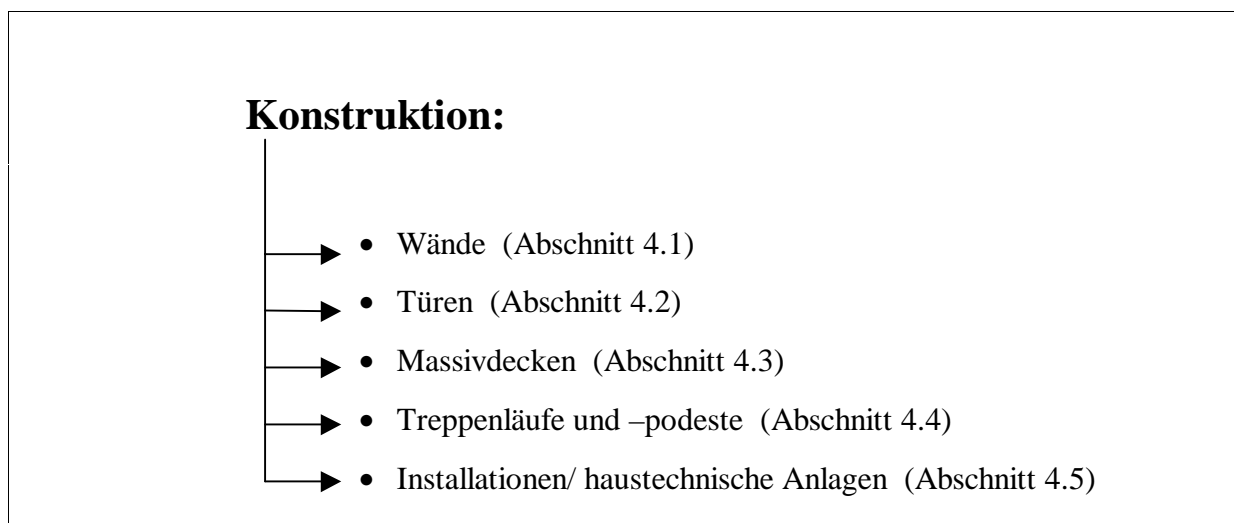


Abbildung 15: Unterteilung der Konstruktion

### 3.1.4 Flankierende Bauteile

Für den Schallschutz von Decken und Wänden ist nicht nur das trennende Bauteil verantwortlich, sondern auch die an das Bauteil direkt angrenzenden Decken und Wände, die als flankierende Bauteile bezeichnet werden. Kennzeichnende Größen, die einen Apostroph „‘“ enthalten, berücksichtigen den Einfluß der flankierenden Bauteile.

Für die flankierenden Bauteile besteht ebenfalls eine Abhängigkeit zwischen Schalldämmung und flächenbezogener Masse. Bei flankierenden Bauteilen ist die Schallängsdämmung dafür verantwortlich, wieviel Schall über diese Wege an dem trennenden Bauteil vorbei geleitet wird. Die Berechnungsverfahren und Kennwerte im Beiblatt 1 der DIN 4109 gehen bei biegesteifen flankierenden (Massiv-) Bauteilen von einer mittleren flächenbezogenen Masse  $m'_{L,Mittel}$  von etwa  $300 \text{ kg/m}^2$  aus. Durch schwerere flankierende Bauteile verbessert sich das bewertete Schalldämm-Maß des trennenden Bauteils, durch leichtere verschlechtert es sich entsprechend, die Berücksichtigung bei der Berechnung erfolgt durch den Korrekturfaktor  $K_{L,1}$ .

Bei biegeweichen flankierenden Bauteilen (Ständerwerkwände und Vorsatzschalen), sowie bei flankierenden Decken mit schwimmenden Estrich, erfahren mehrschalige trennende Bauteile eine Verbesserung. Die Anzahl solcher flankierenden Bauteile entscheidet die Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes durch den Korrekturfaktor  $K_{L,2}$  quantitativ, wobei die Verbesserung um so größer wird, je mehr flankierende Bauteile dieser Art das trennende Bauteil berühren.

Bei der Wahl der flankierenden Bauteile zeigt sich das Können des Planers, da die Kostenbeeinflussbarkeit hier sehr hoch ist (siehe Abschnitt 6.4). Flankierende Bauteile können bis zu 7 dB Abzug<sup>45</sup>, aber auch bis zu 4dB Gewinn für  $R'_{w,R}$  des trennenden Bauteils in Abhängigkeit von  $m'_{L,Mittel}$  bewirken. Die Anzahl der flankierenden Bauteile kann zusätzlich das Luftschalldämm-Maß um bis zu 6 dB beeinflussen. Insgesamt ergibt sich dadurch eine Bandbreite von 17 dB für den Einfluß der flankierenden Bauteile auf das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  des trennenden Bauteils. Die Schwierigkeit bei der Auswahl der Bauteile besteht darin, daß ein trennendes Bauteil mit Schallschutzanforderungen gewählt wird und sich das Schalldämm-Maß durch die flankierenden Bauteile verändern kann. Das erfordert oftmals, in einem zweiten Schritt das trennende Bauteil schallschutztechnisch neu zu bemessen und erneut unter

<sup>45</sup> siehe DIN 4109 Beiblatt 1 [18], Tabelle 13 und 14, S. 16

Berücksichtigung der flankierenden Bauteile zu betrachten. Diese iterative Lösung entfällt jedoch mit zunehmender Planungserfahrung. Die Tabelle 35 der DIN 4109 Beiblatt 1 gibt einige Ausführungsbeispiele für trennende und flankierende Bauteile an, um den Luftschallschutz verschiedener Schallschutzniveaus erfüllen zu können.

Eine andere Möglichkeit den gewünschten Schallschutz in Bauteile umzusetzen besteht darin, erstmalig zu analysieren welchen Schallschutz die flankierenden Bauteile um das trennende Bauteil überhaupt zulassen. In Abhängigkeit davon ist das trennende Bauteil zu wählen. Bei komplexeren Berechnungsverfahren, wie z.B. das erwähnte Verfahren von Gösele, ist das Abstimmen zwischen trennenden und flankierenden Bauteilen entsprechend aufwendiger.

Für den Trittschallschutz macht die DIN 4109 keine Angaben, ob eine Abhängigkeit zwischen den angeregten und flankierenden Bauteilen besteht. Lediglich die Kennzeichnung der Größen durch einen Apostroph läßt einen Zusammenhang vermuten. Gemäß Pohlenz [37] gelten hier die gleichen Gesetzmäßigkeiten wie für den Luftschall, wonach schwere flankierende Bauteile den Trittschallschutz positiv bzw. leichte negativ beeinflussen. Anders als beim Luftschallschutz erfolgt keine rechnerische Berücksichtigung bei Abweichungen von der mittleren flächenbezogenen Masse der flankierenden Bauteile  $m'_{L,Mittel} = 300 \text{ kg/m}^2$ . Für Horizontal- und Diagonalübertragung sieht das Beiblatt 1 eine Berücksichtigung bei der Ermittlung des Trittschallpegels im Abschnitt 4 vor.<sup>46</sup> Demnach darf der Rechenwert des bewerteten Norm-Trittschallpegels bei bestimmten Raumanordnungen mit einem Korrekturwert  $K_T$  gemäß Tabelle 36 DIN 4109 Beiblatt 1 positiv korrigiert werden.

### 3.1.5 Einschalten von Fachplanern

Je umfangreicher ein Bauvorhaben ist, desto höher können die damit verbundenen Kosten bei einer eventuellen Fehlplanung sein. Gerade bei schallschutztechnisch gewünschten hohen Anforderungen nach den Empfehlungen der Schallschutzstufen II und III der VDI 4100 empfiehlt es sich, einen Schallschutzberater im Planungsstadium hinzuzuziehen. Ein solcher Fachplaner kann in einer frühen Planungsphase noch Einfluß auf die Kosten nehmen. Neben den Leistungen innerhalb der Planungsphasen ist das Hauptbetätigungsfeld des Bauakustikers die Durchführung von Schallmessungen. Hierbei sind die Eignungs- und Güteprüfungen im Prüfstand (Gruppe I) und die Eignungs- und Güteprüfungen am Bau (Gruppe II) zu unterscheiden. In der Praxis sieht es im allgemeinen so aus, daß die Bauakustiker erst dann

eingeschaltet werden, wenn ein erkennbarer bzw. hörbarer Mangel entstanden ist oder ein solcher vermutet wird. Jetzt ist es ggf. noch möglich, diesen nachträglich zu beseitigen oder wenigstens zu verringern, jedoch können die entstehenden Kosten dafür enorm hoch sein.

Die Vergütung für Leistungen der Bauakustiker sind in der HOAI Teil XI: „Leistungen für Schallschutz und Raumakustik“ § 80 bis § 90 geregelt, wobei wichtig ist, das Honorar schriftlich bei der Auftragserteilung zu vereinbaren, da sonst ein Zeithonorar nach HOAI § 6 zu berechnen ist.<sup>47</sup> Es empfiehlt sich eine Pauschalierung des Honorars, um die Kosten für den Bauherrn kalkulierbar zu machen.

Bei den Schallschutzmessungen halten oftmals die relativ hohen Kosten den Bauherrn davon ab, die sogenannten Eignungs- und Güteprüfungen der Gruppe II, also die Messungen der im Bauwerk eingebauten Bauteile, durchführen zu lassen. Je nach Art und Anzahl der zu messenden Bauteile muß für eine einzelne Messung (z.B. Luftschallmessung einer Wohnungstrennendecke) einschließlich der Auswertung und Ausarbeitung des Prüfberichts, etwa 600 bis 1200 DM zzgl. Spesen vom Bauherrn eingeplant werden. Auch vereinfachte Verfahren zur Überprüfung des Schallschutzes in Bauten, z.B. nach Gösele [76], lassen die Kosten nicht wesentlich geringer ausfallen. Da der Bauherr den Beweis erbringen muß, daß der Bauunternehmer aufgrund seiner Ausführungsqualität Schallschutzmängel verursacht hat, muß er auch die Kosten für die Schallmessungen übernehmen oder zumindest vorfinanzieren.

Die Kosten für die Messungen hat der ausführende Unternehmer zu tragen, wenn ihm Mängel nachgewiesen werden können. Da aber oft mehrere Gewerke beteiligt sind oder der Verursacher nicht auszumachen ist, kann es bei einer Einzelbeauftragung der verschiedenen Gewerke durch den Bauherrn oder für den Generalunternehmer schwierig sein, die Kosten abzuwälzen. Da eine solche Untersuchung vielfach mehrere Bauteile umfaßt, können die Kosten dafür schnell mehr als 10.000,- DM betragen. Der im allgemeinen finanziell stark strapazierte Bauherr wird deshalb nicht unbegründet messen lassen, nur um die Richtigkeit der Ausführung zu prüfen, sondern lediglich bei begründetem Verdacht auf einen Mangel. Aus Sorge vor den Kosten sollte der Bauherr jedoch nicht leichtsinnig sein und eventuelle Bedenken verdrängen, denn die Kosten durch Minderung der Mieteinnahmen oder des Verkehrswertes werden i.a. deutlich höher sein (siehe [47]).

---

<sup>46</sup> siehe Polenz in [37], S. 121

### 3.2 Ausführung

Oft ist für mangelhaften Schallschutz die schlechte Qualität der Ausführung verantwortlich (siehe auch Abschnitt 2.4.4). Für die mangelhafte Ausführung, bei einer gut geplanten Konstruktion, können folgende Gründe als Verursacher angesehen werden:

- Mangelhaftes Fachwissen der ausführenden Personen und der örtlichen Bauleitung
- Fahrlässigkeit
- Falsches oder fehlendes Werkzeug
- Aufgrund knapper Terminsituation wird schnell gearbeitet, daraus folgen oftmals Qualitätseinbußen
- Akkordentlohnung, daraus folgt schnelles Arbeiten, woraus sich Qualitätseinbußen ergeben können
- Durch eine schlechte Preis- / Lohnsituation wird schnelles Arbeiten provoziert und die Arbeiter verlieren das Interesse an ihrer schlecht bezahlten Arbeit, woraus Qualitätseinbußen folgen
- Schlechte Arbeitsbedingungen infolge Wetter, Baustellenfertigung
- „Pfuscher am Bau“ aus Bequemlichkeit
- Beschädigung durch Nachfolgewerke, z.B. Schalldämmung von Rohrleitungen wird durch Mauerwerk beschädigt

Im traditionellen Baugewerbe ist es schwierig, diese qualitätsmindernden Ursachen abzustellen. Der zur Zeit herrschende Preiskampf in deutschen Bauunternehmungen zwingt den Unternehmer geradezu, zu einem „ruinösen“ Preis anzubieten, wobei es dann kaum noch möglich ist, die oben aufgeführten Punkte zu vermeiden. Trotz eines schlechten Preises, schlechter Arbeitsbedingungen, etc. ist der Unternehmer gemäß VOB/B § 13(1) jedoch verpflichtet, seine Leistung bis zur Abnahme frei von Mängeln zu halten und mängelfrei zu übergeben.

#### **Bauleitung:**

Ein wesentlicher Aspekt für das Auftreten von Mängeln ist die unzureichende oder fehlende Überwachung der Arbeiten durch die Bauleitung. Die Bauleitung muß entsprechend qualifiziert sein, um Mängel überhaupt als solche zu erkennen und die richtige Lösung zur Beseitigung zu ergreifen. Der berufserfahrene Bauleiter / Polier hat im allgemeinen ein „Gespür“ dafür ent-

---

<sup>47</sup> vgl. Pott [23], S. 142

wickelt, wo Mängel entstehen können. Damit die Mängel frühzeitig erkannt werden, ist eine ständige Überwachung zwingend erforderlich. Dies setzt voraus, daß der Bauleiter / Polier entsprechend häufig auf der Baustelle anwesend ist und Kontrollen durchführt. Im allgemeinen läßt sich feststellen, daß Baustellen mit einer konsequenten, ständig anwesenden Bauleitung weniger Mängel produzieren als „lasch“ gehandhabte Baumaßnahmen. Es hat sich als gut erwiesen, daß der Rohbaupolier während der Ausführung der Ausbaugewerke anwesend ist und dadurch eine wesentliche Unterstützung der Bauleitung hinsichtlich einer schnellen Klärung ablauf- und fertigungstechnischer Fragen, insbesondere bei den Berührungspunkten zwischen Roh- und Ausbau ermöglicht.<sup>48</sup> Prämien für die Qualitätseinhaltung an die Aufsichtsführenden sind dabei eine „Motivationshilfe“, um den gewünschten Schallschutz zu erreichen.

### **Gewerbliche Mitarbeiter:**

Allein durch eine konsequente Bauleitung wird sich auf Dauer jedoch das Qualitätsproblem nicht bewältigen lassen, vor allem müssen die Arbeitskräfte überzeugt sein, daß eine gute Qualität erbracht werden muß. Monetäre Anreize können dabei entsprechend motivieren. Ein Prämiensystem, welches den Arbeitern ermöglicht mehr Geld zu verdienen, wenn sie qualitativ hochwertig ihre Leistung erbringen, steigert im allgemeinen die Qualität. Trotzdem ist es fraglich, ob sich die gewünschte Qualität einstellt, da anzunehmen ist, daß die Arbeiter sich für ein Optimum zwischen dem Mehr an Lohn und dem Mehr an Zeitaufwand entscheiden werden. Gerade bei der Akkordentlohnung ist die Gefahr für eine minderwertige Ausführungsqualität besonders groß, wenn keine Leistungsobergrenze bzw. Festlegung des Maximalverdienstes gegeben ist. So ist es zum Beispiel aus der Sicht der Estrichleger verständlich, die i.a. nach Akkordvereinbarungen arbeiten, daß sie so schnell wie möglich arbeiten und dabei kleinere Mängel „in Kauf“ nehmen. Für Gewerke, die hohe Qualitätsanforderungen stellen, ist die Akkordvergütung nicht geeignet, es sollten Lohnzulagen aufgrund hoher Qualitäten erfolgen. Schiffers und Fellingner schlagen in [27] folgende „Motivationshilfen“ einzeln oder gekoppelt vor, um hohe Qualitätsanforderungen durchzusetzen:<sup>49</sup>

- Prämien für Qualitätseinhaltung
- Begrenzung der Überschubberechnung durch Vorgabe einer Leistungsobergrenze (z.B. wird der maximale Überschub für eine Leistung mit 40 % angesetzt)
- Prämienzahlung oder Mehrvergütung mit Hilfe von Bewertungszahlen an den Kolonnenführer für den Fall, daß der Qualitätsstandard einwandfrei erbracht wurde

---

<sup>48</sup> vgl. Bauer in [41], S.82

Trotz dieser Maßnahmen ist die Bauleitung gefordert, die Tätigkeiten entsprechend hartnäckig zu kontrollieren, um die gewünschte Ausführungsqualität zu erreichen. Rybicki gibt hierzu sehr umfassende Hinweise in [38]. Im Kapitel „Psychologie der Kontrollen oder: Der Knigge für die Baustelle“ beschreibt er sehr anschaulich und unterhaltend, welche Taktiken der Bauleiter anwenden kann, um den gewünschten Erfolg zu erzielen.

Bei Bauvorhaben, die im Rahmen der Baugenehmigung einen Schallschutznachweis erfordern, wird während der Bauausführung der schallschutzrelevanten Bauteile stichprobenhaft durch die zuständige Bauaufsichtsbehörde bzw. durch einen staatlich anerkannten Sachverständigen geprüft, ob die Ausführung richtig ist und mit der geplanten übereinstimmt. Nach Abschluß der Bauarbeiten wird darüber eine Bescheinigung ausgestellt. Diese Maßnahme sollte lediglich als eine zusätzlich erforderliche Kontrolle betrachtet werden und nicht eigene Kontrollen der Bauleitung auf der Baustelle ersetzen.

### **3.3 Schallschutzverbesserung durch Vorfertigung**

Folgende Vorteile sollen durch eine Vorfertigung der Rohbau- und Ausbaugewerke bzw. einzelner Teilbereiche erreicht werden:

- Hoher Qualitätsstandard
- Bauzeitverkürzung durch parallele Fertigung auf der Baustelle und im Werk
- Wirtschaftliche Herstellung aufwendiger Konstruktionen durch Rationalisierungseffekte, wie z.B. optimal eingerichtete Arbeitsplätze
- Weitgehende zeitliche und räumliche Unabhängigkeit der Gewerke untereinander, wenn mehrere Gewerke im Werk erstellt werden, z.B. Einbau von Wasser- und Elektroleitungen in ein Wandelement, so ist die Koordinierung mit den werkseigenen Handwerkern einfacher, als wenn die Termine auf der Baustelle gemacht werden müssen und ggf. Wartezeiten entstehen
- „Entwirren der Baustellensituation“, d.h. nach Möglichkeit soll jedes Gewerk nur einmal auf die Baustelle kommen
- Bauteile sind in sich fertig montiert, dadurch sind „nur“ noch Mängel bei den Anpaßarbeiten der vorgefertigten Teile an den Baukörper möglich

---

<sup>49</sup> vgl. Fellingner und Schiffers [27], S.30

Konstruktionen, die die Wertschöpfung durch einen relativ hohen Lohnkostenanteil erfahren, sind effizienter vorzufertigen als solche mit hohen Materialkosten bei niedrigem Lohnkostenanteil. Als Beispiel sei hier das Unterputzverlegen einer Elektroleitung genannt. An Material wird lediglich das Kabel mit den Befestigungsteilen und das Verfüllmaterial für den Schlitz benötigt, Schlitzfräsen, Kabelverlegen und -verbinden, sowie das Verfüllen des Schlitzes nimmt jedoch Zeit in Anspruch und verursacht dadurch Lohnkosten, die ein Vielfaches der Kosten der eigentlichen Leitung betragen.

Ein Qualitätsvorteil durch die Werksvorfertigung von Konstruktionselementen ist auch dadurch gegeben, daß am Vorfertigungsort mit höchster Wahrscheinlichkeit stets benötigte Kleinteile, wie z.B. Rohrschellen mit entsprechend schallentkoppelnden Gummilagern, vorhanden sind. Fehlt ein solches Teil auf der Baustelle, so werden Monteure zwangsweise improvisieren, es entsteht ein erhöhtes Risiko eine Schallbrücke zu erzeugen.

Für einen besseren Schallschutz durch eine Vorfertigung ist lediglich der Qualitätsvorteil verantwortlich, die anderen zuvor angeführten Vorteile ermöglichen jedoch erst, daß eine im Werk hergestellte Konstruktion im Vergleich zum baustellengefertigten Bauteil wirtschaftlich ist. Das ist unbedingt erforderlich, da die vorgefertigten Bauteile / Baugruppen wesentlich preiswerter sein müssen als vor Ort gefertigte, da sonst Akzeptanzprobleme zu befürchten sind. Ein Beleg dafür sind Einfamilienfertighäuser, die in Deutschland auf relativ geringe Akzeptanz stoßen, was nicht durch die Qualität begründet ist, sondern dadurch, daß Fertighäuser von Außen als solche erkannt werden und dadurch der Bewohner einen Prestigeverlußt befürchtet. Dieser Nachteil läßt sich lediglich durch den niedrigeren Preis kompensieren.

### **3.3.1 Vorfertigung Massivwandelemente**

Bereits kleine Ausführungsmängel in der Wand beeinflussen den Luftschallschutz des Bauteils negativ. Die häufigsten Mängel dabei sind:

- Mörtelbrücken zwischen den Einzelschalen bei zweischaligen Massivwänden
- nicht vollflächig verfüllte Fugen bei Mauerwerkswänden
- zu niedrige Steinrohdichten infolge fehlender oder verwechelter Steine
- technisch nicht richtig geführte Installationen innerhalb der Wand



Diese Mängel treten bei vorgefertigten Wandelementen aus Beton und Mauerwerk weniger häufig auf, als bei örtlich erstellten Wänden. Wesentliche Gründe dafür sind:

- genauere Fertigung aufgrund besserer Randbedingungen im Werk, z.B. Mauerwerksroboter, liegende Fertigung von zweischaligen Stb.-Wandelementen
- Erhärtung im Werk, auf der Baustelle nur noch Montage, dadurch Verringerung möglicher Schallbrücken, die beim ausgehärteten Element nicht mehr durch Auslaufen von Mörtel oder Beton entstehen können, jedoch ist dadurch die Gefahr gegeben, nicht voll verfüllte Stellen zwischen dem Bauteil und den angeschlossenen Bauteilen zu erhalten
- bessere Montagemöglichkeiten für in der Wand verlegte Installationen durch Verfügbarkeit verschiedener Gewerke an gut eingerichteten Arbeitsplätzen => Baustellenimprovisation entfällt, z.B. Verfüllen von Aussparungsschlitzten
- Verfügbarkeit der Baustoffe durch bessere Logistik
- bessere Qualitätskontrollen sind möglich, da die Wände noch nicht im Gebäude eingebaut und noch bewegbar sind

### 3.3.2 Vorfertigung Treppenläufe

Die bei einer Stahlbeton-Treppe üblicherweise eingesetzten Fertigteil-Treppenläufe bieten neben der hohen Wirtschaftlichkeit den Vorteil, daß sie auch in Bezug auf Trittschallmängel der Ort betonvariante überlegen sind. Das ergibt sich durch:

- passgenaues „Sitzen“ der Auflagerung und durch bessere Arbeitsbedingungen in der liegenden Werksfertigung. Bei einem örtlich geschalteten Treppenlauf sind die Auflager oftmals schwer zu erreichen, so daß hier nicht exakt gearbeitet werden kann
- Vermeidung von Schallbrücken zwischen Treppenraumwand und Treppenlauf leicht möglich, da das Bauteil bereits erhärtet ist
- Vermeidung von „Baustellenimprovisationen“ bei defekten Lagern oder fehlenden Kleinteilen, da im Werk üblicherweise ein Lagervorrat vorhanden ist
- Nachbearbeitungsmöglichkeit der Auflager, z.B. Abstemmen überstehender „Betonnasen“ etc. Bei einer örtlich erstellten Stb.-Treppe ist dieses i.a. nicht mehr möglich

### 3.3.3 Vorfertigung Deckenelemente

Bei den Deckenelementen treten schallschutztechnische Probleme fast ausschließlich an den Auflagern auf, die Schwachstellen entstehen durch aus der Schalung austretenden Beton. Bei Stahlbeton-Fertigteildecken wird, abgesehen vom Verguß mit Mörtel an den Verbindungsstellen zu angrenzenden Bauteilen, ein „trockenes“, ausgehärtetes Bauteil montiert. Gerade bei zweischaligem Innenmauerwerk wird dadurch die Gefahr einer Schallbrücke minimiert, da der Baustoff beim Einbau nicht mehr flüssig ist und der geringe Raum der Luft- oder Dämmschicht zwischen den beiden Wandschalen offen bleibt. Andererseits ist jedoch die Gefahr gegeben, daß Hohlräume nicht verfüllt werden und schallschutztechnische Schwächungen in den Anschlußbereichen entstehen. Die Abbildung 16 zeigt verschiedene Auflagerungen von Stahlbetonfertigteildecken.

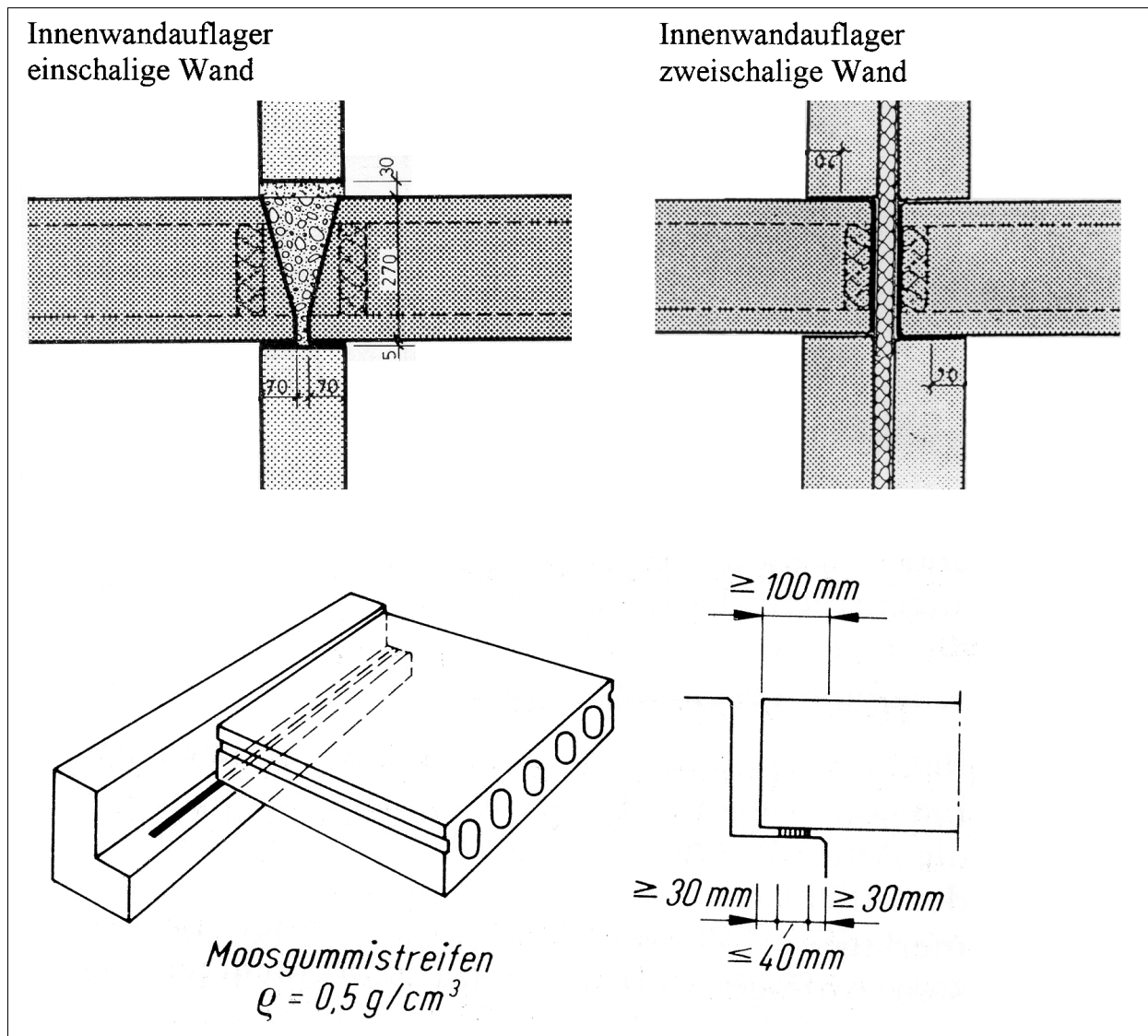


Abbildung 16: Auflagerung von Stb.-FT-Decken

### **3.3.4 Vorfertigung Installationen**

Eine Betrachtung von vorgefertigten Installationen ist lediglich im Zusammenhang mit dem leitungsführenden Bauteil (Wand, Boden, Schacht und Kanal) möglich. Dabei ist zu beachten, daß:

- die Berührungsfläche zwischen Installation und dem Bauteil so gering wie möglich ist,
- die Leitungen (Wasser, Abwasser, Gas und Warmwasserheizung) körperschall entkoppelt an oder in dem Bauteil befestigt sind,
- die Leitungen (vor allem Abwasser) über die gesamte Leitungslänge gedämmt werden.

Diese Punkte können bei vorgefertigten Massivwänden (Abschnitt 3.3.1.), Deckenelementen (Abschnitt 3.3.3.), Vorwandelementen (Abschnitt 3.3.5.), Ständerwerkwänden (Abschnitt 3.3.6.), Vorsatzschalen (Abschnitt 3.3.7.) aufgrund der besser eingerichteten Arbeitsplätze und besseren Arbeitsbedingungen im Werk eher erfüllt werden, als bei einer auf der Baustelle erstellten Installation. Trotz einer Vorfertigung ist jedoch eine handwerklich einwandfreie Anpassung auf der Baustelle erforderlich. Bei Bauteilen, die fest eingegossene Rohrleitungen enthalten, z.B. Stb.-Fertigteile, sind die Bestimmungen des DVGW-Arbeitsblattes GW 3 über Bau und Prüfung vorgefertigter Gas- und Wasserinstallationen einzuhalten.

### **3.3.5 Vorfertigung Vorwandelemente**

Bei der Vorfertigung von Vorwandelementen ergibt sich der schallschutztechnische Vorteil daraus, daß bei einer Vorfertigung:

- aufgrund der Verfügbarkeit von körperschallentkoppelten Auflagerungs- und Befestigungsteilen nicht auf ungeeignete Teile, wie häufig auf der Baustelle, zurückgegriffen wird,
- schlecht zugängliche Stellen im Vorwandelement entfallen, da dieses, im Gegensatz zum auf der Baustelle direkt zusammengebauten Element, rundherum zugänglich ist.

Die Wirtschaftlichkeit ist mit der vor Ort montierten Ausführung vergleichbar.

### 3.3.6 Vorfertigung Ständerwände

Leichte Ständerwände unterliegen zur Zeit einem harten Preiskampf, der u.a. dadurch zustande kommt, daß zum Ausführen dieses Gewerkes keine Meisterqualifikation erforderlich ist und somit jeder diese Leistung anbieten kann. Daher gibt es gerade bei diesen Arbeiten Unternehmen, die mit unqualifiziertem Personal arbeiten, um überhaupt am Markt existieren zu können. Diese Dumpingpreisanbieter bringen i.d.R. nicht die geforderte Qualität und verursachen dadurch unter anderem auch Schallschutzmängel. Häufige Fehler dabei sind:

- nicht vollflächig verlegte Dämmung in den Wandelementen
- nicht oder fehlerhaft gedämmte Steckdosen, Lichtschalter, Verteilerdosen, etc.
- fehlerhaft gedämmte Rohrleitungen, die nicht auf der gesamten Länge gedämmt sind oder den Tragständer direkt berühren
- nicht vollflächig verspachtelte Fugen

Entsprechende Mängel sind bei einer Werkfertigung im allgemeinen nicht gegeben, die liegend am eingerichteten Arbeitsplatz gefertigten Wandelemente sind an Problemstellen besser zugänglich (kein fehlerhaftes Verspachteln von schwer erreichbaren Stellen, kein fehlendes Befestigungsmaterial).

Neben der guten Ausführungsqualität der vorgefertigten Ständerwerkwand, läßt sie sich auch wirtschaftlich fertigen. Untersuchungen vom Lehrstuhl für Baubetrieb in Verbindung mit der Firma Knauf haben ergeben, daß eine im Werk bei einem Mittelohn von 60 DM/ h hergestellte Wand, durchaus in ihrer Wirtschaftlichkeit mit einer von Hilfskräften auf der Baustelle erstellten Wand bei einem Mittelohn von ca. 20 DM/ h konkurrieren kann.<sup>50</sup> Das wird im Wesentlichen durch die bessere Logistik (Werkzeuge, Schablonen, etc.) im Werk, sowie durch optimal eingerichtete Arbeitsplätze erreicht. Der Vorteil der vorgefertigten Wand liegt dabei in der kurzen Montagezeit und der besseren Qualität.

---

<sup>50</sup> aus Forschungsvorhaben „Vorfertigung im Ausbau“, Lehrstuhl für Baubetrieb, Universität Dortmund



Abbildung 17: Vorgefertigte Metallständerwerkwand<sup>51</sup>

### 3.3.7 Vorfertigung Vorsatzschalen

Für vorgefertigte Vorsatzschalen gemäß Abschnitt 4.1.8 gilt das für die vorgefertigten Ständerwerkwände im Abschnitt 3.3.6 dargestellte, da Vorsatzschalen im Wesentlichen einseitig beplankte Ständerwerkwände sind.

---

<sup>51</sup> aus Forschungsvorhaben „Vorfertigung im Ausbau“, Lehrstuhl für Baubetrieb, Universität Dortmund

#### 4.) Kostenuntersuchungen schallschutzrelevanter Bauteile/ Gewerke

Die Umsetzung der gewünschten Schallschutzqualität läßt sich im Wesentlichen folgenden Bauteilen/ Bauteilgruppen zuordnen:

- Wände (Abschnitt 4.1)
- Türen (Abschnitt 4.2)
- Massivdecken (Abschnitt 4.3)
- Treppenläufe und –podeste (Abschnitt 4.4)
- Installationen/ haustechnische Anlagen (Abschnitt 4.5)

##### 4.1 Wände

Massivwände können in statischer Hinsicht tragend oder nichttragend ausgebildet werden. Neben ihrer lastabtragenden und raumbildenden Aufgaben im Bauwerk haben sie vielschichtige bauphysikalische Anforderungen zu erfüllen. Schallschutztechnisch ist der Luftschallschutz zu gewährleisten und gleichzeitig die Körperschallentstehung und -verbreitung zu vermeiden, der durch die verlegten Installationen hervorgerufen wird. Schallschutztechnisch sind ein- und zweischalige Massivwände zu unterscheiden (siehe Abbildung 18).

Die einzelnen Schallschutzmaßnahmen werden in den nachfolgenden Abschnitten behandelt.

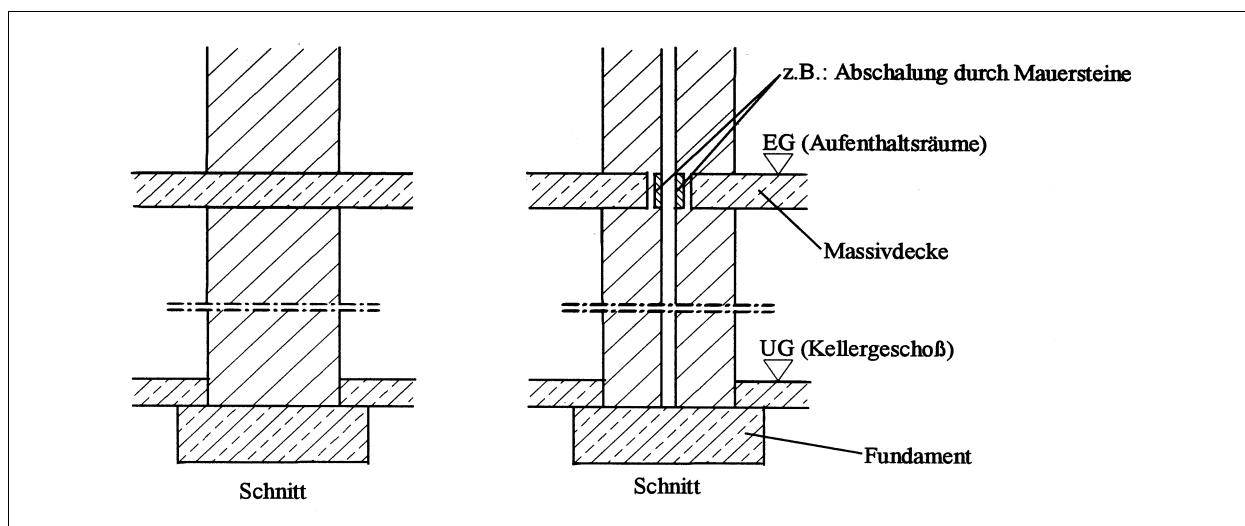


Abbildung 18: Einschalige und zweischalige Massivwand

Bei Gebäuden in Massivbauweise nimmt bei einschaligen biegesteifen Wänden mit der flächenbezogenen Masse  $m'$  das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  zu.<sup>52</sup> Dies gilt auch für zweischalige biegesteife Wände<sup>53</sup>, bei denen aber ein vergleichbarer Schallschutz durch eine wesentlich geringere flächenbezogene Masse erreicht wird (siehe Tabelle 11). Nach DIN 4109 Beiblatt 1, Abschnitt 2.3 schränken jedoch folgende Anforderungen an die Ausführung zweischaliger Wände den Anwendungsbereich deutlich ein und erhöhen die Herstellkosten:

- $m'$  der Einzelschale  $\geq 150 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow$  Fugenbreite  $\geq 30 \text{ mm}$
- $m'$  der Einzelschale  $\geq 100 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow$  Fugenbreite  $\geq 50 \text{ mm}$
- $m'$  der Einzelschale  $\geq 200 \text{ kg/m}^2$  und Trennfugenbreite  $\geq 30 \text{ mm} \Rightarrow$  es ist keine Dämmschicht im Fugenhohlraum erforderlich
- bei Gebäuden mit Aufenthaltsräumen im untersten Geschoß muß die Trennfuge durchgehend einschließlich durch das Fundament geführt werden
- bei Gebäuden ohne Aufenthaltsräume im untersten Geschoß muß die Trennfuge durchgehend bis auf das Fundament geführt werden

Das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  ergibt sich aus der Summe der flächenbezogenen Masse der beiden Einzelschalen unter Berücksichtigung etwaiger Putze zuzüglich 12 dB Zuschlag für die zweischalige Ausführung.

Eine erhebliche Einschränkung für den Einsatz von zweischaligen Massivwänden ist außerdem, daß die Fuge über die gesamte Haustiefe und -höhe durchlaufen muß, da sich sonst i.a. ein geringeres Schalldämm-Maß ergibt, als eine einschalige Massivwand mit gleicher flächenbezogener Masse bewirkt.<sup>54</sup> Konstruktiv ist das nur bei wenigen Grundrißen realisierbar, da sich vielfach ein vertikaler Versatz der Wände ergibt. Ein wesentlicher Mangel bei zweischaligen Massivwänden ist außerdem die geringe Tragfähigkeit (siehe Abschnitt 4.1.1), ebenso reduzieren die leichten Einzelschalen als flankierende Bauteile das bewertete Schalldämm-Maß des trennenden Bauteils.

Bei der Herstellung zweischaliger Mauerwerkswände hat sich gezeigt, daß auf die Dämmschicht zwischen den Schalen verzichtet werden kann, wenn ein Herstellen mit Lehren

<sup>52</sup> vgl. DIN 4109, Beiblatt 1 [18], S. 3 ff

<sup>53</sup> vgl. DIN 4109, Beiblatt 1 [18], S. 6 f

<sup>54</sup> vgl. DIN 4109, Beiblatt 2 [19], S. 4

erfolgt. Bei der Dämmung ist zu beachten, daß Hartschaumplatten oder ähnliche Dämmplatten mit hoher dynamischer Steifigkeit keinesfalls verwendet werden dürfen, da sie die Schalldämmung extrem verschlechtern. Ein getrenntes Fundament unter einer zweischaligen Haustrennwand erhöht dabei die Schalldämmung der Haustrennwand im Untergeschoß um 9 dB (von z.B. 60 auf 69 dB).<sup>55</sup>

**Tabelle 11: Schalldämm-Maße zweischaliger Massivwände**

<b>Erforderliche flächenbezogene Masse der beiden Einzelschalen für zweischalige Wände aus biegesteifen Schalen</b>					
Spalte	1	2		3	
Zeile	erf. flächenbezogene Masse $m'$ als Summe der beiden Einzelschalen [kg/m <sup>2</sup> ]	bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ [dB] bei flank. Bauteilen mit $m'_{L,mittel} = 300\text{kg/m}^2$		erf. Mindestfugenbreite [mm]	
1	200	56	58*	↑ Dämmschicht erforderlich	50
2	210	57	59*		50
3	230	58	60*		50
4	250	59	61*		50
5	270	60	62*		50
6	295	61	63*		50
7	320	62	64*		30
8	350	63	65*		30
9	380	64	66*		30
10	410	65	67*	↓ keine Dämmschicht erforderlich	30
11	450	66	68*	30	
12	490	67	69*	30	
13	530	68		30	
14	580	69		30	
15	630	70		30	
16	680	71		30	
17	740	72		30	
18	810	73		30	
19	880	74		30	
20	960	75		30	
21	1040	76		30	

\*) Dieser Wert gilt für verputzte Wände aus dampfgehärtetem Gasbeton und Leichtbeton mit Blähtonzuschlag mit Steinrohdichten  $\leq 800\text{ kg/m}^3$  bei einer flächenbezogenen Masse bis  $250\text{ kg/m}^2$  je Einzelschale

Da der Luftschallschutz, abgesehen von der Auswahl der biegesteifen Schalen, lediglich von der flächenbezogenen Masse abhängt, können diverse Massivbaustoffe zur Ausführung kommen, wobei Ausnahmen, wie z.B. Steine mit ungünstiger Lochung, entsprechend zu berücksichtigen sind. Um Kosten einzelner Ausführungsvarianten vergleichen zu können, müssen folgende Kostenbestandteile berücksichtigt werden:

- Kosten der Wand
- Folgekosten durch höhere/ niedrigere Wandeigenlasten

<sup>55</sup> vgl. [80], S. 13



- Wohnflächengewinn/-verlust durch unterschiedliche Wandstärken

Wesentlich für die Auswahl ist auch, daß die Konstruktionen praxisgerecht sind. So wird z. B. eine 90 cm starke Leichtbetonwand mit einer Rohdichte von  $800 \text{ kg/m}^3$  nicht betrachtet. Sie erfüllt zwar die Empfehlungen der SSt III VDI 4100, würde aber in der Planung und Ausführung nicht realisiert. Es werden folgende Baustoffe untersucht:

- Normalbeton mit  $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$
- Konstruktionsleichtbeton mit  $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$
- Schwerbeton mit  $\rho \geq 2500 \text{ kg/m}^3$
- Mauerwerk hoher Rohdichte mit  $\rho \geq 1600 \text{ kg/m}^3$
- Mauerwerk normaler Rohdichte mit  $1000 \text{ kg/m}^3 \leq \rho < 1600 \text{ kg/m}^3$
- Mauerwerk niedriger Rohdichte mit  $\rho < 1000 \text{ kg/m}^3$

Dabei werden folgende Anforderungen an das bewertete Schalldämm-Maß gestellt, um den Schallschutzanforderungen der DIN 4109/ -empfehlungen der VDI 4100 gerecht zu werden.

**Tabelle 12: Anforderungen  $R'_{w,R}$  DIN 4109/ VDI 4100 Wände**

<b>Anforderung</b>	<b>Bauteil</b>
<b>42 dB</b>	Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren mit Türöffnung DIN 4109
<b>52 dB</b>	Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren ohne Türöffnung DIN 4109
<b>53 dB</b>	Wohnungstrennwände DIN 4109
<b>55 dB</b>	Wände von Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen DIN 4109
<b>56 dB</b>	Wohnungstrennwände VDI 4100, SSt II, Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren VDI 4100, SSt II, Wände von Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen VDI 4100, SSt II
<b>59 dB</b>	Wohnungstrennwände VDI 4100, SSt III, Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren VDI 4100, SSt III, Wände von Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen VDI 4100, SSt III

#### 4.1.1 Tragfähigkeit von Massivwänden

Bei den nachfolgenden Untersuchungen ist die Tragfähigkeit einzelner Massivwände berücksichtigt worden. Die Wände wurden zunächst nach den schallschutztechnischen Anforderungen ausgelegt. Je nach erforderlicher Tragfähigkeit der Wand wird ggf. eine dickere, höher bewehrte Wand oder ein Baustoff höherer Festigkeitsklasse eingesetzt, so daß die geforderten Schallschutzwerte ggf. überschritten werden. Dünne Einzelschalen ( $< 80\text{mm}$ ) bei zweischaligen Massivwänden mit durchgehender Trennfuge weisen niedrige oder gar keine

Tragfähigkeit auf, so daß sie prinzipiell nur als raumbildende Bauteile mit oder ohne Schallschutzanforderungen eingesetzt werden.

Der Einsatz von nichttragenden Wänden bedingt aber eine Änderung des Tragsystems des Gebäudeabschnitts, um die vorhandenen Lasten entsprechend weiterleiten zu können. Bei parallel zur Wandrichtung gespannten Deckenplatten ist der Einsatz von Wänden mit geringer oder fehlender Tragfähigkeit möglich (siehe Abbildung 19), so daß auch zweischalige Massivwände zur Ausführung gelangen können.

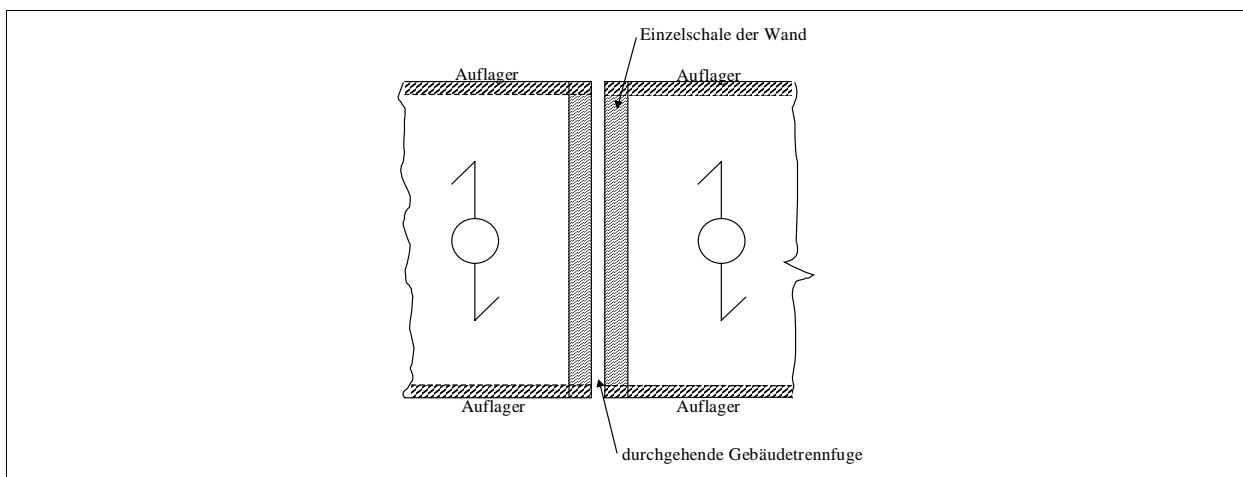


Abbildung 19: Spannrichtung von Deckenplatten bei fehlender Tragfähigkeit

Im Anschlußbereich Wand/ Decke ist bei geringer oder fehlender Tragfähigkeit eine ungewollte Lasteinleitung von Deckenlasten in die Wand unbedingt zu vermeiden, da sonst Risse die Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigen (siehe Abbildung 20).

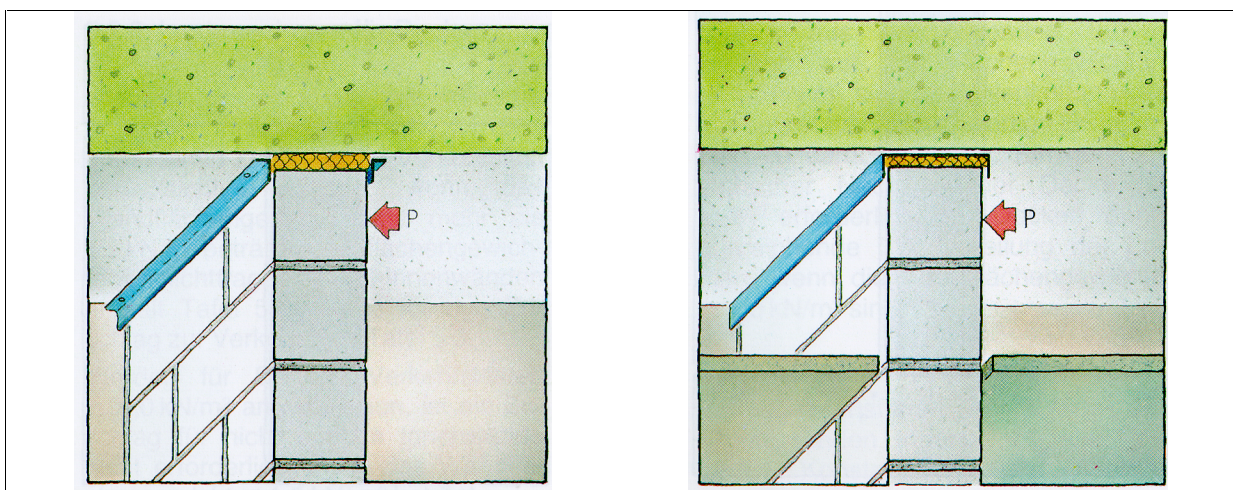


Abbildung 20: Anschluß nichttragender Wände an die Decke<sup>56</sup>

<sup>56</sup> aus [60], S. 65

Bei der Ermittlung, ob eine Massivwand tragfähig ist, wurden folgende Randbedingungen berücksichtigt:

- Lichte Geschoßhöhe 2,60 m => Knicklänge  $s_k = 2,60$  m
- 2-seitig gehaltene Wand
- Mindestdicke tragender Wände aus Stahlbeton ab B15 nach DIN 1045
- Mindestdicke tragender Wände aus Mauerwerk gemäß DIN 1053

#### 4.1.2 Kostenänderung infolge Lastenänderung

Eine negative Folgeerscheinung beim Einsatz von Wänden und Decken mit höherer flächenbezogener Masse ist, daß höhere Lasten durch das Gebäude und in den Baugrund geleitet werden müssen. Es entstehen zusätzliche Kosten durch erforderliche größere Dimensionierung der vertikal lastabtragenden Bauteile (Stützen, Wände und Fundamente).

Die Kosten für erforderliche dickere Wände, andere Festigkeitsklassen der Baustoffe, zusätzliche Bewehrung, etc. können nicht verallgemeinert werden. Hier spielen Faktoren wie z.B. Deckenstützweiten, Geschoßanzahl, Grundrißgestaltung, verwendete Baustoffe/ Bauteile eine Rolle, so daß die Kosten individuell für jedes Bauvorhaben ermittelt werden müssen.

Für die zusätzlich erforderliche Aufstandsfläche der Fundamente können die Kosten hingegen leicht bestimmt werden. Wird vorausgesetzt, daß die vorhandenen Fundamente den Baugrund in der Größenordnung der maximal zulässigen Bodenpressung beanspruchen, so erfordert jede Gewichtszunahme des Gebäudes eine größere Aufstandsfläche, also breitere Fundamente. Ob es unter einer Innenwand oder Außenwand angeordnet ist, ist dabei unwichtig, da die dort geplanten Fundamente lediglich breiter auszuführen sind. Die Kosten folgen aus dem Mehraushub und Abtransport des Bodens, sowie durch den zusätzlich erforderlichen Beton. Der Anteil der zusätzlichen Schalung ist vernachlässigbar, da sich nur geringe Veränderungen in der Breite ergeben. Bei einer zulässigen Bodenpressung von  $200 \text{ kN/m}^2$  ergeben sich zusätzliche Kosten in Höhe von 9,48 DM für je  $1000 \text{ kg} \cong 10 \text{ kN}$  zusätzliches Gebäudegewicht. Die Kosten ergeben sich zu:

*1 m<sup>2</sup> mehr Fundamentaufstandsfläche mit  $h = 80 \text{ cm}$  kostet*

Lohn Beton	$0,4h/m^3 \times 60 \text{ DM/h} \times 0,8 \text{ m}^3/m^2 \times 1,0m^2$	= 19,20 DM
Betonpumpe	$0,8 \text{ m} \times 1,0m^2 \times 18 \text{ DM/m}^3$	= 14,40 DM
Beton	$0,8 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}^2 \times 160 \text{ DM/m}^3$	= 128,00 DM

$$\begin{array}{rcl} \text{Erdaushub incl. Abfuhr} & 0,8 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}^2 \times 35 \text{ DM/m}^3 & = 28,00 \text{ DM} \\ & & \text{-----} \\ & & 189,60 \text{ DM} \end{array}$$

$$10 \text{ kN} / 200 \text{ kN/m}^2 \times 189,60 \text{ DM/m}^2 = 9,48 \text{ DM je } 10 \text{ kN}$$

Anwendungsbeispiel: 200 m<sup>2</sup> Wandfläche mit einer Eigenlast von 5,25kN/m<sup>2</sup> bzw. 4,24 kN/m<sup>2</sup>  
 $\Rightarrow 200\text{m}^2 \times (5,25 \text{ kN/m}^2 - 4,24 \text{ kN/m}^2) \times 9,48 \text{ DM} / 10\text{kN} = 191,50 \text{ DM}$

Es entstehen also insgesamt 191,50 DM Differenzkosten durch die unterschiedlichen Eigenlasten der 200m<sup>2</sup> Wandfläche.

### 4.1.3 Wohnflächenveränderung

Durch dünnere Innenwände, mit einer entsprechend geringeren Konstruktionsfläche, ergibt sich eine Vergrößerung der Nettowohnfläche bei gleichbleibender Bruttowohnfläche. Dieser „Gewinn“ ist i.a. nur für den Verkäufer der Wohnung interessant. Für den Bewohner scheint es kaum von Bedeutung, ob z.B. ein Raum 4 cm länger und 4 cm breiter ist. Für den Verkäufer ergibt sich jedoch bei einer Wohnung üblicher Größe von etwa 70 bis 100m<sup>2</sup> Wohnfläche ein Gewinn von ca. 1,0 m<sup>2</sup> Wohnfläche, die er mit 2500 bis 8000,-- DM/m<sup>2</sup> vergütet bekommt. Auf ein Mehrfamilienhaus mit 10 Wohnungen übertragen errechnet sich ein Mehrerlös bis zu 80.000,-- DM. Die Abbildung 21 zeigt die „Kosten“ der Wohnflächenveränderung auf, die infolge der Wanddickenveränderung entstehen. Es sind im eigentlichen Sinn keine aufzuwendenden Kosten, sondern entgangener Ertrag.

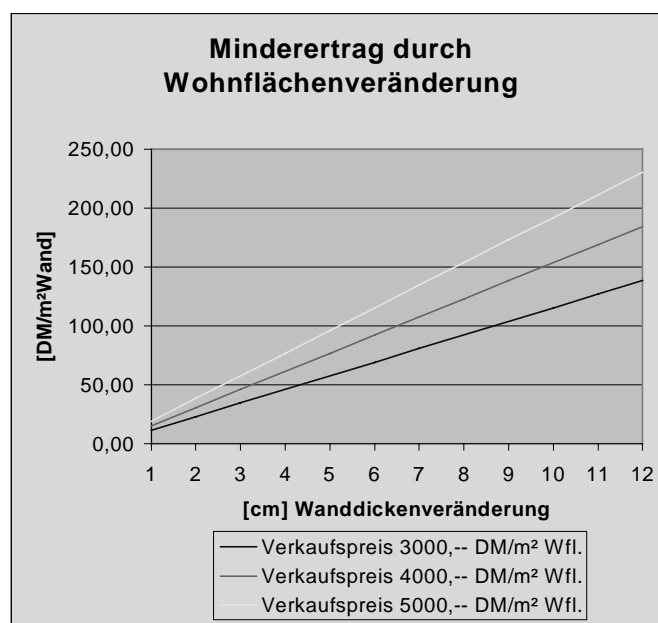


Abbildung 21: Kosten infolge Wanddickenveränderung

#### 4.1.4 Normalbeton

##### Normalbeton einschalig:

Die Abbildung 22 zeigt den Wandaufbau einer einschaligen Wand aus Normalbeton mit einer Rohdichte von  $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$ .

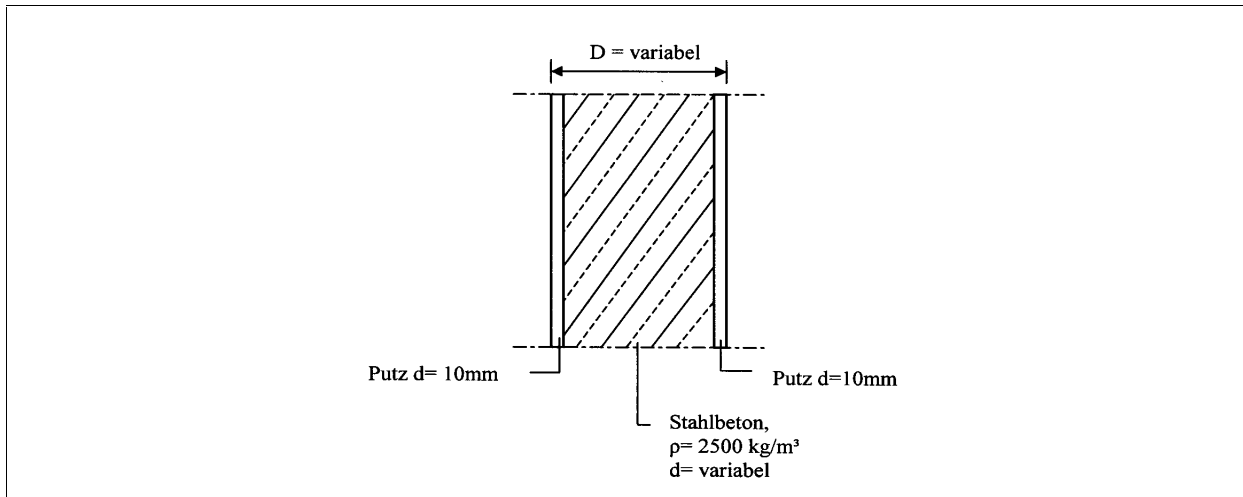


Abbildung 22: Aufbau Stahlbetonwand aus Normalbeton, einschalig

Die Berechnung der Wandstärken aus den vorgegebenen bewerteten Schalldämmmaßen erfolgt nach DIN 4109, Beiblatt 1, Tabelle 1 unter der Voraussetzung, daß die flankierenden Bauteile eine mittlere flächenbezogene Masse von etwa  $300 \text{ kg/m}^2$  aufweisen. Die Kosten sind ohne die Berücksichtigung von Wohnflächen- und Lastveränderungen berechnet, die erst im Abschnitt 4.1.10 berücksichtigt werden.

Die Kostenwerte sind auf folgender Basis ermittelt worden:

- Aufwandswerte gemäß ARH Tabellen [97] bzw. vergleichbare Tabellen für die Trockenbauarbeiten [98]
- 60,00 DM/h Mittellohn
- Aktuelle Baustoffpreise aus Herstellerpreislisten, Kostentabellen wie z.B. [34] unter der Berücksichtigung von üblichen Rabatten, Abnahmemengen, etc.

Durch diese individuelle Ermittlung ergeben sich marktübliche Kosten, die in einigen Fällen zuerst Erstaunen auslösen. So verändern sich z.B. bei den Massivwänden die Kosten nicht linear mit der Wanddicke. Dieses ist bei Mauerwerkswänden auf die höheren Kosten der Sonderformate (z.B. 50 und 70mm Breite) und verschiedenen Aufwandswerte in Abhängigkeit der Steinformate und der Wanddicke zurückzuführen. Bei Stahlbetonwänden ergeben sich starke Kostenschwankungen in Abhängigkeit der Wanddicken, was auf hohe Aufwandswerte

für das Schalen, Bewehren und Betonieren bei extrem dünnen Wänden und auf die erforderliche Bewehrung bei besonders dicken Wänden zurückzuführen ist.

Als Beispiel werden die Kosten einer einschaligen Stahlbetonwand in Ortbetonausführung mit  $d=210\text{mm}$  und  $2 \times 10\text{mm}$  Putz berechnet:

<i>Schalung Lohn</i>	$2,0\text{m}^2/\text{m}^2 \times 0,36\text{h}/\text{m}^2 \times 60,00 \text{ DM}/\text{h}$	=	$43,20 \text{ DM}/\text{m}^2$
<i>Schalung Material</i>	$2,0\text{m}^2/\text{m}^2 \times 18,00 \text{ DM}/\text{m}^2$	=	$36,00 \text{ DM}/\text{m}^2$
<i>Randschalung Lohn</i>	$0,11\text{m}^2/\text{m}^2 \times 1,80\text{h}/\text{m}^2 \times 60,00 \text{ DM}/\text{h}$	=	$11,88 \text{ DM}/\text{m}^2$
<i>Randschalung Material</i>	$0,11\text{m}^2/\text{m}^2 \times 30,00 \text{ DM}/\text{m}^2$	=	$3,30 \text{ DM}/\text{m}^2$
<i>Bewehrung Lohn</i>	$12,00\text{kg}/\text{m}^2 \times 0,48 \text{ DM}/\text{kg}$	=	$5,76 \text{ DM}/\text{m}^2$
<i>Bewehrung Material</i>	$12,00\text{kg}/\text{m}^2 \times 1,15 \text{ DM}/\text{kg}$	=	$13,80 \text{ DM}/\text{m}^2$
<i>Beton Lohn</i>	$0,21\text{m}^3/\text{m}^2 \times 0,85\text{h}/\text{m}^3 \times 60,00 \text{ DM}/\text{h}$	=	$10,71 \text{ DM}/\text{m}^2$
<i>Beton Material</i>	$0,21\text{m}^3/\text{m}^2 \times 160,00 \text{ DM}/\text{m}^3$	=	$33,60 \text{ DM}/\text{m}^2$
<i>Putz komplett</i>	$2,0\text{m}^2/\text{m}^2 \times 28,00 \text{ DM}/\text{m}^2$	=	$56,00 \text{ DM}/\text{m}^2$
			-----
			$214,25 \text{ DM}/\text{m}^2$

Die Werte in den Tabellen 13 bis 16, 18 bis 21, 23, 25, 26 und 28 werden analog berechnet.

**Tabelle 13: Kennwerte Stahlbetonwände aus Normalbeton, einschalig, Ortbetonvariante**

Anforderung $R'_{w,R}$ [dB]	berechnet gem. DIN 4109, BB1 [dB]	Aufbau	$m'$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$g$ gem. DIN 1055 [kN/m <sup>2</sup> ]	Tragfähig	Kosten [DM /m <sup>2</sup> ]
42	42	2x10mm Putz D=8,0cm Beton d = 60 mm	20 138 158	0,24 1,50 1,74	Nein	169,85
42	44	2x10mm Putz D=10,0cm Beton d = 80 mm	20 184 204	0,24 2,00 2,24	Nur als Fertigteil	173,89
42	47	2x10mm Putz D=12,0cm Beton d = 100 mm	20 230 250	0,24 2,50 2,74	Ja	187,90
52	52	2x10mm Putz D=18,0cm Beton d = 160 mm	20 368 388	0,24 4,00 4,24	Ja	198,70
53	53	2x10mm Putz D=19,0cm Beton d = 170 mm	20 391 411	0,24 4,25 4,49	Ja	202,34
55	55	2x10mm Putz D=23,0cm Beton d = 210 mm	20 483 503	0,24 5,25 5,49	Ja	214,25
56	56	2x10mm Putz D=24,0cm Beton d = 220 mm	20 506 526	0,24 5,50 5,74	Ja	216,36
59	59	2x10mm Putz D=31,0cm Beton d = 290 mm	20 667 687	0,24 7,25 7,49	Ja	236,65

Aufgrund der hohen Beton-Rohdichte von  $\rho = 2500 \text{ kg}/\text{m}^3$  erbringt eine einschalige Wand aus Normalbeton die geforderten Schallschutzwerte aller Schallschutzstufen bei üblichen Wandabmessungen.

### Normalbeton zweischalig:

Die Abbildung 23 zeigt den Aufbau einer zweischaligen Wand aus Normalbeton mit einer Rohdichte von  $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$  auf.

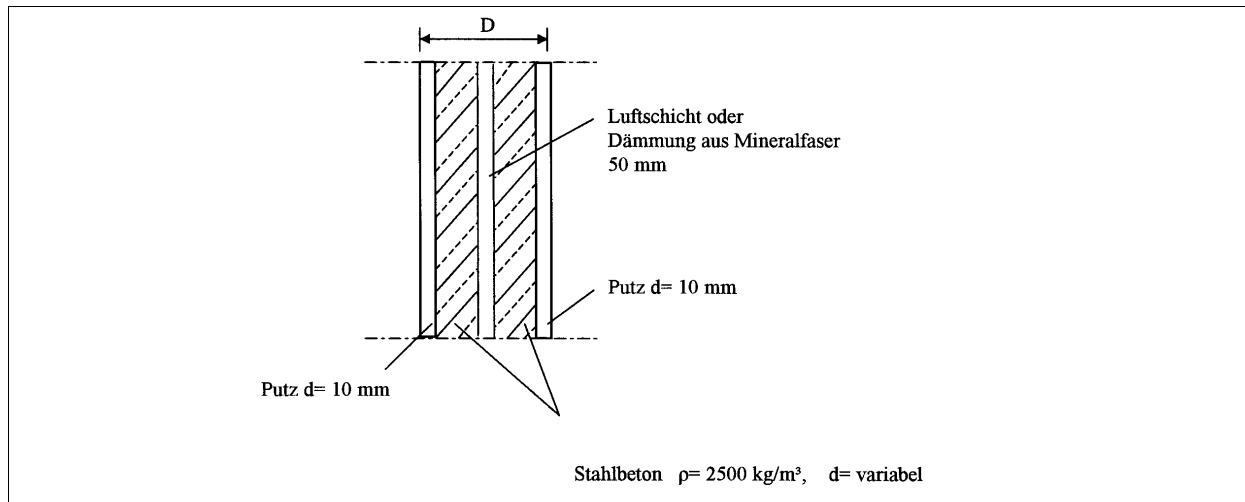


Abbildung 23: Aufbau Stahlbetonwand aus Normalbeton, zweischalig

Die Berechnung der Wandstärken bei den vorgegebenen bewerteten Schalldämm-Maßen erfolgt nach DIN 4109, Beiblatt 1, Abschnitt 2.3. Flankierende Bauteile mit einer mittleren flächenbezogenen Masse von etwa  $300 \text{ kg/m}^2$  werden vorausgesetzt. Die Kosten sind ohne die Berücksichtigung von Wohnflächen- und Lastveränderungen berechnet, sie werden im Abschnitt 4.1.10 berücksichtigt.

**Tabelle 14: Kennwerte Stahlbetonwände aus Normalbeton, 2-schalig, Ortbetonvariante**

Anforderung $R'_{w,R}$ [dB]	berechnet gem. DIN 4109, BB1 [dB]	Aufbau	$m'$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$g$ gem. DIN 1055 [kN/m <sup>2</sup> ]	Tragfähig	Kosten [DM /m <sup>2</sup> ]
42	56	2x10mm Putz $D=15,0\text{cm}$ 2x Beton $d = 2 \times 40 \text{ mm}$ 50 mm Dämmung	20 184 ./. 204	0,24 2,00 0,05 2,29	Nein	236,14
52	56	2x10mm Putz $D=15,0\text{cm}$ 2x Beton $d = 2 \times 40 \text{ mm}$ 50 mm Dämmung	20 184 ./. 204	0,24 2,00 0,05 2,29	Nein	236,14
53	56	2x10mm Putz $D=15,0\text{cm}$ 2x Beton $d = 2 \times 40 \text{ mm}$ 50 mm Dämmung	20 184 ./. 204	0,24 2,00 0,05 2,29	Nein	236,14
55	56	2x10mm Putz $D=15,0\text{cm}$ 2x Beton $d = 2 \times 40 \text{ mm}$ 50 mm Dämmung	20 184 ./. 204	0,24 2,00 0,05 2,29	Nein	236,14
56	56	2x10mm Putz $D=15,0\text{cm}$ 2x Beton $d = 2 \times 40 \text{ mm}$ 50 mm Dämmung	20 184 ./. 204	0,24 2,00 0,05 2,29	Nein	236,14
59	59	2x10mm Putz $D=17,0\text{cm}$ 2x Beton $d = 2 \times 50 \text{ mm}$ 50 mm Dämmung	20 230 ./. 250	0,24 2,50 0,05 2,79	Nein	244,78
59	63	2x10mm Putz $D=23,0\text{cm}$ 2x Beton $d = 2 \times 80 \text{ mm}$ 50 mm Dämmung	20 368 ./. 388	0,24 4,00 0,05 4,29	Nur als Fertigteil	267,74

59	66	2x10mm Putz D=27,0cm 2x Beton d = 2x100 mm 50 mm Dämmung	20	0,24	Ja	296,45
			460	5,00		
			./.	0,05		
			480	5,29		
59	68	2x10mm Putz D=31,0cm 2x Beton d = 2x120 mm 50 mm Dämmung	20	0,24	Ja	291,45
			552	6,00		
			./.	0,05		
			572	6,29		

Durch die hohe Rohdichte der beiden Einzelschalen ergeben sich extrem geringe Wandstärken. Aus fertigungstechnischen Gründen (mindestens 40mm je Einzelschale) und der Vorgabe  $m' \geq 100 \text{ kg/m}^2$  je Einzelschale sind keine Wände unter  $R'_{w,R} = 56 \text{ dB}$  möglich.

#### Kostendifferenz Ortbetonwand zu Fertigteilbetonwand:

Die Stahlbetonwand kann in Ortbetonbauweise oder in Fertigteilbauweise hergestellt werden, durch die alternativen Wanddicken ergeben sich wirtschaftliche Vor- oder Nachteile. Beeinflussende Faktoren sind:

- Die Ortbetonausführung benötigt wesentlich mehr Schalung (etwa die dreifache Menge bei einer zweischaligen Wand aufgrund der stehenden, abschnittswisen Fertigung der einzelnen Schalen<sup>57</sup> bzw. etwa die zweifache Menge bei einer einschaligen Wand, liegend gefertigt).
- Bei leichten Fertigteilen ist die Montage mit kleinem Gerät (Mobilkran, ggf. Turmdrehkran) möglich. Bei Bauteilen, die hohe Schallschutzanforderungen erfüllen müssen und dadurch ein hohes Wandgewicht aufweisen (bis zu 7,5 to für eine 10m<sup>2</sup> Wand die  $R'_{w,R} = 59 \text{ dB}$  erfüllt), fallen hohe Montagekosten an.
- Die Transportkosten nehmen mit dem Wandgewicht zu.
- Die Dämmung zwischen den Einzelschalen bei einer zweischaligen Betonwand ist bei stehender Ortbetonfertigung als auch bei liegender Fertigteilherstellung ähnlichen Lasten ausgesetzt, so daß hier kein Kostenunterschied infolge anderer Dämmung entsteht.

Die Tabellen 15 und 16 zeigen keine eindeutigen Kostentrends zwischen der Ortbeton und der Fertigteilösung auf. Die Kosten für die Fertigteile wurden analog zu dem Beispiel auf Seite 70 berechnet, es wurde von einer liegenden Fertigung ausgegangen. Die Transportkosten wurden für eine Entfernung von 50 Kilometern berücksichtigt.



**Tabelle 15: Kostenunterschied Ortbetonfertigung/ Stahlbeton-Fertigteil-Wand, 1-schalig**

Betonkerndicke	Kosten der Ortbetonvariante	Kosten der Fertigteilvariante	Kostenunterschied
d = 6,0 cm	169,85 DM / m <sup>2</sup>	137,09 DM / m <sup>2</sup>	- 32,76 DM / m <sup>2</sup> 80,7%
d = 8,0 cm	173,89 DM / m <sup>2</sup>	149,62 DM / m <sup>2</sup>	- 24,27 DM / m <sup>2</sup> 86,0%
d = 10,0 cm	187,90 DM / m <sup>2</sup>	158,52 DM / m <sup>2</sup>	- 29,38 DM / m <sup>2</sup> 84,4%
d = 16,0 cm	198,70 DM / m <sup>2</sup>	184,71 DM / m <sup>2</sup>	- 13,99 DM / m <sup>2</sup> 93,0%
d = 17,0 cm	202,34 DM / m <sup>2</sup>	189,33 DM / m <sup>2</sup>	- 13,01 DM / m <sup>2</sup> 93,6%
d = 21,0 cm	214,25 DM / m <sup>2</sup>	206,51 DM / m <sup>2</sup>	- 7,74 DM / m <sup>2</sup> 96,4%
d = 22,0 cm	216,36 DM / m <sup>2</sup>	209,84 DM / m <sup>2</sup>	- 6,52 DM / m <sup>2</sup> 97,0%
d = 29,0 cm	236,65 DM / m <sup>2</sup>	242,51 DM / m <sup>2</sup>	+ 5,86 DM / m <sup>2</sup> 102,5%

**Tabelle 16: Kostenunterschied Ortbetonfertigung/ Stahlbeton-Fertigteil-Wand, 2-schalig**

Betonkerndicke	Kosten der Ortbetonvariante	Kosten der Fertigteilvariante	Kostenunterschied
d = 2 x 4,0 cm	236,14 DM / m <sup>2</sup>	178,28 DM / m <sup>2</sup>	- 57,86 DM / m <sup>2</sup> 75,5%
d = 2 x 5,0 cm	244,78 DM / m <sup>2</sup>	185,73 DM / m <sup>2</sup>	- 59,05 DM / m <sup>2</sup> 75,9%
d = 2 x 8,0 cm	267,74 DM / m <sup>2</sup>	216,78 DM / m <sup>2</sup>	- 50,96 DM / m <sup>2</sup> 81,0%
d = 2 x 10,0 cm	296,45 DM / m <sup>2</sup>	261,21 DM / m <sup>2</sup>	- 35,24 DM / m <sup>2</sup> 88,1%
d = 2 x 12,0 cm	291,45 DM / m <sup>2</sup>	273,47 DM / m <sup>2</sup>	- 17,98 DM / m <sup>2</sup> 93,8%

#### 4.1.5 Konstruktionsleichtbeton

##### Konstruktionsleichtbeton einschalig

Der Schallschutz von einschaligen Massivwänden aus Konstruktionsleichtbeton hängt, wie auch bei Massivwandkonstruktionen aus anderen Baustoffen, lediglich von der flächenbezogenen Masse  $m'$  ab. Eine Wand aus einem Baustoff mit einer niedrigeren Rohdichte als beim Normalbeton erfordert eine größere Wanddicke bei gleicher flächenbezogener Masse. Um wirtschaftlich zu arbeiten, muß die Wand so kostengünstig erstellt werden können, daß der Wohnflächenverlust durch niedrigere Baustoffkosten aufgefangen werden kann. Das trifft für Konstruktionsleichtbeton nicht zu, da er deutlich teurer als Normalbeton ist. Wie die nachfolgende Vergleichskalkulation belegt, ist also die Wand aus Konstruktionsleichtbeton wesentlich unwirtschaftlicher.

Andere Leichtbetonarten, wie z.B. Porenbeton sind aufgrund ihrer geringeren Rohdichte und des höheren Baustoffpreises zu vergleichbaren Schallschutzwerten ebenfalls nicht wirtschaftlich herstellbar. Leichtbetonwände, bei Stahlbetonfertigteilen auch als nagelfähiger Vorsatz, sind jedoch beliebt, weil die Serviceleistungen (Erstellung der Statik), die Möglichkeit Nägel in die Wand zu schlagen, der gute Wärmeschutz und die schnelle Montage auch Vorteile bietet.

<sup>57</sup> Arbeitsschritte: 1) Fertigen der ersten Schalen 2) Ausschalen der ersten Schale 3) Einbringen der

**Tabelle 17: Kostenvergleich Normalbeton-/ Konstruktionsleichtbetonwand, einschalig**

Aufbau der Wand mit $R'_{w,R} = 59$ dB Wandhöhe = 2,50m	m' [kg/m <sup>2</sup> ]	g [kN/m <sup>2</sup> ]	Kosten Beton [DM/m]	Wohnflächen- verlußt [DM]	Vergleichs- kosten [DM/m <sup>2</sup> ]
Putz 2x10mm + 290mm Normalbeton $\rho=2500$ kg/m <sup>3</sup>	687	7,49	116,00	0,-	116,00
Putz 2x10mm + 370mm Konstruktionsleichtbeton $\rho=1800$ kg/m <sup>3</sup>	686	7,46	336,70	240,-	576,70
Differenzkosten:					460,70

**Konstruktionsleichtbeton zweischalig**

Zweischalige Wände aus Konstruktionsleichtbeton sind ebenfalls unwirtschaftlicher gegenüber vergleichbaren Wänden aus Normalbeton. Der zusätzliche Wohnraumverlußt und die höheren Materialkosten sind dafür verantwortlich.

**4.1.6 Scherbeton**

Schallschutztechnisch vergleichbare einschalige Wände aus Scherbeton mit einer Rohdichte von  $\rho = 2800$  kg/m<sup>3</sup> lassen sich ca. 13% dünner als Wände aus Normalbeton mit  $\rho=2500$  kg/m<sup>3</sup> ausführen. Bei einer Wand mit einem bewerteten Schalldämmmaß  $R'_{w,R} = 59$  dB bewirkt dies eine Wanddickenminderung von 40 mm. Bei einem Verkaufspreis von 3000,- DM/m<sup>2</sup>Wfl entsteht ein Mehrerlös von 120,- DM/m Wand. Dem stehen extreme Kosten für den Scherbeton gegenüber, denn der Scherbeton kostet etwa 7-mal mehr als Normalbeton. Bei Beton mit einer noch höheren Rohdichte (bis 4000 kg/m<sup>3</sup> sind möglich) nimmt der Betonpreis den bis zu 20-fachen Wert von Normalbeton an.

Für zweischalige Wände aus Scherbeton gelten die gleichen Bedingungen wie für eine einschalige Wand. Hinzu kommt, daß der Wohnraumgewinn wesentlich geringer ausfällt und fertigungstechnische Probleme aufgrund geringerer Wandstärken auftreten.

Beide Wandaufbauten sind extrem unwirtschaftlich und werden nicht weiter betrachtet.

#### 4.1.7 Mauerwerk

##### **Mauerwerk einschalig, hohe Rohdichte $\rho \geq 1600 \text{ kg/m}^3$ :**

Die Rohdichte von KS-Mauerwerk ist im Wesentlichen von der Dichte des verwendeten Sandes abhängig. KS-Mauerwerk mit einer Rohdichte von  $\geq 2000 \text{ kg/m}^3$  ist aufgrund der regionalen Produktionsstätten nicht überall verfügbar. Will man sie einsetzen, so muß mit erheblich höheren Transportkosten kalkuliert werden, nur in Süddeutschland sind Rohdichten von  $2200 \text{ kg/m}^3$  verfügbar.

Bei diversen Mauerwerksarten (Betonsteine, Kalksandsteine, Klinker, Leichtbetonsteine, Leichtziegel, Mauerziegel, Porenbetonsteine, etc.) hängt der Schallschutz von der flächenbezogenen Masse  $m'$  ab. Stellvertretend für die Steinarten wird der Kalksandstein für den Kostenvergleich herangezogen. Die Abbildung 24 zeigt den Aufbau einer einschaligen Mauerwerkswand.

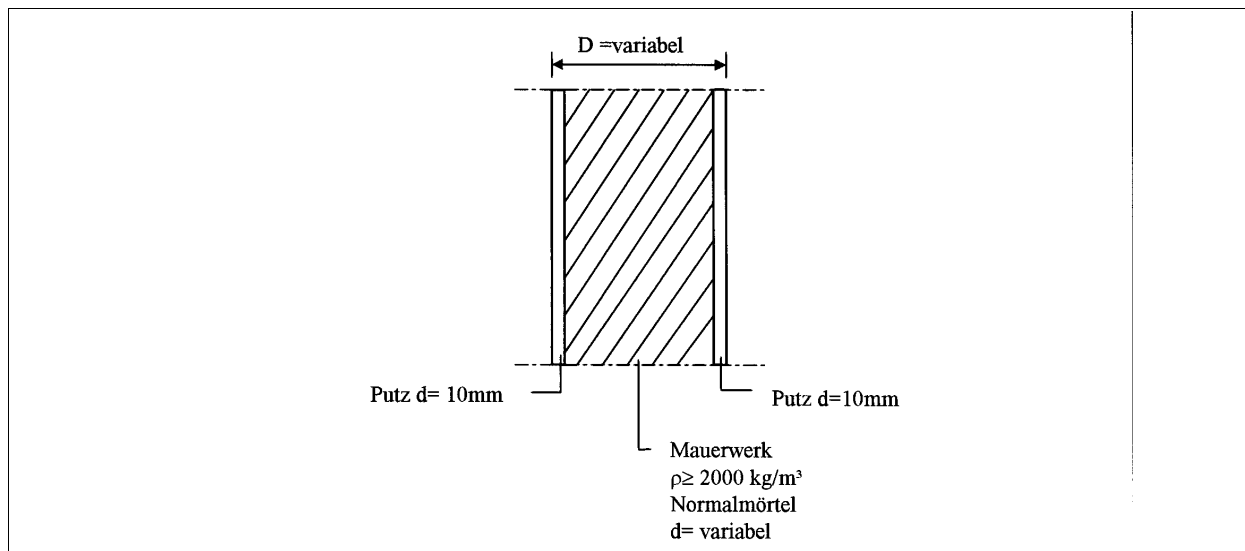


Abbildung 24: Aufbau Mauerwerkswand hoher Rohdichte, einschalig

Die nachfolgend berechneten Werte für das bewertete Schalldämmmaß sind gemäß DIN 4109, Beiblatt 1 ermittelt worden. Dabei wird von einer mittleren flächenbezogenen Masse  $m'_{L,Mittel}$  von etwa  $300 \text{ kg/m}^2$  für die flankierenden Bauteile ausgegangen. Die Rohdichteklasse 2,2 wurde nur gewählt, um im Grenzfall eine kleinere Wanddicke zu ermöglichen. Die Steine der Rohdichte 2,2 kosten etwa 10% mehr als Steine der Rohdichte 2,0. Die Kosten sind ohne die Berücksichtigung von Wohnflächen- und Lastveränderungen berechnet, sie sollen im Abschnitt 4.1.10 berücksichtigt werden.

**Tabelle 18: Kennwerte Mauerwerkswände hohe Rohdichte, einschalig**

Anforderung $R'_{w,R}$ [dB]	berechnet gem. DIN 4109, BB1 [dB]	Aufbau	$m'$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$g$ gem. DIN 1055 [kN/m <sup>2</sup> ]	Tragfähig	Kosten [DM /m <sup>2</sup> ]
42	42	2x10mm Putz D=9,0cm MW $\rho=2200$ kg/m <sup>3</sup> , d=7,0 cm, Normalmörtel	20,0 <u>145,6</u> 165,6	0,24 <u>1,54</u> 1,78	Nein	147,60
42	46	2x10mm Putz D=13,5cm MW $\rho=2000$ kg/m <sup>3</sup> , d=11,5 cm, Normalmörtel	20,0 <u>218,5</u> 238,5	0,24 <u>2,30</u> 2,54	Ja	127,50
52	52	2x10mm Putz D=19,5cm MW $\rho=2200$ kg/m <sup>3</sup> , d=17,5 cm, Normalmörtel	20,0 <u>364,0</u> 384,0	0,24 <u>3,85</u> 4,09	Ja	146,85
53	53	2x10mm Putz D=22,0cm MW $\rho=2000$ kg/m <sup>3</sup> , d=20,0 cm, Normalmörtel	20,0 <u>380,0</u> 400,0	0,24 <u>4,00</u> 4,24	Ja	150,40
55	55	2x10mm Putz D=26,0cm MW $\rho=2000$ kg/m <sup>3</sup> , d=24,0 cm, Normalmörtel	20,0 <u>456,0</u> 476,0	0,24 <u>4,80</u> 5,04	Ja	168,10
56	56	2x10mm Putz D=26,0cm MW $\rho=2200$ kg/m <sup>3</sup> , d=24,0 cm, Normalmörtel	20,0 <u>499,2</u> 519,2	0,24 <u>5,28</u> 5,52	Ja	172,61
59	59	2x10mm Putz D=38,5cm MW $\rho=2000$ kg/m <sup>3</sup> , d=36,5 cm, Normalmörtel	20,0 <u>693,5</u> 713,5	0,24 <u>7,30</u> 7,54	Ja	193,65

Mit den KS-Steinen hoher Rohdichte sind die Wände in allen Schallschutzstufen bei akzeptablen, praxisgerechten Abmessungen herzustellen.

### Mauerwerk zweischalig, hohe Rohdichte $\rho \geq 1600$ kg/m<sup>3</sup>

Für die Einzelschalen der zweischaligen Mauerwerkswände hoher Rohdichte gelten die gleichen Argumente bzgl. des Baustoffes wie bei der einschaligen Ausführung. Auch hier werden Kalksandsteinwände kostenmäßig untersucht. Bei der Wahl der Rohdichteklasse ist anzumerken, daß diese oberhalb der Grenze  $\rho \geq 1600$  kg/m<sup>3</sup> so niedrig wie möglich gewählt wurde, um mit einem bestimmten Steinformat die Wand zu erstellen.

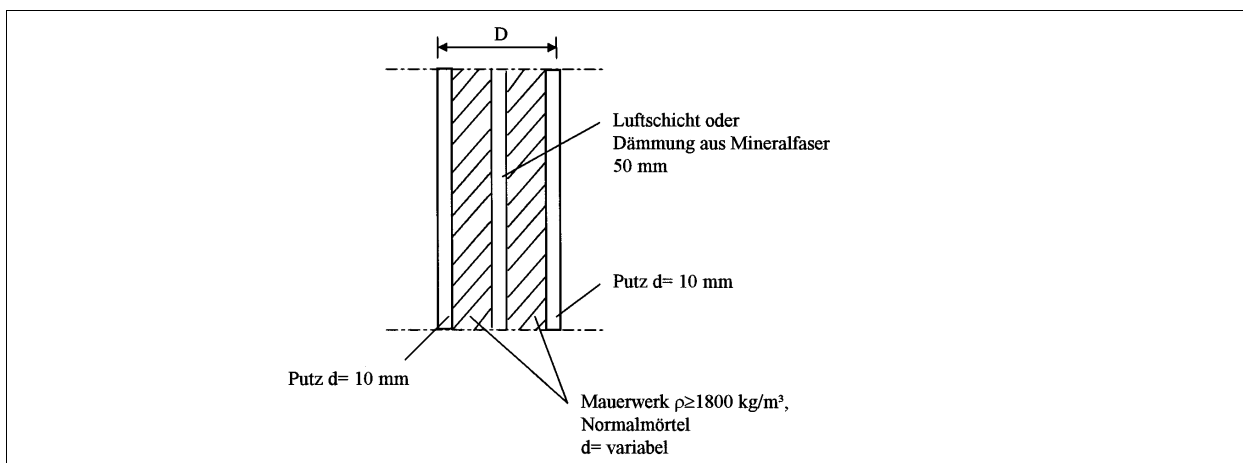


Abbildung 25: Aufbau Mauerwerkswand hoher Rohdichte, zweischalig

**Tabelle 19: Kennwerte Mauerwerkswände hohe Rohdichte, zweischalig**

Anforderung $R'_{w,R}$ [dB]	berechnet gem. DIN 4109, BB1 [dB]	Aufbau	$m'$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$g$ gem. DIN 1055 [kN/m <sup>2</sup> ]	Tragfähig	Kosten [DM /m <sup>2</sup> ]
42	57	2x10mm Putz D=17,0cm 2x MW d = 2x50 mm, $\rho=2000$ kg/m <sup>3</sup> , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 190,0 <u>./.</u> 210,0	0,24 2,00 <u>0,05</u> 2,24	Nein	228,41
52	57	2x10mm Putz D=17,0cm 2x MW d = 2x50 mm, $\rho=2000$ kg/m <sup>3</sup> , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 190,0 <u>./.</u> 210,0	0,24 2,00 <u>0,05</u> 2,24	Nein	228,41
53	57	2x10mm Putz D=17,0cm 2x MW d = 2x50 mm, $\rho=2000$ kg/m <sup>3</sup> , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 190,0 <u>./.</u> 210,0	0,24 2,00 <u>0,05</u> 2,24	Nein	228,41
55	57	2x10mm Putz D=17,0cm 2x MW d = 2x50 mm, $\rho=2000$ kg/m <sup>3</sup> , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 190,0 <u>./.</u> 210,0	0,24 2,00 <u>0,05</u> 2,24	Nein	228,41
56	57	2x10mm Putz D=17,0cm 2x MW d = 2x50 mm, $\rho=2000$ kg/m <sup>3</sup> , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 190,0 <u>./.</u> 210,0	0,24 2,00 <u>0,05</u> 2,24	Nein	228,41
59	59	2x10mm Putz D=21,0cm 2x MW d = 2x70 mm, $\rho=1800$ kg/m <sup>3</sup> , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 240,8 <u>./.</u> 260,8	0,24 2,52 <u>0,05</u> 2,81	Nein	231,41
59	65	2x10mm Putz D=30,0cm 2x MW d = 2x115 mm, $\rho=1800$ kg/m <sup>3</sup> , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 395,6 <u>./.</u> 415,6	0,24 4,14 <u>0,05</u> 4,43	Ja	207,61

Die berechneten Werte für das bewertete Schalldämmmaß sind gemäß DIN 4109 Beiblatt 1 ermittelt worden. Dabei wurde von einer mittleren flächenbezogenen Masse  $m'_{L,Mittel}$  von etwa 300 kg/m<sup>2</sup> für die flankierenden Bauteile ausgegangen. Die Kosten sind ohne die Berücksichtigung von Wohnflächen- und Lastveränderungen berechnet, diese werden im Abschnitt 4.1.10 berücksichtigt.

Die zweischaligen Mauerwerkswände lassen sich bei einer hohen Steinrohichte mit geringen Wanddicken konstruieren. Die Mindestwanddicken und die damit erreichten Schalldämm-Maße sind durch die dünnsten Mauerwerkselemente (d=50mm), deren Rohdichte (2000kg/m<sup>3</sup>) und der Vorgabe  $m' \geq 100$  kg/m<sup>2</sup> je Einzelschale bestimmt.

### **Mauerwerk einschalig, mittlere Rohdichte $1000 \text{ kg/m}^3 \leq \rho \leq 1600 \text{ kg/m}^3$ :**

Analog zum einschaligen Mauerwerk mit hoher Rohdichte gilt das zuvor Erwähnte für Mauerwerk mittlerer Rohdichte. Die Steine sind bundesweit ohne lange Transportwege verfügbar. Der Wandaufbau entspricht dem der in Abbildung 24 dargestellten Wand.

Die nachfolgend berechneten Werte sind mit dem gleichen Berechnungsverfahren wie bei den vorherigen Mauerwerkswänden ermittelt worden.

**Tabelle 20: Kennwerte Mauerwerkswände mittlere Rohdichte, einschalig**

Anforderung $R'_{w,R}$ [dB]	berechnet gem. DIN 4109, BB1 [dB]	Aufbau	$m'$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$g$ gem. DIN 1055 [kN/m <sup>2</sup> ]	Tragfähig	Kosten [DM /m <sup>2</sup> ]
42	42	2x10mm Putz D=13,5cm MW $\rho=1400$ kg/m <sup>3</sup> , d=11 <sup>5</sup> cm, Normalmörtel	20,0 <u>156,4</u> 176,4	0,24 <u>1,73</u> 1,97	Ja	121,00
52	53	2x10mm Putz D=32,0cm MW $\rho=1400$ kg/m <sup>3</sup> , d=30 cm, Normalmörtel	20,0 <u>408,0</u> 428,0	0,24 <u>4,50</u> 4,74	Ja	168,56
53	53	2x10mm Putz D=32,0cm MW $\rho=1400$ kg/m <sup>3</sup> , d=30 cm, Normalmörtel	20,0 <u>408,0</u> 428,0	0,24 <u>4,50</u> 4,74	Ja	168,56
55	55	2x10mm Putz D=38,5cm MW $\rho=1400$ kg/m <sup>3</sup> , d=36,5 cm, Normalmörtel	20,0 <u>496,4</u> 516,4	0,24 <u>5,48</u> 5,72	Ja	182,10
56	57	2x10mm Putz D=51,0cm MW $\rho=1200$ kg/m <sup>3</sup> , d=49 cm, Normalmörtel	20,0 <u>578,2</u> 598,2	0,24 <u>6,86</u> 7,10	Ja	249,40
59	59	2x10mm Putz D=51,0cm MW $\rho=1400$ kg/m <sup>3</sup> , d=49 cm, Normalmörtel	20,0 <u>666,4</u> 686,4	0,24 <u>7,35</u> 7,59	Ja	249,40

Im Vergleich zu einschaligem Mauerwerk mit hoher Rohdichte treten selbst bei den niedrigen Schallschutzanforderungen nach DIN 4109 Wandstärken auf, die nicht mehr akzeptabel sind.

**Mauerwerk zweischalig, mittlere Rohdichte  $1000 \text{ kg/m}^3 < \rho < 1600 \text{ kg/m}^3$ :**

Analog zum zweischaligen Mauerwerk mit hoher Rohdichte gilt das zuvor Erwähnte auch für zweischaliges Mauerwerk mittlerer Rohdichte. Die Steine sind jedoch bundesweit ohne Probleme zu beziehen. Der Wandaufbau entspricht dem der Abbildung 25.

**Tabelle 21: Kennwerte Mauerwerkswände mittlere Rohdichte, zweischalig**

Anforderung $R'_{w,R}$ [dB]	berechnet gem. DIN 4109, BB1 [dB]	Aufbau	$m'$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$g$ gem. DIN 1055 [kN/m <sup>2</sup> ]	Tragfähig	Kosten [DM /m <sup>2</sup> ]
42	57	2x10mm Putz D=21,0cm 2x MW d = 2x70mm, $\rho=1400$ kg/m <sup>3</sup> , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 190,4 <u>./.</u> 210,4	0,24 2,10 <u>0,05</u> 2,39	Nein	231,41
52	57	2x10mm Putz D=21,0cm 2x MW d = 2x70mm, $\rho=1400$ kg/m <sup>3</sup> , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 190,4 <u>./.</u> 210,4	0,24 2,10 <u>0,05</u> 2,39	Nein	231,41
53	57	2x10mm Putz D=21,0cm 2x MW d = 2x70mm, $\rho=1400$ kg/m <sup>3</sup> , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 190,4 <u>./.</u> 210,4	0,24 2,10 <u>0,05</u> 2,39	Nein	231,41

55	57	2x10mm Putz D=21,0cm 2x MW d = 2x70mm, $\rho=1400 \text{ kg/m}^3$ , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 190,4 ./. 210,4	0,24 2,10 0,05 2,39	Nein	231,41
56	57	2x10mm Putz D=21,0cm 2x MW d = 2x70mm, $\rho=1400 \text{ kg/m}^3$ , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 190,4 ./. 210,4	0,24 2,10 0,05 2,39	Nein	231,41
59	59	2x10mm Putz D=30,0cm 2x MW d = 2x115mm, $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$ , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 230,0 ./. 250,0	0,24 2,76 0,05 3,05	Ja	190,11

Die zweischaligen Mauerwerkswände erreichen bei einer mittleren Steinrohichte geringe Wanddicken. Die Mindestwanddicken und damit erreichten Schalldämm-Maße sind durch die Dicke der Mauerwerkselemente bei geringster lieferbarer Rohdichte ( $1400 \text{ kg/m}^3$ ) und der Vorgabe  $m' \geq 100 \text{ kg/m}^2$  je Einzelschale bestimmt.

### **Mauerwerk einschalig, niedrige Rohdichte < 1000 kg/m<sup>3</sup>:**

Leichtes einschaliges Mauerwerk mit einer Rohdichte <  $1000 \text{ kg/m}^3$  ist für die Verwendung bei hohen Schallschutzanforderungen technisch nicht geeignet. Es sind deutlich höhere Wanddicken erforderlich als bei Mauerwerkswänden mit einer Rohdichte zwischen  $1000$  und  $1600 \text{ kg/m}^3$ . Die nachfolgende Tabelle zeigt die Bandbreite des erreichbaren Schallschutzes bei üblichen Wandstärken. Keine Wand erreicht Schalldämm-Maße, die die Mindestschallschutzanforderung erfüllen, abgesehen die für eine Treppenraumwand mit Tür. Die Werte sind auf andere Steinarten mit der gleichen Rohdichteklasse zu übertragen.

**Tabelle 22: Luftschalldämm-Maße einschaliger, leichter Massivwände<sup>58)</sup>**

Schalldämm-Maße $R'_w$ in dB von einschaligen Bauteilen aus Porenbeton (ohne Putz oder sonst. Beläge) <sup>1)</sup>												
Bauteil	Produkt	Rohdichte- klasse	Rechen- wert der Rohdichte nach Zul. bzw. DIN [kg/m <sup>3</sup> ]	Bauteildicke d [mm]								
				100	115 125	150	175	200	225	240 250	300	365 375
Wand <sup>2)3)</sup>	Plansteine bewehrte	0,40	350	-	-	-	-	-	-	36	39	41
		0,50	450	33	34	35	36	37	39	39	42	44
	Wand- platten	0,60	550	34	35	36	38	39	41	42	44	47
		0,70	650	35	36	38	40	41	43	44	46	48

<sup>1)</sup> Gültig bei flankierenden Bauteilen mit einer mittleren flächenbezogenen Masse von etwa  $300 \text{ kg/m}^2$ . Weitere Bedingungen für die Gültigkeit der Tabelle siehe DIN 4109 Bbl. 1 Abschnitt 3.1; bei flankierenden Bauteilen mit weniger als  $300 \text{ kg/m}^2$  mittlerer flächenbezogener Masse beachte DIN 4109 Bbl. 1 Abschnitt 3.2

<sup>2)</sup> Schalldämm-Maß  $R'_w$  einschließlich "Porenbeton-Bonus" von 2dB gemäß DIN 4109 Bbl. 1

<sup>3)</sup> Beidseitig angebrachter Putz erhöht Schalldämm-Maß  $R'_w$  um 1 bis 2 dB

<sup>58)</sup> aus Weber, Hullmann [51], S.101

### Mauerwerk, zweischalig, niedrige Rohdichte < 1000 kg/m<sup>3</sup>

Für leichte Mauerwerkswände können im allgemeinen Steine aus Porenbeton, Leichtbeton oder Leichtziegel verwendet werden. Der Wandaufbau entspricht dem der Abbildung 25. Die nachfolgend berechneten Werte für das bewertete Schalldämmmaß sind gemäß DIN 4109 Beiblatt 1 ermittelt. Dabei wurde von einer mittleren flächenbezogenen Masse  $m'_{L,Mittel}$  von etwa 300 kg/m<sup>2</sup> für die flankierenden Bauteile ausgegangen. Der Zuschlag von 2 dB auf  $R'_{w,R}$  für verputzte Wände aus dampfgehärtetem Gasbeton und Leichtbeton mit Blähtonzuschlag mit Steinrohddichten  $\leq 0,8$  kg/dm<sup>3</sup> bei einer flächenbezogenen Masse  $m'_{L,Mittel}$  bis 250 kg/m<sup>2</sup> je Einzelschale wurde berücksichtigt (siehe DIN 4109, Beiblatt 1, Tabelle 1). Last- und Wohnflächenveränderungen werden kostenmäßig erst im Abschnitt 4.1.10 berücksichtigt, hier sind ausschließlich Investitionskosten dargestellt.

**Tabelle 23: Kennwerte Mauerwerkswände niedrige Rohdichte, zweischalig**

Anforderung $R'_{w,R}$ [dB]	berechnet gem. DIN 4109, BB1 [dB]	Aufbau	$m'$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$g$ gem. DIN 1055 [kN/m <sup>2</sup> ]	Tragfähig	Kosten [DM /m <sup>2</sup> ]
42	59	2x10mm Putz D=30,0cm 2x MW d = 2x115mm, $\rho=800$ kg/m <sup>3</sup> , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 188,6 —./. 208,6	0,24 2,30 0,05 2,59	Ja	190,11
52	59	2x10mm Putz D=30,0cm 2x MW d = 2x115mm, $\rho=800$ kg/m <sup>3</sup> , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 188,6 —./. 208,6	0,24 2,30 0,05 2,59	Ja	190,11
53	59	2x10mm Putz D=30,0cm 2x MW d = 2x115mm, $\rho=800$ kg/m <sup>3</sup> , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 188,6 —./. 208,6	0,24 2,30 0,05 2,59	Ja	190,11
55	59	2x10mm Putz D=30,0cm 2x MW d = 2x115mm, $\rho=800$ kg/m <sup>3</sup> , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 188,6 —./. 208,6	0,24 2,30 0,05 2,59	Ja	190,11
56	59	2x10mm Putz D=30,0cm 2x MW d = 2x115mm, $\rho=800$ kg/m <sup>3</sup> , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 188,6 —./. 208,6	0,24 2,30 0,05 2,59	Ja	190,11
59	59	2x10mm Putz D=30,0cm 2x MW d = 2x115mm, $\rho=800$ kg/m <sup>3</sup> , Normalmörtel 50 mm Dämmung Mineralwolle	20,0 188,6 —./. 208,6	0,24 2,30 0,05 2,59	Ja	190,11

Für bewertete Schalldämm-Maße unter 59 dB sind zweischalige Mauerwerkswände mit Rohddichten < 1000 kg/m<sup>3</sup> aufgrund der großen Wanddicken nicht geeignet. Diese werden durch die Vorgabe bestimmt, daß  $m'$  mindestens 100 kg/m<sup>2</sup> je Einzelschale betragen muß.

#### 4.1.8 Vorsatzschalen

Biegeweiche Vorsatzschalen werden in Kombination mit einschaligen biegesteifen Massivwänden eingesetzt, um den Luftschallschutz bei einer annehmbaren Wandstärke zu verbessern. Das Verbesserungsmaß der biegeweichen Vorsatzschale nimmt mit Zunahme der



flächenbezogenen Masse der Massivwand ab. Bei leichten Massivwänden mit einer flächenbezogenen Masse von  $m' = 100 \text{ kg/m}^2$  kann mit den in Tabelle 7 der DIN 4109 Beiblatt 1 dargestellten biegeweichen Vorsatzschalen das Schalldämm-Maß um 13 dB erheblich angehoben werden, bei schwereren Wänden mit  $m' = 500 \text{ kg/m}^2$  erfolgt lediglich eine Verbesserung um 3 dB (siehe Tabelle 24). Neben der flächenbezogenen Masse der Massivwand sind die Art der Vorsatzschale und die flankierenden Bauteile für das Maß der Luftschallschutzverbesserung verantwortlich. Biegeweiche Vorsatzschalen, also einseitig beplankte Ständerwerkswände, eignen sich sehr gut für eine nachträgliche Luftschallschutzverbesserung und werden deshalb bei Altbausanierungen und nachträglichen Verbesserungsmaßnahmen bei Schallschutzmängeln in Neubauten eingesetzt.

**Tabelle 24: Luftschallschutzverbesserung durch biegeweiche Vorsatzschalen**

<b>Verbesserung von <math>R'_{w,R}</math> durch eine biegeweiche Vorsatzschale gemäß Tab. 7 Beiblatt 1 DIN 4109, in Verbindung mit einer biegesteifen Massivwand</b>		
<b>Flächenbezogene Masse der Massivwand [kg/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Verbesserung durch die Vorsatzschale<sup>*)</sup> [dB]</b>	<b>Luftschalldämm-Maß von Massivwand und Vorsatzschale [dB]</b>
100	13 (12)	49 (48)
150	8 (7)	49 (48)
200	6 (5)	50 (49)
250	5 (4)	52 (51)
275	5 (4)	53 (52)
300	5 (4)	54 (53)
350	4 (3)	55 (54)
400	4 (3)	56 (55)
450	3 (2)	57 (56)
500	3 (2)	58 (57)
550	3 (2)	59 (58)
600	3 (2)	60 (59)

Klammerwerte gelten für Ausführungen nach Zeile 5 und 6 Tabelle 7 DIN 4109 Beiblatt 1<sup>\*)</sup> gemäß Tabelle 8, DIN 4109 Beiblatt 1 [18], bzw. Sälzer [5], Tabelle XI

Schallschutztechnisch bietet die Vorsatzschale einen weiteren Vorteil dadurch, daß Leitungen innerhalb der Vorsatzschale verlegt werden können und eine Schwächung der Wand durch Schlitzte entfällt. Gegenüber der beidseitig beplankten Ständerwerkswand suggeriert sie dem Bewohner eine Massivbauweise auf einer Seite. Schallschutztechnisch ist es nicht relevant, welche Seite der Wand dem lauten Raum zugewandt wird, die Wahl muß aufgrund der Nutzung (z.B. durch Installationen) oder der Erfordernis bei flankierenden Bauteilen erfolgen. Die

biegeweiche Vorsatzschale eignet sich auch zur Vorfertigung (siehe Abschnitt 3.3.7), die die Wirtschaftlichkeit erhöht.

Um die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Ausführungsarten von biegeweichen Vorsatzschalen vergleichen zu können, ist neben den Kosten für die Erstellung der Vorsatzschale der Wohnflächenunterschied zu berücksichtigen, der durch die verschiedenen Ausführungen bedingt ist. Wie auch bei anderen Bauteilen werden hierfür 3000 DM/m<sup>2</sup> Wohnfläche angesetzt. Direkt an der Massivwand befestigte Vorsatzschalen erfordern einen um 1dB höheren Schallschutz der Massivwand, um gleiche Schalldämm-Maße, wie freistehende Vorsatzschalen zu erreichen.

Aus dem Kostenvergleich (siehe Tabelle 25) ergibt sich die Ausführung gemäß Zeile 2 bzw. Zeile 6 als die wirtschaftlichste Lösung für eine biegeweiche Vorsatzschale.

**Tabelle 25: Vergleich verschiedener biegeweicher Vorsatzschalen**

<b>Vergleich verschiedener Vorsatzschalen-Systeme gemäß Tabelle 7 DIN 4109 Beiblatt 1</b>		
<b>Ausführung gemäß Zeile Tab. 7 DIN 4109 BB1</b>	<b>Dicke der Vorsatzschale</b>	<b>Kostendifferenz<sup>*)</sup> je m<sup>2</sup> Vorsatzschale bei h= 2,60 m</b>
1)	11,5 cm	Vorsatzschale: 70,59 DM/m <sup>2</sup> Wohnflächenverlußt für 4,5 cm Wanddicke: 53,08 DM/m <sup>2</sup> <b>Gesamtkosten der Vorsatzschale: 123,67 DM/m<sup>2</sup></b>
2)	9,9 cm	Vorsatzschale: 56,08 DM/m <sup>2</sup> Wohnflächenverlußt für 3,0 cm Wanddicke: 34,62 DM/m <sup>2</sup> <b>Gesamtkosten der Vorsatzschale: 90,70 DM/m<sup>2</sup></b>
3)	8,0 cm	Vorsatzschale: 97,84 DM/m <sup>2</sup> Wohnflächenverlußt für 1,1 cm Wanddicke: 12,69 DM/m <sup>2</sup> <b>Gesamtkosten der Vorsatzschale: 110,53 DM/m<sup>2</sup></b>
4)	6,9 cm	Vorsatzschale: 91,44 DM/m <sup>2</sup> Wohnflächenverlußt entfällt da Vergleichswand <b>Gesamtkosten der Vorsatzschale: 91,44 DM/m<sup>2</sup></b>
5)	9,5 cm	Vorsatzschale: 70,59 DM/m <sup>2</sup> Wohnflächenverlußt für 2,6 cm Wanddicke: 30,00 DM/m <sup>2</sup> Schwerere Massivwand <sup>1)</sup> für R' <sub>w</sub> ,R = 49dB: 76,87 DM/m <sup>2</sup> Schwerere Massivwand <sup>1)</sup> für R' <sub>w</sub> ,R = 50dB: 23,91 DM/m <sup>2</sup> Schwerere Massivwand <sup>1)</sup> für R' <sub>w</sub> ,R = 52/ 53dB: 15,94 DM/m <sup>2</sup> Schwerere Massivwand <sup>1)</sup> für R' <sub>w</sub> ,R = 55dB: 55,79 DM/m <sup>2</sup> Schwerere Massivwand <sup>1)</sup> für R' <sub>w</sub> ,R = 56dB: 108,74 DM/m <sup>2</sup> Schwerere Massivwand <sup>1)</sup> für R' <sub>w</sub> ,R = 59dB: 87,77 DM/m <sup>2</sup> <b>Gesamtkosten der Vorsatzschale R'<sub>w</sub>,R = 49dB: 177,46 DM/m<sup>2</sup></b> <b>Gesamtkosten der Vorsatzschale R'<sub>w</sub>,R = 50dB: 124,50 DM/m<sup>2</sup></b> <b>Gesamtkosten der Vorsatzschale R'<sub>w</sub>,R = 52/ 53dB: 116,53 DM/m<sup>2</sup></b> <b>Gesamtkosten der Vorsatzschale R'<sub>w</sub>,R = 55dB: 156,38 DM/m<sup>2</sup></b> <b>Gesamtkosten der Vorsatzschale R'<sub>w</sub>,R = 56dB: 209,33 DM/m<sup>2</sup></b> <b>Gesamtkosten der Vorsatzschale R'<sub>w</sub>,R = 59dB: 188,36 DM/m<sup>2</sup></b>

6)	7,9 cm	Vorsatzschale: Wohnflächenverlußt für 2,6 cm Wanddicke: Schwerere Massivwand <sup>1)</sup> für R'w,R = 49dB: Schwerere Massivwand <sup>1)</sup> für R'w,R = 50dB: Schwerere Massivwand <sup>1)</sup> für R'w,R = 52/ 53dB: Schwerere Massivwand <sup>1)</sup> für R'w,R = 55dB: Schwerere Massivwand <sup>1)</sup> für R'w,R = 56dB: Schwerere Massivwand <sup>1)</sup> für R'w,R = 59dB: <b>Gesamtkosten der Vorsatzschale R'w,R = 49dB:</b> <b>Gesamtkosten der Vorsatzschale R'w,R = 50dB:</b> <b>Gesamtkosten der Vorsatzschale R'w,R = 52/ 53dB:</b> <b>Gesamtkosten der Vorsatzschale R'w,R = 53dB:</b> <b>Gesamtkosten der Vorsatzschale R'w,R = 55dB:</b> <b>Gesamtkosten der Vorsatzschale R'w,R = 56dB:</b> <b>Gesamtkosten der Vorsatzschale R'w,R = 59dB:</b>	56,08 DM/m <sup>2</sup> 11,54 DM/m <sup>2</sup> 76,87 DM/m <sup>2</sup> 23,91 DM/m <sup>2</sup> 15,94 DM/m <sup>2</sup> 55,79 DM/m <sup>2</sup> 108,74 DM/m <sup>2</sup> 87,77 DM/m <sup>2</sup> <b>144,49 DM/m<sup>2</sup></b> <b>91,53 DM/m<sup>2</sup></b> <b>83,56 DM/m<sup>2</sup></b> <b>83,56 DM/m<sup>2</sup></b> <b>123,41 DM/m<sup>2</sup></b> <b>176,36 DM/m<sup>2</sup></b> <b>155,39 DM/m<sup>2</sup></b>
<sup>*)</sup> 1 m <sup>2</sup> Wfl. wird mit 3000,- DM angesetzt. Das für die Ausführungen nach Zeile 5 und 6 um 1 dB schlechtere Werte für das Luftschalldämm-Maß wurde entsprechend durch ein höheres flächenbezogenes Gewicht der Massivwand berücksichtigt. <sup>1)</sup> in folge des um 1dB schlechteren Luftschalldämm-Maßes gegenüber den Vorsatzschalen nach den Zeilen 1 bis 4			

### Biegesteife Massivwand mit biegeweicher Vorsatzschale:

Für den Kostenvergleich wird die wirtschaftlichste biegeweiche Vorsatzschale aus Tabelle 28 in Kombination mit der wirtschaftlichsten biegesteifen Massivwand gemäß Abschnitt 4.1 betrachtet. Bei der Verwendung einer anderen Massivwand oder Vorsatzschale sind die entsprechenden Differenzkosten zu berücksichtigen. Tabelle 26 zeigt die Kennwerte der Wände bei verschiedenen Schallschutzanforderungen. Die Kosten berücksichtigen nicht die Laständerungen und den Wohnflächenunterschied. Der Vergleich zu anderen Wandarten erfolgt im Abschnitt 4.1.10 . Die Kostenermittlung erfolgt analog dem Beispiel auf Seite 70.

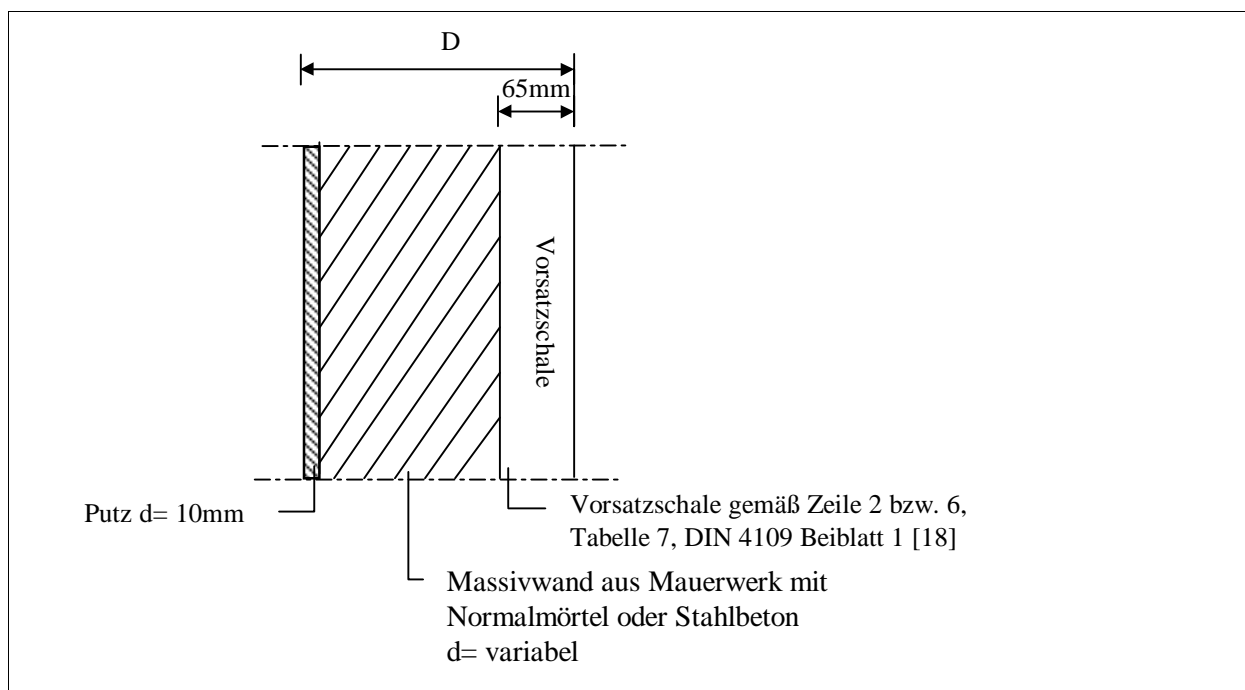


Abbildung 26: Aufbau biegesteife Wand mit biegeweicher Vorsatzschale

**Tabelle 26: Kennwerte Massivwände mit biegeweicher Vorsatzschale**

Anforderung $R'_{w,R}$ [dB]	Berechnet gem. DIN 4109, BB1 [dB] <sup>*)</sup>	Aufbau	g gem. DIN 1055 [kN/m <sup>2</sup> ]	Tragfähig	Kosten [DM /m <sup>2</sup> ]
42	49	10mm Putz D= 14,9cm Stahlbeton-Fertigteil d = 40 mm $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$ Vorsatzschale Typ Zeile 2	1,47	Nein	154,87
42	50	10mm Putz D= 18,9cm Stahlbeton-Fertigteil d = 80 mm $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$ Vorsatzschale Typ Zeile 2	2,47	Ja	177,70
52	52	10mm Putz D= 20,4cm Stahlbeton-Fertigteil d = 115 mm $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$ Vorsatzschale Typ Zeile 6	3,35	Ja	193,22
53	53	10mm Putz D= 21,4cm Stahlbeton-Fertigteil d = 125 mm $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$ Vorsatzschale Typ Zeile 6	3,60	Ja	197,64
55	55	10mm Putz D= 24,4cm Stahlbeton-Fertigteil d = 135 mm $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$ Vorsatzschale Typ Zeile 2	3,85	Ja	202,04
56	56	10mm Putz D= 28,4cm Mauerwerk d = 175 mm $\rho = 2200 \text{ kg/m}^3$ Vorsatzschale Typ Zeile 2	4,85	Ja	174,93
59	59	10mm Putz D= 34,9cm Mauerwerk d = 240 mm $\rho = 2200 \text{ kg/m}^3$ Vorsatzschale Typ Zeile 2	5,75	Ja	200,69
*) mittlere flächenbezogene Masse von etwa 300 kg/m <sup>2</sup> vorausgesetzt					

#### 4.1.9 Leichte nichttragende Trennwände

Gemäß den Lastannahmen im Hochbau, die in der DIN 1055 Teil 3 [24] geregelt sind, dürfen unbelastete leichte Trennwände ein Eigengewicht von maximal 150 kg/m<sup>2</sup> einschließlich Putz aufweisen, um mit einem Leichtwandzuschlag  $\Delta\rho$  zur Verkehrslast statisch vereinfacht berücksichtigt zu werden. Dies bietet neben den Vereinfachungen in der statischen Berechnung den Vorteil, daß eine Umplanung z.B. durch den Käufer möglich wird, ohne die Statik überarbeiten zu müssen. Ein eventuelles nachträgliches Umsetzen solcher Wände, bei einer späteren Umgestaltung der Wohnung wird ebenfalls möglich. Die Abbildung 27 zeigt die Reihenfolge auf, die bei der Bauteilbemessung zweckmäßiger Weise angewendet werden sollte. Verschiedene Baustoffe können für diese Wände verwendet werden, folgende Wandtypen werden nachfolgend näher betrachtet:

- Biegesteife einschalige Massivwand
- Biegesteife einschalige Massivwand mit einer biegeweichen Vorsatzschale
- Zweischalige biegeweiche Ständerwand (Montagewand)

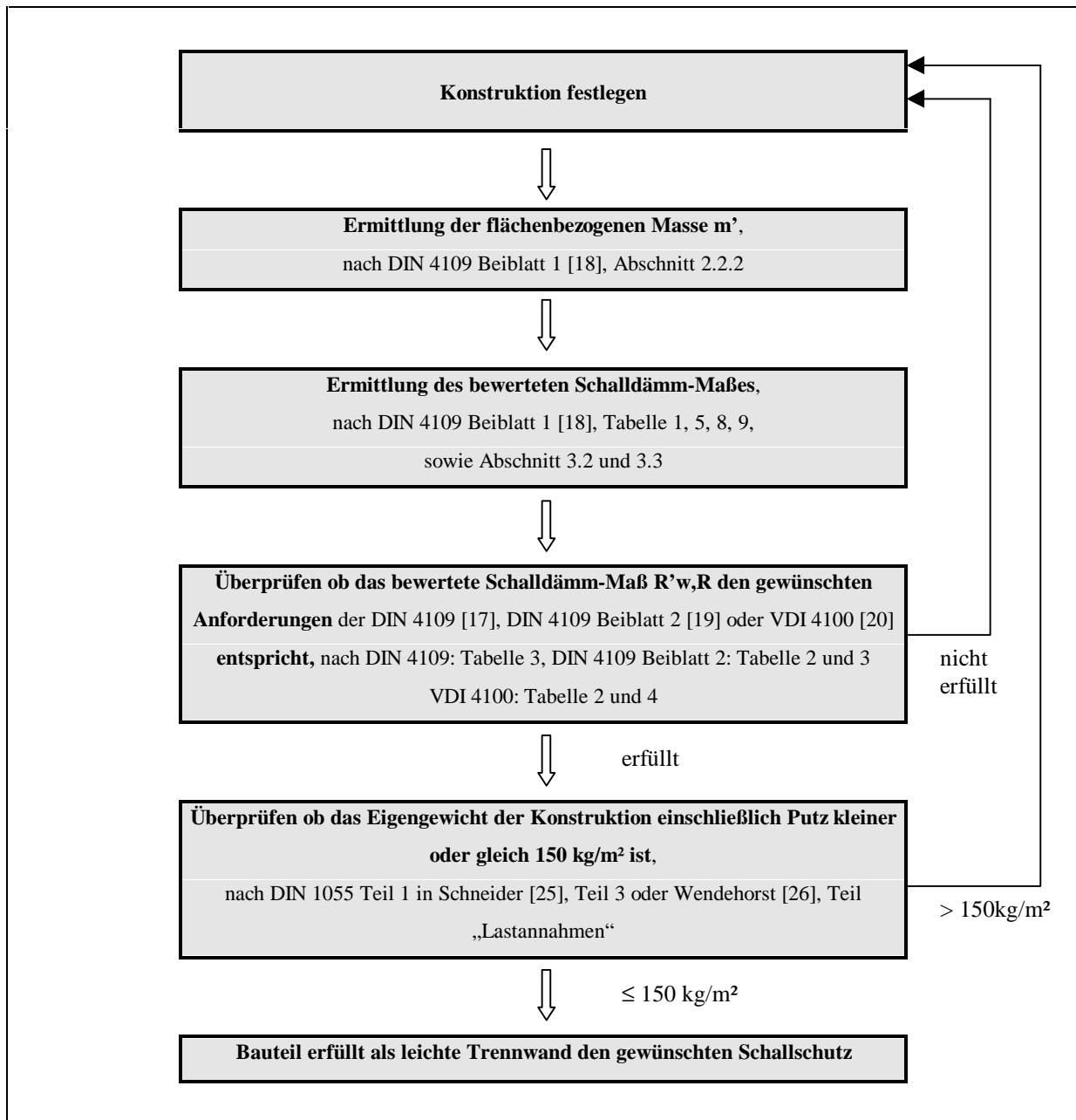


Abbildung 27: Bauteilüberprüfung bzgl. Behandlung als leichte Trennwand gemäß DIN 1053

#### 4.1.9.1 Massivwände

Durch das geringe Gewicht von maximal  $150 \text{ kg/m}^2$  bedingt, gibt es keine große Variationsmöglichkeit bei Rohdichte und Wandbreite. Es empfiehlt sich eine dünne Wand mit

einer relativ hohen Dichte einzusetzen, um über den erzielten Wohnraumgewinn kostengünstig den Schallschutz zu erreichen. Aufgrund der sehr geringen Wanddicke (bis zu 5cm dünn), eignen sich diese Wände nicht für die Unterputzinstallation von Leitungen, da neben der statischen Schwächung auch eine schallschutztechnische Schwächung der Wand eintritt. Die Schlitzgrößen und Anordnungen sind in DIN 1053 Teil 1 Abschnitt 8.3 geregelt, jedoch sind die Angaben dort nur sehr kurz ausgeführt. Auf nichttragende Wände, die eine Dicke von weniger als 11,5cm aufweisen, wird nicht näher eingegangen, obwohl gerade hier ein Aufklärungsbedarf besteht. Wie sich bei Baustellenbegehungen gezeigt hat, werden nicht selten 7 cm dicke Mauerwerkswände bis zu 4,5 cm eingeschlitzt, um Leitungen zu verlegen.

Gemäß Tabelle 1, DIN 4109 Beiblatt 1 [18] beträgt das bewertete Schalldämm-Maß für biegesteife Wände mit einem Gewicht von  $150 \text{ kg/m}^2$ <sup>59</sup> 42dB, bzw. 43 dB für Wände aus Leichtbeton mit Blähtonzuschlag und einer Rohdichte von weniger als  $800 \text{ kg/m}^3$ ,  $m'_{L,Mittel}$  von etwa  $300 \text{ kg/m}^2$  vorausgesetzt. Durch den geringen Luftschallschutz solcher Wände sind die Einsatzmöglichkeiten begrenzt, so daß lediglich die Anforderungen, die die DIN 4109 an eine Treppenraumwand mit Türöffnung stellt, erfüllt werden. Für wohnungsabschließende Innenwände kann die leichte Massivwand sonst nicht eingesetzt werden, auch nicht bei der Verwendung günstig beeinflussender flankierender Bauteile. Zweischalige leichte Massivwände sind nicht realisierbar, da die Forderung  $m' \geq 100 \text{ kg/m}^2$  je Einzelschale in Verbindung mit der Forderung  $\max g = 150 \text{ kg/m}^2$  nicht eingehalten wird.

Schallschutztechnische Probleme entstehen außerdem, wenn diese leichten Massivwände als flankierende Bauteile berücksichtigt werden müssen. Durch die geringe Masse ist ein hoher Korrekturwert für  $KL_{L,1}$  anzusetzen und das Luftschalldämm-Maß des trennenden Bauteils wird stark herabgesetzt. Betrachtungen mit genaueren Berechnungsverfahren unter Berücksichtigung der Schalllängsleitung entsprechend leichter flankierenden Bauteile schränken den Einsatz leichter Wände drastisch ein, die Berechnung nach dem Massivbauverfahren der DIN 4109 Beiblatt 1 sind großzügiger.

Soll eine nichttragende Innenwand zur Ausführung kommen ohne das trennende Bauteil negativ zu beeinflussen, so besteht die Möglichkeit die Schall-Längsleitung zu unterbinden. Die Abbildung 28 zeigt eine entsprechende nichttragende Wand, die umlaufend mit Akustiklagern

aus Gummi von den angrenzenden Bauteilen schallschutztechnisch entkoppelt ist. Durch die aufwendige Verdübelung entstehen die Kostenunterschiede im Vergleich zu einer konventionell, ohne Unterbindung der Schall-Längsleitung ausgeführten nichttragenden Massivwand. Die Tabelle 27 zeigt einen Kostenvergleich zwischen verschiedenen schallschutztechnisch vergleichbaren Wänden auf.

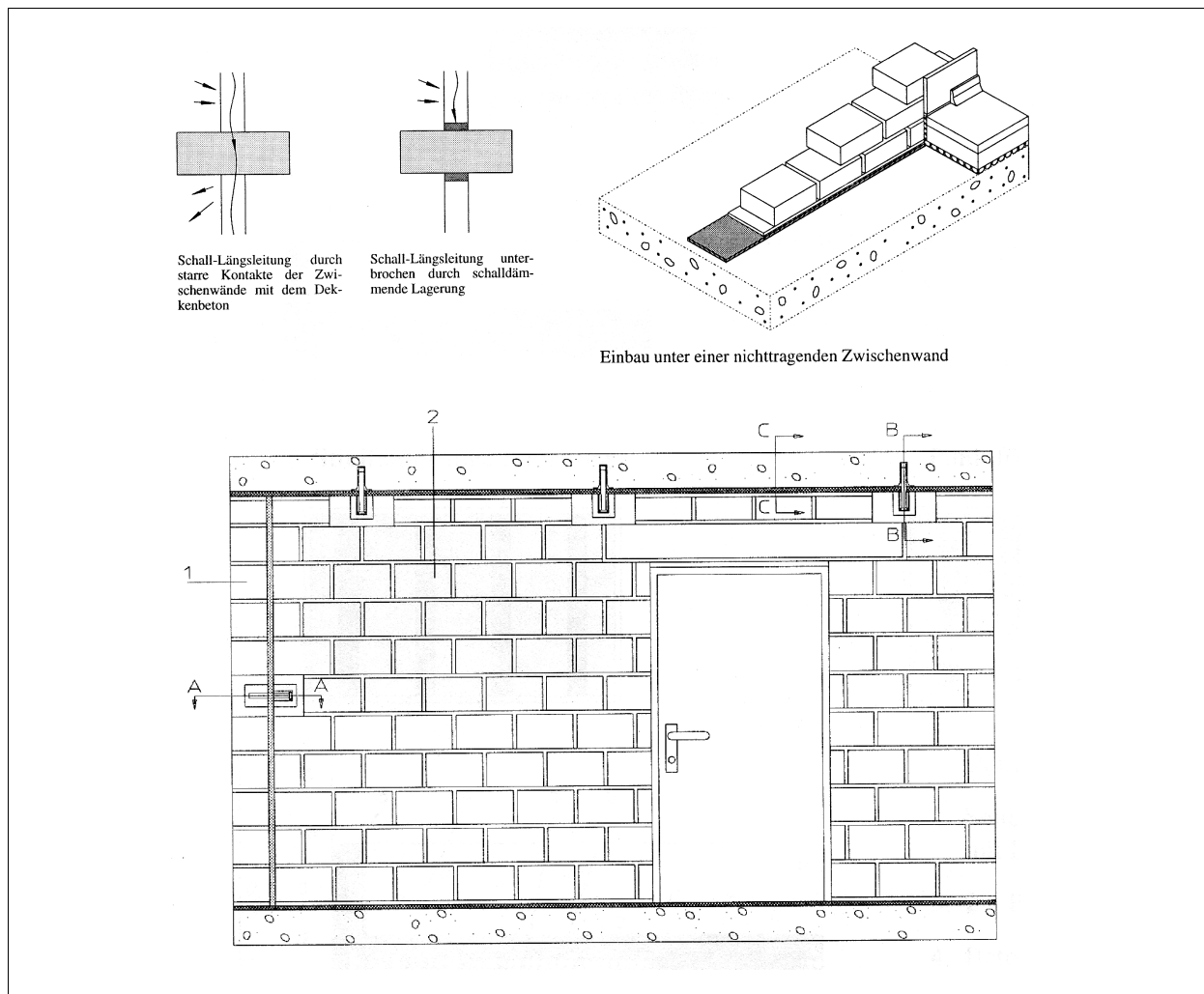


Abbildung 28: Entkopplung von nichttragenden Massivwänden<sup>60</sup>

<sup>59</sup>  $g = 150 \text{ kg/m}^2$  gem. DIN 1055 daraus folgt eine flächenbezogene Masse  $m'$  zwischen  $138$  und  $154 \text{ kg/m}^2$  in Abhängigkeit von Rohdichte und Art des verwendeten Baustoffs

<sup>60</sup> aus [81]

**Tabelle 27: Kostenvergleich entkoppelte nichttragende Innenwände**

<b>Kostenvergleich Massivwand mit Unterbindung der Schall-Längsleitung zu konventionellen Lösungen</b>			
<b>Leichte nichttragende Mauerwerkwand, Schall-Längsleitung unterbunden</b>	<b>Leichte Mauerwerkwand konventionell, Schall-Längsleitung nicht unterbunden</b>	<b>Mauerwerkwand konventionell mit etwa <math>m' = 300 \text{ kg/m}^2</math>, Schall-Längsleitung nicht unterbunden</b>	<b>Biegeweiche, nichttragende Ständerwerkwand</b>
Kosten für die Wand Mauerwerk $d = 11,5 \text{ cm}$ Rohdichteklasse 0,9, 2 x 10mm Kalkgipsputz, $m' = 125 \text{ kg/m}^2$ , $g = 1,50 \text{ kN/m}^2$ , 117,00 DM/m <sup>2</sup> einschl. Anschluß an angrenzende Wände	Kosten für die Wand Mauerwerk $d = 11,5 \text{ cm}$ Rohdichteklasse 0,9, 2 x 10mm Kalkgipsputz, $m' = 125 \text{ kg/m}^2$ , $g = 1,50 \text{ kN/m}^2$ , 117,00 DM/m <sup>2</sup> einschl. Anschluß an angrenzende Wände	Kosten für die Wand Mauerwerk $d = 17,5 \text{ cm}$ Rohdichteklasse 1,8, 2 x 10mm Kalkgipsputz, $m' = 321 \text{ kg/m}^2$ , $g = 3,39 \text{ kN/m}^2$ , 141,00 DM/m <sup>2</sup> einschl. Anschluß an angrenzende Wände	Metallständerwerkwand $d = 7,5 \text{ cm}$ beidseitig mit 1 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 2 x 4mm Dünnputz, $g = 0,35 \text{ kN/m}^2$ , 78,84 DM/m <sup>2</sup> einschl. Anschluß an angrenzende Wände
Sicherungsdübel gegen Stoßbelastung Anschluß an andere Wände 0,2 Stck/m <sup>2</sup> , 55,00 DM Stck als Zulage 0,2 Stck/m <sup>2</sup> x 55,00 DM/Stck = 11,00 DM/m <sup>2</sup>	entfällt	entfällt	entfällt
Sicherungsdübel gegen Stoßbelastung Anschluß an die Decke 0,3 Stck/m <sup>2</sup> , 55,00 DM Stck als Zulage 0,3 Stck/m <sup>2</sup> x 55,00 DM/Stck = 16,50 DM/m <sup>2</sup>	entfällt	entfällt	entfällt
Akustiklager Boden 0,4m/m <sup>2</sup> , 6,90 DM/Stck als Zulage 0,4m/m <sup>2</sup> x 6,90DM/m = 2,76 DM/m <sup>2</sup>	entfällt	entfällt	entfällt
Akustiklager Decke 0,4m/m <sup>2</sup> 6,90 DM/Stck als Zulage 0,4m/m <sup>2</sup> x 6,90DM/m = 2,76 DM/m <sup>2</sup>	entfällt	entfällt	entfällt
Akustiklager Wand 0,5m/m <sup>2</sup> 6,90 DM/Stck als Zulage 0,5m/m <sup>2</sup> x 6,90DM/m = 3,45 DM/m <sup>2</sup>	entfällt	entfällt	entfällt
Wohnflächenanteil: 1,00m x 0,135 m x 3000,00 DM/m <sup>2</sup> / 2,60 m <sup>2</sup> = 155,77 DM/m <sup>2</sup>	Wohnflächenanteil: 1,00m x 0,135 m x 3000,00 DM/m <sup>2</sup> / 2,60 m <sup>2</sup> = 155,77 DM/m <sup>2</sup>	Wohnflächenanteil: 1,00m x 0,195 m x 3000,00 DM/m <sup>2</sup> / 2,60 m <sup>2</sup> = 225,00 DM/m <sup>2</sup>	Wohnflächenanteil: 1,00m x 0,083 m x 3000,00 DM/m <sup>2</sup> / 2,60 m <sup>2</sup> = 95,77 DM/m <sup>2</sup>
<b>Summe:</b> 309,24 DM/m <sup>2</sup> 177,1 %	<b>Summe:</b> 272,77 DM/m <sup>2</sup> 156,2 %	<b>Summe:</b> 366,00 DM/m <sup>2</sup> 209,6 %	<b>Summe:</b> 174,61 DM/m <sup>2</sup> 100,0 %
<b>Anmerkung:</b> Kosten und Mengen beziehen sich auf eine Wand von 4,00m Länge und 2,60m Höhe			



#### 4.1.9.2 Massivwände mit Vorsatzschale

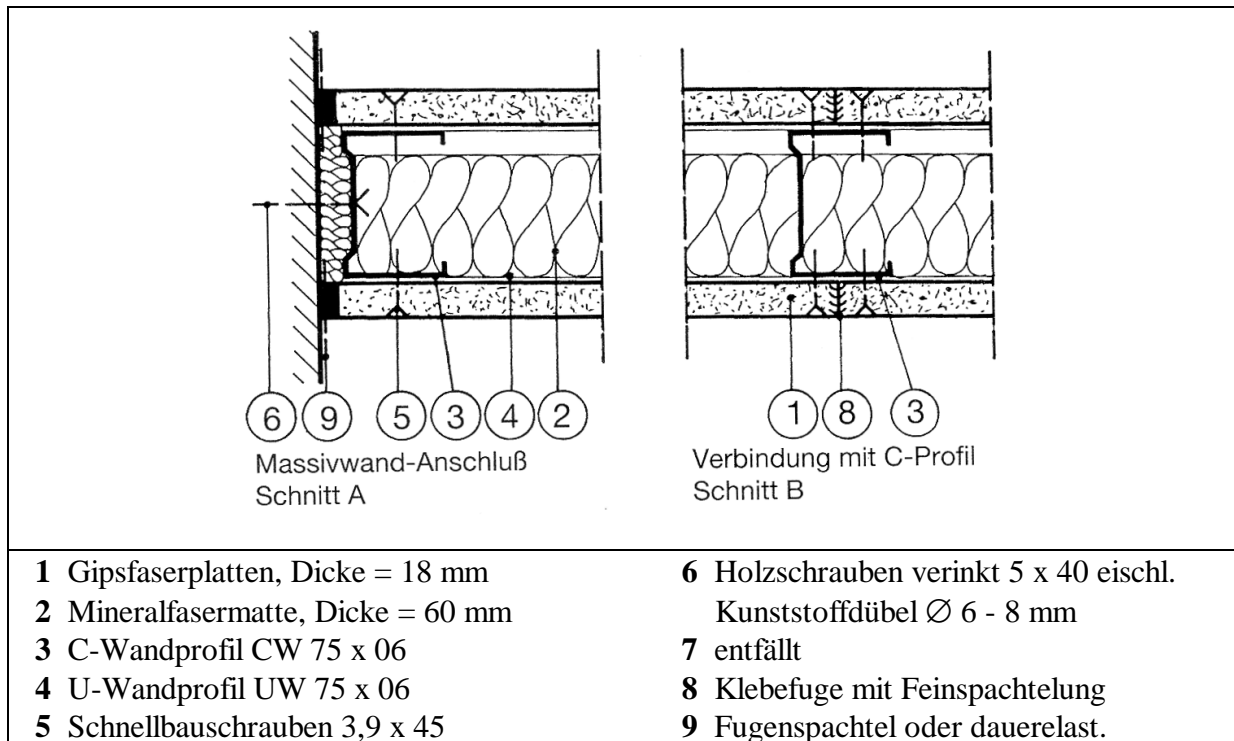
Es gilt das in Abschnitt 4.1.8 Gesagte über biegeweiche Vorsatzschalen. Bei einer Massivwand mit einer flächenbezogenen Masse von  $m' = 95 \text{ kg/m}^2$  bzw. einem Gewicht von  $g = 100 \text{ kg/m}^2$  läßt sich in Verbindung mit einer biegeweichen Vorsatzschale gemäß DIN 4109 Beiblatt 1, Tabelle 7 ein bewertetes Schalldämm-Maß von 49 dB erreichen.<sup>61</sup> Damit erfüllt eine solche Wand ebenfalls lediglich die Anforderungen, die die DIN 4109 an eine Treppenraumwand mit Türöffnung stellt. Innerhalb einer Wohnung erfüllt diese Wand mit einer Dicke von 12,9 cm sogar die Empfehlungen der SSt III für Wände zwischen „lauten“ und „leisen“ Räumen. Eine schallschutztechnisch vergleichbare Massivwand ohne Vorsatzschale benötigt bei einer Rohdichteklasse von 2,2 eine Dicke von 14,2 cm bei einer flächenbezogenen Masse von  $m' = 295 \text{ kg/m}^2$  und einem Gewicht von  $g = 312 \text{ kg/m}^2$ . Werden flankierende Bauteile mit einer mittleren flächenbezogenen Masse von  $400 \text{ kg/m}^2$  verwendet, sowie an drei Kanten des trennenden Bauteils mit biegeweichen Vorsatzschalen versehen, so ist durch die Korrekturfaktoren  $K_{L,1} = + 2 \text{ dB}$  und  $K_{L,2} = + 6 \text{ dB}$  ein maximaler Wert von  $R'_{w,R} = 57 \text{ dB}$  rechnerisch möglich. Für den Einsatz als flankierendes Bauteil eignet sich dieser Wandtyp, wenn nur die Seite mit der biegeweichen Vorsatzschale berücksichtigt werden muß, da eine Flankenübertragung entfällt.

#### 4.1.9.3 Ständerwände (Montagewände):

Die vom Gewicht leichteste aber schallschutztechnisch effektivste Ausführung einer leichten Trennwand ist die beidseitig beplankte (Metall)Ständerwand, die bauakustisch eine zweischalige Wand aus zwei biegeweichen Schalen darstellt. Die nachfolgend abgebildete Wand mit  $R'_{w,R} = 52 \text{ dB}$  erfüllt die Anforderung, die die DIN 4109 an Treppenraumwände ohne Türöffnung stellt bei einem Eigengewicht von etwa  $50 \text{ kg/m}^2$ .<sup>62</sup> Aufgrund der hohen Schall-Längsdämmung wirkt sich der Einsatz solcher Wände als flankierendes Bauteil positiv auf die Luftschalldämmung des trennenden Bauteils aus, da sie rechnerisch nicht berücksichtigt werden müssen.

<sup>61</sup> Flankierende Bauteile müssen ein  $m'_{L,Mittel}$  von etwa  $300 \text{ kg/m}^2$  aufweisen.

<sup>62</sup> Flankierende Bauteile müssen ein  $m'_{L,Mittel}$  von etwa  $300 \text{ kg/m}^2$  aufweisen.

Abbildung 29: Ständerwerkwand<sup>63</sup>

Diese Wände eignen sich besonders für das Verlegen von Elektroleitungen im Wandinneren, ohne den Schallschutz negativ zu beeinflussen. Zugehörige Elektrosteckdosen können bei entsprechender rückseitiger Dämmung eingesetzt werden, ebenfalls ohne den Luftschallschutz zu verschlechtern.

Wasser- und Abwasserleitungen lassen sich ebenfalls in der Metallständerwerkwand verlegen, jedoch verschlechtert sich die Luftschalldämmung der Wand i.a. erheblich und entspricht nicht mehr den Herstellerangaben.<sup>64</sup>

Die Kosten für die in Tabelle 28 aufgelisteten Ständerwerkwände sind reine Investitionskosten ohne die Berücksichtigung von Last- und Wohnflächenunterschieden. Sie sind im Vergleich mit anderen Wänden im Abschnitt 4.1.10 entsprechend berücksichtigt. Eine Vorfertigung solcher Wandelemente ist zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit möglich (siehe Abschnitt 3.3.6).

<sup>63</sup> Fa. Fels-Werke GmbH, Datenblatt [33]

**Tabelle 28: Kennwerte Ständerwerkwände**

Anforderung $R'_{w,R}$ [dB]	erreichter Wert für $R'_{w,R}$ [dB] <sup>*)</sup>	Aufbau	g gem. DIN 1055 [kN/m <sup>2</sup> ]	Tragfähig	Kosten [DM /m <sup>2</sup> ]
42	45	Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 1 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 40mm Mineralfaserdämmstoff D = 83mm	0,35	Nein	78,84
52	53	Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 2 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 80mm Mineralfaserdämmstoff D = 158mm	0,50	Nein	122,92
53	53	Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 2 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 80mm Mineralfaserdämmstoff D = 158mm	0,50	Nein	122,92
55	55	Doppelte Metallständertrag- konstruktion beidseitig mit je 2 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 80mm Mineralfaser- dämmstoff D = 263mm	0,50	Nein	138,99
56	56	Doppelte Metallständertrag- konstruktion beidseitig mit je 2 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 80mm Mineralfaser- dämmstoff in Verbindung mit einem schwimmenden Estrich für den flankierenden Boden D = 263mm	0,50	Nein	138,99
59	59	Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 2 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 80 mm Mineralfaserdämmstoff in Verbindung mit flankierenden Bauteilen, die ein $KL,2 = +6dB$ ergeben D = 158mm	0,50	Nein	122,92
59	61	Doppelte Metallständertrag- konstruktion beidseitig mit je 2 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 80mm Mineralfaser- dämmstoff in Verbindung mit flankierenden Bauteilen, die ein $KL,2 = +6dB$ ergeben D = 263mm	0,50	Nein	138,99

\*) mittlere flächenbezogene Masse von etwa 300 kg/m<sup>2</sup> vorausgesetzt

<sup>64</sup> vgl. Wellpott in [73], S. 16

#### 4.1.10 Kostenvergleich Wände

Für den Kostenvergleich werden die Kosten verschiedener Wandtypen mit und ohne Berücksichtigung von Wohnflächenunterschieden, sowie Mehr- oder Minderlasten einander gegenübergestellt. Neben den zuvor betrachteten Massivwänden werden auch Wände aus dem Ausbaubereich betrachtet. Die Kosten für den Wohnflächenbedarf ergeben sich aus dem Wandquerschnitt und einem Verkaufspreis von 3000 DM/m<sup>2</sup> Wohnfläche (siehe Abschnitt 4.1.3). So benötigt eine 17,5 cm dicke Mauerwerkswand mit 2 x 10mm Putz und einer Höhe von 2,60m einen Anteil von  $(0,175\text{m} + 2 \times 0,01\text{m}) \times 1,00\text{m} / 2,60\text{m}^2 = 0,075 \text{ m}^2$  Wohnfläche je m<sup>2</sup> Wandfläche. Bei 3000 DM/m<sup>2</sup> Wohnfläche sind dieses 225 DM/m<sup>2</sup> Wandfläche. Diese Kosten sind zwar nicht direkt vom Bauherrn aufzuwenden, jedoch sind damit die Mindereinnahmen im Verkauf beschrieben.

Für die Eigenlast der Wände werden gemäß Abschnitt 4.1.2 Fundamentkosten in Höhe von 9,48 DM je 10 kN berücksichtigt.

Die im Anhang C abgelegten Abbildungen zeigen:

- C1 die Kostengegenüberstellung verschiedener Wände bei gegebenen Schalldämm-Maßen
- C2 die Kosten innerhalb verschiedener Ausführungsarten über den Verlauf des Schalldämm-Maßes
- C3 den Kostenvergleich aller Wände unabhängig von der Ausführungsart und dem Schalldämm-Maß im Vergleich zur Wand mit den niedrigsten Kosten
- C4 bis C15 die Ergebnisse aus dem Kostenvergleich in grafischer Darstellung. In Bezug auf die Abhängigkeit der einzelnen Schalldämm-Maße, sowie der Eignung als tragende Wand können starke Schwankungen bei den reinen Investitionskosten vor allem aber bei den Kosten unter Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung festgestellt werden
- C16 bis C26 in grafischer Darstellung, welche Investitionskosten sich bei einer gegebenen Ausführungsart über den Verlauf des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R'_{w,R}$  von 42 bis 59 dB ergeben. Die Kosten bzw. der nicht realisierbare Erlös durch Beanspruchung von Wohnfläche durch die Wände wird ebenfalls ausgewiesen.

Es lassen sich folgende wesentliche Ergebnisse ableiten:

- Die Investitionskosten allein erlauben keine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, da die Kosten bzw. entfallenden Einnahmen durch die Wohnflächenveränderungen erheblich sein können.
- Die Differenz zwischen den Investitionskosten mit und ohne Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung nimmt bei Steigerung des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R'_{w,R}$  zu, da größere Wanddicken erforderlich sind.
- Massivwände mit einer Rohdichte von weniger als  $1.800 \text{ kg/m}^3$  stellen unter der Berücksichtigung des Wohnflächenverlustes die unwirtschaftlichste Lösung dar. Die Unwirtschaftlichkeit nimmt mit Erhöhung des Schalldämm-Maßes, und/ oder der Verringerung der Rohdichte zu.
- Die Wirtschaftlichkeit von zweischaligen Massivwänden gleicht sich mit Zunahme des Schalldämm-Maßes der vergleichbarer einschaliger Massivwände an. Im Bereich mit  $R'_{w,R} < 55\text{dB}$  (SSt I VDI 4100 bzw. DIN 4109) sind tragfähige zweischalige Wände unwirtschaftlich bedingt durch hohe Investitionskosten und Wanddicken. Bei nichttragenden Wänden gleichen sich die Kosten für zweischalige Massivwände ab etwa  $R'_{w,R} = 52\text{dB}$  (SSt I VDI 4100 bzw. DIN 4109) denen von vergleichbaren einschaligen Massivwänden an.

Zu erwähnen ist, daß durch den Einsatz von zweischaligen Massivwänden eine durchgehende Trennfuge, die über Gebäudehöhe und -breite erforderlich ist, zusätzliche Kosten bei anderen Bauteilen verursacht.

Die Konstruktion läßt sich erst in hohen Schallschutzbereichen mit  $R'_{w,R} \geq 59\text{dB}$  (SSt III VDI 4100) wirtschaftlich einsetzen.

- In den Bereichen von  $R'_{w,R} < 52\text{dB}$  (SSt I VDI 4100 bzw. DIN 4109) unterscheiden sich die Investitionskosten, sowie die Kosten bei Berücksichtigung der Wohnfläche von tragenden und nichttragenden Massivwänden deutlich. Dies liegt daran, daß die minimalen statischen Anforderungen der Wände dominieren und die Schallschutzanforderungen bereits erfüllt werden.
- Massivwände mit biegeweicher Vorsatzschale können erst ab etwa  $R'_{w,R} = 56\text{dB}$  (SSt II VDI 4100) in ihrer Wirtschaftlichkeit mit reinen Massivwandkonstruktionen konkurrieren.
- Leichtbauwände als zweischalige biegeweiche Konstruktionen erfüllen als Einzelbauteil lediglich Schallschutzanforderungen bis  $R'_{w,R} = 55\text{dB}$  (SSt I VDI 4100 bzw. DIN 4109). Die Ausbildung als tragende Wand ist i.a. nicht möglich.

Der Gültigkeitsbereich der vorherigen Aussagen ist zunächst auf die einzelnen Bauteile beschränkt. In Abhängigkeit von Grundriß, flankierenden Bauteilen und Installationen können sich bei den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Verschiebungen in beide Richtungen ergeben. Eine zuverlässige Bewertung ist nicht allein aufgrund einzelner Bauteile zu treffen, jedoch ist festzustellen, daß extrem unwirtschaftliche Einzelbauteile die Wirtschaftlichkeit des Gesamtobjektes nachhaltig negativ beeinflussen.

<b>Maßnahme:</b>	<b>Mögliche Verbesserung des Luftschallschutzes:</b>
Masse erhöhen	Sehr hoch
Vorsatzschale	Gering bis mittel
Art der Installationsführung	Gering bis mittel
Wahl der flankierenden Bauteile	Mittel bis hoch

Abbildung 30: Einflußmöglichkeiten auf den Schallschutz bei Massivwänden

## 4.2 Türen

Türen stellen schallschutztechnisch einen Schwachpunkt innerhalb jeder Wand dar, denn Schalldämm-Maße von 37 dB sind für Wohnungseingangstüren schon ein sehr guter Wert, der nur durch hohen technischen und wirtschaftlichen Aufwand zu erreichen ist. Schon ein kleiner Anteil der Türfläche an der gesamten Wandfläche wirkt sich extrem negativ auf das resultierende Schalldämm-Maß der Wand aus. Durch das schallschutztechnisch schwächste Bauteil wird die Größenordnung des resultierenden Schalldämm-Maßes festgelegt. Bei einem Türanteil von 10% an der gesamten Wandfläche ergibt sich daraus ein resultierendes Schalldämm-Maß der Wand einschließlich Tür, das nur 10 dB über dem der Tür liegen kann, unabhängig wie hoch das Schalldämm-Maß der Wand ist. Bei einem Türanteil von 30% verringert sich dieses sogar auf 5 dB.

Eine in der Ausstattung gleichwertige Tür erzeugt aber bei Erhöhung ihres Schalldämm-Maßes von  $R_w = 27$  dB auf  $R_w = 37$  dB doppelte Kosten (ca. 1.500 DM statt 750 DM). Konstruktiv sollte bei der Wohnungseingangstür beachtet werden, daß der Estrich im Bereich der Tür zwischen Wohnung und Flur/ Treppenraum z.B. durch Kellenschnitt getrennt werden muß.

Doppeltüren (siehe Abbildung 31) liefern zwar höheren Schallschutz, stellen wegen der unpraktischen Bedienung keine Alternative dar, obwohl diese Variante keine Mehrkosten fordert. Es fallen zwar wesentlich geringere Kosten bei den einzelnen Türblättern an, jedoch sind zwei erforderlich. Ebenso wird eine aufwendige Zarge benötigt, so daß sich die Kosten der Varianten ausgleichen.

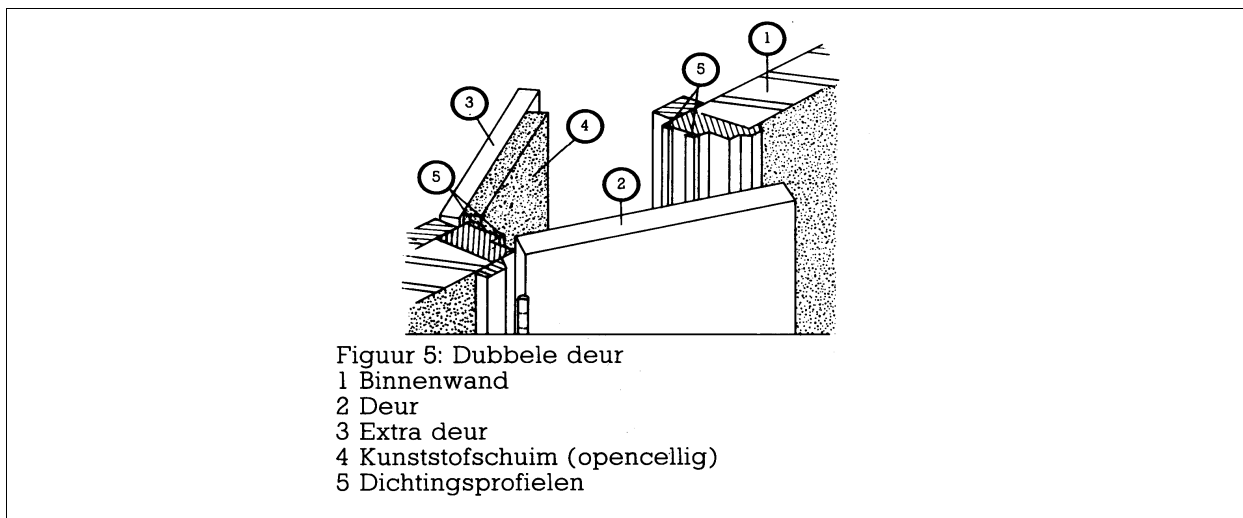


Abbildung 31: Doppeltür<sup>65</sup>

### 4.3 Massivdecken

Die primäre Aufgabe der Decken ist es, die Begehbarkeit von Räumen zu gewährleisten, sie sind also überwiegend durch die statischen und raumbildenden Anforderungen bestimmt. Zusätzlich sind vielschichtige bauphysikalische Anforderungen (Brand-, Schall- und Wärmeschutz) zu erfüllen. Schallschutztechnisch muß die Massivdecke Luftschallschutz, Trittschallschutz und Körperschallschutz gegen Installationsgeräusche gewährleisten. Für den Luftschallschutz bei Massivdecken gelten die gleichen bauphysikalischen Gesetzmäßigkeiten wie bei Massivwänden.

Das Massegesetz wirkt sich auf den Luftschallschutz stärker als auf den Trittschallschutz aus, d.h. der Trittschallschutz nimmt mit Erhöhung der flächenbezogenen Masse nicht so stark zu wie der Luftschallschutz. Daher ist es unwirtschaftlich allein die flächenbezogene Masse der Deckenplatte so zu erhöhen, daß der Trittschallschutz erfüllt wird. Durch Deckenauflagen kann das preiswerter erreicht werden, im Regelfall wird schwimmender Estrich eingesetzt.

<sup>65</sup> aus Informationsschrift Nederlandse Stichting Geluidhinder [52], S. 8

Die übliche Vorgehensweise bei der schallschutztechnischen Deckendimensionierung ist, die flächenbezogene Masse in Abhängigkeit der erforderlichen Luftschalldämmung zu wählen und anschließend die erforderliche Deckenauflage zu bestimmen. In den Randbereichen mit niedrigem Luft- und Trittschallschutz (52dB/53dB), sowie bei extrem hohem Luft- und Trittschallschutz (60dB/39dB) wird erf.  $m'$  vom Trittschallschutz bestimmt. Auch bei niedrigen Trittschallverbesserungsmaßen der Deckenauflage ist erf.  $m'$  infolge des Trittschalls maßgebend für die schallschutztechnische Deckendimensionierung. Die Tabelle 29 zeigt, bei welchen vorgegebenen Trittschallverbesserungsmaßen der Deckenauflagen die Deckendimensionierung aufgrund der Anforderungen für den Luft- oder den Trittschallschutz erfolgen muß.

**Tabelle 29: Abhängigkeit von  $m'$  bei der Deckendimensionierung**

<b>Erforderliche flächenbezogene Masse <math>m'</math> [kg/m<sup>2</sup>] (Betonkern und Putz) für Decken mit schwimmendem Estrich in Abhängigkeit des Luft- und Trittschalls bei gegebenen Deckenauflagen</b>						
<b>Anforderung:</b> <b><math>R'_w</math>   <math>L'_{n,w}</math></b> <b>[dB]</b>	<b><math>\Delta L_{w,R} =</math></b> <b>24 dB</b>	<b><math>\Delta L_{w,R} =</math></b> <b>26 dB</b>	<b><math>\Delta L_{w,R} =</math></b> <b>28 dB</b>	<b><math>\Delta L_{w,R} =</math></b> <b>29 dB</b>	<b><math>\Delta L_{w,R} =</math></b> <b>30 dB</b>	
52   53	225/360	225/320	225/270	225/255	225/240	
53   53	250/360	250/320	250/270	250/255	250/240	
54   53	275/360	275/320	275/270	275/255	275/240	
55   53	300/360	300/320	300/270	300/255	300/240	
56   53	350/360	350/320	350/270	350/255	350/240	
55   46	300/565	300/490	300/427	300/403	300/380	
56   46	350/565	350/490	350/427	350/403	350/380	
57   46	400/565	400/490	400/427	400/403	400/380	
59   46	500/565	500/490	500/427	500/403	500/380	
59   39	500/980	500/900	500/750	500/670	500/600	
60   39	550/980	550/900	550/750	550/670	550/600	
<b>Randbedingungen:</b> <sup>1)</sup> Einschalige Massivdecke mit schwimmendem Estrich mit $m' \geq 70 \text{ kg/m}^2$ <sup>2)</sup> gültig für flankierende Bauteile mit $m_{L,Mittel}$ von etwa $300 \text{ kg/m}^2$						
<b><math>R'_w</math> maßgebend für die Bemessung</b>			<b><math>L'_{n,w}</math> maßgebend für die Bemessung</b>			

Die im Geschößwohnungsbau eingesetzten Decken werden überwiegend als Massivdecken ausgebildet. Das ist einerseits auf die vielfältige Grundrißgestaltung bei gewährleisteter Lastverteilung zurückzuführen und andererseits durch bauphysikalische Anforderungen bzgl. Brand- und Schallschutz verursacht. Deshalb werden innerhalb der Arbeit keine weiteren Deckenkonstruktionen betrachtet. Selten ausgeführte Massivdecken mit geringer Einsatzmöglichkeit nach Tabelle 11, Zeilen 2, 3, 4, 6 und 8 DIN 4109, Beiblatt 1 werden ebenfalls nicht betrachtet.



Bei den Decken bieten sich zwei (drei) Möglichkeiten, die flächenbezogene Masse zu erhöhen:

1. Bauteildicke erhöhen
2. Baustoffe mit einer höheren Rohdichte verwenden
- (3.) Kombination aus 1. und 2.

Die flächenbezogene Masse  $m'$  ist nach DIN 4109 Beiblatt 1 zu bestimmen, die nicht mit den Werten der Lastannahmen gemäß DIN 1055 übereinstimmt. Die DIN 1055 fordert höhere Eigenlasten als die tatsächlich auftretenden, um für den Standsicherheitsnachweis Sicherheit zu gewährleisten, die DIN 4109 Bbl. 1 hingegen fordert Abschläge gegenüber den tatsächlichen Massen als Sicherheitsfaktor, um schallschutztechnisch auf der sicheren Seite zu liegen.

Durch die Erhöhung der flächenbezogenen Masse entstehen Folgekosten, da die Eigenlasten, die durch die Tragkonstruktion in den Baugrund geleitet werden, größer sind und sich durch Lastkonzentrationen ggf. anders im Gebäude verteilen. Es müssen Folgekosten berücksichtigt werden, die durch einen höheren Deckenaufbau, einer größeren Geschoßhöhe mit längeren Treppenläufen sowie größerer Fassadenfläche entstehen.

Ein erstes Konzept, Schallschutzkosten in Abhängigkeit von der Masse zu formulieren, hat Gösele erstellt [22]. Er zeigt diverse Abhängigkeiten zwischen einer Erhöhung der Masse und den daraus entstehenden Kosten bei der Verwendung verschiedener Baustoffe. Dazu muß gesagt werden, daß die Kostenkennwerte nicht mehr aktuell sind, weil viele Faktoren wie z.B. Schwankung der Löhne und Baustoffpreise die Kosten unsystematisch beeinflussen. Deshalb können sie, mit der Inflationsrate für den Zeitraum von 1987 bis heute beaufschlagt, nur als Annäherung zur Feststellung der ungefähren Kostendimension herangezogen werden.

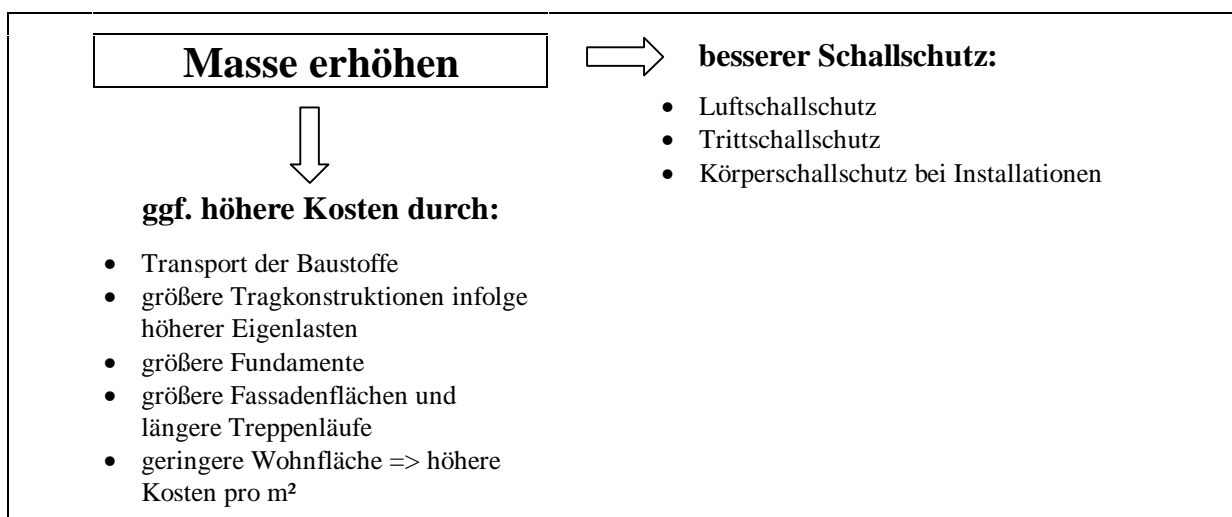


Abbildung 32: Folgen durch Erhöhen der Masse

Um Kosten unterschiedlicher Massivdecken vergleichen zu können, sind folgende kostenverursachende/- verändernde Bestandteile zu berücksichtigen:

- Kosten der Decke
- Folgekosten durch unterschiedliche Deckeneigenlasten
- Folgekosten durch unterschiedliche Deckenaufbauhöhen

Bei den Deckenkonstruktionen werden die für den Mehrfamilienwohnungsbau praxisgerechten Versionen untersucht, also:

- Massivdecke aus Stahlbeton mit  $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$
- Massivdecke aus Konstruktionsleichtbeton mit  $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$
- Masivdecke aus Schwerbeton mit  $\rho \geq 2500 \text{ kg/m}^3$
- Spannbetonhohlplattendecken

Dabei werden folgende Schallschutzanforderungen an das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  und an den bewerteten Norm-Trittschallpegel  $L'_{n,w}$  gestellt, um die SSt I bis III zu erfüllen:

**Tabelle 30: Schallschutzanforderungen Decken DIN 4109/ VDI 4100**

$R'_{w,R}$ [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]	$L_{n,w,eq,R}$ [dB] bei $s' = 20 \text{ MN/m}^3$ ( $\Delta L_{w,R} = 28\text{dB}$ ), einschl. Vorhaltemaß von 2dB	Anwendungsbereiche des Bauteils
52	53	79	Decken über Kellern, Hausfluren, Treppenträumen unter Aufenthaltsräumen DIN 4109 Decken innerhalb von Wohnungen, die sich über zwei Geschosse erstrecken DIN 4109
53	53	79	Decken unter allgemein nutzbaren Dachräumen, z.B. Trockenböden, Abstellräumen und ihren Zugängen DIN 4109
54	53	79	Wohnungstrenndecken und Decken zwischen fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbaren Nutzungseinheiten DIN 4109 Decken unter Bad und WC ohne/mit Bodenentwässerung DIN 4109
55	53	79	Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen und ähnliches unter Aufenthaltsräumen DIN 4109
56	53	79	Decken zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Treppenhäusern bzw. Fluren VDI 4100, SSt II
55	46	72	Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen und ähnliches unter Aufenthaltsräumen VDI 4100, SSt II Decken unter/über Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen DIN 4109 Decken innerhalb von Wohnungen, die sich über zwei Geschosse erstrecken VDI 4100, SSt II und SSt III

56	46	72	Decken unter Hausfluren VDI 4100, SSt II
57	46	72	Decken unter allgemein nutzbaren Dachräumen, z.B. Trockenböden, Abstellräumen und ihren Zugängen VDI 4100, SSt II Wohnungstrenndecken und Decken zwischen fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbaren Nutzungseinheiten VDI 4100, SSt II Decken über Kellern, Hausfluren, Treppenträumen unter Aufenthaltsräumen VDI 4100, SSt II Decken unter/über Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen VDI 4100, SSt II Decken unter Bad und WC ohne/mit Bodenentwässerung VDI 4100, SSt II
59	46	72	Decken zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Treppenhäusern bzw. Fluren VDI 4100, SSt III
59	39	65	Decken unter Hausfluren VDI 4100, SSt III
60	39	65	Decken unter allgemein nutzbaren Dachräumen, z.B. Trockenböden, Abstellräumen und ihren Zugängen VDI 4100, SSt III Wohnungstrenndecken und Decken zwischen fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbaren Nutzungseinheiten VDI 4100, SSt III Decken über Kellern, Hausfluren, Treppenträumen unter Aufenthaltsräumen VDI 4100, SSt III Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen und ähnliches unter Aufenthaltsräumen VDI 4100, SSt III Decken unter/über Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen VDI 4100, SSt III Decken unter Bad und WC ohne/mit Bodenentwässerung VDI 4100, SSt III

Die Ermittlung von  $L'_{n,w}$  erfolgt durch Tabelle 16, DIN 4109, Beiblatt 1, bzw. die erweiterte Tabelle XIII von Sälzer in [5], unter der Voraussetzung, daß die flankierenden Bauteile eine mittlere flächenbezogene Masse  $m'_{L,Mittel}$  von etwa  $300 \text{ kg/m}^2$  aufweisen. Für das Trittschallverbesserungsmaß  $\Delta L_{w,R}$  wird ein Wert von 28 dB angesetzt, schon ein üblicher Estrich mit  $s' = 20 \text{ MN/m}^3$  bewirkt das. Das Vorhaltemaß von 2 dB wird gemäß DIN 4109, Beiblatt 1, Abschnitt 4.13 berücksichtigt. Daraus ergibt sich die Gleichung (4) zu:

$$\Delta L_{w,R} = 28 \text{ dB} = L_{n,w,eq,R} + 2 \text{ dB} - \text{erf } L_{n,w}$$

#### 4.3.1 Kostenänderung infolge Lastenänderung

Es gilt das in Abschnitt 4.1.2 für Massivwände erarbeitete Ergebnis, für je  $1000 \text{ kg} \cong 10 \text{ kN}$  zusätzliches Gebäudegewicht entstehen 9,48 DM an Kosten, eine zulässige Bodenpressung von  $200 \text{ kN/m}^2$  vorausgesetzt.

### 4.3.2 Kostenänderung durch Änderung der Deckendicke

Durch eine Änderung der Geschoßhöhe, als Folge einer geänderten Deckendicke, werden neben den Kosten für die Decke selbst weitere Kosten der Baukonstruktion beeinflusst. Dieses sind Kostenänderungen für

- die Treppenläufe. Im allgemeinen ändert sich die Anzahl der Steigungen nicht, lediglich das Steigungsverhältnis variiert. Die Länge von Handläufen und Geländern ändert sich ebenfalls nur geringfügig.
- die Fassade. Im Wohnungsbau ändert sich i.a. nur die Fläche der Vormauerschale bzw. die des Wärmedämmverbundsystems. Die Menge der tragenden Außenwand bleibt konstant. Gegebenenfalls ändern sich Fensterflächen, wenn Fenster über mehrere Geschosse verlaufen.
- vertikal über mehrere Geschosse verlegte Leitungen, die durch die Differenz der Deckendicke eine entsprechende Längenänderung erfahren. Neben den Abwasser-, Wasser-, Gas-, Elektro-, Antennen-, Heizungs-, Regenfallrohr- und Lüftungsleitungen sind auch Schornsteine und Kamine betroffen. Fahr- und Versorgungsschächte sind nicht zu berücksichtigen, wenn die Decke sie ersetzt.
- die Fundamente, wenn die zu gründenden Lasten sich verändern.
- den Erdaushub, wenn OKFF im Erdgeschoß beibehalten werden soll.

Neben den Kosten für die Baukonstruktion, die kalkulierbar sind und verallgemeinert werden können, ergeben sich gegebenenfalls weitere Kostenänderungen, die mit der Planung, Genehmigung und Nutzung des Gebäudes in Verbindung stehen. Dieses sind Kostenänderungen für:

- die Heizungskosten, da sich die Fassadenfläche bei gleichbleibendem Nettorauminhalt ändert.
- den Wegfall eines Geschosses, da evtl. First- oder Traufhöhen nicht mehr eingehalten werden können oder Abstandsflächen nicht mehr den Vorschriften entsprechen. Durch den Entfall eines Geschosses entstehen zwar geringere Erstellungskosten, jedoch sind die Grundstückskosten auf weniger Wohnfläche zu verteilen. Im allgemeinen kann dem aber mit „Eingraben“ des Gebäudes oder Anfüllen des umliegenden Geländes entgegengewirkt werden.

- die Überschreitung der „Hochhausgrenze“, die sprunghaft die Kosten für die Baukonstruktion durch wesentlich höhere Brandschutzanforderungen, z.B. Feuerwehraufzüge, Ersatzstromversorgungsanlagen, Rettungswege, etc. ansteigen läßt. Diese kostentreibende Tatsache wird jedoch in der Praxis in den allerseltensten Fällen zum Tragen kommen, da eine solche Höhenänderung bei neun Geschossen und 15 cm Unterschied in der Deckenhöhe sich mit 1,35m auswirkt und damit durch Anfüllen des Geländes oder „Eingraben“ des Gebäudes handhabbar ist.
- das Baugenehmigungsverfahren, Ingenieur- und Architektenleistungen, da sich gegebenenfalls die anrechenbaren Kosten verändern und zu anderen Honoraren führen. Diese Eventualität ist jedoch kostenmäßig so gering zu bewerten, daß sie vernachlässigt werden kann.

Für eine erste Kostenabschätzung werden im Hochbau i.a. mittels des Bruttorauminhalts (BRI) und Kostenkennzahlen, z.B. 460 DM/m<sup>3</sup> für übliche Wohnungsbauten, als Baukosten angesetzt. Für die Ermittlung der Kostendifferenz, die durch die unterschiedlichen Deckendicken entsteht, ist eine Abschätzung über den umbauten Raum mit den üblichen Kennzahlen nicht möglich, da nur wenige Gewerke mit niedrigeren Kostenanteilen durch die Änderung der Deckendicke verändert werden. Eine genaue Betrachtung unter Berücksichtigung der Kosten für Fassade, Treppenläufe und Installationsleitungen ergibt eine Kostendifferenz von etwa 40 DM je m<sup>3</sup> Änderung des Deckenvolumens, das entspricht 0,40 DM/m<sup>2</sup> Deckenfläche je cm Höhenänderung der Decke.

Ändert sich zusätzlich auch noch die lichte Rohbauhöhe, z.B. durch einen anderen Fußboden-  
aufbau oder eine abgehängte Decke, so entstehen zu den obigen Kosten zusätzlich noch Kosten für die Innen- und Aussenwände, da sie eine geänderte Höhe aufweisen müssen, um das lichte Innenmaß beizubehalten. Die Kosten hängen von den Wanddicken, der Anzahl der Wände, der Grundrißsituation und den verwendeten Wandbaustoffen ab, so daß hier lediglich eine grobe Näherung der Kosten mit etwa 0,80 DM/m<sup>2</sup> Deckenfläche je cm Höhenänderung der Decke angegeben werden kann. Da der Betrag jedoch relativ gering zu anderen Differenzkosten ist, entstehen keine nennenswerten Verfälschungen bei einem Kostenvergleich, wenn der obige Wert angesetzt wird.

### 4.3.3 Normalbeton mit einer Rohdichte von $\rho=2500 \text{ kg/m}^3$

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Aufbau einer einschaligen Stahlbetondecke mit einer Rohdichte von  $\rho=2500 \text{ kg/m}^3$ . Es ist dabei schallschutztechnisch nicht von Bedeutung, ob diese Decke in Ortbetonbauweise, Halfertigteil mit Aufbeton oder als Fertigteildecke hergestellt wird. Für den Kostenvergleich wird die Ortbetonvariante betrachtet.

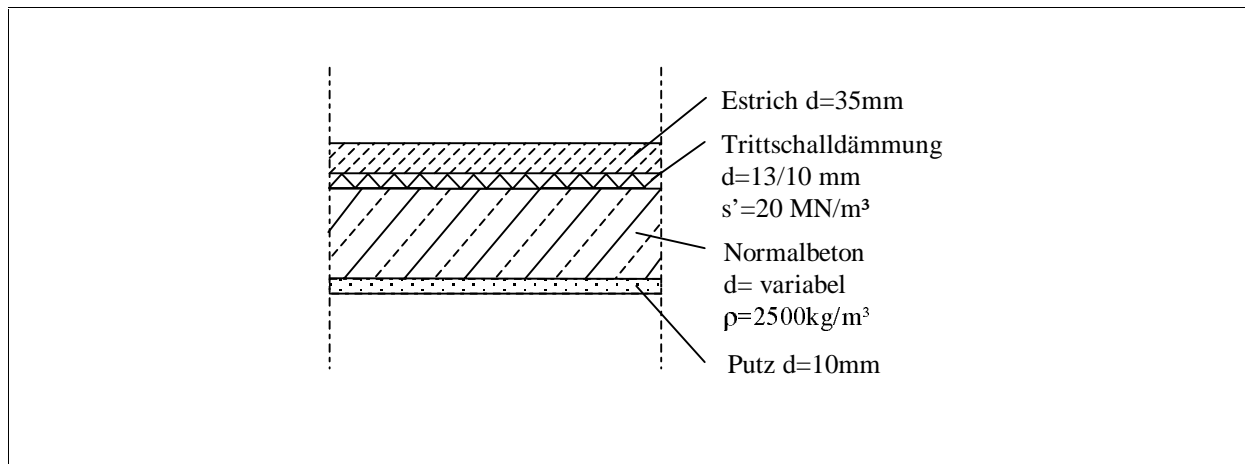


Abbildung 33: Aufbau Massivdecke aus Normalbeton

Gemäß DIN 4109, Beiblatt 1, Tabelle 12, 16 und 17 bzw. den erweiterten Tabellen XII und XIII von Sälzer in [5] ergeben sich folgende Deckendimensionen, um die Schallschutzanforderungen der DIN 4109 bzw. die Schallschutzempfehlungen der VDI 4100 zu erfüllen. Dabei werden flankierende Bauteile mit einer mittleren flächenbezogenen Masse  $m'_{L, \text{Mittel}}$  von etwa  $300 \text{ kg/m}^2$  vorausgesetzt. Die Kosten sind reine Investitionskosten ohne die Berücksichtigung von Last- und Dickenunterschieden. Diese werden in Abschnitt 4.3.9 berücksichtigt.

Bei Decken erfolgt die Kostenermittlung analog der der Wände (siehe Seite 70). Der nicht lineare Kostenverlauf ist hier durch den höheren Aufwand der Schalung infolge größerer Lasten bei dickeren Decken begründet, ebenso durch den geringer werdenden Aufwandswert für das Betonieren dickerer Decken. Durch die Kombination von Fixkosten sowie relativ zur Deckendicke abnehmender und zunehmender Kosten ergeben sich Schwankungen der Bauteilkosten, die nicht unbedingt erwartet werden.

Als Beispiel werden die Kosten einer Massivdecke aus Normalbeton mit einer Betondicke von  $180\text{mm}$ , einem schwimmenden Estrich  $d=35\text{mm}$  mit Trittschalldämmung  $d=13/10\text{mm}$  und einem Putz mit  $d=10\text{mm}$  berechnet:

Schalung Lohn	$1,0\text{m}^2/\text{m}^2 \times 0,55\text{h}/\text{m}^2 \times 60,00 \text{ DM}/\text{h}$	=	33,00 DM/m <sup>2</sup>
Schalung Material	$1,0\text{m}^2/\text{m}^2 \times 20,00 \text{ DM}/\text{m}^2$	=	20,00 DM/m <sup>2</sup>
Randschalung Lohn	$0,063\text{m}^2/\text{m}^2 \times 1,45\text{h}/\text{m}^2 \times 60,00 \text{ DM}/\text{h}$	=	5,48 DM/m <sup>2</sup>
Randschalung Material	$0,063\text{m}^2/\text{m}^2 \times 20,00 \text{ DM}/\text{m}^2$	=	1,26 DM/m <sup>2</sup>
Bewehrung Lohn	$9,13\text{kg}/\text{m}^2 \times 0,48 \text{ DM}/\text{kg}$	=	4,38 DM/m <sup>2</sup>
Bewehrung Material	$9,13\text{kg}/\text{m}^2 \times 1,15 \text{ DM}/\text{kg}$	=	10,50 DM/m <sup>2</sup>
Beton Lohn	$0,18\text{m}^3/\text{m}^2 \times 0,60\text{h}/\text{m}^3 \times 60,00 \text{ DM}/\text{h}$	=	6,48 DM/m <sup>2</sup>
Beton Material	$0,18\text{m}^3/\text{m}^2 \times 160,00 \text{ DM}/\text{m}^3$	=	28,80 DM/m <sup>2</sup>
Abziehen Beton	$1,0\text{m}^2/\text{m}^2 \times 0,07\text{h}/\text{m}^2 \times 60,00 \text{ DM}/\text{h}$	=	4,20 DM/m <sup>2</sup>
Estrich komplett	$1,0\text{m}^2/\text{m}^2 \times 19,90 \text{ DM}/\text{m}^2$	=	19,90 DM/m <sup>2</sup>
Trittschalldämmung kompl.	$1,0\text{m}^2/\text{m}^2 \times 5,40 \text{ DM}/\text{m}^2$	=	5,40 DM/m <sup>2</sup>
Putz komplett	$1,0\text{m}^2/\text{m}^2 \times 32,00 \text{ DM}/\text{m}^2$	=	32,00 DM/m <sup>2</sup>
			-----
			171,40 DM/m <sup>2</sup>

Die Werte in den Tabellen 31,33 und 34 werden analog dem obigen Beispiel berechnet.

**Tabelle 31: Kennwerte der Massivdecken aus Normalbeton**

Anforderungen		berechnete Werte		Aufbau	m' [kg/m <sup>2</sup> ]	g [kN/m <sup>2</sup> ] gemäß DIN 1055	Kosten [DM/m <sup>2</sup> ]
erf. R' <sub>w,R</sub>	erf. L' <sub>n,w</sub>	vorh. R' <sub>w,R</sub>	vorh. L' <sub>n,w,R</sub>				
52	53	54	51	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=120mm Putz d=10mm	0,0 276,0 10,0 286,0	0,77 0,01 3,00 0,12 3,90	159,27
53	53	54	51	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=120mm Putz d=10mm	0,0 276,0 10,0 286,0	0,77 0,01 3,00 0,12 3,90	159,27
54	53	54	51	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=120mm Putz d=10mm	0,0 276,0 10,0 286,0	0,77 0,01 3,00 0,12 3,90	159,27
55	53	55	50	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=130mm Putz d=10mm	0,0 299,0 10,0 309,0	0,77 0,01 3,25 0,12 4,15	161,66
56	53	56	47	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=150 mm Putz d=10mm	0,0 345,0 10,0 355,0	0,77 0,01 3,75 0,12 4,65	163,76
55	46	57	44	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=180 mm Putz d=10mm	0,0 414,0 10,0 424,0	0,77 0,01 4,50 0,12 5,40	171,40
56	46	57	44	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=180 mm Putz d=10mm	0,0 414,0 10,0 424,0	0,77 0,01 4,50 0,12 5,40	171,40
57	46	57	44	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=180 mm Putz d=10mm	0,0 414,0 10,0 424,0	0,77 0,01 4,50 0,12 5,40	171,40

59	46	59	41	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=220 mm Putz d=10mm	D=27,5 cm	0,0 506,0 <u>10,0</u> 516,0	0,77 0,01 5,50 <u>0,12</u> 6,40	180,86
59	39	64	37	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=320 mm Putz d=10mm	D=37,5 cm	0,0 736,0 <u>10,0</u> 746,0	0,77 0,01 8,00 <u>0,12</u> 8,90	206,94
60	39	64	37	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=320 mm Putz d=10mm	D=37,5 cm	0,0 736,0 <u>10,0</u> 746,0	0,77 0,01 8,00 <u>0,12</u> 8,90	206,94

#### 4.3.4 Konstruktionsleichtbeton mit einer Rohdichte von $\rho=1800 \text{ kg/m}^3$

Der Aufbau einer einschaligen Leichtbetondecke entspricht dem der Abbildung 33. Wie auch bei der Decke aus Normalbeton ist es nicht von Bedeutung, ob diese als Ortbetonbauweise oder als Fertigteildecke hergestellt wird. Die Schallschutz- und Kostenwerte sind analog zu denen der Decke aus Normalbeton zu bestimmen.

Die Ausführung von Massivdecken in Leichtbeton mit einer Rohdichte von  $\rho \leq 1800 \text{ kg/m}^3$  zeichnet sich durch höhere Deckendicken in Verbindung mit höheren Baustoffkosten für den Beton aus. Aus diesen Gründen ist sie unwirtschaftlich gegenüber einer konventionellen Stahlbetondecke mit üblicher Rohdichte und wird nicht weiter betrachtet. Die Tabelle 32 zeigt die geringe Bandbreite der möglichen Luftschalldämmung von Leichtbetondecken auf.

**Tabelle 32: Luftschalldämm-Maße von Leichtbetondecken<sup>66</sup>**

Schalldämm-Maße $R'_w$ in dB von einschaligen Bauteilen aus Porenbeton (ohne Putz oder sonst. Beläge) <sup>1)</sup>													
Bauteil	Produkt	Rohdichte- klasse	Rechen- wert der Rohdichte nach Zul. bzw. DIN [kg/m <sup>3</sup> ]	Bauteildicke d [mm]									
				100	115 125	150	175	200	225	240 250	300	365 375	
Decke <sup>2)</sup>	Bewehrte Decken- platten	0,50	450	33	34	35	36	37	39	39	42	44	
		0,60	550	34	35	36	38	39	41	42	44	47	
		0,70	650	35	36	38	40	41	43	44	46	48	

<sup>1)</sup> Gültig bei flankierenden Bauteilen mit einer mittleren flächenbezogenen Masse von etwa 300kg/m<sup>2</sup>. Weitere Bedingungen für die Gültigkeit der Tabelle siehe DIN 4109 Bbl. 1 Abschnitt 3.1; bei flankierenden Bauteilen mit weniger als 300 kg/m<sup>2</sup> mittlerer flächenbezogener Masse beachte DIN 4109 Bbl. 1 Abschnitt 3.2

<sup>2)</sup> Ein schwimmender Estrich oder eine Unterdecke können das Schalldämm-Maß  $R'_w$  um 7 bis 8 dB erhöhen. Ein schwimmender Estrich und eine Unterdecke können das Schalldämm-Maß  $R'_w$  um 8 bis 11 dB erhöhen.

<sup>66</sup> aus Weber, Hullmann [51], S. 101



### 4.3.5 Schwerbeton

Der Aufbau einer einschaligen Stahlbetondecke aus Schwerbeton mit einer Rohdichte von  $\rho=2800 \text{ kg/m}^3$  ist analog zu dem in der Abbildung 33. Es ist nicht von Bedeutung, ob diese Decke als Ortbetonbauweise oder als komplette Fertigteildecke hergestellt wird.

Durch die Verwendung von Schwerbeton reduziert sich die Deckendicke um etwa 16% gegenüber der einer schallschutztechnisch vergleichbaren Platte aus Normalbeton. Für eine Decke mit einem bewerteten Luftschalldämm-Maß von  $R'_{w,R} = 60 \text{ dB}$  bedeutet das eine Minderdicke von 50mm. Die hohen Kosten des Schwerbetons von etwa  $1200 \text{ DM/m}^3$  kehren den überwiegenden Vorteil um, der sich durch eine geringere Geschoßhöhe ergibt, so daß die Schwerbetonvariante unwirtschaftlich ist. Bei Steigerung der Betonrohichte verstärkt sich dieser Nachteil. Decken aus Schwerbeton stellen also keine wirtschaftliche Alternative zu den aus Normalbeton ausgeführten Decken dar, da sie die gleiche flächenbezogene Masse erreichen müssen, aber der Betonpreis überproportional zur Rohdichte zunimmt.

### 4.3.6 Spannbetonhohlplatten

Decken aus Spannbetonhohlplatten gemäß DIN 1045 können eine Ausführungsalternative zu den konventionellen Vollplatten aus Stahlbeton sein, wobei sich mit ihnen jedoch nicht alle Grundrisse ausführen lassen. Außerdem benötigen sie aufgrund der Hohlräume eine größere Deckendicke, um die gleiche flächenbezogene Masse zu erreichen.

Der Deckenaufbau einer solchen Spannbetonhohlplattendecke ist analog zu der Abbildung 33 konstruiert. Die Deckendimensionen der betrachteten Decken ergeben sich aus Hersteller-Prüfzeugnissen unter Berücksichtigung des Vorhaltemaßes von 2 dB. Die Trittschalldämmung hat, anders als bei den vorherigen Decken, ein Trittschallverbesserungsmaß  $\Delta L_{w,R} = 30 \text{ dB}$ . Die Kosten berücksichtigen keine Last- und Höhenunterschiede.

Im Gegensatz zu anderen Massivdecken sind bei Spannbetonhohlplattendecken die Empfehlungen der SSt III technisch nicht zu erfüllen. Decken, die die geforderten Werte der SSt II erfüllen, zeichnen sich bereits durch eine außergewöhnlich große, im Wohnungsbau unübliche Deckendicke aus.

**Tabelle 33: Kennwerte der Spannbetonhohlplattendecken**

Anforderungen		berechnete Werte		Aufbau	m' [kg/m <sup>2</sup> ]	g [kN/m <sup>2</sup> ] gemäß DIN 1055	Kosten [DM/m <sup>2</sup> ]
Erf R' <sub>w,R</sub>	erf L' <sub>n,w</sub>	vorh R' <sub>w,R</sub>	vorh L' <sub>n,w,R</sub>				
52	53	54	49	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=20/15 mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Spannbetonhohlplatte, d=150 mm Putz d=10mm	D=21,0 cm 0 270 10 280	0,77 0,01 2,70 0,12 3,60	157,26
53	53	54	49	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=20/15 mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Spannbetonhohlplatte, d=150 mm Putz d=10mm	D=21,0 cm 0 270 10 280	0,77 0,01 2,70 0,12 3,60	157,26
54	53	54	49	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=20/15 mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Spannbetonhohlplatte, d=150 mm Putz d=10mm	D=21,0 cm 0 270 10 280	0,77 0,01 2,70 0,12 3,60	157,26
55	53	55	47	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=20/15 mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Spannbetonhohlplatte, d=180 mm Putz d=10mm	D=24,0 cm 0 313 10 323	0,77 0,01 3,13 0,12 4,03	164,91
56	53	57	43	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=20/15mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Spannbetonhohlplatte, d=260 mm Putz d=10mm	D=32,0 cm 0 393 10 403	0,77 0,01 3,93 0,12 4,83	182,98
55	46	57	43	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=20/15mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Spannbetonhohlplatte, d=260 mm Putz d=10mm	D=32,0 cm 0 393 10 403	0,77 0,01 3,93 0,12 4,83	182,98
56	46	57	43	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=20/15mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Spannbetonhohlplatte, d=260 mm Putz d=10mm	D=32,0 cm 0 393 10 403	0,77 0,01 3,93 0,12 4,83	182,98
57	46	57	43	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=20/15mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Spannbetonhohlplatte, d=260 mm Putz d=10mm	D=32,0 cm 0 393 10 403	0,77 0,01 3,93 0,12 4,83	182,98
59	46	59	40	Estrich d=35mm Trittschalldämmung d=20/15mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Spannbetonhohlplatte, d=400 mm Putz d=10mm	D=46,0 cm 0 485 10 495	0,77 0,01 4,85 0,12 5,75	200,68
59	39	./.	./.	entfällt, technisch nicht möglich			
60	39	./.	./.	entfällt, technisch nicht möglich			

#### 4.3.7 Estrich / Deckenauflagen

Wie zuvor bereits ausgeführt, ist eine Massivdecke in einer für den Wohnungsbau üblichen Dicke nicht in der Lage, einen ausreichenden Trittschallschutz allein durch die flächenbezogene Masse zu gewährleisten. Selbst bei niedrigen Anforderungen nach DIN 4109 fehlen bis zu 20 dB Trittschallverbesserung. Diese Differenz muß durch zusätzliche konstruktive Maßnahmen eliminiert werden. Der Planer hat neben einer Erhöhung der flächenbezogenen Masse der Massivdecke folgende Alternativen zur Auswahl:

- biegeweiche Unterdecke
- schwimmender Estrich
- weichfedernder Bodenbelag

#### 4.3.7.1 Biegeweiche Unterdecke

Durch die biegeweiche Unterdecke, dem Äquivalent einer biegeweichen Wandvorsatzschale, kann der Trittschallschutz in der Größenordnung 2 bis 11 dB verbessert werden.<sup>67</sup> Dabei hängt die Verbesserung von der flächenbezogenen Masse der Massivdecke ab, bei einer leichten Decke lassen sich hohe Werte, bei einer schweren nur geringe Werte erzielen. Im Vergleich zu anderen trittschallverbessernden Maßnahmen ist der Einsatz einer biegeweichen Unterdecke jedoch teuer, der Quadratmeterpreis beträgt etwa 68 DM für die Unterdecke. Als flankierendes Bauteil für trennende Bauteile mit biegeweicher Vorsatzschale oder aus biegeweichen Schalen wirkt sich die Massivdecke mit biegeweicher Unterdecke positiv aus, da sie den Korrekturwert  $K_{L,2}$  erhöht. Bei unverkleideten biegesteifen trennenden Bauteilen wird sie bei der Ermittlung der mittleren flächenbezogenen Masse nicht berücksichtigt, das erschwert den Nachweis, da die Decke im allgemeinen eine flächenbezogene Masse größer  $300 \text{ kg/m}^2$  aufweist und damit  $m_{L,mittel}$  erhöhen würde. Die Tabelle 34 zeigt den Kostenvergleich solcher Decken bei verschiedenen Schallschutzanforderungen. Als Untergrenze der Stahlbetondeckenplatte wurden 12 cm angesetzt, eine Deckendicke, die im Wohnungsbau als unterste Grenze angesehen werden kann. Die Werte gelten für eine mittlere flächenbezogene Masse von etwa  $300 \text{ kg/m}^2$  der flankierenden Bauteile. Die Kosten berücksichtigen nicht die Folgekosten durch unterschiedliche Lasten und Deckendicken. Ein Kostenvergleich mit anderen Deckenvarianten, der die Deckenhöhe und die Deckenlasten kostenmäßig bewertet, erfolgt im Abschnitt 4.3.9 .

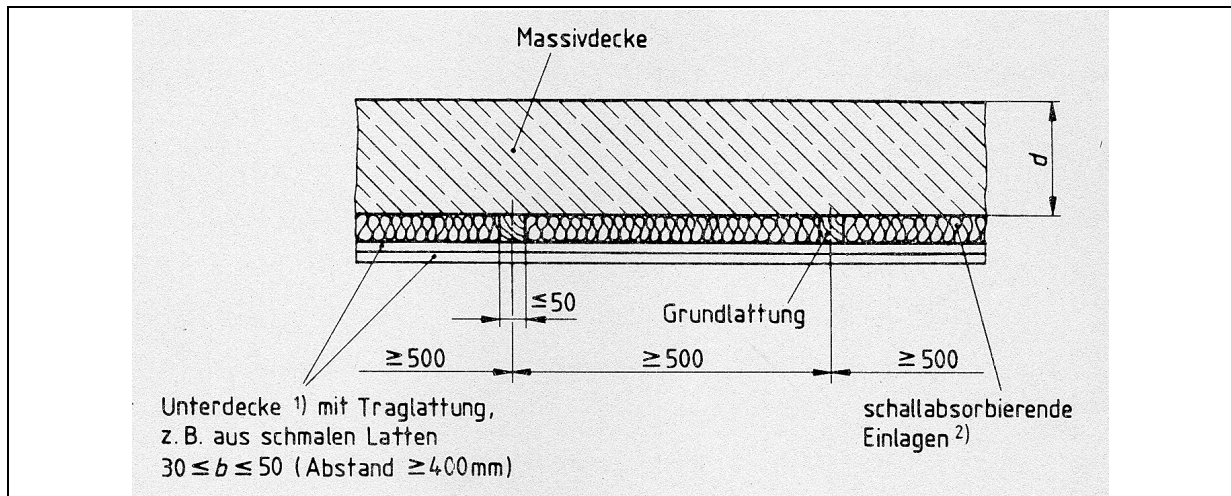
Der Einsatz einer biegeweichen Unterdecke lohnt sich schallschutztechnisch erst, wenn hohe Schallschutzanforderungen erfüllt werden müssen und der schwimmende Estrich allein nicht ausreicht.

---

<sup>67</sup> siehe DIN 4109 Beiblatt 1 [18], Tabelle 16, S.18

**Tabelle 34: Kennwerte Massivdecke mit biegeweicher Unterdecke**

Anforderungen		berechnete Werte		Aufbau	m' [kg/m <sup>2</sup> ]	g [kN/m <sup>2</sup> ] gemäß DIN 1055	Kosten [DM/m <sup>2</sup> ]
Erf R' <sub>w,R</sub>	erf L' <sub>n,w</sub>	vorh R' <sub>w,R</sub>	vorh L' <sub>n,w,R</sub>				
52	53	57	43	Estrich d=35mm D=23,6 cm Trittschalldämmung d=20/15 mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=120mm Biegeweiche Unterdecke d=66mm gemäß Tab. 11, Z. 7, DIN 4109 Beiblatt 1	0 0 276 0 276	0,77 0,01 3,00 0,50 4,28	195,66
53	53	57	43	Estrich d=35mm D=23,6 cm Trittschalldämmung d=20/15 mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=120mm Biegeweiche Unterdecke d=66mm gemäß Tab. 11, Z. 7, DIN 4109 Beiblatt 1	0 0 276 0 276	0,77 0,01 3,00 0,50 4,28	195,66
54	53	57	43	Estrich d=35mm D=23,6 cm Trittschalldämmung d=20/15 mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=120mm Biegeweiche Unterdecke d=66mm gemäß Tab. 11, Z. 7, DIN 4109 Beiblatt 1	0 0 276 0 276	0,77 0,01 3,00 0,50 4,28	195,66
55	53	57	43	Estrich d=35mm D=23,6 cm Trittschalldämmung d=20/15 mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=120mm Biegeweiche Unterdecke d=66mm gemäß Tab. 11, Z. 7, DIN 4109 Beiblatt 1	0 0 276 0 276	0,77 0,01 3,00 0,50 4,28	195,66
56	53	57	43	Estrich d=35mm D=23,6 cm Trittschalldämmung d=20/15 mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=120mm Biegeweiche Unterdecke d=66mm gemäß Tab. 11, Z. 7, DIN 4109 Beiblatt 1	0 0 276 0 276	0,77 0,01 3,00 0,50 4,28	195,66
55	46	57	43	Estrich d=35mm D=23,6 cm Trittschalldämmung d=20/15 mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=120mm Biegeweiche Unterdecke d=66mm gemäß Tab. 11, Z. 7, DIN 4109 Beiblatt 1	0 0 276 0 276	0,77 0,01 3,00 0,50 4,28	195,66
56	46	57	43	Estrich d=35mm D=23,6 cm Trittschalldämmung d=20/15 mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=120mm Biegeweiche Unterdecke d=66mm gemäß Tab. 11, Z. 7, DIN 4109 Beiblatt 1	0 0 276 0 276	0,77 0,01 3,00 0,50 4,28	195,66
57	46	57	43	Estrich d=35mm D=23,6 cm Trittschalldämmung d=20/15 mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=120mm Biegeweiche Unterdecke d=66mm gemäß Tab. 11, Z. 7, DIN 4109 Beiblatt 1	0 0 276 0 276	0,77 0,01 3,00 0,50 4,28	195,66
59	46	59	42	Estrich d=35mm D=26,6 cm Trittschalldämmung d=20/15 mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=150mm Biegeweiche Unterdecke d=66mm gemäß Tab. 11, Z. 7, DIN 4109 Beiblatt 1	0 0 345 0 345	0,77 0,01 3,75 0,50 5,03	200,15
59	39	62	37	Estrich d=35mm D=35,1 cm Trittschalldämmung d=20/15 mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=235mm Biegeweiche Unterdecke d=66mm gemäß Tab. 11, Z. 7, DIN 4109 Beiblatt 1	0 0 540 0 540	0,77 0,01 5,88 0,50 7,16	220,58
60	39	62	37	Estrich d=35mm D=35,1 cm Trittschalldämmung d=20/15 mm, s'=10MN/m <sup>3</sup> Normalbeton ρ=2500kg/m <sup>3</sup> d=235mm Biegeweiche Unterdecke d=66mm gemäß Tab. 11, Z. 7, DIN 4109 Beiblatt 1	0 0 540 0 540	0,77 0,01 5,88 0,50 7,16	220,58

Abbildung 34: Massivdecke mit biegeweicher Unterdecke<sup>68</sup>

#### 4.3.7.2 Estrich

Der naßverlegte schwimmende Estrich nach DIN 18560 bringt, auf einer Dämmschicht gemäß DIN 18164 oder 18165 aufgelagert, eine Trittschallverbesserung zwischen 20 und 30 dB<sup>69</sup>. Bei einem Preis von etwa 22,-- bis 30,-- DM/m<sup>2</sup> ergeben sich daraus Kosten von etwa 1,-- DM/m<sup>2</sup> je dB. Das Verbesserungsmaß ist deutlich größer als jenes, welches eine gleich dicke oder gleich teure Mehrstärke der Massivdecke erzielen würde. Das Maß der Trittschallverbesserung durch den schwimmenden Estrich hängt von der dynamischen Steifigkeit  $s'$  der verwendeten Trittschalldämmung ab, wobei eine steife Dämmung geringere Trittschalldämmeigenschaften hat als eine weiche Trittschalldämmungen. Hohe Steifigkeit ist jedoch nur bei hohen Verkehrslasten erforderlich, die deutlich über den im Wohnungsbau liegen. Solche schwimmenden Böden verbessern neben dem Trittschallschutz auch den Luftschallschutz der Massivdecke.

In der Ausführung ist der Estrich leicht handhabbar, jedoch können bei unsachgemäßer Verlegung des Randstreifens zwischen Estrich und Wand oder bei zu niedrigem Abschneiden des Randstreifens Schallbrücken entstehen.

Trockenestrich in Form von Platten bietet neben dem Bereich der Altbausanierung auch im Neubau Einsatzbereiche. Preislich ist er, mit ca. 85 DM/m<sup>2</sup>, etwa dreifach so teuer, wie ein

<sup>68</sup> aus DIN 4109 Beiblatt 1 [18], S. 14

<sup>69</sup> Abhängig von der dynamischen Steifigkeit  $s'$  der Dämmschicht, geringe Steifigkeit = hohe Trittschallverbesserung, hohe Steifigkeit = geringe Trittschallverbesserung

naßverlegter schwimmender Estrich. Wesentliche Vorteile sind die sofortige Begehbarkeit und die saubere Verlegbarkeit, die Schallbrücken i.a. ausschließt. Schallschutztechnisch bietet er Trittschallverbesserungsmaße von etwa 16 bis 26 dB bei Massivdecken und ist damit gut 4 dB schlechter als ein schwimmender Naßestrich. Dieses ist u.a. durch die fehlende Masse begründet, sein niedriges Gewicht von 25 bis 50 kg/m<sup>2</sup> ist auch für die im Mittel 2 dB geringere Luftschalldämmung, gegenüber einem Naßestrich mit etwa 70 bis 100 kg/m<sup>2</sup> Gewicht, verantwortlich.

Da der Trockenestrich einen vergleichbaren Schallschutz wesentlich teurer als ein naßverlegter schwimmender Estrich erbringt, ist er für den kostengünstigen Wohnungsbau nicht geeignet.

Verbundestriche verbessern den Trittschallschutz von Massivdecken nicht so effektiv wie schwimmende Estriche, da die Dämmschicht fehlt. Die Wirkung liegt etwa 2 dB über der einer entsprechend dicken Massivplatte.<sup>70</sup>

#### **4.3.7.3 Weichfedernder Bodenbelag**

Im Wohnungsbau ist es nach DIN 4109 nicht zulässig, weichfedernde Bodenbeläge, z.B. Teppichböden, bei der Nachweisführung trittschallverbessernd zu berücksichtigen. Der Gesetzgeber befürchtet, daß die Bewohner einen solchen Belag bei einem Austausch gegen einen geringer trittschallverbessernden Belag austauschen könnten und daß dann der Schallschutz nicht mehr gewährleistet wäre. Der weichfedernde Bodenbelag kann, je nach seiner Beschaffenheit, den Trittschall bis ca. 30 dB verbessern<sup>71</sup>. Er könnte damit den schwimmenden Estrich ersetzen. Glatt abgezogene Stahlbeton-Deckenplatten mit Spannteppichen, die den Estrich ersetzen, werden häufig in den U.S.A. im Hotelbau angewendet und überzeugen schallschutztechnisch bei einer guten Wirtschaftlichkeit. Für den Wohnungsbau geeignete Bodenbeläge sind bereits ab einem Materialpreis von etwa 35 DM/m<sup>2</sup> erhältlich. Werte für das Trittschallverbesserungsmaß  $\Delta L_{w,R}$  sind der Tabelle 18 im Beiblatt 1 der DIN 4109 [18] zu entnehmen. Weichfedernde Bodenbeläge verbessern, im Gegensatz zu schwimmenden Böden, lediglich den Trittschallschutz, der Luftschallschutz muß vollständig durch die (Massiv-) Decke erbracht werden.

---

<sup>70</sup> vgl. Gösele [22], S. 42

#### 4.3.7.4 Hohlraumböden/ Doppelböden

Hohlraum- und Doppelböden werden im Wohnungsbau sehr selten eingesetzt. Die Ursachen sind einerseits die mit etwa 65 DM/m<sup>2</sup> mehr als doppelt so hohen Kosten im Vergleich zu einem üblichen Estrich, andererseits werden die Installationsleitungen meistens innerhalb der Wände verlegt und dadurch die Hohlräume im Boden nicht benötigt.

Schallschutztechnisch bewirkt der Hohlraumboden eine ähnliche Trittschallverbesserung wie der konventionelle Fußboden, jedoch kann die Grenzfrequenz in Abhängigkeit des verwendeten Baustoffes im schallschutztechnisch unerwünschtem Bereich von etwa 400 Hz liegen.

Die Wirtschaftlichkeit des Hohlraumbodens ist umfassend zu betrachten und hängt im wesentlichen von der Art und dem Umfang der in den Boden zu integrierenden Installationsleitungen ab. Abbildung 35 zeigt, welche Kosten bei einem Vergleich zwischen konventioneller Bauweise und der Hohlraumbodenvariante berücksichtigt werden müssen, wobei i.a. der Hohlraumboden unwirtschaftlicher als ein konventioneller Fußbodenaufbau mit einem schwimmenden Estrich ist.

<b>Kostenvergleich konventioneller Bodenaufbau / Hohlraumböden</b>
<p><b><u>Differenzkosten für den Entfall der Leitungsverlegung in der Wand:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lohn- und Materialkosten für das Anlegen und Schließen der Wandschlitze entfällt (etwa 16 DM/m)</li> <li>• Differenz für Lohn- und Materialkosten der Befestigungsmittel</li> <li>• Eventueller Wohnflächengewinn infolge dünnerer Wände durch den Entfall von Leitungen in den Wänden, in Abhängigkeit von statisch und bauphysikalisch erforderlichen Wanddicken (zwischen 3.000 und 8.000 DM für den Quadratmeter verkaufbarer Wohnfläche)</li> </ul>
<p><b><u>Differenzkosten für die Leitungsverlegung im Boden:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch höheren Fußbodenaufbau ergeben sich größere Kosten für die Fassade, um die lichte Raumhöhe zu halten, Kosten für höhere Wände sowie für längere Treppenläufe. Ebenfalls sind die vertikal über mehrere Geschosse verlegten Leitungen länger. Die Kosten dafür belaufen sich insgesamt auf etwa 1,20DM/m<sup>2</sup> je cm Höhenunterschied zum konventionellen Bodenaufbau.</li> <li>• Differenz für Lohn- und Materialkosten für den Hohlraumboden zum konventionellen Bodenaufbau (ca. 40 DM/m<sup>2</sup>)</li> </ul>
<p><b><u>Anmerkung zu den Installationsleitungen:</u></b></p> <p>Die Kosten für die Installationsleitungen, sowie für das Verlegen sind in etwa gleich hoch. Zwar ist eine Abhängigkeit zwischen Grundriß und Installationsumfang gegeben, jedoch weichen die Kosten der beiden Verlegungsarten bei üblichen Mehrfamilienhäusern, aufgrund des ähnlichen Umfangs, nicht sonderlich voneinander ab.</p>

Abbildung 35: Kostenvergleich Hohlraumböden / konventionelle Bauweise

<sup>71</sup> siehe auch DIN 4109 Beiblatt 1 [18], Tab. 18, S. 20

Für einen Quadratmeter Hohlraumboden ergibt sich im Vergleich zur konventionellen Bauweise ein Kostenunterschied von etwa 11 DM/m<sup>2</sup> zu Ungunsten des Hohlraumbodens.

Doppelböden stellen aufgrund ihrer hohen Kosten von etwa 120 DM/m<sup>2</sup> und ihrer für den Wohnungsbau ungeeigneten Eigenschaften keine Alternative dar.

#### **4.3.8 Kostenvergleich Massivdecken**

Anders als bei den Wänden, sind nur wenige Massivdeckenarten realisierbar, die den Schallschutz der SSt I bis III technisch erfüllen.

Für den Kostenvergleich werden die Kosten verschiedener Deckentypen mit und ohne Berücksichtigung der Folgekosten durch Last- und Dickendifferenzen einander gegenübergestellt. Für die Deckendicke werden gemäß Abschnitt 4.3.2 0,40DM/m<sup>2</sup> Deckenfläche je cm Deckenhöhe berücksichtigt, und zusätzlich 0,80 DM/m<sup>2</sup> Deckenfläche je zusätzlich erforderliche cm Deckenhöhe bei Einsatz der biegeweichen Unterdecke. Für die Deckeneigenlast werden Fundamentkosten in Höhe von 9,48 DM je 10kN berücksichtigt (siehe Abschnitt 4.3.1).

Die im Anhang abgelegten Abbildungen D1 bis D3 zeigen die Kosten verschiedener Massivdecken bei unterschiedlichen Schallschutzanforderungen. Dabei werden die Investitionskosten mit und ohne Berücksichtigung von Folgekosten durch andere Deckendicken und –lasten ausgewiesen. Die Abbildungen D4 bis D12 stellen diese Ergebnisse grafisch dar. Es lassen sich folgende Abhängigkeiten/ Ergebnisse feststellen:

- Mit zunehmenden Schallschutzanforderungen steigt die Wirtschaftlichkeit von Massivdecken mit biegeweicher Unterdecke
- Die Differenzkosten, die durch eine unterschiedliche Deckendicke und Deckenlast verursacht werden, sind gering und betragen maximal etwa 5 % der Investitionskosten
- Die konventionelle Stahlbetondecke ist die wirtschaftlichste Lösung in allen Schallschutzstufen
- Die Kostenunterschiede für Deckenbauteile, um verschiedene Schallschutzstufen zu erreichen, sind wesentlich geringer als bei Wandbauteilen.



<b>Maßnahme:</b>	<b>mögliche Verbesserung des Luftschallschutzes:</b>	<b>mögliche Verbesserung des Trittschallschutzes:</b>
Masse erhöhen	hoch	hoch
Schwimmender Estrich	mittel	sehr hoch
Biegeweiche Unterdecke	mittel	gering bis mittel
Wahl der flankierenden Bauteile	hoch	mittel

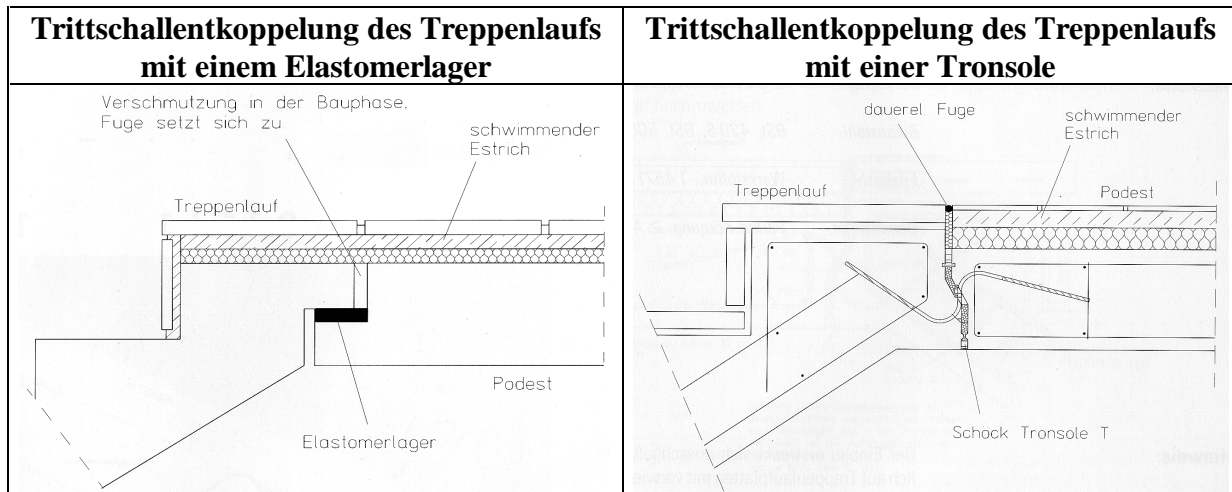
Abbildung 36: Einflußmöglichkeiten auf den Schallschutz bei Massivdecken

#### 4.4 Treppenläufe und -podeste

Die Landesbauordnung für Nordrhein-Westfalen [36], [44], fordert für tragende Bauteile notwendiger Treppen in Mehrfamilienhäusern mit geringer Höhe<sup>72</sup> die Verwendung von nichtbrennbaren Baustoffen (A), für höhere MFH wird die Brandschutzklasse F 90-A gefordert. Kostengünstig ist dieses i.a. nur durch Treppenläufe / -podeste aus Stahlbeton zu realisieren, nur sie sollen betrachtet werden. Andere Konstruktionen, z.B. aus Stahl und Holz, sind aufgrund Ihrer Pflege und Abnutzungserscheinungen für den Mehrfamilienwohnungsbau außerdem nicht empfehlenswert.

Damit der Trittschall aus dem Treppenlauf bzw. Podest nicht flankierende Bauteile anregt, sind bei den Berührungspunkten entsprechend schallschutztechnische Vorkehrungen zu treffen. Die Berührungspunkte mit anderen Bauteilen sind die Auflager und eventuell noch der „knirsch“ anliegende Bereich zwischen Lauf und Treppenraumwand. Eine Entkopplung der Auflagerpunkte ist aus schallschutztechnischen Gründen für einen Schallschutz unverzichtbar, der über den Mindestanforderungen der DIN 4109 liegt. Kostengünstig ist es, die Zahl der Auflagerpunkte und die Auflagerfläche gering zu halten. Es empfiehlt sich zusätzlich eine Fuge zwischen dem Treppenlauf und der Treppenraumwand anzuordnen, um die Berührungsfläche zu verringern und eine Schallübertragung auf die Wand zu verhindern. Eine Erhöhung der flächenbezogenen Masse verbessert die Trittschalldämmung von Lauf und Podest wie bei den Deckenplatten. Weichfedernde Bodenbeläge zur Trittschallverbesserung dürfen auch bei Treppenläufen und -podesten rechnerisch nicht berücksichtigt werden.

<sup>72</sup> „Gebäude geringer Höhe sind Gebäude, bei denen der Fußboden keines Geschosses mit Aufenthaltsräumen im Mittel mehr als 7m über der Geländeoberfläche liegt.“ gemäß [36], S. 13

Abbildung 37: Trittschallentkoppelung Treppenlauf / Auflager<sup>73</sup>

Werden Treppenlauf und -podest als trennende Bauteile, z.B. zwischen zwei fremden Wohnbereichen eingesetzt, so sind sie schallschutztechnisch wie eine Decke zu behandeln, mit der Konsequenz, daß neben Trittschall- auch Luftschallschutzanforderungen erfüllt werden müssen. Um die Luftschalldämmung bei einer annehmbaren Treppenstärke zu gewährleisten, müssen entsprechende Maßnahmen getroffen werden. Es bieten sich folgende Möglichkeiten zur Luftschalldämmung von trennenden Treppenläufen und -podesten an:

- Masse erhöhen analog zur Vorgehensweise bei Decken (siehe Abschnitt 4.3)
- Estrich (siehe auch Abschnitt 4.3.8.2)
- Biegeweiche Unterdecke (siehe auch Abschnitt 4.3.8.1)

Die Trittschallschutzanforderungen/ -empfehlungen für Treppenläufe und -podeste ergeben sich wie folgt für die verschiedenen Schallschutzstufen:

**Tabelle 35: Schallschutzanforderungen/ -Empfehlungen Treppenläufe/ -podeste**

$L'_{n,w}$ [dB]	Anwendungsbereiche des Bauteils
58	Treppenläufe und -podeste DIN 4109
53 <sup>1)</sup>	Treppenläufe und -podeste innerhalb von Wohnungen, die sich über zwei Geschosse erstrecken DIN 4109
46 <sup>1)</sup>	Treppenläufe und -podeste innerhalb von Wohnungen, die sich über zwei Geschosse erstrecken VDI 4100, SSt II und SSt III
46	Treppenläufe und -podeste VDI 4100, SSt II
39	Treppenläufe und -podeste VDI 4100, SSt III

1) Übertragung aus dem eigenen Wohnbereich in fremde Aufenthaltsräume. Der Korrekturfaktor  $K_T$  gemäß Tabelle 36 und Abschnitt 4.1.1 DIN 4109, Beiblatt 1 wird mit  $K_T = + 5\text{dB}$  angesetzt.

<sup>73</sup> aus Fa. Schöck Informationsbroschüre [28], S. 8 f.

Bei den Treppenläufen und -podesten sind kaum Variationsmöglichkeiten für den Trittschallschutz in Hinblick auf Baustoffwahl und Konstruktionsmöglichkeit gegeben. Ein schwimmender Estrich ist nur auf den Podesten möglich, die Anwendung eines weichfedernden Bodenbelages ist wie bei Decken ausgeschlossen. Dadurch beschränkt sich die Einflußnahme auf den Trittschallschutz von Treppenläufen und –podesten auf die

- Auflagerung der Treppenläufe auf die Podeste.
- Auflagerung der Podeste auf die Treppenraumwände.
- Verbindung zwischen Treppenlauf und Treppenraumwand.
- Ausführung der Treppenraumwand (ein- oder zweischalig).
- Verwendung eines schwimmenden Estrichs für Treppenpodeste.

Um nun den gewünschten Schallschutz zu gewährleisten, müssen beide Bauteile (Treppenlauf und –podest) die Anforderung erfüllen. Die Tabelle 36 zeigt die Kennwerte verschiedener Treppenläufe auf, die Tabelle 37 die von verschiedenen Treppenpodesten. Alle Typen eignen sich als Ortbetonvariante und auch als Fertigteillösung. Kosten infolge von Lastunterschieden sind vernachlässigbar gering und werden nicht berücksichtigt.

Die Kosten für die Treppenläufe und –podeste werden nach der gleichen Methode wie die für Wände und Decken angewendete kalkuliert (siehe Seite 70 und 103).

**Tabelle 36: Kennwerte verschiedener Treppenläufe**

Treppenlauf-typ	vorh. $L'_{n,w,R}$ [dB]	Aufbau	Kosten für einen geraden Treppenlauf 8 Stg. 17,2 / 29,0 cm Breite = 1,00 m
1	58	Stahlbetontreppenlauf d=120 mm, abgesetzt von der Treppenraumwand, Treppenraumwand einschalig, biegesteif mit $m' \geq 380 \text{ kg/m}^2$ Mit dem Stb.-Podest fest verbunden oder starr aufgelagert	832,71 DM
2	43	Stahlbetontreppenlauf d=120 mm, abgesetzt von der Treppenraumwand, Treppenraumwand zweischalig, biegesteif mit durchgehender Gebäudetrennfuge Mit dem Stb.-Podest fest verbunden oder starr aufgelagert	832,71 DM *)
3	46	Stahlbetontreppenlauf d=120 mm, abgesetzt von der Treppenraumwand, Treppenraumwand einschalig, biegesteif mit $m' \geq 380 \text{ kg/m}^2$ mit dem Stb.-Podest über Schöck Tronsole T verbunden (siehe Abb. 38)	1229,85 DM

4	38	Stahlbetontreppenlauf d=120 mm, abgesetzt von der Treppenraumwand, Treppenraumwand einschalig, biegesteif mit $m' \geq 380 \text{ kg/m}^2$ mit dem Stb.-Podest mittels Elastomerlager Schöck Tronsole F aufgelagert (siehe Abb. 39)	905,01 DM
*) Die Kosten für die zweischalige Treppenraumwand sind nicht berücksichtigt.			

**Tabelle 37: Kennwerte verschiedener Treppenpodeste**

Treppenpodesttyp	vorh. $L'_{n,w,R}$ [dB]	Aufbau	Kosten für ein Treppenpodest 2,20 x 1,50 m
1	70	Stahlbetonpodest d=120mm, fest mit der Treppenraumwand verbunden, Treppenraumwand einschalig, biegesteif ohne schwimmenden Estrich oder trittschallverbessernden Bodenbelag	458,79 DM
2	50	Stahlbetonpodest d=120mm, fest mit der Treppenraumwand verbunden, Treppenraumwand zweischalig, biegesteif ohne schwimmenden Estrich oder trittschallverbessernden Bodenbelag	458,79 DM *)
3	49	Stahlbetonpodest d=180mm, mit Konsolen Schöck Tronsole V auf der Treppenraumwand aufgelagert, Treppenraumwand einschalig, biegesteif mit $m' \geq 380 \text{ kg/m}^2$ , ohne schwimmenden Estrich oder trittschallverbessernden Bodenbelag (siehe Abb. 40)	1185,22 DM
4	40	Stahlbetonpodest d=180mm, mit Konsolen Schöck Tronsole AZT auf der Treppenraumwand aufgelagert, Treppenraumwand einschalig, biegesteif mit $m' \geq 380 \text{ kg/m}^2$ , ohne schwimmenden Estrich oder trittschallverbessernden Bodenbelag (siehe Abb. 41)	1457,38 DM
5	$\ll 40$ <sup>1)</sup>	Stahlbetonpodest d=180mm, mit Konsolen Schöck Tronsole AZT auf der Treppenraumwand aufgelagert, Treppenraumwand einschalig, biegesteif mit $m' \geq 380 \text{ kg/m}^2$ , schwimmender Estrich mit $\Delta L_{w,R} = 28 \text{ dB}$ (siehe Abb. 42)	1476,58 DM
6	38	Stahlbetonpodest d=120mm, fest mit der Treppenraumwand verbunden, Treppenraumwand einschalig, biegesteif mit $m' \geq 380 \text{ kg/m}^2$ , schwimmender Estrich mit $\Delta L_{w,R} = 28 \text{ dB}$	478,59 DM
1) vorh. $L'_{n,w,R}$ beträgt ohne schwimmenden Estrich 40 dB, in Verbindung mit einem schwimmenden Estrich wird dieses Maß deutlich unterschritten, jedoch ist eine quantitative Aussage hierzu nicht möglich.			
*) Die Kosten für die zweischalige Treppenraumwand sind nicht berücksichtigt.			

Die einzelnen Treppenläufe und –podeste können untereinander zwar beliebig kombiniert werden, es ergeben sich jedoch mehr oder minder sinnvolle Kombinationen, die bevorzugt werden sollten, um die Schallschutzanforderungen/ -empfehlungen der verschiedenen

Schallschutzstufen zu erfüllen (siehe Tabelle 38). Die Kosten in der Tabelle 38 setzen sich entsprechend aus den einzelnen Werten der Tabellen 36 und 37 zusammen.

**Tabelle 38: Kennwerte verschiedener Treppenlauf und –podest Kombinationen**

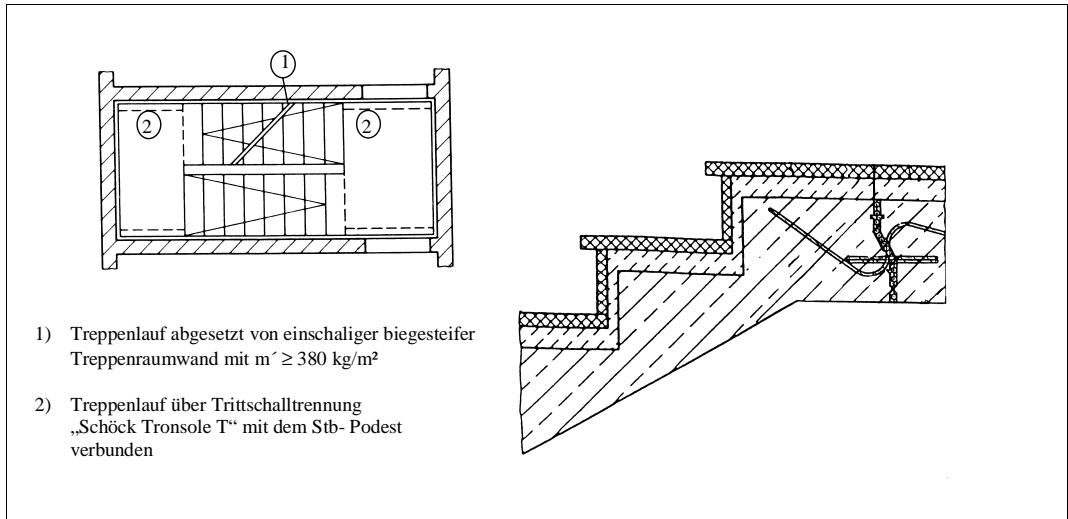
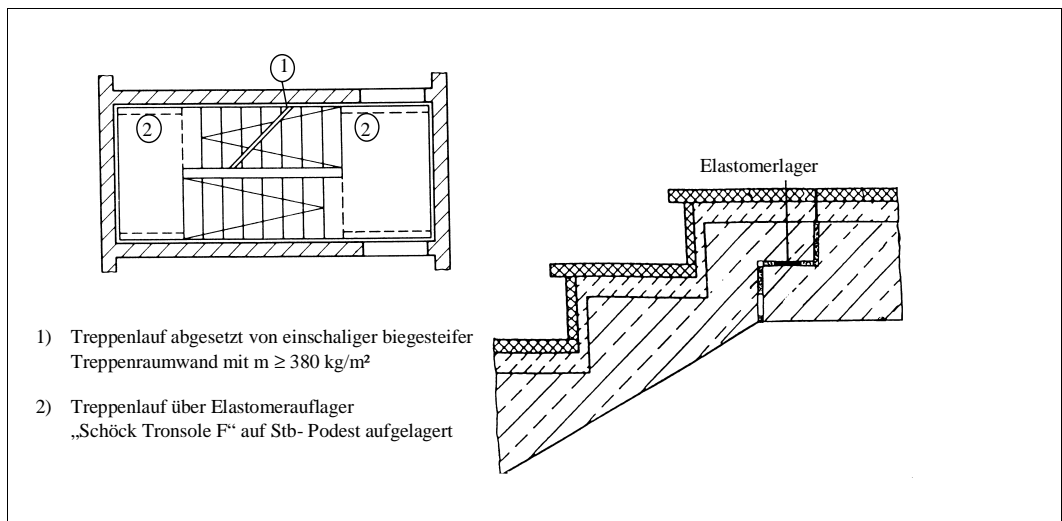
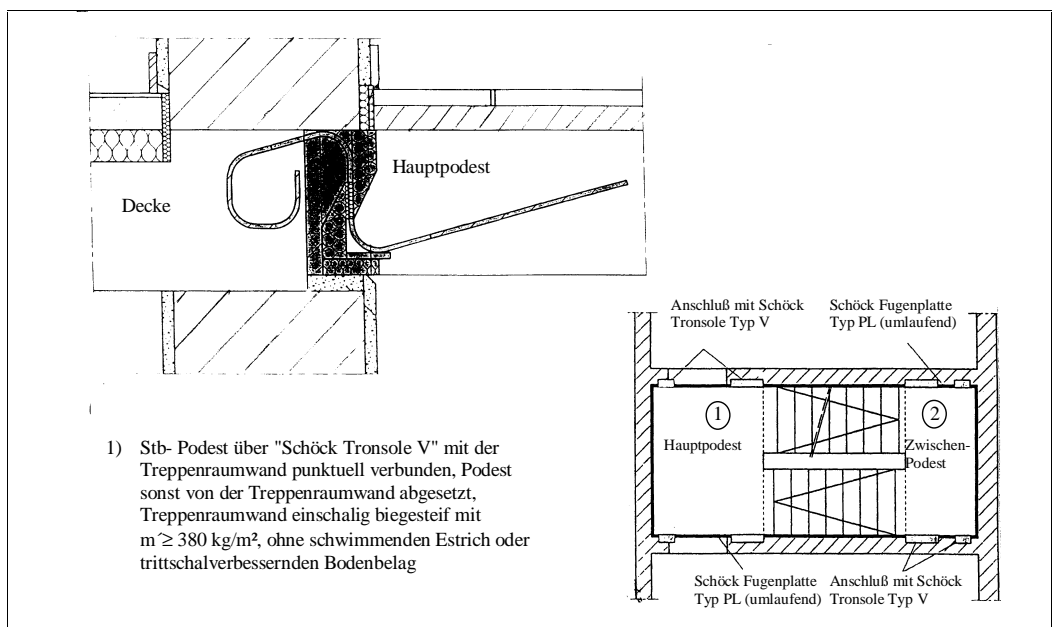
Anforderung $L'_{n,w}$ [dB]	vorh. $L'_{n,w,R}$ [dB]	Kombination von Treppenlauf und –podest gemäß Tabelle 36 und 37	Kosten für zwei Treppenläufe und zwei Treppenpodeste
keine	70	Treppenlauftyp 1 Podesttyp 1	2583,00 DM <i>100,0 %</i> <b>100,0 %</b>
58 53 <sup>1)</sup>	58/ 53 <sup>1)</sup>	Treppenlauftyp 1 Podesttyp 6	2622,60 DM <i>100,0 %</i> <b>101,5 %</b>
	58/ 53 <sup>1)</sup>	Treppenlauftyp 1 Podesttyp 3	4035,86 DM <i>153,9 %</i> <b>156,2 %</b>
	58/ 53 <sup>1)</sup>	Treppenlauftyp 1 Podesttyp 4	4580,18 DM <i>174,6 %</i> <b>177,3 %</b>
	58/ 53 <sup>1)</sup>	Treppenlauftyp 1 Podesttyp 5	4618,58 DM <i>176,1 %</i> <b>178,8 %</b>
46 <sup>1)</sup>	45 <sup>1)</sup>	Treppenlauftyp 2 Podesttyp 2	2583,00 DM *) <i>100,0 %</i> <b>100,0 %</b>
	45 <sup>1)</sup>	Treppenlauftyp 3 Podesttyp 2	3377,28 DM <i>130,8 %</i> <b>130,8 %</b>
	44 <sup>1)</sup>	Treppenlauftyp 3 Podesttyp 3	4830,14 DM <i>187,0 %</i> <b>187,0 %</b>
	41 <sup>1)</sup>	Treppenlauftyp 3 Podesttyp 6	3416,88 DM <i>132,3 %</i> <b>132,3 %</b>
	45 <sup>1)</sup>	Treppenlauftyp 4 Podesttyp 2	2727,60 DM <i>105,6 %</i> <b>105,6 %</b>
	44 <sup>1)</sup>	Treppenlauftyp 4 Podesttyp 3	4180,46 DM <i>161,8 %</i> <b>161,8 %</b>
	33 <sup>1)</sup>	Treppenlauftyp 4 Podesttyp 6	2767,20 DM <i>107,1 %</i> <b>107,1 %</b>
46	46	Treppenlauftyp 3 Podesttyp 4	5374,46 DM <i>157,3 %</i> <b>208,1 %</b>
	46	Treppenlauftyp 3 Podesttyp 5	5412,86 DM <i>158,4 %</i> <b>209,6 %</b>
	46	Treppenlauftyp 3 Podesttyp 6	3416,88 DM <i>100,0 %</i> <b>132,3 %</b>
	40	Treppenlauftyp 4 Podesttyp 4	4724,78 DM <i>138,3 %</i> <b>182,9 %</b>
	38	Treppenlauftyp 4 Podesttyp 5	4763,18 DM <i>172,1 %</i> <b>184,4 %</b>
39	38	Treppenlauftyp 4 Podesttyp 6	2767,20 DM <i>100,0 %</i> <b>107,1 %</b>

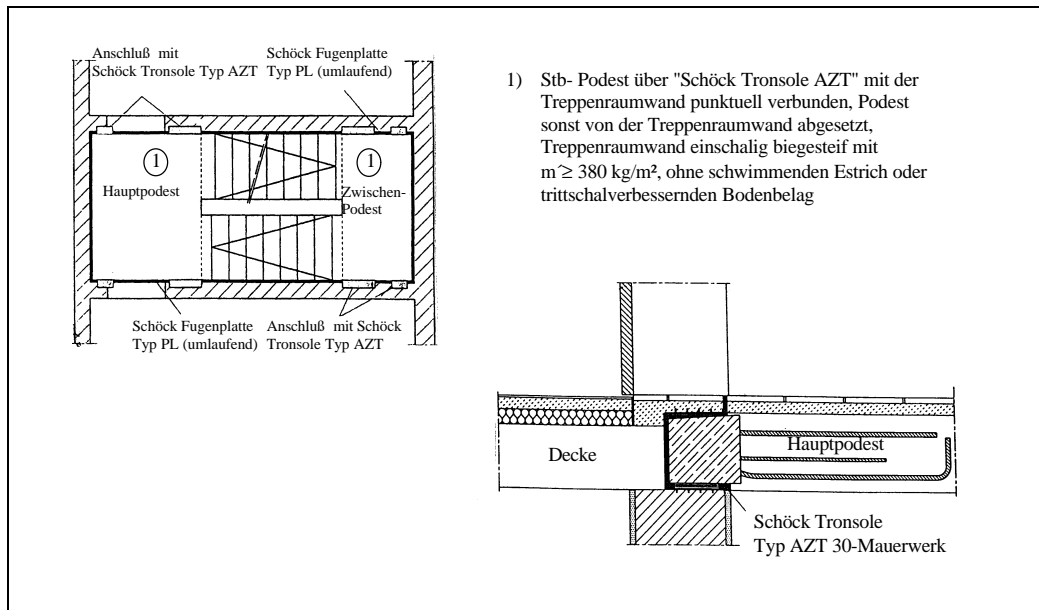
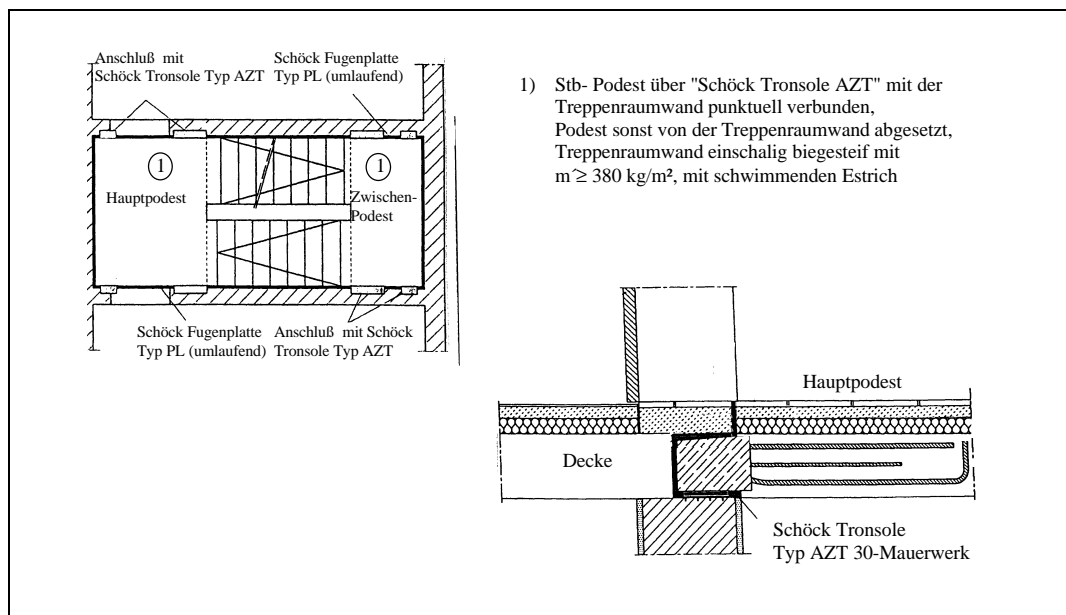
1) Übertragung aus dem eigenen Wohnbereich in fremde Aufenthaltsräume. Der Korrekturfaktor  $K_T$  gemäß Tabelle 36 und Abschnitt 4.1.1 DIN 4109, Beiblatt 1 wird mit  $K_T = + 5\text{dB}$  angesetzt.

**Fett** gedruckte Werte sind in Relation zur Kombination mit den niedrigsten Kosten gesetzt.

*Kursiv* gedruckte Werte sind in Relation zur Kombination mit den niedrigsten Kosten innerhalb ihrer Anforderungsgruppe gesetzt.

\*) Die Kosten für die zweischalige Treppenraumwand sind nicht berücksichtigt.

Abbildung 38: Treppenlauf Typ 3, vorh.  $L'_{n,w,R} = 46 \text{ dB}$ Abbildung 39: Treppenlauf Typ 4, vorh.  $L'_{n,w,R} = 38 \text{ dB}$ Abbildung 40: Treppenpodest Typ 3, vorh.  $L'_{n,w,R} = 49 \text{ dB}$

Abbildung 41: Treppenpodest Typ 4, vorh.  $L'_{n,w,R} = 40 \text{ dB}$ <sup>74</sup>Abbildung 42: Treppenpodest Typ 5, vorh.  $L'_{n,w,R} \ll 40 \text{ dB}$ <sup>75</sup>

#### 4.5 Installationen / haustechnische Anlagen

Installationen und haustechnische Anlagen sind ein wesentlicher Bestandteil von Wohngebäuden. Sie erstrecken sich im gesamten Baukörper und verbinden dadurch einzelne

<sup>74</sup> aus [61], S. 48 f.

<sup>75</sup> aus [61], S. 57 f.

Wohnungen schalltechnisch miteinander. Die wichtigsten Installationen und haustechnischen Anlagen, die beim Mehrfamilienhaus betrachtet werden müssen sind:

- Wasser- und Abwasseranlagen mit zugehörigen Sanitärgegenständen (Waschbecken, Dusche, WC, Bidet, Urinal)
- Heizungsanlagen mit den zugehörigen Leitungen und Heizkörpern
- Gasleitungen
- Elektroleitungen
- Lüftungsanlagen für innenliegende Bäder

Weniger häufig kommen die nachfolgenden haustechnischen Anlagen vor, die aufgrund ihrer schalltechnischen Beeinflussung aber trotzdem betrachtet werden müssen:

- Aufzüge
- Müllschlucker
- Garagentore mit elektrischem Antrieb
- Rolläden mit elektrischem Antrieb
- Garagenanlagen
- Gemeinschaftswaschanlagen
- Schwimmanlagen und Saunen
- Sportanlagen
- Zentrale Staubsaugeranlagen

Im Gegensatz zu den raumbildenden Bauteilen sind die Anforderungen/ Empfehlungen und Bemessungsverfahren für Installationen und haustechnischen Anlagen in der DIN 4109 und VDI 4100 unzureichend formuliert (siehe Abschnitt 3.1.2), deshalb ist es besonders schwierig, die Wasser- und Abwasserinstallationen entsprechend wirtschaftlich auszulegen. Die verbreitete Regel „Die Wasser- und Abwasserinstallationen auf  $L_{In} = 25\text{dB(A)}$  hin zu planen, um nach der Ausführung  $L_{In} = 35\text{dB(A)}$  zu erhalten“ wird nicht ohne Grund erwähnt und angewendet. Empfehlungen für die Ausführung der SSt III fehlen in den Regelwerken gänzlich. Folgende Anforderungen nach DIN / Empfehlungen nach VDI werden den Installationen und haustechnischen Anlagen innerhalb der verschiedenen Schallschutzstufen auferlegt:



**Tabelle 39: Anforderungen/Empfehlungen an Installationen und haustechnische Anlagen**

Geräuschquelle	DIN 4109/ VDI 4100 SSt I	VDI 4100 SSt II	VDI 4100 SSt III
Geräusche von Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam) $L_{In}$ [dB(A)]	35 <sup>1)4)</sup>	30 <sup>3)</sup>	25 <sup>3)</sup>
Geräusche von haustechnischen Anlagen $L_{AFmax}$ [dB(A)]	30 <sup>2)</sup>	30	25

<sup>1)</sup> Einzelne, kurzzeitige Spitzen, die beim Betätigen der Armaturen und Geräte nach Tabelle 6 DIN 4109 (Öffnen, Schließen, Umstellen, Unterbrechen, u.a.) entstehen, sind z.Z. nicht zu berücksichtigen.

<sup>2)</sup> Bei Lüftungstechnischen Anlagen sind um 5dB(A) höhere Werte zulässig, sofern es sich um Dauergeräusche ohne auffällige Einzeltöne handelt.

<sup>3)</sup> Wenn Abwassergeräusche gesondert (ohne die zugehörigen Armaturengeräusche) auftreten, sind wegen der erhöhten Lästigkeit dieser Geräusche um 5dB niedrigere Werte einzuhalten.

<sup>4)</sup> Eine Erhöhung der Anforderung auf  $L_{In} = 30\text{dB(A)}$  wurde bereits durch den Beschluß des zuständigen Normenausschusses im Juli 1997 verabschiedet, bis Frühjahr 1998 ist jedoch noch keine Änderung als Weißdruck erschienen, so daß z.Z. noch  $L_{In} = 35\text{dB(A)}$  öffentlich-rechtlich geschuldet werden.

Durch die Erhöhung der Anforderung in der DIN 4109, Tabelle 4, für Geräusche von Wasserinstallationen (Wasser- und Abwasseranlagen gemeinsam) von  $L_{In} = 35\text{ dB(A)}$  auf  $30\text{ dB(A)}$  durch den Beschluß des zuständigen Normenausschusses im Juli 1997 (z.Z. noch nicht rechtskräftig), werden die Anforderungen der DIN 4109 bzw. SSt I VDI 4100 auf das Niveau der SSt II angehoben. Unterschiede bestehen lediglich in der Zusatzforderung der SSt II, daß  $L_{In} = 25\text{ dB(A)}$  zu erfüllen ist, wenn Abwassergeräusche gesondert, ohne die zugehörigen Armaturengeräusche auftreten und daß die VDI-Richtlinie Betätigungsgeräusche in die Betrachtung einbezieht. Infolge dieser Anforderungsverschärfung ist eine Wasser- und Abwasserinstallation bei üblichen Grundrissen ohne Vorwandinstallation nur noch mit körperschallentkoppelten Leitungen und Sanitärelementen möglich und es sind i.a. Armaturen der Armaturengruppe I erforderlich. In Ausnahmefällen kann ein geringerer Aufwand zur Erfüllung der Anforderung betrieben werden, aufgrund fehlender Berechnungsverfahren ist aber keine Verallgemeinerung möglich.

Die innerhalb der Arbeit für Wasser- und Abwasserinstallationen getroffenen Schallschutzaussagen für die SSt II gelten auch für die DIN 4109, bzw. SSt I nach der Rechtswirksamkeit der Herabsetzung von  $L_{In}$  auf  $30\text{dB(A)}$ , wobei jedoch zu beachten ist, daß dadurch nicht die gesamte SSt II mit der SSt I bzw. DIN 4109 übereinstimmt, denn es gelten andere Luftschall- und Trittschallschutzanforderungen/ -empfehlungen.

## **4.5.1 Wohnungsinterne Installationen/ haustechnische Anlagen**

### **4.5.1.1 Installationsleitungen**

Es gibt mehrere Möglichkeiten, die Installationsleitungen (Wasser-, Abwasser-, Heizungs-, Gas-, Elektroleitungen, etc.) zu verlegen. Die im Wohnungsbau üblichen werden nachfolgend dargestellt:

- In der Wand (unter Putz)
- Auf der Wand (auf Putz)
- Im Boden

Die Leitungsführung im Hohlraum einer abgehängten Decke wird nicht betrachtet, da diese Lösung aufgrund der höheren Kosten im Vergleich zur Verlegung in oder auf der Wand kaum angewendet wird. Ein Wirtschaftlichkeitsvergleich ist analog zu dem eines Hohlraumbodens zu führen.

#### **In der Wand:**

Diese Art der Leitungsverlegung ist für Elektro- und Wasserleitungen in Massiv- und Leichtbauwänden üblich. Dabei ist zu berücksichtigen, daß durch das Schlitzen der Massivwand eine schallschutztechnische Schwächung vorliegt, die zwar weitgehend durch das Wiederverschließen mit Mörtel abgebaut wird, jedoch bleibt nicht immer an allen Stellen der Wand ausreichende Querschnittsfläche erhalten. Besonders dünne Massivwände mit 5 oder 7 cm Dicke erfahren hierdurch eine unzulässige Schwächung. Lutz [2] gibt die Verschlechterung der Luftschalldämmung einer Massivwand, in der eine Rohrleitung innerhalb eines Wandschlitzes mit einer Breite kleiner 250mm verlegt ist, mit etwa 1 dB an, vorausgesetzt es erfolgt eine einwandfreie Verfüllung des Wandschlitzes mit Mörtel o.ä.

Statisch wird die Wand durch Schlitze ebenfalls geschwächt, die Abbildung 47 zeigt die zulässigen Abmessungen für Schlitze in Mauerwerkswänden auf. Verbunden mit dieser Art der Leitungsverlegung ist ein hoher Arbeitsaufwand. Nachinstallationen und Reparaturen erfordern relativ hohen Kosten- und Zeitaufwand, wobei die Kosten der zu verlegenden bzw. zu reparierenden Leitung lediglich einen Bruchteil der gesamten Kosten für die Maßnahme betragen.

Für Stahlbetonwände gelten die gleichen Aussagen wie für Mauerwerkswände, jedoch werden die Leitungen besser vom Baustoff umschlossen, als dies bei der „nachträglichen“ Installation in der vorhandenen Mauerwerkswand der Fall ist. Nachinstallationen und Reparaturen

verursachen einen extrem hohen Aufwand und entsprechend hohe Kosten. Dieses ist durch die Baustoffhärte, die Bewehrung und aufwendiges Verschließen des Schlitzes bedingt.

In leichten Ständerwerkswänden ist eine Verlegung von Wasser- und Abwasserinstallationsleitungen körperschallschutztechnisch günstig, da anders als bei der Verlegung in einer Massivwand, die schallgedämmten Leitungen nur an einigen wenigen Punkten des (Metall-) Ständers befestigt werden und sonst auf einer großen Länge innerhalb der Wanddämmung verlegt sind. Nachinstallationen und Reparaturen sind durch Abnehmen der Beplankung kostengünstig und problemlos möglich. Beim Einsatz solcher Wände ist jedoch zu berücksichtigen, daß der Luftschallschutz sich durch die in der Wand verlegten Rohrleitungen oftmals erheblich verschlechtert, so daß die erreichbaren Schalldämm-Maße nicht mehr mit den Herstellerangaben übereinstimmen.

### **Auf der Wand:**

Aus optischen Gründen bedarf die Leitungsverlegung auf der Wand üblicherweise einer Verkleidung, da eine Wohnung auch den ästhetischen Anforderungen der Käufer genügen muß. Schallschutztechnisch ist es sinnvoll, die Leitungen auf einer (Massiv-)Wand zu verlegen, es entstehen dadurch nur wenige Berührungspunkte und die Wand wird in statischer und schallschutztechnischer Sicht nicht geschwächt. Für die Verkleidung der Wand, bzw. der aufgesetzten Installation, empfiehlt sich eine biegeeweiche Vorsatzschale, die in Kombination mit der Massivwand auch den hohen Schallschutzempfehlungen der Schallschutzstufe III genügt (siehe Abschnitt 4.1.8). Die Gesamtdicke einer solchen Wand weicht geringfügig von der einer schallschutztechnisch gleichwertigen Mauerwerkswand hoher Rohdichte ohne Vorsatzschale ab.

Die Wirtschaftlichkeit hängt von der Anzahl der Installationen ab. Ein einzelnes Medium, z.B. die Elektroinstallation gemäß obiger Beschreibung zu verlegen, rechtfertigt den Aufwand und die damit verbundenen Kosten nicht. Kommen jedoch mehrere Leitungen verschiedener Gewerke zur Ausführung, so steigt die Wirtschaftlichkeit. Es entfallen Kosten für das Fräsen und Wiederverfüllen der Wandslitze und das Verputzen, jedoch entstehen Kosten für die Vorsatzschale sowie für das Spachteln der Oberfläche.

Eine weitere Möglichkeit, Installationsleitungen auf der Wand zu verlegen, ist der Einsatz einer vorgesetzten Fußleiste als Kabelkanal, die ebenfalls eine problemlose Nachinstallation von Leitungen, z.B. für Fernsehen oder Telefon zuläßt. In wie weit diese Variante dem Bauherrn

optisch zusagt, muß er selbst entscheiden. Unpraktisch ist, daß die Leiste weit in den Raum ragt und somit das Stellen von Schränken erschwert wird. In einer dickeren Wand kann die Leiste in den Fußbereich integriert werden, was aber mit einem Mehraufwand verbunden ist.



Abbildung 43: Leitungsverlegung in der Fußleiste<sup>76</sup>

### **Im Boden:**

Bei der Verlegung von Leitungen im Boden, z. B. Heizungsleitungen, erfolgt diese zweckmäßigerweise auf der Massivdecke, wodurch eine schallschutztechnische Schwächung der Deckenplatte in den Bereichen der Installation entfällt. Eine Körperschallentkopplung der Leitungen ist ebenfalls besser möglich als bei einbetonierten Leitungen.

#### **4.5.1.2 Wasser- und Abwasseranlagen**

Geräusche aus Wasser- und Abwasseranlagen zählen zu den unangenehmsten Lärmbelästigungen, die innerhalb von Wohnungen und zwischen diesen auftreten können. Sie stellen oft einen wesentlichen Grund von Schallschutzbeschwerden dar. Die Anforderungen der DIN 4109 bzw. der SSt I begrenzen die Betriebsgeräusche, z.B. Strömungsgeräusche, solcher Anlagen, die SSt II und III beschränken zusätzlich auch noch die Betätigungsgeräusche, z.B. Öffnen, Schließen und Umstellen von Armaturen. Nutzergeräusche, wie z.B. Plätschern,

<sup>76</sup> aus Fa. Rehau Informationsbroschüre [30], S. 3

Rutschen in der Badewanne, Spureinlauf beim WC, etc., werden nicht von den beiden Regelwerken berücksichtigt, da sie nicht reproduzierbar sind.

Wesentliche Bestandteile von Wasser- und Abwasseranlagen sind:

- Warm- und Kaltwasserleitungen
- Armaturen
- Abwasserleitungen
- Sanitärgegenstände (Waschbecken, Dusche, Badewanne, WC, etc.)

Für Wasser- und Abwasseranlagen in Küchen, Gemeinschaftswaschräumen, sowie in sonstigen haustechnischen Anlagen gelten die Anforderungen und Ausführungen sinngemäß.

### **Warm- und Kaltwasserleitungen:**

DIN 4109 und VDI 4100 fordern für einschalige Wände, an oder in denen Armaturen, Wasser- oder Abwasserleitungen befestigt sind, eine flächenbezogene Masse von mindestens 220 kg/m<sup>2</sup> oder bei geringerer Masse einen Eignungsnachweis darüber, daß die Übertragung von Installationsgeräuschen nicht schlechter als bei solchen Wänden ist. Das gilt ebenfalls für Wasserinstallationen in oder auf Massivdecken. Die VDI 4100 nennt folgende Einflußfaktoren für den Schallschutz:

#### Bauliche Einflußgrößen:

- Lage der Naßräume im Gebäude zum nächsten zu schützenden Aufenthaltsraum (Grundrißanordnung)
- Anordnung der Installationswand zur Raumtrennwand oder zu den flankierenden Wänden
- Flächenbezogene Masse der Installationswand

#### Installationstechnische Einflußgrößen:

- Wahl der Armaturengruppe
- Ruhe- und Fließdruck der Anlage
- Lage der Rohrleitungen zur Raumtrennwand oder zu den flankierenden Wänden
- Befestigung der Rohrleitungen an den Raumbegrenzungen

Eine Beeinflußbarkeit vom Grundriß wird nicht weiter verfolgt, da dieser durch die Nutzung vorgegeben wird (siehe auch Abschnitt 3.1.1).

Der Ruhe- und Fließdruck ist nicht beliebig einstellbar, da sonst eine zu geringe Fließgeschwindigkeit erreicht wird. Ein wesentlicher Faktor, den Körperschall von Wasserinstallationen zu reduzieren bzw. nicht auf andere Bauteile zu übertragen, wird durch eine körperschallentkoppelte Befestigung und körperschallgedämmte Ummantelung der Rohrleitungen erreicht (siehe Abbildung 44).



Abbildung 44: Körperschallentkoppelte und -gedämmte Wasserinstallation<sup>77</sup>

Eine entsprechende Verlegung ist auf der Wand oder in einem Wandschlitz möglich. Die auf der Wand verlegte Leitung ist schallschutztechnisch die bessere Lösung. Eine körperschallentkoppelte Auflagerung und körperschallgedämmte Verlegung der Rohrleitungen ist für auf und unter Putz verlegte Wasser- und Abwasserleitungen zwingend erforderlich. Bei auf und unter Putz verlegten Wasser- und Abwasserleitungen der SSt I kann die Körperschalldämmung entfallen, wenn sichergestellt wird, daß die Rohrleitungen lediglich über die Auflagerung mit dem Bauteil verbunden sind.

Eine sehr effektive Möglichkeit, einen hohen Schallschutz zu erreichen, ist die akustische Entkoppelung des Installationssystems und seiner Sanitärgegenstände durch eine Vorwandinstallation (siehe Abschnitt 4.5.1.3).

### **Armaturen:**

Armaturen sind als Endstücke der Wasserversorgungsinstallation für das schallschutztechnische Gelingen oder Versagen der gesamten Anlage verantwortlich. Die DIN 4109 schreibt die Schallschutzanforderungen der Armaturen (Gruppe I und II) in Abhängigkeit

<sup>77</sup> aus [65], S. 254

von der Wand und den angrenzenden Räumen vor. Die VDI 4100 empfiehlt für die SSt II bei ungünstiger Grundrißanordnung (siehe Abschnitt 3.1.1) einen Armaturengeräuschpegel von  $L_{ap} \leq 15\text{dB(A)}$ , also 5dB unter dem der Armaturengruppe I, bei einer günstigen Grundrißanordnung ist die Armaturengruppe I ausreichend. Die in Tabelle 12, VDI 4100 empfohlenen Armaturengeräuschpegel in Abhängigkeit verschiedener Installationsgeräuschpegel fordern für die Einhaltung der SSt II bis zu 10 dB(A) für den Armaturengeräuschpegel, also extrem geringe Werte, die nach den Angaben führender Armaturenhersteller technisch z.Z. noch nicht erreichbar sind. Für die Schallschutzstufe III stellt die VDI 4100 erst gar keine Empfehlungen.

Es sind etwa folgende Kosten für optisch gleiche Armaturen unterschiedlicher Anforderungen einzukalkulieren:

Armatur ohne Armaturengruppe	etwa 75 DM / Stk
Armatur der Armaturengruppe II	etwa 95 DM / Stk
Armatur der Armaturengruppe I	etwa 150 DM / Stk

Es ist ersichtlich, daß auch bei zwei Bädern innerhalb einer Wohnung die Kosten nur geringfügig durch den Einsatz unterschiedlicher Schallschutzstandarts der Armaturen verändert werden.

### **Abwasserleitungen:**

Geräusche aus Abwasseranlagen sind noch unangenehmer als Geräusche aus anderen haustechnischen oder Wasserversorgungsanlagen, da sie mit den darin transportierten Fäkalien in Verbindung gebracht werden. Auch hier ist für einen Schallschutz nach den SSt II und III eine Körperschalldämmung der Rohrleitungen sowie eine entsprechend körperschall-entkoppelte Auflagerung unerlässlich, die analog den Warm- und Kaltwasserleitungen auszuführen ist. Im allgemeinen werden Abwasserleitungen aufgrund der großen Rohrdurchmesser jedoch auf der Wand verlegt und verkleidet, eine flächenbezogene Masse von mindestens 220 kg/m<sup>2</sup> gilt für diese einschaligen Wände und Decken als Untergrenze. Für leichtere Wände ist ein entsprechender Eignungsnachweis erforderlich. Für vertikalverlegte Abwasserleitungen sei auf den Abschnitt 4.5.1.4 Schächte hingewiesen.

**Sanitärgegenstände:**

Sanitärgegenstände bilden über die Anschlüsse mit den zugehörigen Wasser- und Abwasserleitungen eine Einheit und müssen deshalb entsprechend bei der Schallschutzplanung berücksichtigt werden. Durch die Benutzung entsteht erheblicher Körperschall, der als äußerst lästig empfunden wird, wenn er sich innerhalb des Gebäudes verbreitet. Als Verursacher treten im wesentlichen WC, Dusche, Badewanne, Waschbecken und Bidet auf.

Duschtassen und Badewannen lassen sich mit Hartschaumträgerelementen oder speziellen Stützenfüßen und Wandschienen schallentkoppelt von Wand und Decke aufstellen, wodurch ein hoher Schallschutz erreicht wird. Er liegt deutlich unter den geforderten 25dB(A) für  $L_{In}$  zur Erfüllung der SSt III. Für WC und Bidet empfiehlt sich eine wandhängende Auflagerung, die in Verbindung mit Montageplatten aus Ethylen-Vinylacetat zwischen Wand und Sanitärelement eine Verbesserung von 3 bis 6 dB der Betätigungs- und Nutzergeräusche erreichen läßt (siehe [69]). Für bodenstehende WC's und Waschbecken können mit Dämmbändern zwischen Boden bzw. Wand und dem Sanitärgegenstand die Betätigungs- und Nutzergeräusche zwischen 1 und 2 dB abgesenkt werden, bei Geräuschspitzen sogar um 3 bis 8 dB (siehe [70]), eine Notwendigkeit um die Empfehlungen der SSt II zu erfüllen.

WC-Spülkästen verursachen ebenfalls Körperschallgeräusche, die zum Erreichen der SSt II und III durch eine Körperschallentkopplung gemindert werden müssen. Konstruktiv kann das z.B. durch vollständiges Umkleiden mit Dämm-Material für unter Putz Kästen erfolgen, Aufputzkästen können durch Zwischenschalten von Gummiauflagern körperschallentkoppelt befestigt werden.

Eine Vorwandinstallation gemäß Abschnitt 4.5.1.3 erfüllt auch in Verbindung mit den Sanitärelementen die Empfehlungen an einen hohen Schallschutz und ist für die SSt III i.a. erforderlich.

Nachfolgend wird ein Kostenvergleich von Wasser- und Abwasserinstallationen der verschiedenen Schallschutzstufen aufgezeigt:



**Tabelle 40: Kostenvergleich Wasser- und Abwasserinstallation SSt I, II und III**

<b>Kostenvergleich der Wasser- und Abwasserinstallation innerhalb einer 100m<sup>2</sup> Wohnung mit einem Bad und WC bei verschiedenem Schallschutz</b>			
<b>Bauteil</b>	<b>DIN 4109 VDI 4100 SSt I</b>	<b>VDI 4100 SSt II</b>	<b>VDI 4100 SSt III</b>
Körperschalldämmung und –entkopplung für Warm- und Kaltwasserleitung DN 15 17,0m	17,0m x 9,50 DM/m = 161,50 DM	17,0m x 9,50 DM/m = 161,50 DM	17,0m x 9,50 DM/m = 161,50 DM
Körperschalldämmung und –entkopplung für Abwasserleitung DN 100 8,0m, 3 Abzweige, 2 Bögen	Körperschalldämmung der Leitungen nicht erforderlich, körperschallentkoppelte Auflagerung erforderlich	8,0m x 19,50 DM/m + 3 Stck x 25,00 DM/Stck + 2 Stck x 22,00 DM/Stck = 275,00 DM	8,0m x 19,50 DM/m + 3 Stck x 25,00 DM/Stck + 2 Stck x 22,00 DM/Stck = 275,00 DM
Armaturen, 4 Stck	Armaturengruppe II 4 Stck x 95,00 DM/Stck = 380,00 DM	Armaturengruppe I 4 Stck x 150,00 DM/Stck = 600,00 DM	Armaturengruppe I 4 Stck x 150,00 DM/Stck = 600,00 DM
Badewannenauflagerung körperschallentkoppelt 1 Stck	nicht erforderlich	1 Stck x 215,00 DM/Stck = 215,00 DM	1 Stck x 215,00 DM/Stck = 215,00 DM
Duschwannenauflagerung körperschallentkoppelt 1 Stck	nicht erforderlich	1 Stck x 155,00 DM/Stck = 155,00 DM	1 Stck x 155,00 DM/Stck = 155,00 DM
WC Schalldämmatten zwischen Wand und WC 2 Stck	nicht erforderlich	2 Stck x 10,00 DM/Stck = 20,00 DM	nicht erforderlich
Waschbecken Dämmband 2 x 1,0m	nicht erforderlich	2,0m x 5,00 DM/m = 10,00 DM	nicht erforderlich
WC-Spülkasten Körperschallentkoppelung 2 Stck	nicht erforderlich	2 Stck x 20,00 DM/Stck = 40,00 DM	2 Stck x 165,00 DM/Stck = 330,00 DM
restliche Installation 2 Stck	Konventionelle Installation gemäß Abschnitt 3.1.3.2.3 jedoch Wohnflächenverlußt entfällt, Kosten einschließlich Mauerwerk d=17,5cm Rohdichteklasse 1,2, 2 x 10mm Kalkgipsputz  2 Stck x 2089,30 DM/Stck = 4178,60 DM	Konventionelle Installation gemäß Abschnitt 3.1.3.2.3 jedoch Wohnflächenverlußt entfällt, Kosten einschließlich Mauerwerk d=17,5cm Rohdichteklasse 1,8, 2 x 10mm Kalkgipsputz  2 Stck x 2123,00 DM/Stck = 4246,00 DM	Vorwandinstallation gemäß Abschnitt 3.1.3.2.3 jedoch Massivwand 17,5cm Rohdichte 1,2 mit Normalmörtel, Kosten einschließlich Mauerwerk  2 Stck x 2884,97 DM/Stck = 5769,94 DM
Summe	4720,10 DM	5722,50 DM	7506,44 DM
<b>Für eine 100m<sup>2</sup> große Wohnung ergeben sich Differenzkosten von:</b>	<b>0,00 DM/m<sup>2</sup> (Vergleichswert)</b>	<b>10,02 DM/m<sup>2</sup></b>	<b>27,86 DM/m<sup>2</sup></b>

Die schallschutztechnische Bemessung von Wasser-, Abwasserinstallationen und deren Sanitärelementen bereitet Schwierigkeiten wie zuvor bereits erwähnt. In Abhängigkeit von der Lage zu den schutzbedürftigen Räumen können die erforderlichen Maßnahmen und die damit verbundenen Kosten stark schwanken. Auch bei ungünstigen Grundrißsituationen reichen folgende Konstruktionen zur Erfüllung der jeweiligen Anforderungen/ Empfehlungen, die an

Wasser- und Abwasserinstallationen innerhalb der einzelnen Schallschutzstufen gestellt bzw. gemacht werden, aus:

**DIN 4109 mit  $L_{In} = 35\text{dB(A)}$ , bzw. VDI 4100 Schallschutzstufe I:**

- Einschalige Wände, an bzw. in denen Wasser-/ Abwasserinstallationen befestigt sind, müssen mindestens einen Restquerschnitt mit  $m' \geq 220 \text{ kg/m}^2$  aufweisen.
- Eine körperschallentkoppelte Auflagerung von Wasser- und Abwasserleitungen ist erforderlich.
- Eine körperschallentkoppelte Auflagerung der Sanitärelemente ist nicht erforderlich.
- Eine Körperschalldämmung von in der Wand verlegten Leitungen ist nicht erforderlich, wenn sichergestellt wird, daß eine Berührung zwischen Wand und Leitung lediglich über die körperschallentkoppelten Auflager stattfindet.
- Eine Körperschalldämmung von auf der Wand verlegten Leitungen ist nicht erforderlich
- Eine Verwendung von Armaturen der Armaturengruppe II ist unter Berücksichtigung der Grundrißsituation möglich.
- Eine Vorwandinstallation ist nicht erforderlich.

**DIN 4109 mit  $L_{In} = 30\text{dB(A)}$ , bzw. VDI 4100 Schallschutzstufe I, VDI 4100 Schallschutzstufe II:**

- Einschalige Wände, an bzw. in denen Wasser-/ Abwasserinstallationen befestigt sind müssen mindestens einen Restquerschnitt mit  $m' \geq 220 \text{ kg/m}^2$  aufweisen.
- Eine körperschallentkoppelte Auflagerung von Wasser- und Abwasserleitungen sowie der Sanitärelemente ist erforderlich.
- Eine Körperschalldämmung in und auf der Wand verlegter Leitungen ist erforderlich.
- Eine Verwendung von Armaturen der Armaturengruppe I ist erforderlich.
- Eine Vorwandinstallation ist nicht erforderlich.

**VDI 4100 Schallschutzstufe III:**

- Einschalige Wände, an bzw. in denen Wasser-/ Abwasserinstallationen befestigt sind, müssen mindestens einen Restquerschnitt mit  $m' \geq 220 \text{ kg/m}^2$  aufweisen.
- Eine körperschallentkoppelte Auflagerung von Wasser- und Abwasserleitungen sowie der Sanitärelemente ist erforderlich.
- Eine Körperschalldämmung von in und auf der Wand verlegten Leitungen ist erforderlich.

- Eine Verwendung von Armaturen der Armaturengruppe I oder besser ist erforderlich.
- Eine Vorwandinstallation ist erforderlich.

#### 4.5.1.3 Vorwandsysteme

Vorwandsysteme werden eingesetzt, um Halterungen für Sanitärelemente, deren Ver- und Entsorgungsleitungen sowie Spülkästen aufzunehmen und optisch ansprechend zu verkleiden. Für den Luftschallschutz bieten sie den Vorteil, daß die eigentliche Wand nicht durch die Installationsleitungen geschwächt wird, für den Körperschallschutz steht ausreichend Raum zur Dämmung der Leitungen zur Verfügung. Zusätzlich wird die Gefahr einer Schallbrücke zwischen Leitung und Wand verringert, da weniger Berührungspunkte entstehen.

Den Luftschallschutz verbessern Vorwandsysteme nicht (abgesehen vom Vorteil, daß die Wand nicht durch Leitungen geschwächt wird), da sie nicht raumhoch angebracht werden (Ausnahme ggf. bei „Splitt-Level“ Bauweise möglich).

Gemäß DIN 4109 müssen Wasser- und Abwasserinstallationen, die an einer Wand befestigt werden, die weniger als  $220 \text{ kg/m}^2$  flächenbezogene Masse besitzt, durch Eignungsprüfung nachweisen, daß sie bezogen auf die Übertragung von Installationsgeräuschen sich nicht ungünstiger verhalten als bei Wänden mit  $m' \geq 220 \text{ kg/m}^2$ .<sup>78</sup>

Durch das Eigengewicht der Vorwand sowie der daran befestigten Sanitärelemente ist in Verbindung mit der eigentlichen Wand die Grenze zu den nichttragenden leichten Wänden schnell überschritten. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Lasten, die aus der Benutzung der Sanitärelemente auftreten, entsprechend abgeleitet werden müssen.

Im allgemeinen ist zur Erfüllung der Schallschutzstufe III eine Vorwandinstallation erforderlich, wobei aber allein durch den Einsatz einer solchen Konstruktion nicht gewährleistet ist, daß die Wasser- und Abwasserinstallation die Empfehlungen der SSt III erfüllt.

Voraussetzung für einen einwandfreien Schallschutz zur Erfüllung der SSt III ist, daß:

- die Installation innerhalb der Vorwand schallgedämmt verlegt wird.

---

<sup>78</sup> vgl. DIN 4109 [17], S. 19

- die Aufhängung bzw. Befestigung von Leitungen, Spülkästen und den Sanitärelementen körperschallentkoppelt ausgeführt wird.
- das Vorwandelement an den Berührungspunkten mit den anderen Bauteilen (Wand, Decke und Schacht) körperschallentkoppelt ausgeführt wird.

Vorwandsysteme sind bei Bauträgern beliebt, die die Wohnungen anschließend verkaufen oder vermieten wollen, da dann dünne, leichtere Wände niedrigere Wandkosten und eine größere Wohnfläche sichern. Erstreckt sich das Vorwandelement nicht über die volle Raumhöhe, so zählt ihre Grundfläche zur Wohnfläche.<sup>79</sup> Insgesamt ergibt sich ein Wohnraumgewinn von ca. 6 cm je Meter Vorwand, was bei 3000,- DM/m<sup>2</sup> Wohnfläche 180,- DM je m Vorwand bedeutet. Die Vorwandinstallation ist im Eigentumswohnungsbau, unabhängig von der Schallschutzstufe, als Standard anzusehen. Wie die Vergleichskalkulation in Tabelle 40 zeigt, die den Wohnflächenunterschied berücksichtigt, ergeben sich geringfügig höhere Kosten, um im Vergleich zur Unterputzverlegung diesen Standard zu erreichen.

Generell sind unterschiedliche Vorwandinstallationen möglich. Im wesentlichen sind dieses:

- Ausfachung mit Mauerwerk als Verkleidung der auf der Wand verlegten Installationen
- Übliche Vorwandsysteme (Schiensysteme) gemäß Abbildung 46
- Vorwandsysteme in Metallständerwerkausführung zur Verkleidung der auf der Wand verlegten Installationen (biegeweiche Vorsatzschale)

Diese verschiedenen Möglichkeiten verursachen unterschiedliche Kosten und beanspruchen unterschiedlich große Aufstellflächen. Die Abbildung 45 zeigt das Ergebnis einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit und ohne Wohnflächengewinn auf. Dieser Wohnflächengewinn ist jedoch bei den üblichen Höhen der Vorwandelemente von 1,00m bis 1,50m nicht zu berücksichtigen (siehe auch Blecken/ Jablonski in [59]), da dann das Element gemäß der Verordnung über wohnungswirtschaftliche Berechnungen (Zweite Berechnungsverordnung – II. BV) [63] zur Wohnfläche zählt. Fertigungstechnisch bieten die beiden letzten Vorwandinstallationen die Möglichkeit einer Werksvorferigung, in Verbindung mit einer schnellen, sauberen und i.a. schallschutztechnisch mangelfreien Montage auf der Baustelle.

<sup>79</sup> siehe Hoffmann/ Kremer in [35], S. 243 f.

<b>Vormauerung mit Schallschutzziegel und Putz</b>	
– Sanitärinstallation	1614,55 DM
– Mauerwerk Schallschutzziegel einschl. Befestigung für Waschbecken und WC	1301,98 DM
netto	<b>2916,53 DM = 100 %</b>
<b>Vorwandssystem der Sanitärbranche</b>	
– Sanitärinstallation	1614,55 DM
– Vorwandssystem	1184,23 DM
netto	<b>2798,78 DM = 95,9 %</b>
<b>Vorwandssystem genereller Ausbau</b>	
– Sanitärinstallation	1614,55 DM
– Knauf-System einschl. Installations- und Befestigungs-System für Waschbecken und WC	825,50 DM
netto	<b>2440,05 DM = 83,6 %</b>
■ – <i>Kostenvergleich der Vorwandssysteme</i>	
<b>Vormauerung mit Schallschutzziegel</b>	
32,0 cm	<b>2916,53 DM = 100 %</b>
<b>Vorwandssystem der Sanitärbranche</b>	
25,0 cm	2798,78 DM
– (32,0 cm - 25,0 cm) * 35 DM/cm*m * 2,00 m	= - 490,00 DM
	<b>2308,78 DM = 79,2 %</b>
<b>Vorwandssystem Knauf</b>	
29,5 cm	2440,05 DM
– (32,0 cm - 29,5 cm) * 35 DM/cm*m * 2,00 m	= - 175,00 DM
	<b>2265,05 DM = 77,7 %</b>
■ – <i>Kostenvergleich unter Berücksichtigung des Wohnraumgewinns</i>	

Abbildung 45: Wirtschaftlichkeitsvergleich verschiedener Vorwandssysteme<sup>80</sup>Abbildung 46: Vorwandssystem (unverkleidet)<sup>81</sup><sup>80</sup> aus DBZ Ausgabe 7/98 [59], S. 93

**Tabelle 41: Wirtschaftlichkeitsvergleich konventionelle Installation/ Vorwandinstallation**

Ausführungsart	Menge	Kosten je Einheit	Kosten gesamt
<b>Konventionelle Installation:</b>			
Wandabmessungen: h= 2,60m, l = 3,00m, d= 19,5 cm			
Putz 10mm, oberflächenfertig für Anstrich oder Fliesen $m' = 10 \text{ kg/m}^2$	15,00 m <sup>2</sup>	28,00 DM	420,00 DM
Mauerwerk 17,5cm Rohdichteklasse 1,2 mit Normalmörtel $m' = 206,5 \text{ kg/m}^2$	7,80 m <sup>2</sup>	80,68 DM	629,30 DM
Installation	1 psch	800,00 DM	800,00 DM
Unterputzverlegung (einschl. MW schlitzen und verfüllen)	4,0 h	60,00 DM	240,00 DM
Wohnflächenverlußt = 6,0 cm	0,180 m <sup>2</sup>	3000,00 DM	540,00 DM
Summe			----- 2629,30 DM
<b>Vorwand Installation:</b>			
Wandabmessungen: h= 2,60m, l = 3,00m, d= 13,5 cm			
Putz 10mm, oberflächenfertig für Anstrich oder Fliesen $m' = 10 \text{ kg/m}^2$	11,31 m <sup>2</sup>	28,00 DM	316,68 DM
Wand spachteln 4mm oberflächenfertig für Anstrich oder Fliesen	4,14 m <sup>2</sup>	5,45 DM	22,56 DM
Mauerwerkwand aus Porenbeton Rohdichteklasse 0,8 , d= 11,5 cm, $m' = 94,30 \text{ kg/m}^2$	7,80 m <sup>2</sup>	78,01 DM	608,48 DM
Installation	1 psch	800,00 DM	800,00 DM
Vorwandssystem einschließlich Beplankung aus Gipskartonplatten und kompletter Montage, h= 1,33m, l = 3,00m, d= 150mm	1 psch	1176,43 DM	1176,43 DM
Summe			----- 2864,15 DM
Differenz			<b>234,85 DM</b>
<b>Anmerkung:</b> Die Kosten für Änderung der Fundamentabmessungen infolge unterschiedlicher Lasten wurden aufgrund ihrer Geringfügigkeit vernachlässigt.			

#### 4.5.1.4 Schächte

Schächte führen die Ver- und Entsorgungsleitungen vertikal innerhalb des Hauses, in horizontaler Richtung übernehmen diese Aufgabe Kanäle. Dabei durchlaufen Schächte und Kanäle fast immer mehrere Wohnungen und unterliegen dabei den Schallschutzanforderungen, wonach sie den Schallschutz der Bauteile, die sie durchbrechen, nicht verschlechtern dürfen. Schächte sind

<sup>81</sup> aus Fa. Mepa Informationsbroschüre [31], S. 1



i.a. dann erforderlich, wenn Wände schallschutztechnisch und/ oder statisch durch Wand-schlitzte zu stark geschwächt würden, um die Leitungen aufzunehmen. Die Abbildung 47 zeigt ein Nomogramm, mit dem sich die zulässigen Schlitztiefen im Mauerwerk verschiedener Roh-dichte- und Festigkeitsklassen unter Berücksichtigung von DIN 4109 und DIN 1053 ermitteln lassen. Für die Empfehlungen der VDI 4100 ist das Nomogramm ebenfalls anwendbar.

Es sind folgende Schacht- und Kanalteile zu unterscheiden:

- Schacht- / Kanalwand
- Übergabepunkte (wo die Leitungen die Schacht- / Kanalwand durchbrechen)
- Berührungspunkte mit anderen Bauteilen

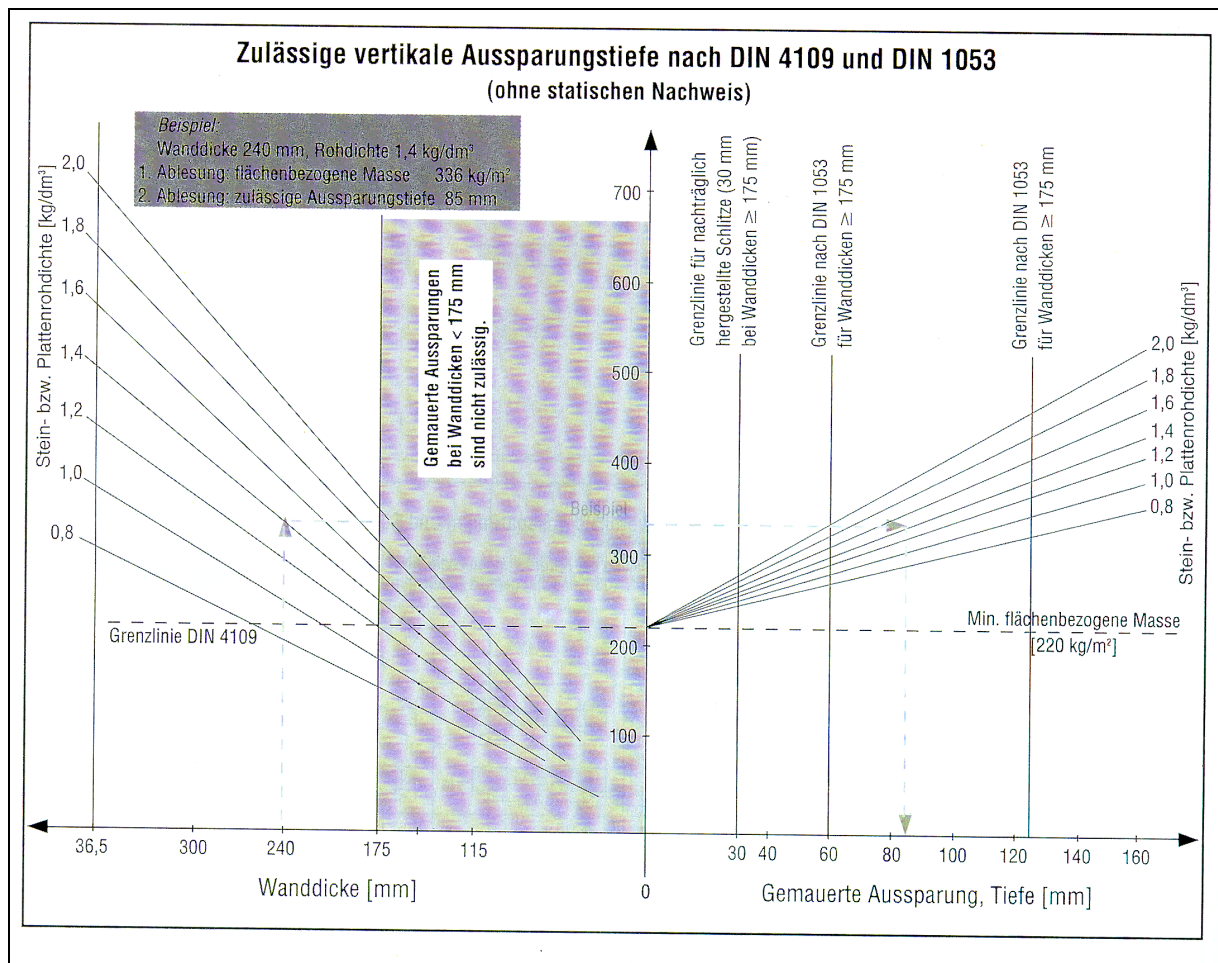


Abbildung 47: Bemessungnomogramm für Aussparungen in Mauerwerkswänden<sup>82</sup>

### Schacht- / Kanalwand:

Schacht- und Kanalwand sind schallschutztechnisch wie eine entsprechende Wand bzw. Decke zu behandeln. Die Installationsleitungen sind mittels körperschallentkoppelter Befestigungsmöglichkeiten auf der Innenseite zu befestigen. Es gilt die Grenze von  $m' = 220 \text{ kg/m}^2$  gemäß DIN 4109 Abschnitt 7.2.2.4 bzw. VDI 4100 Abschnitt 7.2.1.6, wenn Wasser- oder Abwasserleitungen an der Wand befestigt sind. Bei leichteren Bauteilen ist der Nachweis durch eine Eignungsprüfung erforderlich. Die Tabelle 42 zeigt den Kostenvergleich der verschiedenen in Abbildung 48 dargestellten Möglichkeiten der Leitungsführung, der Wohnflächenbedarf wird mit  $3000 \text{ DM/m}^2$  Wohnfläche berücksichtigt.

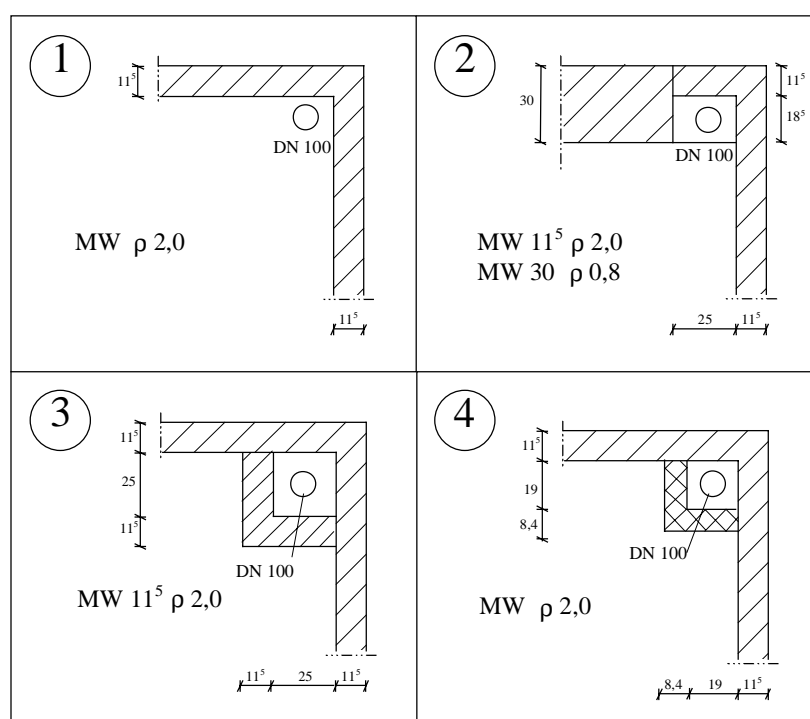


Abbildung 48: Verschiedene Möglichkeiten der Leitungsführung

Die Kosten der Schächte in Tabelle 42 wurden nach der gleichen Methode wie die für Wände, Decken und Treppen angewendete kalkuliert (siehe Seite 70). Die gesamten Kosten ergeben sich aus den Kosten für den Schacht (analog zu den zuvor kalkulierten Wänden) sowie den Kosten verursacht durch den Wohnflächenunterschied, der durch die unterschiedlich beanspruchte Konstruktionsfläche der Schächte entsteht. Der Kosteneinfluß des Wohnflächenunterschiedes bei einem Verkaufspreis von  $3000 \text{ DM/m}^2$  Wfl. ist ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit des Schachtes.



**Tabelle 42: Kostenvergleich Schächte**

Konstruktion	Vorhanden min. m' [kg/m <sup>2</sup> ]	Kosten [DM/m]
Abwasserrohr DN 100 PE an Mauerwerkwand 11,5cm Rohdichte 2,0 beidseitig mit 10mm Putz befestigt, unverkleidet gemäß Abbildung 48.1	238,5	0,00 DM <b>0,00 DM</b>
Abwasserrohr DN 100 PE an Mauerwerkwand 11,5cm Rohdichte 2,0 einseitig mit 10mm Putz befestigt, angrenzende Mauerwerkwand d=30,0cm Rohdichte 0,8 beidseitig mit 10mm Putz m' =266kg/m <sup>2</sup> Länge 1,75m, Schacht verkleidet mit GK-Platte 25mm gemäß Abbildung 48.2	228,5	85,30 DM <b>481,19 DM</b>
Abwasserrohr DN 100 PE an Mauerwerkwand 11,5cm Rohdichte 2,0 einseitig mit 10mm Putz befestigt, Abmauerung in gleicher Ausführung gemäß Abbildung 48.3	228,5	44,00 DM <b>166,69 DM</b>
Abwasserrohr DN 100 PE an Mauerwerkwand 11,5cm Rohdichte 2,0 beidseitig mit 10mm Putz befestigt, Verkleidung mit Metallständerwerkwand d=84mm, doppelt beplankt mit 50mm Mineralfaserdämmung gemäß Abbildung 48.4	228,5	55,58 DM <b>95,32 DM</b>

*Kursiv gedruckte Werte = Bauteilkosten ohne Wohnflächenverlußt / -gewinn*  
**Fett gedruckte Werte = Bauteilkosten einschließlich Wohnflächenverlußt / -gewinn**

**Tabelle 43: erf. Aussparungstiefe bei Abwasserleitungen üblicher Durchmesser<sup>83</sup>**

DN	Material	Rohr d <sub>R</sub> (mm)	Rohrverbindung		Aussparungstiefe t <sub>erf</sub> (mm)
			Muffe d <sub>M</sub> (mm)	muffenlos d <sub>V</sub> (mm)	
100*	AZ Asbestzement	116	150	—	193
			—	130	183
	St Stahl	102	118	—	170
	HT Kunststoff	110	128	—	179
	SML Guß	112	—	119	176
	PE Kunststoff	110	144	—	187
			—	125/110**	178
70*	AZ Asbestzement	84	116	—	160
			—	98	151
	St Stahl	73	84,2	—	138
	HT Kunststoff	75	89,4	—	142
	SML Guß	80	—	88	144
	PE Kunststoff	75	105	—	150
			—	89/75**	142

**Übergabepunkte:**

Übergabepunkte stellen schall- und brandschutztechnisch eine Schwachstelle des Schachtes bzw. Kanals dar. Dieser Bereich muß dicht verschlossen sein, damit der Luftschall nicht in das

Schachtinnere/ Kanalinnere gelangt und sich verbreitet. Ebenso darf der Körperschall aus den Installationsleitungen nicht auf die Schacht- bzw. Kanalwand übertragen werden, Ummantelungen verhindern das.

### **Berührungspunkte mit anderen Bauteilen:**

An den Stellen wo der Schacht bzw. Kanal ein anderes Bauteil durchbricht ist sicherzustellen, daß kein Luftschall durch die Öffnung zwischen Schacht bzw. Kanal und dem durchbrochenen Bauteil gelangt.

#### **4.5.1.5 Heizungsanlagen**

Es werden nur Warmwasserheizungsanlagen betrachtet, andere Heizungssysteme, wie z.B. Luftheizungen, werden kaum in Mehrfamilienhäusern eingesetzt. Warmwasserheizungsanlagen bestehen im Wesentlichen aus drei schallschutztechnisch relevanten Abschnitten:

- Heizkessel
- Heizungsleitungen
- Heizkörper

### **Heizkessel:**

Von Heizungsanlagen bis etwa 100 kW Nennleistung werden Kessel- und Brennergeräusche i.a. nur durch Luftschall übertragen, so daß die raumbegrenzenden Bauteile entsprechend schallschutztechnisch zu dimensionieren sind. Bei Heizungsanlagen mit größerer Leistung entsteht zusätzlich Körperschall.<sup>84</sup> Um einen ausreichend hohen Schallschutz in allen Schallschutzstufen gewährleisten zu können, sind körperschallerzeugende Bauteile, z.B. Pumpen, körperschallentkoppelt aufzulagern. Bei einzelnen Pumpen ist dieses durch neoprengelagerte Befestigungen möglich, bei größeren Geräten ist ein schwimmender Estrich erforderlich. Die Kosten belaufen sich auf etwa 25 DM/m<sup>2</sup> Estrich und ca. 20 DM/Stck. für die körperschallentkoppelte Auflagerung der Pumpe.

---

<sup>83</sup> aus [65], S. 207

<sup>84</sup> vgl. DIN 4109, Beiblatt 2 [19], S. 10

**Heizungsleitungen:**

Es gelten die für Warm- und Kaltwasserinstallationen getroffenen Aussagen, die Untergrenze von 220 kg/m<sup>2</sup> für die flächenbezogene Masse von Decken und Wänden, an denen Wasserinstallationen befestigt sind, ist auch bei Heizungsleitungen einzuhalten, obwohl weder die DIN 4109 noch die VDI 4100 darauf hinweisen. Körperschallgedämmte Leitungen in Schächten und auf der Rohdecke sind in allen Schallschutzstufen erforderlich. Die Geräuschenstehung in der Heizungsanlage ist i.a. geringer als bei der Wasserinstallation, da es keine Armaturen zur Wasserentnahme gibt. Die Kosten für schallschutztechnische Maßnahmen entsprechen etwa denen der Wasserversorgungsleitungen. Eine Verlegung der Leitungen in einer größeren Fußleiste (siehe Abbildung 43) ist alternativ möglich, jedoch ist die Körperschallentkopplung dabei nicht unbedingt gewährleistet.

**Heizkörper:**

Damit Heizkörper nicht den durch Pumpengeräusche entstehenden Körperschall auf die Bauteile, an denen sie befestigt sind, abgeben können, ist eine entsprechende körperschallentkoppelte Auflagerung der Heizkörper zur Erfüllung der Empfehlungen in der SSt III erforderlich. Es entstehen etwa 20 bis 40 DM/Stck in Abhängigkeit der Heizkörpergröße.

Bei Fußbodenheizungen gilt für den Heizkessel und die Leitungen bis zur Unterverteilung in der Wohnung das zuvor für Warmwasserheizungen mit Radiatoren erwähnte. Es entstehen keine Kostenunterschiede für den Heizestrich, um die Anforderungen nach DIN 4109 oder die Empfehlungen nach VDI 4100 zu erfüllen.

**4.5.1.6 Gasinstallation**

Gasleitungen werden im allgemeinen nur zur Brennstoffversorgung von Heizungs- und Warmwasseranlagen benötigt, der Gasherddanschluß als Einrichtung in der Küche entfällt heute. Gasleitungen werden auf der Wand verlegt und verursachen keine störenden Geräusche. Für einen Schallschutz der SSt I, II und III sollten sie jedoch mit körperschallentkoppelten Schellen befestigt werden, die Differenzkosten im Vergleich zu Schellen ohne Körperschallentkoppelung betragen etwa 1,00 DM/Stck. Eine Umkleidung der Rohre kann entfallen, da die Heizungsanlage entweder im Keller oder in einem Abstellraum untergebracht ist.

#### 4.5.1.7 Elektroinstallation

Bei Elektroinstallationen sind schallschutztechnisch nur geringe Probleme durch folgende Ursachen zu erwarten:

- Luftschallschwächung, Schwächung der Tragfähigkeit der Massivwand / -decke infolge Unterputzverlegung der Leitung
- Luftschallschwächung der Massiv und Hohlraumwand durch Unterputzinstallation von Lichtschaltern, Steckdosen, Verteilerdosen, etc.

Der Einfluß auf den Luftschallschutz durch die Unterputzverlegung von Elektroleitungen ist sehr gering, wenn die Schlitzte fachgerecht gefräßt und vollständig wieder verfüllt werden. Maximale Schlitztiefen unter Berücksichtigung des Schallschutzes und der Tragfähigkeit sind dem Nomogramm in Abbildung 47 zu entnehmen, ggf. ist die Tragfähigkeit rechnerisch nachzuweisen.

Da der Luftschallschutz im fertig installierten Zustand erbracht werden muß, sind auch Lichtschalter, Steckdosen, Verteilerdosen und ähnliche unter Putz installierte Einbauten zu berücksichtigen. Werden in einer Mauerwerks- oder Stahlbetonwand dichte Verbindungs- und Gerätedosen paßgenau eingesetzt (Montage in Mauerwerk nur durch Fräsen möglich), so verschlechtern sie den Luftschallschutz nicht. Es ist jedoch zu beachten, daß die Dosen nicht direkt gegenüber in der Wand angeordnet werden, das hat eine doppelte Schwächung der Wand zur Folge, Hinweise sind in [67] nachzulesen. In der Massivdecke verlegte Leerrohre für das nachträgliche „Einfädeln“ von Elektroleitungen verursachen i.a. ebenfalls keine schallschutztechnischen Verschlechterungen.

In Hohlraumwänden treten durch die in der Wand verlegten Elektroleitungen keine Verschlechterungen des Luftschallschutzes auf, im Bereich von Verbindungs- und Gerätedosen sind jedoch negative Einflüsse festzustellen. Bei Wänden mit niedrigem Schalldämm-Maß ist eine geringe Verschlechterung gegeben, bei Wänden mit hohem Schalldämm-Maß eine größere Beeinträchtigung. Auch hier führt eine gegenüberliegende Installation von Gerätedosen zu einer zusätzlichen Schwächung des Luftschallschutzes und ist zu vermeiden.

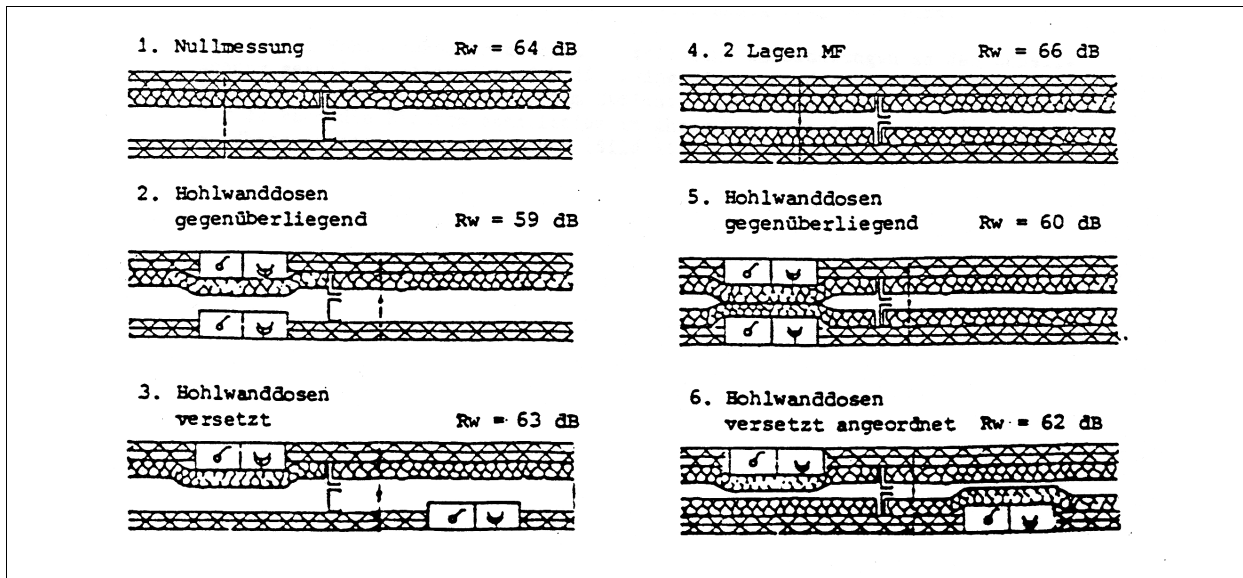


Abbildung 49: Einfluß von Verteiler- und Gerätedosen in Hohlraumwänden<sup>85</sup>

Um eine statische und schallschutztechnische Schwächung der Massivwand gänzlich zu unterbinden, müssen die Leitungen auf der Wand verlegt werden, z.B. in einer etwas größer dimensionierten Fußleiste, die als Kabelkanal dient (siehe Abbildung 43). Wie zuvor bereits angesprochen wird dadurch nicht immer der Geschmack des Bewohners getroffen.

Eine weitere Möglichkeit, eine unzulässige Schwächung der Wand zu vermeiden, ist es, eine breitere Wand zu wählen, die durch Schlitzte geschwächt werden kann. Sie stellt aber eine kostspielige Lösung infolge des Wohnflächenverlustes dar. Eine Erhöhung der flächenbezogenen Masse durch eine höhere Baustoffdichte ist die preiswertere Alternative.

Werden freistehende, biegeeweiche Vorsatzschalen angeordnet, so kann die Leitungsführung ohne Schwächung auf der Massivwand erfolgen. Die Kosten sind jedoch höher als bei der konventionellen Verlegungsart. Eine Verlegung der Leitungen auf der Rohdecke ist keine Lösung, um die Bauteilschwächung zu umgehen, da Lichtschalter und Steckdosen aufgrund der Nutzung an der Wand befestigt werden müssen und Aufputzmontagen zwar möglich sind, jedoch aufgrund mangelhafter Optik nicht akzeptiert werden. Die Tabelle 44 zeigt den Kostenvergleich für verschiedene Installationsmöglichkeiten von Elektroleitungen auf. Es ist zu entnehmen, daß die kostengünstigste Art der Elektroleitungsverlegung die konventionelle Verlegung unter Putz ist, vorausgesetzt sie wird fachgerecht und mängelfrei erstellt.

<sup>85</sup> aus [68], S. 3

**Tabelle 44: Kostenvergleich verschiedener Elektroinstallationen**

Ausführung der Elektroinstallation		Kosten	
<b>Konventionelle Leitungsverlegung unter Putz</b>			
Wand Mauerwerk 11,5cm Rohdichte 2,0, 8DF	71,50 DM/m <sup>2</sup>	7,80 m <sup>2</sup>	557,70 DM
Anlegen der Schlitze und Dosenausparungen	60,00 DM/h	0,50 h	30,00 DM
Verlegen der Leitungen und Dosen	60,00 DM/h	0,25 h	15,00 DM
Leitung	3,00 DM/m	5,50 m	16,50 DM
Steckdosen einschließlich Dose	12,00 DM/Stck	4 Stck	48,00 DM
Lichtschalter einschließlich Dose	18,00 DM/Stck	1 Stck	18,00 DM
Verteilerdose	5,00 DM/Stck	1 Stck	5,00 DM
			<u>690,20 DM</u>
			100,0 %
<b>Konventionelle Leitungsverlegung unter Putz, jedoch dickere Wand</b>			
Wie konventionelle Leitungsverlegung unterputz, jedoch statt Mauerwerk 11,5cm Rohdichte 2,0, 8DF, Ausführung als Mauerwerk 15,0cm Rohdichte 2,0, 10DF	86,00 DM/m <sup>2</sup>	7,80 m <sup>2</sup>	113,10DM
Wohnflächenverlußt	3000,00 DM/m <sup>2</sup>	0,105 m <sup>2</sup>	315,00 DM
Mehrlast	0,948 DM/kN	5,46kN	5,18 DM
			<u>1123,48 DM</u>
			162,8 %
<b>Leitungsverlegung auf der Wand, Verkleidung mit Vorsatzschale</b>			
Wand Mauerwerk 11,5cm Rohdichte 2,0, 8DF	71,50 DM/m <sup>2</sup>	7,80 m <sup>2</sup>	557,70 DM
Verlegen der Leitungen und Dosen	60,00 DM/h	0,25 h	15,00 DM
Leitung	3,00 DM/m	5,50 m	16,50 DM
Steckdosen einschließlich Dose	12,00 DM/Stck	4 Stck	48,00 DM
Lichtschalter einschließlich Dose	18,00 DM/Stck	1 Stck	18,00 DM
Verteilerdose	5,00 DM/Stck	1 Stck	5,00 DM
Vorsatzschale, freistehend, d= 99mm einschl.			
Vorteil durch Spachteln	28,08 DM/m <sup>2</sup>	7,80 m <sup>2</sup>	219,02 DM
Wohnflächenverlußt	3000,00 DM/m <sup>2</sup>	0,297 m <sup>2</sup>	891,00 DM
Mehrlast	0,948 DM/kN	2,72kN	2,59 DM
			<u>1772,81 DM</u>
			256,9 %
<b>Leitungsverlegung in der Bodenleiste/ Kabelkanal</b>			
Wand Mauerwerk 11,5cm Rohdichte 2,0, 8DF	71,50 DM/m <sup>2</sup>	7,80 m <sup>2</sup>	557,70 DM
Verlegen der Leitungen und Dosen einschl. Kabelkanal	60,00 DM/h	1,00 h	60,00 DM
Leitung	3,00 DM/m	5,50 m	16,50 DM
Steckdosen, Kabelkanal kompatibles System	40,00 DM/Stck	4 Stck	160,00 DM
Lichtschalter, Kabelkanal kompatibles System	28,00 DM/Stck	1 Stck	28,00 DM
Verteilerdose, Kabelkanal kompatibles System	10,00 DM/Stck	1 Stck	10,00 DM
Kabelkanal horizontal	12,00 DM/m	3,0 m	36,00 DM
Kabelkanal vertikal	12,00 DM/m	2,5 m	30,00 DM
			<u>898,20 DM</u>
			130,1 %

### **4.5.1.8 Lüftung**

Innenliegende Bäder ohne Außenfenster erfordern eine Lüftung nach DIN 18017 Teil 1 oder Teil 3, um die nutzungsbedingte Luft in Verbindung mit entstandenem Wasserdampf abzuführen. Eine Einzelschachtanlage ohne Ventilation (nach DIN 18017 Teil 1) stellt aufgrund der Abhängigkeit vom Außenklima nicht mehr den Stand der Technik dar, es sind die in DIN 18017 Teil 3 dargestellten Entlüftungsanlagen mit Ventilation einzubauen, die als Einzelentlüftungsanlagen oder Zentrallüftungsanlagen ausgelegt werden können. Damit die Lüftungsanlagen die Schallschutzanforderungen/ -empfehlungen erfüllen können, ist folgendes zu beachten:

- Körperschallentkoppelte Auflagerung der Ventilatoren (für SSt II und III)
- Einzelentlüftungsanlage mit eigener Abluftleitung je Wohneinheit zur Vermeidung von Sprachübertragung o.ä. über den Schacht (für SSt III)
- Ausreichend schwere Schachtwände, um den durch die durchströmende Luft erzeugten Luftschall nicht zu übertragen (alle SSt)

Die wesentlichen Kostenunterschiede zur Realisierung der SSt III entstehen durch die zusätzlich erforderlichen Schächte und dem damit verbundenen Wohnflächenverlust, die Kosten für eine körperschallentkoppelte Auflagerung des Ventilators betragen dagegen nur etwa 15 DM/Stck.

Räume mit ähnlicher raumluftechnischer Nutzung, z.B. Küchen, können ebenfalls mit einer Lüftung gemäß DIN 18017 ausgestattet werden, es gilt das zuvor erwähnte.

## **4.5.2 Allgemeine haustechnische Anlagen**

### **4.5.2.1 Aufzugsanlagen**

In Gebäuden mit hohem Ausstattungsstandard sind oftmals Aufzüge zur Personenbeförderung eingebaut, bei denen, damit sie schalltechnisch nicht stören, im Wesentlichen folgende Punkte zu beachten sind:

- Schalltechnische Entkopplung der Antriebsaggregate vom Gebäudes
- Ausreichende Luftschalldämmung der raumbegrenzenden Bauteile des Maschinenraumes (falls vorhanden)
- Ausreichende Luftschalldämmung des Fahrschachtes einschließlich der Türen
- Trennung des Fahrschachtes von angrenzenden Decken und Wänden, keine Schachtwände als flankierende Bauteile

Kennwerte können hier nicht angegeben werden, da diese vom verwendeten Aufzug abhängen.

#### **4.5.2.2 Müllschlucker**

Die in den siebziger Jahren überwiegend in Hochhäusern eingesetzten Müllschlucker finden heute kaum noch Anwendung. Diese Konstruktion ist nichts anderes als ein etwa 80/80 cm großer Schacht, der in jeder Etage eine Öffnungsklappe hat, in die verschlossene Müllbeutel hineingeworfen werden. Im Erdgeschoß ist nun ein Müllcontainer unter dem Schacht angebracht, der den von oben herabfallenden Müll aufnimmt. Die Geräusche entstehen durch das Betätigen der Öffnungsklappen, durch Berührung zwischen Schachtwand und den fallenden Gegenständen sowie durch den Aufprall des Mülls im Sammelbehälter. Um einen ausreichenden Schallschutz zu gewährleisten, sind folgende Punkte einzuhalten:

- Der Schacht darf nicht abgeknickt sein, so daß der Müll senkrecht in den Auffangbehälter fallen kann.
- Der Schacht muß zum Erreichen der SSt III zweischalig ausgeführt werden, eine Körperschallübertragung der inneren Schale auf die äußere soll durch Dämmung des Zwischenraumes vermieden werden.
- Die umschließenden Bauteile des Müllraumes sollten den Schallschutz erfüllen, der an Bauteile zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Räumen gestellt wird, mindestens jedoch  $R'_{w,R} = 55$  dB.
- Der Müllauffangbehälter muß auf einem schwimmenden Estrich oder einer anderen körperschallentkoppelten Auflagerung stehen, eine Gummibereifung der Auffangbehälter ist für die SSt III zusätzlich erforderlich.

Die Kosten für diese Maßnahmen werden in den entsprechenden Abschnitten der einzelnen Bauteile behandelt.

#### **4.5.2.3 Elektrische Antriebe**

##### **Garagentore mit elektrischem Antrieb:**

Elektrisch betriebene Garagentorantriebe unterliegen den Schallschutzanforderungen für haustechnische Anlagen. Unabhängig von der Art und Größe des Tores werden die als störend empfundenen Geräusche durch laute Antriebsmotoren, schlecht geführte Tore und nicht schallentkoppelte Antriebsteile erzeugt. Um hier den Empfehlungen der SSt I, II und III zu genügen, ist eine körperschallentkoppelte Befestigung von Antrieb und Tor am Gebäude zu



gewährleisten, z.B. durch Neoprenlager zwischen Befestigung und Bauteil. Es sind, je nach Art und Größe des Tores, etwa 20 DM zu kalkulieren. Beim Einbau des Tores ist auf zwangungsfreie Bewegungsmöglichkeit zu achten, um ein ruhiges, geräuscharmes Laufen zu gewährleisten, zusätzliche federnde Puffer vermeiden Stöße beim Schließen des Tores.

#### **Rolladen mit elektrischem Antrieb:**

Streng genommen sind auch elektrische Rolladenantriebe haustechnische Anlagen. Um hier störende Geräusche (bis  $L_{AF} = 50$  dB(A) möglich) zu vermeiden, ist auf einen entsprechend leisen Antrieb zu achten, sowie eine Körperschallentkopplung des Antriebs vorzusehen. Eine Vielzahl von auf dem Markt befindlichen Produkten mit diversen Extras, wie z.B. zeitprogrammierbare Betätigung, sowie die grundsätzlich verschiedenen Antriebssysteme (Motor im Rolladenkasten oder im Gurtwicklerkasten) lassen kostenmäßig keine Bewertung zu.

#### **4.5.2.4 Garagenanlagen**

Garagenanlagen sind ebenfalls haustechnische Anlagen im Sinne der DIN 4109 und VDI 4100. Wesentlich hierbei für einen guten Schallschutz ist:

- Körperschallentkoppelte Auflagerung der Tore
- Körperschallentkoppelte Ausführung der Lüftungsanlage (falls vorhanden)
- Ausreichende Luftschalldämmung der an Wohnungen angrenzenden Decken und Wände
- Bodenbeschichtungen für den Fahrbereich die „leises Fahren“ ermöglichen
- Befestigte Abdeckungen von Entwässerungsrinnen und –einläufen, die durch Fahrzeugbewegungen nicht abheben und herabfallen
- Leise schließende Türen zum Wohnbereich hin

Die Kosten für diese Maßnahmen betragen mit etwa einem Prozent einen geringen Anteil der Gesamtkosten für eine solche Garagenanlage.

#### **4.5.2.5 Gemeinschaftswaschanlagen**

Um innerhalb solcher Anlagen den gewünschten Schallschutz gewährleisten zu können, sind folgende Ausführungshinweise zu berücksichtigen:

- Aufstellplätze von Waschmaschinen und Wäschetrockner erfordern für die SSt III einen schwimmenden Estrich, um den durch den Betrieb entstehenden Körperschall zu dämmen. Bei einem Aufstellungsort über einer fremden Wohnung ist dieses auch für die SSt I und II zu erfüllen.
- Die Wasser- und Abwasserleitungen sind entsprechend den zuvor aufgeführten Regeln auszuführen.
- Luftschallschutztechnisch reichen die von DIN 4109 geforderten und VDI 4100 empfohlenen Werte für die raumbegrenzenden Bauteile aus, wenn sich auf der Ebene keine Wohnräume befinden.

Die Kosten lassen sich nach den Abschnitten für Wasser- und Abwasserleitungen sowie dem Abschnitt für Estrich ermitteln.

#### **4.5.2.6 Schwimmanlagen, Saunen und Sportanlagen**

Sind solche privaten Anlagen innerhalb eines Mehrfamilienhauses angeordnet, so ist privatrechtlich nicht mehr ein Schallschutz gemäß den Mindestanforderungen der DIN 4109 ausreichend, da eine höhere Ausstattung des Gebäudes als üblich vorliegt (siehe auch Abschnitt 2.3.1). Aufgrund der Seltenheit werden hier keine Kosten betrachtet.

#### **4.5.2.7 Zentrale Staubsauganlagen**

Diese in der DIN und VDI erwähnte haustechnische Anlage kommt im Wohnungsbau i.a. nie zur Ausführung und wird deshalb nicht weiter betrachtet.

#### **4.5.2.8 Sonstige haustechnische Anlagen**

Bei sonstigen haustechnischen Anlagen, wie z.B. Lüftungs- und Klimaanlage, ist im wesentlichen auf eine Körperschallentkopplung zu achten, da Körperschall im allgemeinen bei haustechnischen Anlagen für störende Geräusche verantwortlich ist.

Türklingeln, Relais für Zeitschaltungen von Treppenhausbeleuchtungen, etc. können ebenfalls durch eine körperschallentkoppelte Befestigung den Schallschutz verbessern, für die SSt III ist dieses erforderlich.

## 5.) Ermittlung der Schallschutzkosten unterschiedlicher Schallschutzstufen und Ausführungsarten

Um eine Bewertung von (Wohn-)Gebäuden bezüglich ihrer Kosten, die durch die Erfüllung unterschiedlicher Schallschutzstufen bei gleichen oder unterschiedlichen Ausführungsarten entstehen, vornehmen zu können, reicht eine alleinige Betrachtung einzelner Bauteilkosten, wie in Kapitel 3 entwickelt, nicht aus. Durch die gegenseitige Beeinflussung von trennenden Bauteilen, flankierenden Bauteilen und Installationen diverser Art ist eine ganzheitliche Betrachtung unumgänglich. So kann z.B. ein trennendes Bauteil mit  $R'_{w,R} = 58$  dB erforderlich sein, um unter Berücksichtigung leichter flankierender Bauteile ein bewertetes Schalldämm-Maß von 56 dB zu erreichen.

Um die Kostenberechnung handhabbar zu gestalten, ist eine Beschränkung des Umfangs erforderlich. Nach methodischer Klärung des Vorgehens soll das Gebäude in Bauteile, Bauteilgruppen und Funktionseinheiten aufgelöst werden, um so Kosten feststellen und optimieren zu können.

Es werden folgende Überlegungen angestellt:

- Abhängigkeit der Kosteneinflüsse (Abschnitt 5.1)
- Schallschutzbemessung und Kostenoptimierung durch Variation (Abschnitt 5.2)
- Schallschutzkostenermittlung (Abschnitt 5.3)
- Kalkulations- und Optimierungsbeispiel (Abschnitt 5.4)

Das nun vorzustellende Verfahren wird im Kapitel 6 zur Kostenuntersuchung der Bauvorhaben angewendet.

### 5.1 Abhängigkeit der Kosteneinflüsse

Gemäß der DIN 276 „Kosten im Hochbau“ können die Kosten eines Bauwerks einzelnen Kostengruppen (KG) zugeordnet werden. Dabei werden folgende kostenverursachenden Gegebenheiten / Abhängigkeiten berücksichtigt:

- Kosten der Bauteile selbst, die den Schallschutz beeinflussen

- Gewichtsveränderung der schallschutzrelevanten Bauteile mit Kosteneinfluß auf Folgebauteile (Deckenlasten auf darunterliegende Wände, Decken und Wandlasten auf Fundamente, etc.)
- Nutzflächen- und Wohnflächenveränderungen, die durch unterschiedliche Wanddicken verursacht werden und dadurch die verkauf- bzw. vermietbare Fläche verändern.
- Veränderung der Geschoßhöhe durch unterschiedliche Deckendicken mit Folgekosten für Längenänderungen von Treppenläufen, Rohrleitungen, Schächten, Fassaden, etc.

Weitere Einflüsse wurden durch Voruntersuchungen ausgeschlossen.

Nachfolgend werden die Kostengruppen gemäß DIN 276 dargestellt, die durch den Schallschutz beeinflusst werden und diejenigen, die unberücksichtigt bleiben können. Durch Indizes wird der Einfluß der Kostengruppe auf die Schallschutzkosten wie folgt gekennzeichnet:

- 1) Die Kostengruppe fällt bei der Erstellung üblicher Mehrfamilienhäuser i.a. nicht an bzw. kann vernachlässigt werden.
- 2) Die Kostengruppe fällt bei der Erstellung üblicher Mehrfamilienhäuser an, hat aber keinen Einfluß auf die Schallschutzkosten.
- 3) Die Kostengruppe fällt bei der Erstellung üblicher Mehrfamilienhäuser an und beeinflusst die Schallschutzkosten.

**Kostengruppen gemäß DIN 276 „Kosten im Hochbau“, mit für den Schallschutz kostenrelevanter Zuordnung:**

<b>100</b>	<b>Grundstück</b>	126	Wertermittlungen, Untersuchungen 1)
		127	Genehmigungsgebühren 2)
<b>110</b>	<b>Grundstückswert 2)</b>	128	Bodenordnung, Grenzregulierung 2)
		129	Grundstücksnebenkosten, sonstiges 2)
<b>120</b>	<b>Grundstücksnebenkosten</b>	<b>130</b>	<b>Freimachen</b>
121	Vermessungsgebühren 2)	131	Abfindungen 1)
122	Gerichtsgebühren 2)	132	Ablösen dinglicher Rechte 1)
123	Notariatsgebühren 2)	139	Freimachen, sonstiges 1)
124	Maklerprovisionen 1)		
125	Grunderwerbssteuer 2)		
<b>200</b>	<b>Herrichten und Erschließen</b>	213	Altlastenbeseitigung 1)
		214	Herrichten der Geländeoberfläche 2)
<b>210</b>	<b>Herrichten</b>	219	Herrichten, sonstiges 1)
211	Sicherungsmaßnahmen 1)	<b>220</b>	<b>Öffentliche Erschließung</b>
212	Abbruchmaßnahmen 1)		

- 221 Abwasserentsorgung 2)  
 222 Wasserversorgung 2)  
 223 Gasversorgung 2)  
 224 Fernwärmeversorgung 2)  
 225 Stromversorgung 2)  
 226 Telekommunikation 2)  
 227 Verkehrserschließung 2)  
 229 Öffentliche Erschließung, sonstiges 2)
- 230 Nichtöffentliche Erschließung**  
 231 Abwasserentsorgung 2)
- 300 Bauwerk - Baukonstruktionen**
- 310 Baugrube**  
 311 Baugrubenherstellung 2)  
 312 Baugrubenumschließung 1)  
 313 Wasserhaltung 1)  
 319 Baugrube, sonstiges 1)
- 320 Gründung**  
 321 Baugrundverbesserung 1)  
 322 Flachgründungen 3)  
 323 Tiefgründungen 1)  
 324 Unterböden und Bodenplatten 2)  
 325 Bodenbeläge 3)  
 326 Bauwerksabdichtungen 2)  
 327 Dränagen 2)  
 329 Gründung, sonstiges 3)
- 330 Außenwände**  
 331 Tragende Außenwände 3)  
 332 Nichttragende Außenwände 3)  
 333 Außenstützen 3)  
 334 Außentore und -fenster 2)  
 335 Außenwandbekleidungen außen 3)  
 336 Außenwandbekleidungen innen 3)  
 337 Elementierte Außenwände 3)  
 338 Sonnenschutz 1)  
 339 Außenwände, sonstiges 3)
- 340 Innenwände**  
 341 Tragende Innenwände 3)  
 342 Nichttragende Innenwände 3)  
 343 Innenstützen 3)
- 400 Bauwerk - Technische Anlagen**
- 410 Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen**  
 411 Abwasseranlagen 3)  
 412 Wasseranlagen 3)  
 413 Gasanlagen 3)  
 414 Feuerlöchanlagen 1)  
 419 Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen, sonstiges 3)
- 420 Wärmeversorgungsanlagen**  
 421 Wärmeerzeugungsanlagen 3)  
 422 Wärmeverteilnetze 3)  
 423 Raumheizflächen 3)  
 429 Wärmeversorgungsanlagen, sonstiges 3)
- 430 Lufttechnische Anlagen**  
 431 Lüftungsanlagen 3)  
 432 Teilklimaanlagen 1)  
 433 Klimaanlagen 1)  
 434 Prozeßlufttechnische Anlagen 1)  
 435 Kälteanlagen 1)  
 439 Lufttechnische Anlagen, sonstiges 1)
- 440 Starkstromanlagen**  
 441 Hoch- und Mittelspannungsanlagen 1)  
 442 Eigenstromversorgungsanlagen 1)  
 443 Niederspannungsschaltanlagen 2)
- 232 Wasserversorgung 2)  
 233 Gasversorgung 2)  
 234 Fernwärmeversorgung 2)  
 235 Stromversorgung 2)  
 236 Telekommunikation 2)  
 237 Verkehrserschließung 2)  
 239 Nichtöffentliche Erschließung, sonstiges 2)
- 240 Ausgleichsabgaben 1)**
- 344 Innentüren und -fenster 3)  
 345 Innenwandbekleidungen 3)  
 346 Elementierte Innenwände 3)  
 349 Innenwände, sonstiges 3)
- 350 Decken**  
 351 Deckenkonstruktionen 3)  
 352 Deckenbeläge 3)  
 353 Deckenbekleidungen 3)  
 359 Decken, sonstiges 3)
- 360 Dächer**  
 361 Dachkonstruktionen 2)  
 362 Dachfenster, Dachöffnungen 2)  
 363 Dachbeläge 2)  
 364 Dachbekleidungen 3)  
 369 Dächer, sonstiges 2)
- 370 Baukonstruktive Einbauten**  
 371 Allgemeine Einbauten 1)  
 372 Besondere Einbauten 1)  
 379 Baukonstruktive Einbauten, sonstiges 1)
- 390 Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktionen**  
 391 Baustelleneinrichtung 2)  
 392 Gerüste 2)  
 393 Sicherungsmaßnahmen 1)  
 394 Abbruchmaßnahmen 1)  
 395 Instandsetzungen 1)  
 396 Recycling, Zwischendeponierung und Entsorgung 1)  
 397 Schlechtwetterbau 1)  
 398 Zusätzliche Maßnahmen 2)  
 399 tige Maßnahmen für Baukonstruktionen,sonstig. 2)
- 444 Niederspannungs-Installationsanlagen 3)  
 445 Beleuchtungsanlagen 2)
- 446 Blitzschutz- und Erdungsanlagen 2)  
 449 Starkstromanlagen, sonstiges 1)
- 450 Fernmelde- und informationstechnische Anlagen**  
 451 Telekommunikationsanlagen 1)  
 452 Such- und Signalanlagen 2)  
 453 Zeitdienstanlagen 1)  
 454 Elektroakustische Anlagen 1)  
 455 Fernseh- und Antennenanlagen 2)  
 456 Gefahrenmelde- und Alarmanlagen 1)  
 457 Übertragungsnetze 1)  
 459 Fernmelde- und informationstechnische Anlagen, sonstiges 1)
- 460 Förderanlagen**  
 461 Aufzugsanlagen 2)  
 462 Fahrtreppen, Fahrsteige 1)  
 463 Befahranlagen 1)  
 464 Transportanlagen 1)  
 465 Krananlagen 1)  
 469 Förderanlagen, sonstiges 1)
- 470 Nutzungsspezifische Anlagen**  
 471 Küchentechnische Anlagen 1)  
 472 Wäscherei- und Reinigungsanlagen 1)  
 473 Medienversorgungsanlagen 1)

- 474 Medizintechnische Anlagen *I*)  
 475 Labortechnische Anlagen *I*)  
 476 Badetechnische Anlagen *I*)  
 477 Kälteanlagen *I*)  
 478 Entsorgungsanlagen *I*)  
 479 Nutzungsspezifische Anlagen, sonstiges *I*)
- 480 Gebäudeautomation**  
 481 Automationsysteme *I*)  
 482 Leistungsteile *I*)  
 483 Zentrale Einrichtungen *I*)  
 489 Gebäudeautomation, sonstiges *I*)
- 500 Außenanlagen**
- 510 Geländeflächen**  
 511 Geländebearbeitung *I*)  
 512 Vegetationstechnische Bodenbearbeitung *I*)  
 513 Sicherungsbauweisen *I*)  
 514 Pflanzen *I*)  
 515 Rasen *I*)  
 516 Begrünung unterbauter Flächen *I*)  
 517 Wasserflächen *I*)  
 519 Geländeflächen, sonstiges *I*)
- 520 Befestigte Flächen**  
 521 Wege *I*)  
 522 Straßen *I*)  
 523 Plätze, Höfe *I*)  
 524 Stellplätze *I*)  
 525 Sportplatzflächen *I*)  
 526 Spielplatzflächen *I*)  
 527 Gleisanlagen *I*)  
 529 Befestigte Flächen, sonstiges *I*)
- 530 Baukonstruktionen in Außenanlagen**  
 531 Einfriedungen *I*)  
 532 Schutzkonstruktionen *I*)  
 533 Mauern, Wände *I*)  
 534 Rampen, Treppen, Tribünen *I*)  
 535 Überdachungen *I*)  
 536 Brücken, Stege *I*)  
 537 Kanal- und Schachtbauanlagen *I*)
- 600 Ausstattung und Kunstwerke**
- 610 Ausstattung**  
 611 Allgemeine Ausstattung *I*)  
 612 Besondere Ausstattung *I*)  
 619 Ausstattung, sonstiges *I*)
- 700 Baunebenkosten**
- 710 Bauherrenaufgaben**  
 711 Projektleitung *2*)  
 712 Projektsteuerung *I*)  
 713 Betriebs- und Organisationsberatung *I*)  
 719 Bauherrenaufgaben, sonstiges *I*)
- 720 Vorbereitung der Objektplanung**  
 721 Untersuchungen *I*)  
 722 Wertermittlungen *I*)  
 723 Städtebauliche Leistungen *I*)  
 724 Landschaftsplanerische Leistungen *I*)  
 725 Wettbewerbe *I*)  
 729 Vorbereitung der Objektplanung, sonstiges *I*)
- 730 Architekten- und Ingenieurleistungen**  
 731 Gebäude *2*)  
 732 Freianlagen *I*)  
 733 Raumbildende Ausbauten *I*)  
 734 Ingenieurbauwerke und Verkehrsanlagen *I*)
- 490 Sonstige Maßnahmen für Technische Anlagen**  
 491 Baustelleneinrichtung *I*)  
 492 Gerüste *I*)  
 493 Sicherungsmaßnahmen *I*)  
 494 Abbruchmaßnahmen *I*)  
 495 Instandsetzungen *I*)  
 496 Recycling, Zwischendeponierung und Entsorgung *I*)  
 497 Schlechtwetterbau *I*)  
 498 Zusätzliche Maßnahmen *I*)  
 499 Sonstige Maßnahmen für Technische Anlagen, sonstiges *I*)
- 538 Wasserbauliche Anlagen *I*)  
 539 Baukonstruktionen in Außenanlagen, sonstiges *I*)
- 540 Technische Anlagen in Außenanlagen**  
 541 Abwasseranlagen *I*)  
 542 Wasseranlagen *I*)  
 543 Gasanlagen *I*)  
 544 Wärmeversorgungsanlagen *I*)  
 545 Lufttechnische Anlagen *I*)  
 546 Starkstromanlagen *I*)  
 547 Fernmelde- und informationstechnische Anlagen *I*)  
 548 Nutzungsspezifische Anlagen *I*)  
 549 Technische Anlagen in Außenanlagen, sonstiges *I*)
- 550 Einbauten in Außenanlagen**  
 551 Allgemeine Einbauten *I*)  
 553 Besondere Einbauten *I*)  
 559 Einbauten in Außenanlagen, sonstiges *I*)
- 590 Sonstige Maßnahmen für Außenanlagen**  
 591 Baustelleneinrichtung *I*)  
 592 Gerüste *I*)  
 593 Sicherungsmaßnahmen *I*)  
 594 Abbruchmaßnahmen *I*)  
 595 Instandsetzungen *I*)  
 596 Recycling, Zwischendeponierung und Entsorgung *I*)  
 597 Schlechtwetterbau *I*)  
 598 Zusätzliche Maßnahmen *I*)  
 599 Sonstige Maßnahmen für Außenanlagen, sonstiges *I*)
- 620 Kunstwerke**  
 621 Kunstobjekte *I*)  
 622 Künstlerisch gestaltete Bauteile des Bauwerks *I*)  
 623 Künstlerisch gestaltete Bauteile der Außenanlagen *I*)  
 629 Kunstwerke, sonstiges *I*)
- 735 Tragwerksplanung *2*)
- 736 Technische Ausrüstung *2*)  
 739 Architekten- und Ingenieurleistungen, sonstiges *2*)
- 740 Gutachten und Beratung**  
 741 Thermische Bauphysik *2*)  
 742 Schallschutz und Raumakustik *3*)  
 743 Bodenmechanik, Erd- und Grundbau *2*)  
 744 Vermessung *2*)  
 745 Lichttechnik, Tageslichttechnik *2*)  
 749 Gutachten und Beratung, sonstiges *2*)
- 750 Kunst**  
 751 Kunstwettbewerbe *I*)  
 752 Honorare *I*)  
 759 Kunst, sonstiges *I*)
- 760 Finanzierung**  
 761 Finanzierungskosten *I*)  
 762 Zinsen vor Nutzungsbeginn *I*)

769 Finanzierung, sonstiges 1)

**770 Allgemeine Baunebenkosten**

771 Kosten im Zusammenhang mit Prüfungen, Genehmigungen und Abnahmen 2)

772 Bewirtschaftungskosten 2)

773 Bemusterungskosten 1)

774 Betriebskosten während der Bauzeit 2)

779 Allgemeine Baunebenkosten, sonstiges 2)

**790 Sonstige Baunebenkosten 1)**

Die mit dem Index 3) gekennzeichneten Kostengruppen sind also bei der Kostenuntersuchung verschiedener Schallschutzstufen durch die vorhandenen Abhängigkeiten in die Betrachtung einzubeziehen.

## 5.2 Schallschutzbemessung und Kostenoptimierung durch Variation

In Kapitel 4 wurden die Kosten und Schallschutzeigenschaften einzelner Bauteile erarbeitet. Die Schallschutzbemessung eines Gebäudes läßt sich leider nicht aus einer einfachen Zusammenstellung der erforderlichen Schallschutzeigenschaften der trennenden Bauteile herleiten, flankierende Bauteile müssen unbedingt berücksichtigt werden. In Folge des Zusammenwirkens entsteht ein enges Beziehungsgeflecht der Bauteile, so daß

- sich eine Vielfalt von Alternativen ergibt, die einer mathematischen Optimierung entgegenstehen und deshalb ein
- entwurfpraktisches Vorgehen zur annähernden Kostenermittlung/ -optimierung erfordern

### Nachweis der vielfältigen kombinatorischen Alternativen

Um die kostenoptimale Lösung zu finden, müßten alle Kombinationsmöglichkeiten betrachtet werden. Dieses ist aufgrund der Vielzahl an Lösungen nicht möglich, wie nachfolgend an einem extrem vereinfachten Beispiel gezeigt wird:

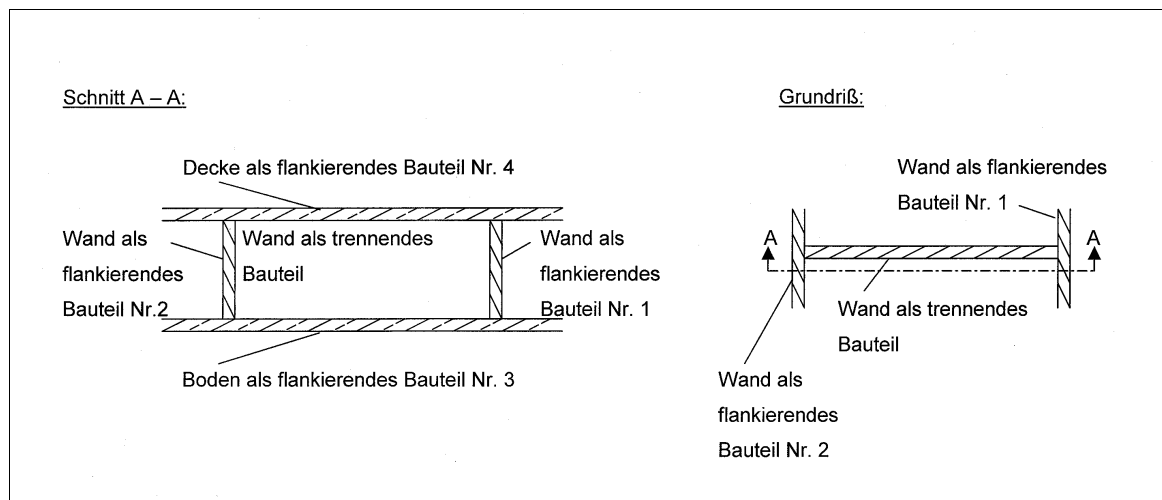


Abbildung 50: Gebäudeausschnitt trennendes Bauteil/ flankierende Bauteile

Aus dem Gebäude wird lediglich ein trennendes Bauteil mit den dazugehörigen flankierenden Bauteilen herausgelöst und betrachtet. Eine eindeutige Schallschutzbemessung des trennenden Bauteils ist möglich, wenn die flankierenden Bauteile bekannt sind. Die Anzahl der Kombinationsmöglichkeiten entwickelt sich wie folgt:

- Um den Korrekturwert  $K_{L,1}$  gemäß Tabelle 14 Beiblatt 1 DIN 4109 zu berücksichtigen, müssen die flankierenden Bauteile eine mittlere flächenbezogene Masse von 150 bis 450 kg/m<sup>2</sup> aufweisen.
- Praxisnah werden dazu einzelne flankierende Bauteile mit einer flächenbezogenen Masse von 150 bis 450 kg/m<sup>2</sup> kombiniert, wobei Abstufungen von 25 kg/m<sup>2</sup>, also Bauteildickenunterschiede von etwa ein bis zwei Zentimeter, erfolgen.
- Es ergeben sich also 13 Bauteile mit verschiedenem Gewicht.
- Läßt man nun fünf Ausführungsarten je Bauteil zu, z.B. Mauerwerk einschalig hohe und mittlere Rohdichte, Stahlbeton ein- und zweischalig und Porenbeton einschalig, so ergeben sich je flankierendes Bauteil  $13 \times 5 = 65$  Varianten.
- Da jede der vier Flanken diese Variationsmöglichkeit besitzt, ergeben sich insgesamt  $(13 \times 5)^4 = 17.850.625$  Kombinationen.
- Berücksichtigt man nun den Faktor  $K_{L,2}$  gemäß Tabelle 15 Beiblatt 1 DIN 4109, so vervierfacht sich die Anzahl der möglichen Kombinationen, also  $4 \times 17.850.625 = 71.402.500$  Kombinationen.
- Läßt man die fünf Ausführungsarten auch beim trennenden Bauteil zu, so ergeben sich  $5 \times 71.402.500 = 357.012.500$  Kombinationen.

Will man das gesamte Gebäude einschließlich der Installationen betrachten, so erhöht sich die Anzahl der möglichen Kombinationen um ein Vielfaches, da mehrere trennende Bauteile betrachtet werden müssen. Ebenso müssen bei einer umfassenden Betrachtung auch statische sowie brand- und wärmeschutztechnische Parameter berücksichtigt werden. Ein Verfahren zur Ermittlung der wirtschaftlichsten Schallschutzrealisierung kann also nicht alle Kombinationen betrachten, da es auch bei extremen Großrechnerleistungen eine unlösbare Aufgabe darstellt. Entwicklungen von Optimierungsalgorithmen für dieses Problem sind in der Literatur nicht bekannt, eine Entwicklung entsprechender Algorithmen z.B. mit dem Verfahren „Branch and cut“ [89] sind nicht Ziel dieser Arbeit. Es ist also ein anderer, praxisgerechterer Ansatz zu wählen.



### **Entwurfspraktisches Vorgehen zur näherungsweisen Optimierung**

Die übliche Vorgehensweise in der Planung ist es, das Gebäude

1. architektonisch mit Raumprogramm und unter gestalterischen und funktionalen Aspekten zu entwerfen
2. die statische Berechnung durchzuführen und die tragenden Bauteile zu dimensionieren
3. die bauphysikalischen Anforderungen durch Nachweis der geplanten Bauteile zu belegen bzw. Bauteile abzuändern, um die bauphysikalischen Forderungen zu erfüllen.

Für den Schallschutz bedeutet dieses i.a. eine iterative Vorgehensweise gemäß Abbildung 51. Nach einiger Übung wird diese Vorgehensweise vom Planer leicht beherrscht, und er kann für ein individuelles Bauwerk bei vorgegebener Schallschutzstufe die optimale Konstruktion bestimmen.

Da über den Schallschutz hinaus aber auch statische Einflüsse für das betrachtete Bauteil und Folgebauteile, sowie Aspekte der technischen Gebäudeausrüstung in die Kostenermittlung eingehen, wird die Iteration unter Berücksichtigung der Gebäudeentkopplung gemäß Kapitel 7 entsprechend in Abbildung 52 erweitert.

Als Grundlage für eine Kostenermittlung verschiedener Schallschutz- und Ausführungsvarianten ist eine statische und schallschutztechnische Bemessung, zumindest eine überschlägliche Berechnung, unumgänglich. Für das Kalkulationsverfahren bietet es sich deshalb an, verschiedene, durch die obigen Berechnungen mit Bauteilen belegte Ausführungsarten/ Schallschutzstufen untereinander zu vergleichen.

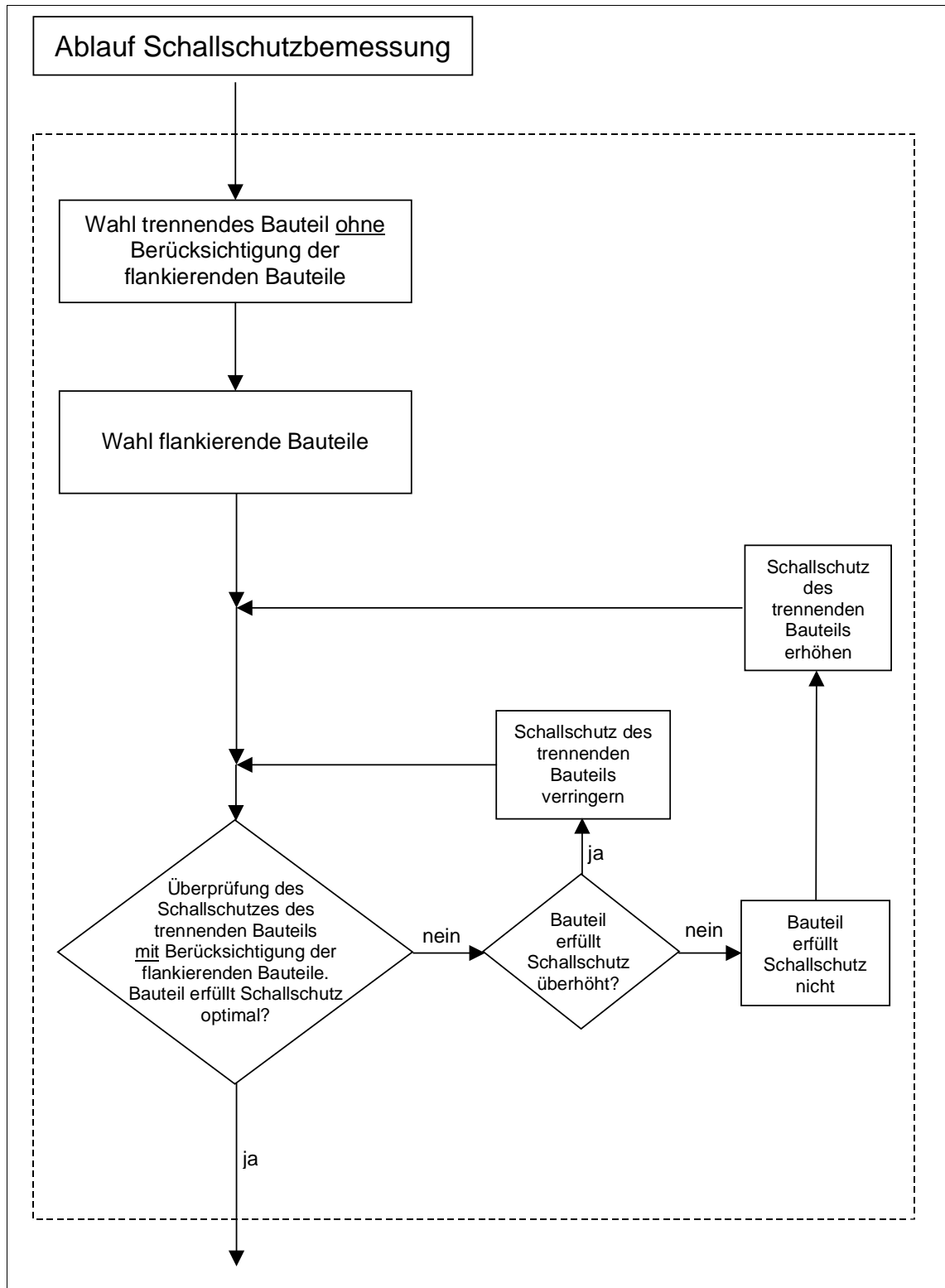


Abbildung 51: Ablauf der Schallschutzbemessung und -optimierung

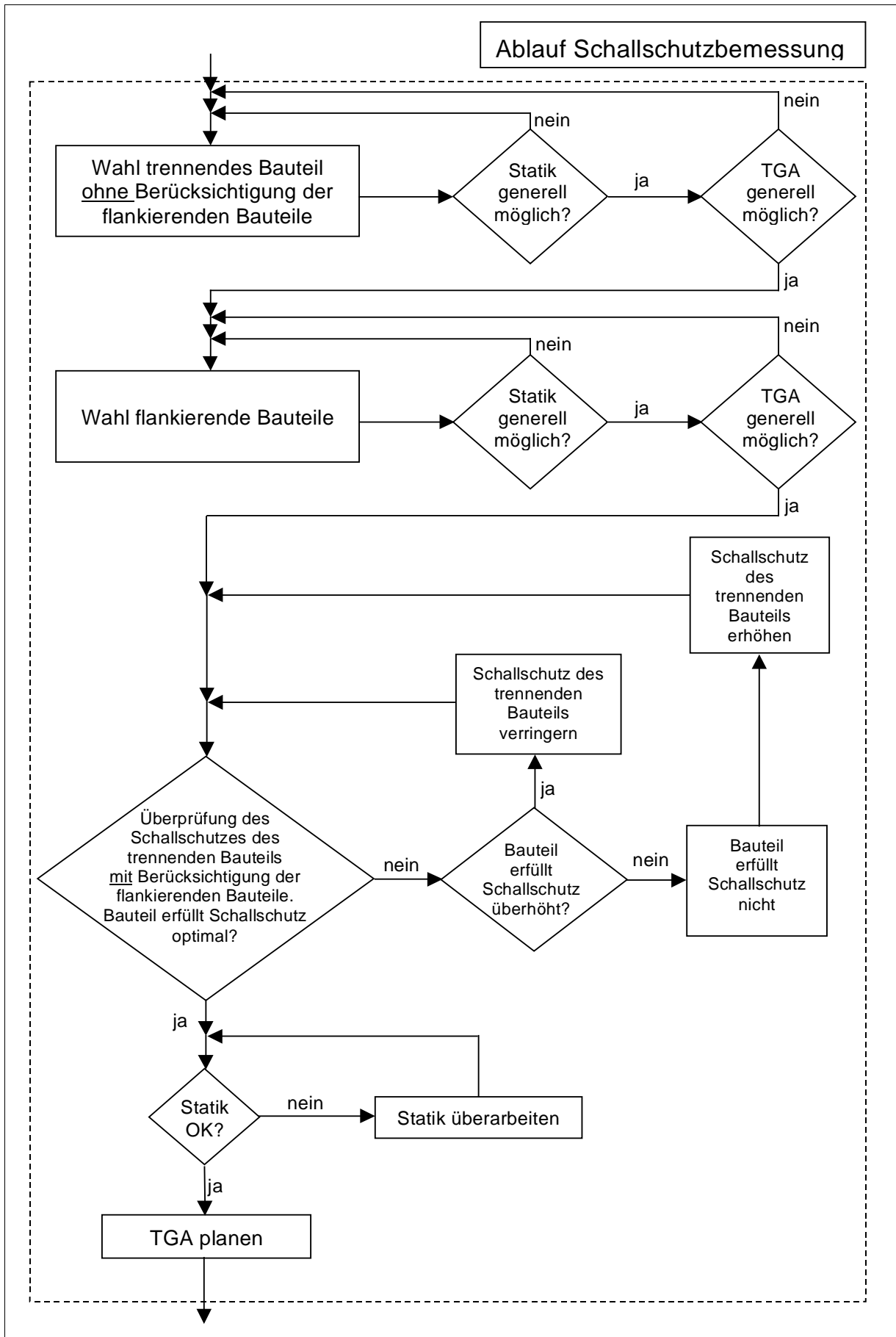


Abbildung 52: Ablauf der Schallschutzbemessung und –optimierung mit Berücksichtigung von Statik und TGA

Die Bearbeitungsschritte/ -reihenfolge entspricht der üblichen Vorgehensweise der Fachplaner. Die wirtschaftlich optimale Variante wird durch Kostenvergleich (siehe Abschnitt 5.3), durch Reduzierung auf die marktüblichen Ausführungsarten (Abschnitt 6.1) und bei verschiedenen Grundrissen (Abschnitt 6.2) erarbeitet. Die Abbildung 53 zeigt den Planungsablauf zum Erreichen einer kostenoptimalen Konstruktion.

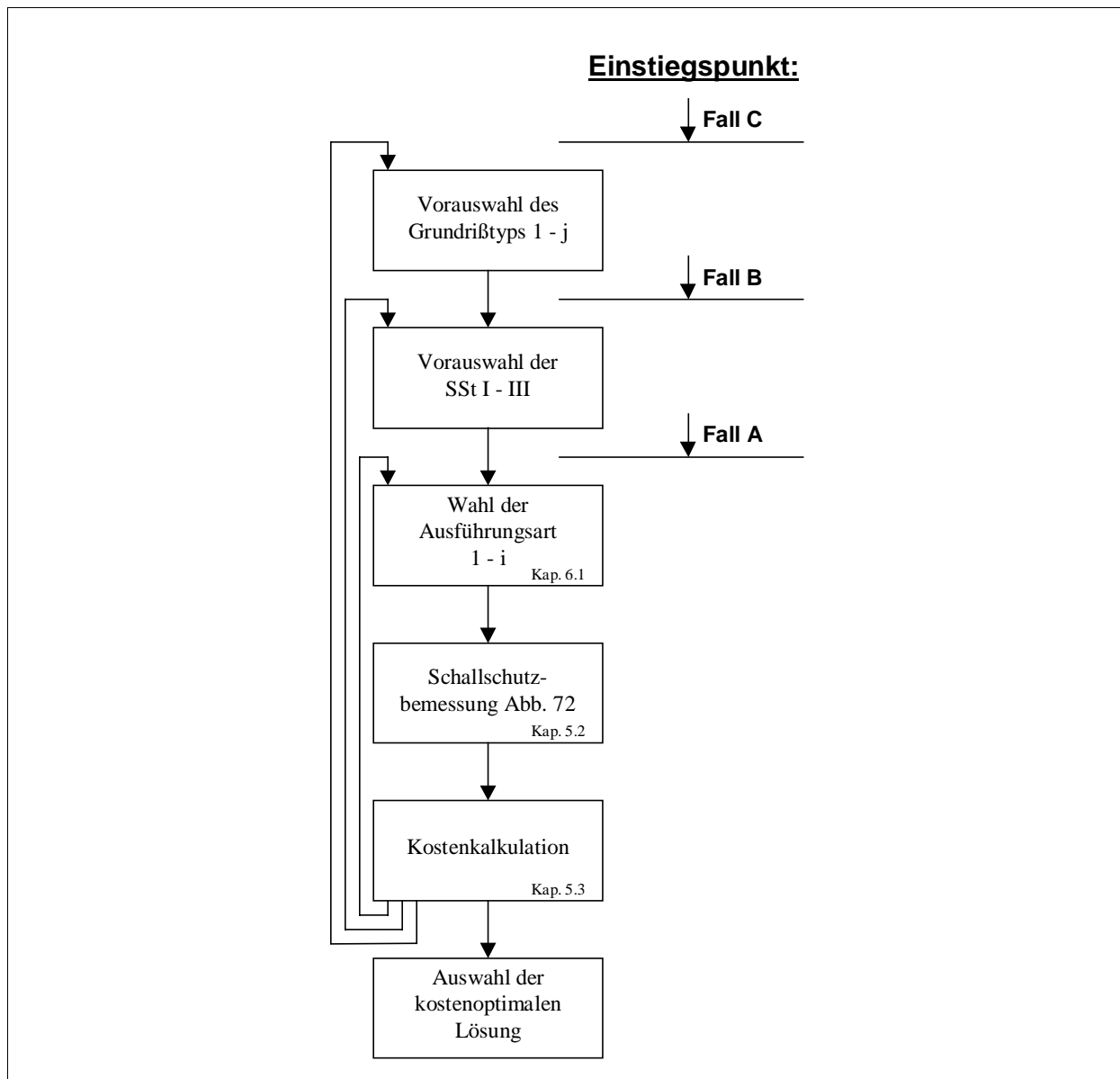


Abbildung 53: Ablaufdiagramm zur kostenoptimalen Konstruktion bei alternativen SSt

Im Diagramm werden drei Fälle unterschieden:

- **Fall A:** Auswahl der wirtschaftlichsten Ausführungsart bei festgelegtem Grundriß und vorgegebener Schallschutzstufe, dieses ist der übliche Fall bei der technischen Bearbeitung, der in Abschnitt 6.3.2 diskutiert wird.

- Fall B: Auswahl der Schallschutzstufe mit Auswirkung auf verschiedene Ausführungsarten, dieser Vergleich zeigt den Kosteneinfluß der Schallschutzanforderung auf die Bauwerkskosten. Es wird in Abschnitt 6.3.1 besprochen.
- Fall C: Keine Vorbestimmung der Grundrißgestaltung und der Schallschutzstufe, dieser Vergleich zeigt den Einfluß des Entwurfs auf die Schallschutzkosten und gibt dem Planer Hinweise auf optimales Entwerfen aus der Sicht der Schallschutzkosten (siehe Abschnitt 6.3).

Nur Fall A hat praktische Bedeutung für die tägliche Planung. Im Extremfall sind drei bis fünf Ausführungsarten zu untersuchen. Fall B und C geben grundsätzliche Hinweise auf kostengünstige Ausführungsarten verschiedener Schallschutzstufen.

### **5.3 Schallschutzkostenermittlung**

Um einen objektiven Kostenvergleich des gesamten Gebäudes, aber auch einzelner Bauteile zu erhalten, ist es erforderlich, sämtliche Faktoren zu bereinigen und auf die wesentlichen Kosteneinflüsse zu begrenzen. Deshalb sind zu standardisieren:

- die Kosteneinflüsse einzelner Produktionsfaktoren
- die Kalkulationsmethode
- sonstige Kosten-, Nutzeneinflüsse

#### **Standardisierung der Kosten einzelner Produktionsfaktoren**

Dabei handelt es sich im Wesentlichen um:

- Regionale Schwankungen der Baustoffkosten
- Unterschiedliche Baustelleneinrichtungskosten
- Unterschiedliche Gemeinkostenzuschläge
- Unterschiedlicher Ansatz von AGK und WuG
- Unterschiedliche Stundenansätze / Aufwandswerte
- Schwankungen des Mittellohns und der Gerätekosten
- Unterschiedliche Bauzeit und dadurch bedingte Änderung der Gemeinkosten

Der systematische Kostenvergleich

- Schallschutzstufen und Gestaltungsvarianten und
- Schallschutzstufen und Ausführungsarten

geht von einer bereinigten Kostenbasis aus.

Die Daten sind anhand von verschiedenen Bauvorhaben, Lieferanten, Herstellern, etc. und einer mittleren Preisbasis für 1998 im Ruhrgebiet ermittelt und dem Vergleich zugrunde gelegt worden.

Generell können Kosten aber nicht verallgemeinert werden, da die Preisaussagen nur unter bestimmten Randbedingungen Gültigkeit haben und durch die obigen Faktoren beeinflusst werden. Das angestrebte Kalkulationsverfahren muß deshalb also die Anwendung eigener Kostenwerte und Randbedingungen zulassen.

### **Kalkulationsmethode**

Generell sind die Kosten nach den im Bauwesen üblichen Verfahren zu berechnen. Eine Vorgehensweise gemäß der KLR Bau (Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen) bietet sich an. Für die der Vergleichsrechnung zu Grunde liegende Kalkulationsmethode sind dieses:

- Einzelkosten der Teilleistung (EKdT) als die direkt den einzelnen Teilleistungen zurechenbaren Kosten:
  - Lohnkosten
  - Gerätekosten
  - Materialkosten
  - Fremdleistungen
- Gemeinkosten der Baustelle, die sich als Kosten aus der gesamten Baumaßnahme ergeben und nicht den EkdT direkt zugeordnet werden können:
  - Kosten der Geschäfts-, Betriebs- und Baustellenaustattung
  - Allgemeine Kosten
  - Sonderkosten (siehe KLR-Bau [93])
- Umlage der Gemeinkosten: Gemeinkosten, Wagnis und Gewinn werden mit einem vorbestimmten Zuschlagsfaktor auf die Einzelkosten der Teilleistung umgelegt, um Einheits- und Gesamtpreise zu erhalten. Die Zuschläge sind von branchenüblicher Größenordnung. Es wurde mit folgenden Kostenelementen kalkuliert: Mittellohn ASL: 60,- DM/h; Gerätekosten gemäß BGL, Zuschlag auf die EkdT gleichmäßig mit 15 %.

Eine weitere verfeinerte Unterteilung ist möglich, oftmals auch unumgänglich, die obige Einteilung ist als Mindestgliederung zu verstehen.<sup>86</sup> Sie ist für die hier betrachteten Wohnungsbauprojekte ausreichend.

### **Sonstige Kosten- und Nutzeneinflüsse**

- Die Änderung der Nutz- bzw. Wohnfläche durch unterschiedliche Bauteildimensionen muß berücksichtigt werden. Es handelt sich um Mindererlöse infolge verringerter vermietet- oder verkaufbarer Wohnfläche bzw. Nutzfläche. Die Kosten haben einen erheblichen Einfluß auf die Gesamtkosten, wie eine Vorstudie zur Arbeit und Aussagen aus der Literatur [90] zeigen.
- Die Kostenänderungen der lastabtragenden Bauteile durch Änderung der Eigenlasten bei den unterschiedlichen Schallschutzniveaus haben begrenzten Einfluß und sind relativ gering.
- Die Kostenänderung der Fassade, Leitungen, Schächte, Treppenläufe, etc. durch Veränderung der Deckendicke bei einer Änderung der Schallschutzniveaus haben geringen Einfluß.

Die so ermittelten Kosten stellen lediglich die Investitionskosten dar, die der Bauherr zu tragen hat.

### **Begrenzung der kostenbeeinflussenden Bauteile**

Es ist unerläßlich, die vielen Kosteneinflüsse, die durch die Veränderung des Schallschutzes bzw. der Konstruktion entstehen, auf wenige zu reduzieren, aber gleichzeitig einen hohen Anteil der entstehenden Kosten zu berücksichtigen. Die wesentlichen Kostenunterschiede verschiedener Schallschutzstufen bzw. verschiedener Ausführungsvarianten innerhalb einer Schallschutzstufe lassen sich auf folgende in Kapitel 4 näher untersuchte Bauteile und Begleiterscheinungen reduzieren:

- Wände
- Decken
- Wohnungseingangstüren
- Treppenläufe und –podeste
- Schächte
- Aufzüge

---

<sup>86</sup> Siehe auch KLR Bau [89], S. 34

- Wasser- und Abwasseranlagen
- Sanitärelemente
- Elektroinstallationen
- Gemeinschaftswaschanlagen
- Wohnflächengewinn / -verlust durch unterschiedliche Wanddicken
- Höhenveränderungen durch unterschiedliche Deckendicken
- Mehr- / Minderkosten infolge schwererer / leichter Bauteile

Sie repräsentieren etwa 90-95% der durch Grundriß und Ausführungsart beeinflussbaren Kosten unterschiedlicher Schallschutzniveaus. Die Abschätzung basiert auf Voruntersuchungen und auf der Abgrenzung der beeinflussbaren Bauteile gemäß Abschnitt 5.1.

**Verfahren der Kostenermittlung und des Kostenvergleichs**

Das nachfolgend dargestellte selbst erarbeitete Formblatt (als Beispiel für die in Anhang A abgelegten Formblätter) geht von den standardisierten Kosten, den Produktionsfaktoren und den daraus kalkulatorisch ermittelten Preisen für Bauleistungen bzw. von aktuell vorhandenen Preisen für Bauleistungen aus. Die vorher beschriebenen Kosteneinflüsse: Kosten des Bauteils, Kosten durch Lasten, Kosten durch Wohnflächenverlust und Kosten aus veränderten Gebäudehöhen werden entsprechend berücksichtigt.

<b>Wände</b>	
<p><b>Variante 1:</b> Wandaufbau:</p> <p>① Menge = _____ m<sup>2</sup></p> <p>② Eigenlast einschl. Wandbelag = _____ kN/m<sup>2</sup> gemäß DIN 1053</p> <p>③ Wanddicke einschl. Wandbelag = _____ m</p> <p>④ Lichte Raumbhöhe (Rohbaumaß) = _____ m</p> <p>⑤ Verkaufspreis je m<sup>2</sup> Wohnfläche/Nutzfläche = _____ DM/m<sup>2</sup></p>	<p><b>Variante 2:</b> Wandaufbau:</p> <p>⑥ Menge = _____ m<sup>2</sup></p> <p>⑦ Eigenlast einschl. Wandbelag = _____ kN/m<sup>2</sup> gemäß DIN 1053</p> <p>⑧ Wanddicke einschl. Wandbelag = _____ m</p> <p>⑨ Lichte Raumbhöhe (Rohbaumaß) = _____ m</p> <p>⑩ Verkaufspreis je m<sup>2</sup> Wohnfläche/Nutzfläche = _____ DM/m<sup>2</sup></p>
<p><b>Berechnung der Differenzkosten:</b></p> <p>① _____ m<sup>2</sup> x _____ DM/m<sup>2</sup> - ⑥ _____ m<sup>2</sup> x _____ DM/m<sup>2</sup> = _____ DM</p> <p>② _____ m<sup>2</sup> x _____ kN/m<sup>2</sup> x _____ DM/kN - ⑦ _____ m<sup>2</sup> x _____ kN/m<sup>2</sup> x _____ DM/kN = _____ DM</p> <p>③ _____ m x _____ m<sup>2</sup> / _____ m x _____ DM/m<sup>2</sup> - ⑧ _____ m x _____ m<sup>2</sup> / _____ m x _____ DM/m<sup>2</sup> = _____ DM</p> <p>Kostendifferenz Wände <span style="float: right;">Σ = _____ DM</span></p>	

Abbildung 54: Formblatt für Wände

Die Formblätter dienen dem sofortigen Vergleich einzelner Bauteile/ Bauteilgruppen/ Gewerke unterschiedlicher Ausführungsart und Schallschutzstufen. Es gibt Formblätter für jede/ jedes der nachfolgenden Bauteile/ Bauteilgruppen/ Gewerke, die im Anhang A abgelegt sind.



- Wände
- Decken
- Wohnungseingangstüren
- Treppenläufe und –podeste
- Schächte
- Aufzüge
- Wasser- und Abwasseranlagen
- Sanitärelemente
- Elektroinstallationen
- Gemeinschaftswaschanlagen

Die Formblätter beinhalten die erforderlichen Berechnungen, um zwei Varianten eines Grundrisses, z.B. zwei unterschiedliche Schallschutzstufen oder zwei Ausführungsarten, bzgl. der Schallschutzkosten bewerten zu können. Das Kalkulationsschema ist auf die Ermittlung von Differenzkosten der beiden Varianten ausgelegt, um nicht alle Kosten des Gebäudes ermitteln zu müssen. Es werden je nach Art des Bauteils die zuvor bereits erläuterten Differenzkosten betrachtet:

- Investitionskosten durch Bauteiländerung bzgl. Menge oder Ausführungsart
- Folgekosten durch Lastveränderung
- Folgekosten durch Wohnflächenveränderung (nur bei Wänden und Schächten)
- Folgekosten durch Geschoßhöhenveränderung (nur bei Decken)

Hierbei sind die Massen, Lasten und Dicken verschiedener Bauteile sowie die zugehörigen Kosten die Eingangswerte für die Berechnungen. Die Massen sind dabei aus dem Grundriß zu ermitteln, wobei lediglich die Massen für unterschiedlich ausgeführte Bauteile der beiden Varianten ermittelt werden müssen. Die Massenermittlung dauert je nach Umfang des Gebäudes etwa eine Stunde und beschränkt sich auf die Flächenermittlung von Bauteilen sowie deren Anzahl. Der zweite Teil des Kalkulationsverfahrens besteht aus den im Anhang B abgelegten Tabellen, die Kosten für verschiedene Bauteile, Ausführungsarten und Kosteneinflüsse beinhalten. Das Ausrechnen der Differenzkosten ist auf die Anwendung der vier Grundrechenarten beschränkt und zeichnet sich neben seiner Einfachheit durch die kurze Bearbeitungszeit von etwa 30 Minuten aus. Dadurch ist es möglich, innerhalb von weniger als zwei Stunden zuverlässige Aussagen darüber zu treffen, welche Kostenveränderungen zwei verschiedene Ausführungsvarianten bei gleicher oder unterschiedlicher Schallschutzstufe bewirken. Sollen eigene Kosten in die Tabellen eingefügt werden, so sind die dort gemachten

Anmerkungen entsprechend zu berücksichtigen, damit die Werte einen vergleichbaren Leistungsumfang repräsentieren. Die angegebenen Kosten der vorgegebenen Bauteile, Ausführungsarten und Kosteneinflüsse beziehen sich auf Herbst 1998.

#### 5.4 Kalkulations- und Optimierungsbeispiel

Nachfolgend wird die Durchführung des Kalkulationsschemas an dem Einspanner-Grundriß (siehe Abschnitt 6.2.1) bei den Ausführungsarten „Mauerwerk-einschalig“ Schallschutzstufe I und „Trockenbau mit Mauerwerk“ Schallschutzstufe II demonstriert. Leere Formblätter für eigene Berechnungen sind im Anhang A abgelegt.

Nicht alle Bauteile ändern sich bzgl. ihrer Masse und Ausführungsart, wie der Bauteilbeschreibung im Anhang G zu entnehmen ist. Es sind lediglich die Differenzkosten von Bauteilen zu bestimmen, gleiche Bauteile der zu vergleichenden Ausführungsarten/ Schallschutzstufen, die die gleichen Kosten verursachen, haben keinen Einfluß und müssen deshalb nicht berücksichtigt werden. Für die Bauteile des zu betrachtenden Gebäudes sind dieses:

Aussenwände,	gleiche Ausführung	=> keine Differenzkosten
Treppenraumwände 1.+2. OG und DG	andere Ausführung	=> Differenzkosten
Tragende Innenwände	gleiche Ausführung	=> keine Differenzkosten
Nichttragende Innenwände	andere Ausführung	=> Differenzkosten
Decken über EG, 1.+2. OG	andere Ausführung	=> Differenzkosten
Wohnungseingangstüren	andere Ausführung	=> Differenzkosten
Treppenläufe und –podeste	gleiche Ausführung	=> keine Differenzkosten
Schächte für Wasser- /Abwasserleitungen	andere Ausführung	=> Differenzkosten
Schachtwände Aufzug	bei Wänden berücksichtigt	
Wasser-/ Abwasserinstallation, Sanitär	andere Ausführung	=> Differenzkosten
Gemeinschaftswaschanlage	andere Ausführung	=> Differenzkosten

Aus dem Grundriß werden folgende Massen für die Bauteile ermittelt, die durch ihre unterschiedliche Ausführung Differenzkosten erzeugen:

	Ausführungsart Mauerwerk einschalig SSt I	Ausführungsart Trockenbau mit Mauerwerk SSt II
Fläche Wände zwischen Wohnungen und Treppenträumen 1. + 2. OG	35,8 m <sup>2</sup>	35,8 m <sup>2</sup>
Fläche Wände zwischen Wohnungen und Treppenträumen DG	17,1 m <sup>2</sup>	17,1 m <sup>2</sup>

Fläche nichttragende Innenwände ohne Sanitär- installation, gesamtes Gebäude	171,7 m <sup>2</sup>	171,7 m <sup>2</sup>
Fläche nichttragende Innenwände mit Sanitär- installation, gesamtes Gebäude	40,8 m <sup>2</sup>	40,8 m <sup>2</sup>
Wohnungseingangstüren in Flur oder Diele führend	3 Stck	3 Stck
Fläche Wohnungstrenndecken und Decken über Durchfahrt unter Wohnung, gesamtes Gebäude	339,6 m <sup>2</sup>	339,6 m <sup>2</sup>
Anzahl der Treppenläufe	3 Stck	3 Stck
Anzahl der Treppenpodeste	3 Stck	3 Stck
Länge Schächte für Wasser-/ Abwasserinstallation klein, gesamtes Gebäude	20,8 m	20,8 m
Anzahl der Heizkörper	21 Stck	21 Stck
Anzahl der Wohnungen mit günstiger Heizungsunterverteilung	3 Stck	3 Stck
Anzahl der WC-Elemente, gesamtes Gebäude	6 Stck	6 Stck
Anzahl der Waschbecken-Elemente, gesamtes Gebäude	6 Stck	6 Stck
Anzahl der Dusch-Elemente, gesamtes Gebäude	3 Stck	3 Stck
Anzahl der Badewannen-Elemente, gesamtes Gebäude	3 Stck	3 Stck
Anzahl der Bidet-Elemente, gesamtes Gebäude	0 Stck	0 Stck
Anzahl der Urinal-Elemente, gesamtes Gebäude	0 Stck	0 Stck
Anzahl Küchenspülbecken, gesamtes Gebäude	3 Stck	3 Stck
Anzahl Geschirrspülmaschinenanschlüsse, gesamtes Gebäude	3 Stck	3 Stck
Anzahl Waschmaschinenanschlüsse innerhalb der Wohnungen, gesamtes Gebäude	0 Stck	0 Stck
Länge der Installationsführung Wasser-/Abwasserin- stallation in Wohnungen auf Putz, gesamtes Gebäude	0 m	12,6 m
Länge der Installationsführung Wasser-/Abwasserin- stallation in Wohnungen unter Putz, gesamtes Gebäude	31,3 m	18,7 m
Grundfläche Gemeinschaftswaschanlage	12,2 m <sup>2</sup>	12,2 m <sup>2</sup>
Anzahl der Waschmaschinenanschlüsse in der Gemeinschaftswaschanlage	3 Stck	3 Stck
Länge der Wasser- / Abwasserleitungen in der Gemeinschaftswaschanlage	5,5 m	5,5 m
Wohnfläche, gesamtes Gebäude	296,70 m <sup>2</sup>	296,70 m <sup>2</sup>

Diese Werte sind nun in die einzelnen Formblätter zu übertragen. Dabei kennzeichnet die Nummer, z.B. ①, die Werte und zeigt in der Berechnung an, an welcher Stelle diese einzusetzen sind. Sind Kosten einzusetzen, so ist dieses an der entsprechenden Stelle der Berechnung durch Angabe der Tabelle gekennzeichnet, z.B. Tab. 1 DM/m<sup>2</sup>.

Die je Formblatt ermittelten Differenzkosten sind in das Zusammenstellungsformblatt zu übertragen. Nach der Berechnung und Übertragung aller Differenzkosten ist dort, in Abhängigkeit des Vorzeichens, die wirtschaftlichere Variante bzw. der Kostenunterschied abzulesen.

Sollen nur Investitionskosten betrachtet werden, so ist in den Formblättern der Wohnflächengewinn/ -verlust zu vernachlässigen, was durch Einsetzen von 0,- DM/m<sup>2</sup> bei den Eingangswerten „Verkaufspreis je m<sup>2</sup> Wohnfläche / Nutzfläche“ geschieht.

Nachfolgend sind die ausgefüllten Formblätter für folgende Bauteile/ Gewerke kommentiert dargestellt:

- Treppenraumwände DG (Abbildung 55)
- Treppenraumwände 1. und 2. OG (Abbildung 56)
- Nichttragende Innenwände ohne Wasser-/ Abwasserleitungen (Abbildung 57)
- Nichttragende Innenwände mit Wasser-/ Abwasserleitungen (Abbildung 58)
- Wohnungseingangstüren (Abbildung 59)
- Treppenläufe und –podeste (Abbildung 60)
- Decke über EG, 1.OG und 2.OG (Abbildung 61)
- Wasser-/Abwasserleitungen führende Schächte (Abbildung 62)
- Wasser-/Abwasserinstallation, Sanitär (Abbildung 63 + 64)
- Gemeinschaftswaschanlagen (Abbildung 65)
- Zusammenstellung der Differenzkosten (Abbildung 66 + 67)

Die Ermittlung der Differenzkosten ergibt für das Beispiel, daß die Variante 1 Ausführungsart „Mauerwerk-einschalig SSt I“ um 1345 DM teurer ist als die Ausführungsart „Trockenbau SSt II“. Auf die Wohnfläche bezogen sind dies 4,53 DM/m<sup>2</sup> Wfl., was 0,21 % der Baukosten (gemäß KG 300 und 400 DIN 276) bzw. 0,15 % des Veräußerungspreises entspricht. Durch diese Aussage kann der Planer den Bauherrn entsprechend beraten und die Kosten für eine höhere Schallschutzstufe bei gleicher oder anderer Ausführungsart ausweisen.

Das Verfahren ist damit in seiner Arbeitsweise und Aussagequalität dargestellt. Es kann so in den praktischen Planungsprozeß eingebunden werden, wie in Fall A Abbildung 73 dargestellt ist. Der Mehraufwand beim obigen Beispiel beträgt ca. 8 Honorarstunden.

Bei Einsatz einer EDV-Tabellenkalkulation könnte die erforderliche Zeit für die Kostenvergleiche um etwa 1 – 2 Stunden reduziert werden. Die Zeitersparnis ergibt sich durch den Wegfall der „Handrechnungen“ der in Anlage A abgelegten Formblätter. Der große Teil des planerischen Mehraufwandes liegt in der erforderlichen zweiten Schallschutzberechnung und kann lediglich geringfügig durch EDV-Einsatz unterstützt werden.

Die Arbeit will über das Einzelnachweisverfahren hinaus grundsätzliche Konsequenzen aus dem erhöhten Schallschutz ableiten, wie in Kapitel 7 gezeigt wird.

## Ablauf Vergleichskalkulation

### 1.) **Schallschutztechnische Bemessung der Varianten 1 und 2**

Bauteile der Gewerke/ Bauteilgruppen

- Wände
- Decken
- Wohnungseingangstüren
- Treppenläufe und -podeste
- Schächte
- Aufzüge
- Heizungsanlagen
- Wasser- und Abwasseranlagen
- Sanitärelemente
- Elektroinstallationen
- Gemeinschaftswaschanlagen

müssen schalltechnisch bemessen sein.

2.) **Untersuchung der** unter 1) aufgeführten **Gewerke/ Bauteilgruppen** der Varianten 1 und 2 **auf Abweichungen** in der Ausführung untereinander. Daraus folgt, ob Differenzkosten zwischen den Varianten 1 und 2 entstehen (siehe Beispiel S 162).

3.) **Massenermittlung der Bauteile** der Varianten 1 und 2, die sich in der Ausführung unterscheiden (siehe Beispiel S. 162 und 163).

4.) **Werte** der einzelnen Bauteile der Gewerke/ Bauteilgruppen der Varianten 1 und 2 gemäß Punkt 2) und 3) **in** die entsprechenden **Formblätter** aus Anhang A **einsetzen** und Differenzkosten übernehmen (siehe Beispiel S. 166-176). Die Tabellen in Anhang B liefern die einzusetzenden Werte für die Formblätter, wobei die Kostenwerte auch durch eigene Zahlen ersetzt werden können.

5.) Die **Ergebnisse** der Differenzkosten der einzelnen Gewerke/ Bauteilgruppen sind **in** das **Zusammenstellungsformblatt** zu **übertragen** (siehe Seite 177 und 178).

Anhang A-2 Wände zwischen Wohnungen und Treppenträumen DG

Wände

Variante 1:

Wandaufbau: KS-Mauerwerk  $d=20,0\text{ cm}$ ,  $\rho_w=20$   
 +  $2 \times 10\text{ mm Kalkgipsputz}$ ,  $w=400\text{ g/m}^2$

- ① Menge = 171 m<sup>2</sup>
- ② Eigenlast einschl. Wandbelag = 424 kN/m<sup>2</sup> gemäß DIN 1053
- ③ Wanddicke einschl. Wandbelag = 022 m
- ④ Lichte Raumhöhe (Rohbaumaß) = 2,60 m
- ⑤ Verkaufspreis je m<sup>2</sup> Wohnfläche/Nutzfläche = 3000 DM/m<sup>2</sup>

Zusammenstellung der Eingangswerte für die Berechnung der Differenzkosten mit Bauteilbeschreibung

Differenzkosten durch die unterschiedlichen Bauteilkosten

Berechnung der Differenzkosten:

$$\begin{array}{r}
 \textcircled{1} \quad 171 \text{ m}^2 \times \textcircled{2} 424 \text{ kN/m}^2 \times \textcircled{3} 0,22 \text{ m} = 1540 \text{ DM/m}^2 \\
 \textcircled{1} \quad 171 \text{ m}^2 \times \textcircled{2} 552 \text{ kN/m}^2 \times \textcircled{3} 0,26 \text{ m} = 2460 \text{ DM/m}^2 \\
 \textcircled{1} \quad 171 \text{ m}^2 \times \textcircled{2} 3000 \text{ DM/m}^2 = 5130 \text{ DM/m}^2
 \end{array}$$

Kostendifferenz Wände

Differenzkosten als Folgekosten durch den Wohnflächenunterschied

Variante 2:

Wandaufbau: KS-Mauerwerk  $d=240\text{ cm}$ ,  $\rho_w=2,2$   
 +  $2 \times 10\text{ mm Kalkgipsputz}$ ,  $w=519\text{ g/m}^2$

- ⑥ Menge = 171 m<sup>2</sup>
- ⑦ Eigenlast einschl. Wandbelag = 552 kN/m<sup>2</sup> gemäß DIN 1053
- ⑧ Wanddicke einschl. Wandbelag = 0,26 m
- ⑨ Lichte Raumhöhe (Rohbaumaß) = 2,60 m
- ⑩ Verkaufspreis je m<sup>2</sup> Wohnfläche/Nutzfläche = 3000 DM/m<sup>2</sup>

Kennzeichnung an welcher Stelle der Differenzkostenberechnung die Werte einzusetzen sind

$$\begin{array}{r}
 \textcircled{6} \quad 171 \text{ m}^2 \times \textcircled{7} 552 \text{ kN/m}^2 \times \textcircled{8} 0,26 \text{ m} = 2460 \text{ DM/m}^2 \\
 \textcircled{6} \quad 171 \text{ m}^2 \times \textcircled{7} 3000 \text{ DM/m}^2 = 5130 \text{ DM/m}^2
 \end{array}$$

$\Sigma = -1188 \text{ DM}$

Summe der Differenzkosten, die in das Zusammenstellungsformblatt zu übertragen ist.

Abbildung 55: Ausgefülltes Formblatt Treppenraumwand DG

Anhang A-2 Wände zwischen Wohnungen und Treppenträumen 1. u. 2. OG

**Wände**

**Variante 1:**

Wandaufbau: KS-Mauerwerk  $d=17,5\text{cm}$   $\rho_w=2,2$   
 + 2x10mm Kalkgipsputz,  $m'=400\text{g}/\text{m}^2$

- ① Menge = 358 m<sup>2</sup>
- ② Eigenlast einschl. Wandbelag = 409 kN/m<sup>2</sup> gemäß DIN 1053
- ③ Wanddicke einschl. Wandbelag = 0,195 m
- ④ Lichte Raumhöhe (Rohbaumaß) = 2,60 m
- ⑤ Verkaufspreis je m<sup>2</sup> Wohnfläche/Nutzfläche = 3000 DM/m<sup>2</sup>

**Variante 2:**

Wandaufbau: KS-Mauerwerk  $d=24\text{cm}$   $\rho_w=2,2$   
 + 2x10mm Kalkgipsputz,  $m'=513\text{g}/\text{m}^2$

- ⑥ Menge = 358 m<sup>2</sup>
- ⑦ Eigenlast einschl. Wandbelag = 552 kN/m<sup>2</sup> gemäß DIN 1053
- ⑧ Wanddicke einschl. Wandbelag = 0,26 m
- ⑨ Lichte Raumhöhe (Rohbaumaß) = 3,60 m
- ⑩ Verkaufspreis je m<sup>2</sup> Wohnfläche/Nutzfläche = 3000 DM/m<sup>2</sup>

**Berechnung der Differenzkosten:**

<u>358</u> <sup>①</sup> m <sup>2</sup> x <u>146,85</u> <sup>Tab.1</sup> DM/m <sup>2</sup>	-	<u>358</u> <sup>⑥</sup> m <sup>2</sup> x <u>172,61</u> <sup>Tab.1</sup> DM/m <sup>2</sup>	= - <u>972</u> DM
<u>358</u> <sup>①</sup> m <sup>2</sup> x <u>409</u> <sup>②</sup> kN/m <sup>2</sup> x <u>0,195</u> <sup>Tab.2</sup> DM/kN	-	<u>358</u> <sup>⑥</sup> m <sup>2</sup> x <u>552</u> <sup>⑦</sup> kN/m <sup>2</sup> x <u>0,26</u> <sup>Tab.2</sup> DM/kN	= - <u>48</u> DM
<u>0,195</u> <sup>③</sup> m x <u>358</u> <sup>①</sup> m <sup>2</sup> / <u>2,60</u> <sup>④</sup> m x <u>3000</u> <sup>⑤</sup> DM/m <sup>2</sup>	-	<u>0,26</u> <sup>⑧</sup> m x <u>358</u> <sup>⑥</sup> m <sup>2</sup> / <u>3,60</u> <sup>⑨</sup> m x <u>3000</u> <sup>⑩</sup> DM/m <sup>2</sup>	= <u>2685</u> DM
Kostendifferenz Wände			<u>Σ = -3655</u> DM

Abbildung 56: Ausgefülltes Formblatt Treppenraumwand 1. Und 2. OG

Anhang A-2 nichttragende Innenwände ohne Sanitär / gesamtes Gebäude

Wände

Variante 1:

Wandaufbau: KS-Mauerwerk  $d=7,0\text{cm}$ ,  $\alpha_w=1,8$   
 $+ 2 \times 10\text{mm Kalkgipsputz}$ ,  $w=140\text{g/m}^2$

- ① Menge = 130,9 m<sup>2</sup>
- ② Eigenlast einschl. Wandbelag = 1,50 kN/m<sup>2</sup> gemäß DIN 1053
- ③ Wanddicke einschl. Wandbelag = 0,09 m
- ④ Lichte Raumhöhe (Rohbaumaß) = 2,60 m
- ⑤ Verkaufspreis je m<sup>2</sup> Wohnfläche/Nutzfläche = 3000 DM/m<sup>2</sup>

Variante 2:

Wandaufbau: Metallständerwand  $d=8,3\text{cm}$ , beidseitig mit  $12,5\text{mm Gk}$   
 beputzt,  $40\text{mm MF-Dämmung}$ ,  $2 \times 4\text{mm Dünnputz}$

- ⑥ Menge = 130,9 m<sup>2</sup>
- ⑦ Eigenlast einschl. Wandbelag = 0,35 kN/m<sup>2</sup> gemäß DIN 1053
- ⑧ Wanddicke einschl. Wandbelag = 0,083 m
- ⑨ Lichte Raumhöhe (Rohbaumaß) = 2,60 m
- ⑩ Verkaufspreis je m<sup>2</sup> Wohnfläche/Nutzfläche = 3000 DM/m<sup>2</sup>

Berechnung der Differenzkosten:

$\frac{130,9}{\text{①}}$ m <sup>2</sup> x $\frac{1365}{\text{Tab.1}}$ DM/m <sup>2</sup>	-	$\frac{130,9}{\text{⑥}}$ m <sup>2</sup> x $\frac{7884}{\text{Tab.1}}$ DM/m <sup>2</sup>	= <u>7698</u> DM
$\frac{130,9}{\text{①}}$ m <sup>2</sup> x $\frac{1,50}{\text{②}}$ kN/m <sup>2</sup> x $\frac{0,95}{\text{Tab.2}}$ DM/kN	-	$\frac{130,9}{\text{⑥}}$ m <sup>2</sup> x $\frac{0,35}{\text{⑦}}$ kN/m <sup>2</sup> x $\frac{0,95}{\text{Tab.2}}$ DM/kN	= <u>143</u> DM
$\frac{0,09}{\text{③}}$ m x $\frac{130,9}{\text{①}}$ m <sup>2</sup> / $\frac{2,60}{\text{④}}$ m x $\frac{3000}{\text{⑤}}$ DM/m <sup>2</sup>	-	$\frac{0,083}{\text{⑧}}$ m x $\frac{130,9}{\text{⑥}}$ m <sup>2</sup> / $\frac{2,60}{\text{⑨}}$ m x $\frac{3000}{\text{⑩}}$ DM/m <sup>2</sup>	= <u>1057</u> DM
Kostendifferenz Wände			$\Sigma =$ <u>8898</u> DM

Abbildung 57: Ausgefülltes Formblatt nichttragende Innenwände ohne Sanitär



Anhang A-2 nichttragende Innenwände mit Sanitär, gesamtes Gebäude

Wände

Variante 1:

Wandaufbau: KS-Mauerwerk  $d = 17,5\text{cm}$ ,  $\rho_m = 1,8$   
 $+ 2 \times 40\text{mm Kalkgipsputz}$ ,  $w_i = 321\text{ g/m}^2$

- ① Menge = 498 m<sup>2</sup>
- ② Eigenlast einschl. Wandbelag = 339 kN/m<sup>2</sup> gemäß DIN 1053
- ③ Wanddicke einschl. Wandbelag = 0,195 m
- ④ Lichte Raumhöhe (Rohbaumaß) = 2,60 m
- ⑤ Verkaufspreis je m<sup>2</sup> Wohnfläche/Nutzfläche = 3000 DM/m<sup>2</sup>

Variante 2:

Wandaufbau: Metallständerwand  $d = 8,3\text{cm}$ , beidseitig mit  $17,5\text{mm Gk}$   
 $\text{beputzt, } 40\text{mm MF-Dämmung, } 2\text{ externe Dünnputz}$

- ⑥ Menge = 498 m<sup>2</sup>
- ⑦ Eigenlast einschl. Wandbelag = 0,35 kN/m<sup>2</sup> gemäß DIN 1053
- ⑧ Wanddicke einschl. Wandbelag = 0,083 m
- ⑨ Lichte Raumhöhe (Rohbaumaß) = 2,60 m
- ⑩ Verkaufspreis je m<sup>2</sup> Wohnfläche/Nutzfläche = 3000 DM/m<sup>2</sup>

Berechnung der Differenzkosten:

<u>498</u> m <sup>2</sup> x <u>141</u> <sub>Tab.1</sub> DM/m <sup>2</sup>	-	<u>40,8</u> m <sup>2</sup> x <u>7884</u> <sub>Tab.1</sub> DM/m <sup>2</sup>	= <u>2536</u> DM
<u>498</u> m <sup>2</sup> x <u>339</u> <sub>⑥</sub> kN/m <sup>2</sup> x <u>0,95</u> <sub>Tab.2</sub> DM/kN	-	<u>40,8</u> m <sup>2</sup> x <u>0,35</u> <sub>⑦</sub> kN/m <sup>2</sup> x <u>0,95</u> <sub>Tab.2</sub> DM/kN	= <u>117</u> DM
<u>0,195</u> m x <u>498</u> <sub>①</sub> m <sup>2</sup> / <u>2,60</u> <sub>④</sub> m x <u>3000</u> <sub>⑤</sub> DM/m <sup>2</sup>	-	<u>0,083</u> m x <u>498</u> <sub>⑥</sub> m <sup>2</sup> / <u>2,60</u> <sub>⑨</sub> m x <u>3000</u> <sub>⑩</sub> DM/m <sup>2</sup>	= <u>5272</u> DM
Kostendifferenz Wände			<u>Σ = 7925</u> DM

Abbildung 58: Ausgefülltes Formblatt nichttragende Innenwände mit Sanitär

Anhang A-3 Decken über EG, 1.OG und 2.OG

Decken

Variante 1:

Deckenaufbau: Stahlbeton  $d=15,0\text{cm}$ ,  $\rho_w=2,5$ , Trittschalldämmung  $d=13/10, \rho=20\text{MN/m}^3$ , Estrich  $d=35\text{mm}$ ,  $10\text{mm}$ , Kalkgipsputz

① Menge = 3396 m<sup>2</sup>

② Eigenlast einschl. Deckenbelag, Putz, Estrich, abgehängter Decke, = 465 kN/m<sup>2</sup> gemäß DIN 1053

③ Deckendicke ohne Deckenauflagen, Putz, Estrich, abgehängter Decke, = 0,15 m

④ Lichte Raumhöhe (Rohbaumaß) = 2,60 m

Variante 2:

Deckenaufbau: Stahlbeton  $d=17,0\text{cm}$ ,  $\rho_w=2,5$ , Trittschalldämmung  $d=13/10, \rho=20\text{MN/m}^3$ , Estrich  $d=35\text{mm}$ ,  $10\text{mm}$ , Kalkgipsputz

⑤ Menge = 3396 m<sup>2</sup>

⑥ Eigenlast einschl. Deckenbelag, Putz, Estrich, abgehängter Decke, = 515 kN/m<sup>2</sup> gemäß DIN 1053

⑦ Deckendicke ohne Deckenauflagen, Putz, Estrich, abgehängter Decke, = 0,17 m

⑧ Lichte Raumhöhe (Rohbaumaß) = 3,60 m

Berechnung der Differenzkosten:

① 3396 m<sup>2</sup> x 16376 DM/m<sup>2</sup> <sub>Tab.3</sub>

② 3396 m<sup>2</sup> x 465 kN/m<sup>2</sup> x 0,95 DM/kN <sub>Tab.2</sub>

③ 3396 m<sup>2</sup> x (0,15 m + 2,60 m) x 65 DM/m<sup>3</sup> <sub>Tab.4</sub>

Kostendifferenz Decken

④ 3396 m<sup>2</sup> x 16880 DM/m<sup>2</sup> <sub>Tab.3</sub>

⑤ 3396 m<sup>2</sup> x 515 kN/m<sup>2</sup> x 0,95 DM/kN <sub>Tab.2</sub>

⑥ 3396 m<sup>2</sup> x (0,17 m + 2,60 m) x 65 DM/m<sup>3</sup> <sub>Tab.4</sub>

Kostendifferenz Decken

Differenzkosten als Folgekosten durch die unterschiedlichen Deckenhöhen

Kennzeichnung der Tabelle aus der der Wert zu übernehmen ist

= - 1728 DM

= - 161 DM

= - 441 DM

$\Sigma$  = - 2330 DM

Abbildung 59: Ausgefülltes Formblatt Decken über EG, 1.OG und 2.OG

Anhang A-4 Wohnungseingangstüren in Flur oder Diele führend, gesamtes Gebäude

**Wohnungseingangstüren**

Variante 1:

Türaufbau: standard Ausstattung, Doppeldichtung umlaufend

① Anzahl = 3 Stück

Variante 2:

Türaufbau: standard Ausstattung, Dreifachdichtung umlaufend

② Anzahl = 3 Stück

**Berechnung der Differenzkosten:**

3 Stück x 750 <sub>Tab. 4</sub> DM/Stück

- 3 Stück x 1500 <sub>Tab. 5</sub> DM/Stück

= -2250 DM

Kostendifferenz Türen

Σ = -2250 DM

Abbildung 60: Ausgefülltes Formblatt Wohnungseingangstüren

Anhang A-5 Treppenläufe und -podeste, gesamtes Gebäude

Treppenläufe und -podeste

**Variante 1:**

Treppenlaufaufbau: Stahlbeton  $d=12,0\text{cm}$ , abgesetzt von der einschaligen Treppenraumwand, starr mit Podest verbunden

① Anzahl = 3 Stck

Treppenpodestaufbau: Stahlbeton  $d=12,0\text{cm}$ , fest mit der einschaligen Treppenraumwand und dem Lauf verbunden, ohne Trittschalverbessernden Bodenbelag

② Anzahl = 3 Stck

**Variante 2:**

Treppenlaufaufbau: Stahlbeton  $d=12,0\text{cm}$ , abgesetzt von der einschaligen Treppenraumwand, mit dem Podest über Elastomerleger verbunden

③ Anzahl = 3 Stck

Treppenpodestaufbau: Stahlbeton  $d=12,0\text{cm}$ , fest mit der einschaligen Treppenraumwand verbunden, über Elastomerleger mit Treppenlauf verbunden, abgewinkelnder Estrich

④ Anzahl = 3 Stck

Die Treppenraumwände sind mit dem Formblatt „Wände“ zu berücksichtigen.

Berechnung der Differenzkosten:

① 3 Stck x 166,54 DM/Stck  
Tab.6

③ 3 Stck x 187,2 DM/Stck  
Tab.6

= -216 DM

② 3 Stck x 48,7 DM/Stck  
Tab.7

④ 3 Stck x 48,57 DM/Stck  
Tab.7

= -59 DM

Kostendifferenz Treppenläufe/ -podeste

$\Sigma$  = -275 DM

Abbildung 61: Ausgefülltes Formblatt Treppenläufe und -podeste

Anhang A-6 Wasser- und Abwasserleitungen führende Schächte, gesamtes Gebäude

Schächte

Variante 1:

Schachtaufbau: Z-nach aus KS-Mauerwerk  $d = 11,5 \text{ cm}$  ca. 20  
 10 mm Kalkgipsputz, Innenmaß 19,5/19,5, Leitungen nicht  
 Körperschallgedämmt, jedoch Körperschallentkoppelt aufgelegt

- ① Länge = 20,8 m
- ② Grundfläche = 0,102 m<sup>2</sup>
- ③ Verkaufspreis je m<sup>2</sup> Wohnfläche/Nutzfläche = 3000 DM/m<sup>2</sup>
- ④ Lichte Raumhöhe (Rohbaumaß) = 2,60 m

Variante 2:

Schachtaufbau: Z-nach aus Metallständerwerk  $d = 8,4 \text{ cm}$ , doppelt mit  
 GK beplankt, 50 mm MF-Dämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Innenmaß 19,5/19,5,  
 Leitungen nicht Körperschallgedämmt, jedoch Körperschallentkoppelt  
 aufgelegt

- ⑤ Länge = 20,8 m
- ⑥ Grundfläche = 0,084 m<sup>2</sup>
- ⑦ Verkaufspreis je m<sup>2</sup> Wohnfläche/Nutzfläche = 3000 DM/m<sup>2</sup>
- ⑧ Lichte Raumhöhe (Rohbaumaß) = 2,60 m

Die Wände an denen Schächte befestigt sind bzw. an die sie anschließen, sind mit dem Formblatt „Wände“ zu berücksichtigen.

Berechnung der Differenzkosten:

$\frac{20,8}{①}$ m x $\frac{57,66}{1,46,8}$ DM/m	-	$\frac{20,8}{⑤}$ m x $\frac{38,60}{1,46,8}$ DM/m	= <u>-851</u> DM
$\frac{20,8}{①}$ m / $\frac{2,60}{④}$ m x $\frac{0,102}{②}$ m <sup>2</sup> x $\frac{3000}{③}$ DM/m <sup>2</sup>	-	$\frac{20,8}{⑤}$ m / $\frac{2,60}{④}$ m x $\frac{0,084}{⑥}$ m <sup>2</sup> x $\frac{3000}{⑦}$ DM/m <sup>2</sup>	= <u>432</u> DM
Kostendifferenz Schächte			$\Sigma =$ <u>-419</u> DM

Abbildung 62: Ausgefülltes Formblatt Wasser-/ Abwasserleitungen führende Schächte

Anhang A-9 Wasser-, Abwasserinstallation und Sanitär, gesamtes Gebäude

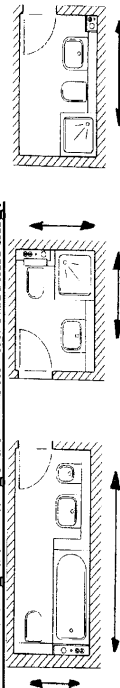
Wasser-/ Abwasserinstallation, Sanitär

Variante 1:

Aufbau: konventionelle Leitungsverlegung unter Putz, Abwasser auf Putz verkleidet, Armaturengruppe I, Sanitär elemente ohne Vorwandelement

- 1 Anzahl WC = 6 Stck
- 2 Anzahl Waschbecken = 6 Stck
- 3 Anzahl Dusche = 3 Stck
- 4 Anzahl Badewanne = 3 Stck
- 5 Anzahl Bidet = 0 Stck
- 6 Anzahl Urinal = 0 Stck
- 7 Anzahl Küchenspülbecken = 3 Stck
- 8 Anzahl Waschmaschinen innerhalb der Wohnungen = 0 Stck
- 9 Anzahl Geschirrspülmaschinen = 3 Stck
- 10 Länge der Installationsführung = 0 m auf Putz
- 11 Länge der Installationsführung = 31,3 m unter Putz

Ermittlung der Länge der Installationsführung:



Variante 2:

Aufbau: Leitungsverlegung unter Putz in Wänden mit Restquerschnitt  $\geq 220 \text{ g/La}$ , sonst Vorwandinstallation, Armaturengruppe I, Abwasserleitungen stets auf Putz verkleidet

- 12 Anzahl WC = 6 Stck
- 13 Anzahl Waschbecken = 6 Stck
- 14 Anzahl Dusche = 3 Stck
- 15 Anzahl Badewanne = 3 Stck
- 16 Anzahl Bidet = 0 Stck
- 17 Anzahl Urinal = 0 Stck
- 18 Anzahl Küchenspülbecken = 3 Stck
- 19 Anzahl Waschmaschinen innerhalb der Wohnungen = 0 Stck
- 20 Anzahl Geschirrspülmaschinen = 3 Stck
- 21 Länge der Installationsführung = 12,6 m auf Putz
- 22 Länge der Installationsführung = 18,7 m unter Putz

Die Wände an bzw. in denen Wasser- und Abwasserinstallationen, sowie die zugehörigen Sanitärelemente befestigt sind, sind mit dem Formblatt „Wände“ zu berücksichtigen.

Abbildung 63: Ausgefülltes Formblatt Wasser-/ Abwasserinstallation, Sanitär Blatt 1

Anhang A-10

**Berechnung der Differenzkosten:**

1	6	Stck x	0	DM/Stck	-	6	Stck x	299,73	DM/Stck	= -1738	DM	
			Tab. 9					Tab. 9				
2	6	Stck x	150,-	DM/Stck	-	6	Stck x	528,50	DM/Stck	= -2271	DM	
			Tab. 4					Tab. 9				
3	3	Stck x	150,-	DM/Stck	-	3	Stck x	621,03	DM/Stck	= -1443	DM	
			Tab. 8					Tab. 9				
4	3	Stck x	150,-	DM/Stck	-	3	Stck x	739,36	DM/Stck	= -1768	DM	
			Tab. 6					Tab. 9				
5	0	Stck x	/	DM/Stck	-	0	Stck x	/	DM/Stck	= /	DM	
			Tab. 9					Tab. 9				
6	0	Stck x	/	DM/Stck	-	0	Stck x	/	DM/Stck	= /	DM	
			Tab. 9					Tab. 9				
7	3	Stck x	150,-	DM/Stck	-	3	Stck x	150,-	DM/Stck	= 0	DM	
			Tab. 3					Tab. 9				
8	0	Stck x	/	DM/Stck	-	0	Stck x	/	DM/Stck	= /	DM	
			Tab. 9					Tab. 9				
9	3	Stck x	70,-	DM/Stck	-	3	Stck x	70,-	DM/Stck	= 0	DM	
			Tab. 6					Tab. 9				
10	0	m x	/	DM/m	-	12,6	m x	33,20	DM/m	= -424	DM	
			Tab. 9					Tab. 5				
11	31,3	m x	3920	DM/m	-	187	m x	5870	DM/m	= 129	DM	
			Tab. 9					Tab. 9				
										$\Sigma$	= -3545	DM

Kostendifferenz Wasser-/ Abwasserinstallation, Sanitär

Abbildung 64: Ausgefülltes Formblatt Wasser-/ Abwasserinstallation, Sanitär Blatt 2

Anhang A-12 Wäscheküche 46

### Gemeinschaftswaschanlagen

Variante 1:

Aufbau: Boden ohne schwimmenden Estrich, Armaturengruppe, Leitungen auf Putz verlegt, Körperschallentkoppelt

- ① Anzahl der Waschmaschinen = 3 Stück
- ② Grundfläche der Waschräume = 122 m<sup>2</sup>
- ③ Länge der Installationsführung = 55 m

Variante 2:

Aufbau: Boden mit schwimmenden Estrich, Armaturengruppe, Leitungen auf Putz verlegt, Körperschallentkoppelt und gedämmt

- ④ Anzahl der Waschmaschinen = 3 Stück
- ⑤ Grundfläche der Waschräume = 122 m<sup>2</sup>
- ⑥ Länge der Installationsführung = 55 m

Die Wände an bzw. in denen Wasser- und Abwasserinstallationen befestigt sind, sind mit dem Formblatt „Wände“ zu berücksichtigen.

Berechnung der Differenzkosten:

①	3 Stück x $\frac{70}{\text{Tab. 17}}$ DM/Stück	-	3 Stück x $\frac{72}{\text{Tab. 12}}$ DM/Stück	= <u>- 6</u> DM
②	122 m <sup>2</sup> x $\frac{0}{\text{Tab. 16}}$ DM/m <sup>2</sup>	-	122 m <sup>2</sup> x $\frac{2590}{\text{Tab. 12}}$ DM/m <sup>2</sup>	= <u>-315</u> DM
③	55 m x $\frac{0}{\text{Tab. 9}}$ DM/m	-	55 m x $\frac{3370}{\text{Tab. 9}}$ DM/m	= <u>-185</u> DM
Kostendifferenz Gemeinschaftswaschanlagen				Σ = <u>-506</u> DM

Abbildung 65: Ausgefülltes Formblatt Gemeinschaftswaschanlagen



Anhang A-13

## Zusammenstellung der Differenzkosten

Wände 1: Trepperraumwände DG	- 1188	DM		
Wände 2: " 1. + 2. OG	- 3655	DM		
Wände 3: nichttragende Innenwände, ohne San.	8898	DM		
Wände 4: " " mit 4	7925	DM		
Wände 5:		DM		
Wände gesamt:	11980	DM	11980	DM
Decken 1: über EG, 1. OG und 2. OG	- 2330	DM		
Decken 2:		DM		
Decken 3:		DM		
Decken 4:		DM		
Decken 5:		DM		
Decken gesamt:	- 2330	DM	- 2330	DM
Wohnungseingangstüren 1: gesamtes Gebäude	- 2250	DM		
Wohnungseingangstüren 2:		DM		
Wohnungseingangstüren 3:		DM		
Türen gesamt:	- 2250	DM	- 2250	DM
Treppenläufe und -podeste 1: gesamtes Gebäude	- 275	DM		
Treppenläufe und -podeste 2:		DM		
Treppenläufe und -podeste 3:		DM		
Treppenläufe und -podeste gesamt:	- 275	DM	- 275	DM
Schächte 1: für Wasser- und Abwasserleitungen	419	DM		
Schächte 2:		DM		
Schächte 3:		DM		
Schächte 4:		DM		
Schächte 5:		DM		
Schächte gesamt:	- 419	DM	- 419	DM
Aufzüge 1:		DM		
Aufzüge 2:		DM		
Aufzüge gesamt:		DM		DM
Warmwasserheizung:		DM		DM
Übertrag			6706	DM

übernahme der Differenzkosten aus den einzelnen Formblättern

Summe der Differenzkosten je Bauteil-/Gewerktyp

Abbildung 66: Ausgefülltes Formblatt Zusammenstellung der Differenzkosten Blatt 1

Anhang A-14

	Übertrag	6706	DM
Wasser-/Abwasserinstallation, Sanitär 1: gesamt	- 7545	DM	
Wasser-/Abwasserinstallation, Sanitär 2:		DM	
Wasser-/Abwasserinstallation, Sanitär 3:		DM	
Wasser-/Abwasserinstallation, Sanitär gesamt:	- 7545	DM	- 7545
Elektroinstallation:		DM	DM
Gemeinschaftswaschanlagen: Waschküche K6	- 506	DM	- 506

Summe

**- 1345 DM**

Summe der gesamten Differenzkosten der beiden Ausführungsarten

Bei negativem Vorzeichen ist die Variante 1 um den Betrag preiswerter, bei positiven Vorzeichen ist die Variante 1 um den Betrag teurer.

Umlage der Differenzkosten auf die Wohn- / Nutzfläche des Gebäudes:

Wohnfläche/ Nutzfläche 296,7 m<sup>2</sup> Wohn- oder Nutzfläche, auf die die Differenzkosten umgelegt werden sollen

$$\frac{\text{Differenzkosten}}{\text{Wohn- oder Nutzfläche}} = \frac{1345 \text{ DM}}{296,70 \text{ m}^2} = 4,53 \text{ DM/m}^2$$

Umlage der Differenzkosten auf die Wohn- oder Nutzfläche

Kostendifferenz Variante 1 und 2 auf die gesamten Baukosten bezogen:

$$\frac{4,53 \text{ DM/m}^2 \times 100}{4,53 \text{ DM/m}^2 + 2200,- \text{ DM/m}^2} = 0,21 \%$$

Wert aus Tab. 13

Berechnung der Differenzkosten in Bezug zu den gesamten Baukosten

Kostendifferenz Variante 1 und 2 auf die Veräußerungskosten bezogen:

$$\frac{4,53 \text{ DM/m}^2 \times 100}{3000,- \text{ DM/m}^2} = 0,15 \%$$

Verkaufspreis der Wohnung

Berechnung der Differenzkosten in Bezug auf den Veräußerungspreis

Abbildung 67: Ausgefülltes Formblatt Zusammenstellung der Differenzkosten Blatt 2

## 6.) **Kostenuntersuchungen zum Schallschutz in Mehrfamilienhäusern**

Nach Erarbeitung des Berechnungsverfahrens sollen Kostenuntersuchungen an unterschiedlichen Bauweisen/ Ausführungsarten und unterschiedlichen Mehrfamilienhaustypen (Ein-, Zwei-, Drei- und Mehrspanner) durchgeführt werden. Dazu werden die Grundrisse dargestellt und die Schallschutzanforderungen/ -empfehlungen der verschiedenen Schallschutzstufen aus DIN und VDI abgeleitet. Die zugehörigen Bauteilbeschreibungen mit Schallschutzangaben sind [100] oder ausführlicher in [101] zu entnehmen.

### 6.1 **Auswahl der sinnvollen Varianten zur Schallschutzoptimierung**

In Voruntersuchungen hat sich gezeigt, daß die Ausführungsart und der Grundrißtyp Einfluß auf die Schallschutzkosten haben. Verworfen wurden weitere Untersuchungen, die Kosten in Abhängigkeit von der Menge der Wandflächen mit Schallschutzanforderungen, z.B. auf den Quadratmeter Wohnfläche bezogen, betrachten. Voruntersuchungen haben gezeigt, daß sich zwar die Kosten mit der Menge der Wandflächen verändern, jedoch ist hier keine Regelmäßigkeit festzustellen, da Wände mit Schallschutzanforderung sich regelmäßig ändern, aber Wände ohne Schallschutzanforderungen, die als flankierende Bauteile beeinflussen, sich unregelmäßig ändern.

#### 6.1.1 **Auswahl der Ausführungsarten zur Schallschutzoptimierung**

Der Einfluß der Ausführungsart in Abhängigkeit von der Schallschutzstufe soll untersucht werden. (Es werden die Grundrisse allein und der zugehörige Mittelwert betrachtet.)

Der Begriff **Ausführungsart** soll die Umsetzung der Wandbauteile mit bestimmten Materialien beschreiben (z.B. Beton, Mauerwerk, etc.). Die Konstruktion wird entsprechend berücksichtigt (z.B. ein- oder zweischalig). Es ergeben sich also Ausführungsarten wie z.B. „Mauerwerk eischalig“ oder „Stahlbeton zweischalig“.

Wird von **Bauweisen** gesprochen, so sind

- Massivbauweisen (können i.a. tragfähig ausgebildet werden, abgesehen von gewollten Hohlräumen in einzelnen Steinen, ist die Wand massiv und monolithisch ausgeführt, der Schallschutz wird durch die Masse der biegesteifen Bauteile erreicht)
- Leichtbauweisen (können i.a. nicht tragfähig ausgebildet werden, die Wand weist einen Hohlraum auf und besteht aus mehreren Baustoffen, der Schallschutz wird durch die Zweischaligkeit dieser biegeweichen Bauteile erreicht)

zu unterscheiden. Eine Zuordnung von Ausführungsarten zu Bauweisen ist in Tabelle 45 dargestellt. Die Zuordnung ist gedacht, um die überwiegend am Bau ausgeführten Massivbauweisen mit den vom Bauherrn zögernd angenommenen und daher nicht so verbreiteten Leichtbauweisen besser vergleichen zu können. Wie die nachfolgenden Untersuchungen zeigen, sind die Ergebnisse für die verschiedenen Ausführungsarten der Massivbauweisen ähnlich. Eine Verwechslung von Leichtbauweisen mit den gemäß DIN 4109 Beiblatt 1 festgelegten Massiv-, Skelett- und Holzbauarten ist zu vermeiden. Sie ordnen verschiedene schalltechnische Bauarten unterschiedlichen Berechnungsverfahren zu.

**Tabelle 45: Zuordnung von Ausführungsarten zu Bauweisen**

<b>Massivbauweisen:</b>	<b>Leichtbauweisen:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mauerwerk einschalig, zweischalig</li> <li>• Stahlbeton einschalig, zweischalig</li> <li>• Porenbeton einschalig, zweischalig</li> <li>• Gasbeton einschalig, zweischalig</li> <li>• etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metallständerwerk, zweischalig</li> <li>• Holzständerwerk, zweischalig</li> <li>• Sandwich-Wandsysteme</li> <li>• etc.</li> </ul>

Die vergleichbaren Kostenuntersuchungen der Ausführungsarten bei unterschiedlichen Schallschutzstufen sollen folgende Fragen beantworten:

- Welche Kostensteigerungen ergeben sich durch Erhöhung des Schallschutzniveaus einzelner Ausführungsarten und im Mittel aller Ausführungsarten? (Kosten durch Wunsch des Individuums nach höherem Schallschutz bzw. Kostensteigerung durch gesetzlich geforderte erhöhte Schallschutzanforderungen im Wohnungsbau.)
- Welche Ausführungsarten verhalten sich eher kostenneutral und welche reagieren mit größeren Kostensteigerungen (im Mittel über die verschiedenen Grundrisse sowie bei den einzelnen Grundrissen) ?
- Welche Ausführungsarten führen längerfristig, als Prognose gesehen, bei weiter steigenden Schallschutzanforderungen noch zu wirtschaftlich akzeptablen Lösungen?

Es werden also prinzipielle Antworten für die direkte Beratung einzelner Bauherren aber auch Antworten auf den Kosteneinfluß der Normung, der langfristig zu bevorzugenden und mit ausreichend vorhandenen Entwicklungspotential behafteten Ausführungen erwartet. Folgende Ausführungsarten werden für die Betrachtungen ausgewählt, wobei generell für alle Ausführungsarten Stahlbetonmassivdecken mit schwimmenden Estrich vorgesehen sind.

Kombinationen der Ausführungsarten untereinander sind möglich, eine Kostenbetrachtung wird dadurch aber erheblich erschwert.

- **Mauerwerk einschalig**, d.h. Wände mit und ohne Schallschutzanforderungen werden als einschaliges Mauerwerk ausgeführt
- **Stahlbeton einschalig**, d.h. Wände mit und ohne Schallschutzanforderungen werden als einschalige Stahlbetonwände in Ortbetonbauweise ausgeführt
- **Mauerwerk zweischalig**, d.h. Wände mit Schallschutzanforderungen werden zweischalig in Mauerwerk ausgeführt, Wände ohne Schallschutzanforderungen sind aus einschaligem Mauerwerk
- **Stahlbeton zweischalig**, d.h. Wände mit Schallschutzanforderungen werden zweischalig in Stahlbeton als Ortbetonbauweise ausgeführt, Wände ohne Schallschutzanforderungen sind aus einschaligem Stahlbeton in Ortbeton
- **Trockenbau mit Mauerwerk**, d.h. Wände ohne Schallschutzanforderungen sind aus Metallständerwerk mit Gipskartonbeplankung ausgeführt, Wände mit Schallschutzanforderungen sowie tragende Wände sind in einschaligem Mauerwerk ausgeführt, da Trockenbauwände diese Anforderungen i.a. nicht erfüllen können

Diese Konstruktionen bieten alle die technische Möglichkeit, die Schallschutzstufen I bis III zu realisieren (Begründung für die Betrachtung von zweischaligen Massivbauweisen), sie repräsentieren die weitgehend am Markt des Geschößwohnungsbaus präsenten Ausführungsarten, deren Marktanteil wie folgt vermutet wird:

- |   |                           |
|---|---------------------------|
| • Mauerwerk einschalig                              | ca. 60 – 75 % Marktanteil |
| • Stahlbeton einschalig                             | ca. 10 – 15 % Marktanteil |
| • Massivbauweise zweischalig<br>ohne Haustrennwände | ca. 1 – 2 % Marktanteil   |
| • Trockenbauweisen                                  | ca. 10 – 15 % Marktanteil |
| • Sonstige Bauweisen                                | ca. 5 – 10 % Marktanteil  |

Die Ausführungsart **Mauerwerk einschalig** ist z.Z. noch die überwiegende Art Wohnungsbauten zu errichten. Ein Trend in Richtung Trockenbau ist zu verzeichnen, da diese Wände kostengünstig zu errichten sind und eine geringe Wanddicke aufweisen.

Die ermittelten schallschutzstufenabhängigen Ausführungskosten sowie die alternativen Ausführungsarten inklusive/ exklusive Wohnflächenverlusten sind am jeweiligen Mehrfamilienhaustyp dargestellt. Eine grafische Auswertung macht die Ergebnisse leicht zugänglich. Abschließend werden die Ergebnisse aller Haustypen verglichen und Strategien zur Kostenoptimierung abgeleitet.

### **6.1.2 Auswahl der Grundrißtypen**

Die vergleichenden Kostenuntersuchungen der Grundrißtypen (Ein-, Zwei-, Drei- und Mehrspanner) in Abhängigkeit von den Schallschutzstufen soll Antwort auf folgende Fragen liefern:

- Welcher Grundrißtyp bietet den kostengünstigsten Schallschutz (bei welcher Schallschutzstufe ?
- Gibt es Kostenschwankungen durch unterschiedliche Wohnungsanordnungen innerhalb des Gebäudes ?

Dehnt man die Vergleiche auf die Ausführungsarten aus, so können interessante Antworten auf folgende Fragen gegeben werden:

- Welche Ausführungsart bietet bei definiertem Schallschutzniveau und Grundrißtyp den kostengünstigsten Schallschutz ?
- Welche Ausführungsart und welcher Grundrißtyp ist bei welcher Schallschutzstufe die wirtschaftlichste Lösung ?

Es sind grundsätzliche Orientierungshinweise für den Architekten und Planer zu erwarten. Hinweise, welche Mehrkosten durch den gewählten Grundrißtyp und die gewünschte Ausführungsart bei entsprechendem Schallschutzniveau entstehen, werden gegeben.

Im Mehrfamilienwohnungsbau lassen sich folgende Grundrißtypen klassifizieren, die der Untersuchung zu Grunde gelegt werden:

- Einspanner
- Zweispänner
- Dreispänner
- Mehrspanner

Die Wohnungsgrößen variieren dabei in Abhängigkeit der Anzahl der Personen, die sie nutzen. Dabei unterscheiden sich im wesentlichen die Anzahl der Räume, die Wohn- und Nutzfläche sowie die Anzahl der Bäder/ WCs. Grundrißkonzepte, z.B Duplextypen, Split Level, etc. erweitern die Wohnungsvielfalt, stellen aber keine Regelfälle dar. Innerhalb der Untersuchungen werden Gebäude mit Wohnungen üblicher, ähnlicher Dimensionen verglichen, um eine einheitliche Kostenbasis zu erhalten. Fast alle Wohnungen sind folgendermaßen charakterisiert:

- Wohnfläche: ca.80 – 100 m<sup>2</sup>
- Anzahl der Räume ohne Küche und Bad/ WC: 3-4 Stck
- Anzahl der Bäder /WCs: 2 Stck

Einige Wohnungen verlaufen dabei über zwei Geschosse, wenige sind für Singles ausgelegt (ca. 50m<sup>2</sup> Wfl. kein zweites WC).

Dieser Wohnungstyp ist typisch für den Geschoßwohnungsbau, der i.a. Familien mit einem oder zwei Kindern beherbergt und dabei übliche Abmessungen verschiedener sozialer Standards repräsentiert.

Eine umfassendere Untersuchung der Grundrißtypen mit Differenzierung nach Wohnungsgrößen, Raumanordnungen, etc. stellt aufgrund der zu betrachteten Datenmenge ein ähnliches Problem wie das in Kapitel 5 betrachtete Kombinationsproblem dar und wird nicht weiter verfolgt. Große Abweichungen vom Ergebnis des untersuchten Bereiches sind jedoch nicht zu erwarten, weil:

- die Raumgrößen der unterschiedlichen Wohnungen im allgemeinen ähnlich groß sind und dadurch bedingt die Menge der Bauteile auf den Quadratmeter Wohnfläche bezogen nahezu gleich ist. Dies gilt für Bauteile mit und ohne Schallschutzanforderungen.
- die Anzahl an Bädern, WC's und Installationen auf den Quadratmeter Wohnfläche bezogen ebenfalls nahezu gleich ist. So hat i.a. ein Apartment mit 40m<sup>2</sup> Wfl. ein Bad, eine 80m<sup>2</sup> große Wohnung ein Bad und ein WC, eine Wohnung mit 120m<sup>2</sup> Wfl zwei Bäder. Es entstehen ähnliche Kosten auf den Quadratmeter Wohnfläche bezogen.

## 6.2 Kostenvergleich kompletter Gebäude

Nachfolgend werden die herausgestellten Ausführungsarten und Schallschutzstufen bei den einzelnen Grundrißtypen kostenmäßig untersucht und verglichen.

### 6.2.1 Einspänner Grundriß

Der Einspänner Grundriß ist typisch für exklusive Bauvorhaben mit Eigentumswohnungen, die üblicherweise vom Eigentümer selbst bewohnt werden. Aus schallschutztechnischer Sicht ist er leichter zu planen als ein Mehrspänner, da die Wohnungen lediglich vom Treppenhaus und untereinander abgeschottet werden müssen. Die nachfolgenden Abbildungen 68 bis 72 stellen das untersuchte Bauvorhaben dar. Die Schallschutzanforderungen/ -empfehlungen, die nach den SSt I, II und III an das Bauwerk gestellt werden, sind in Tabelle 46 aufgelistet.

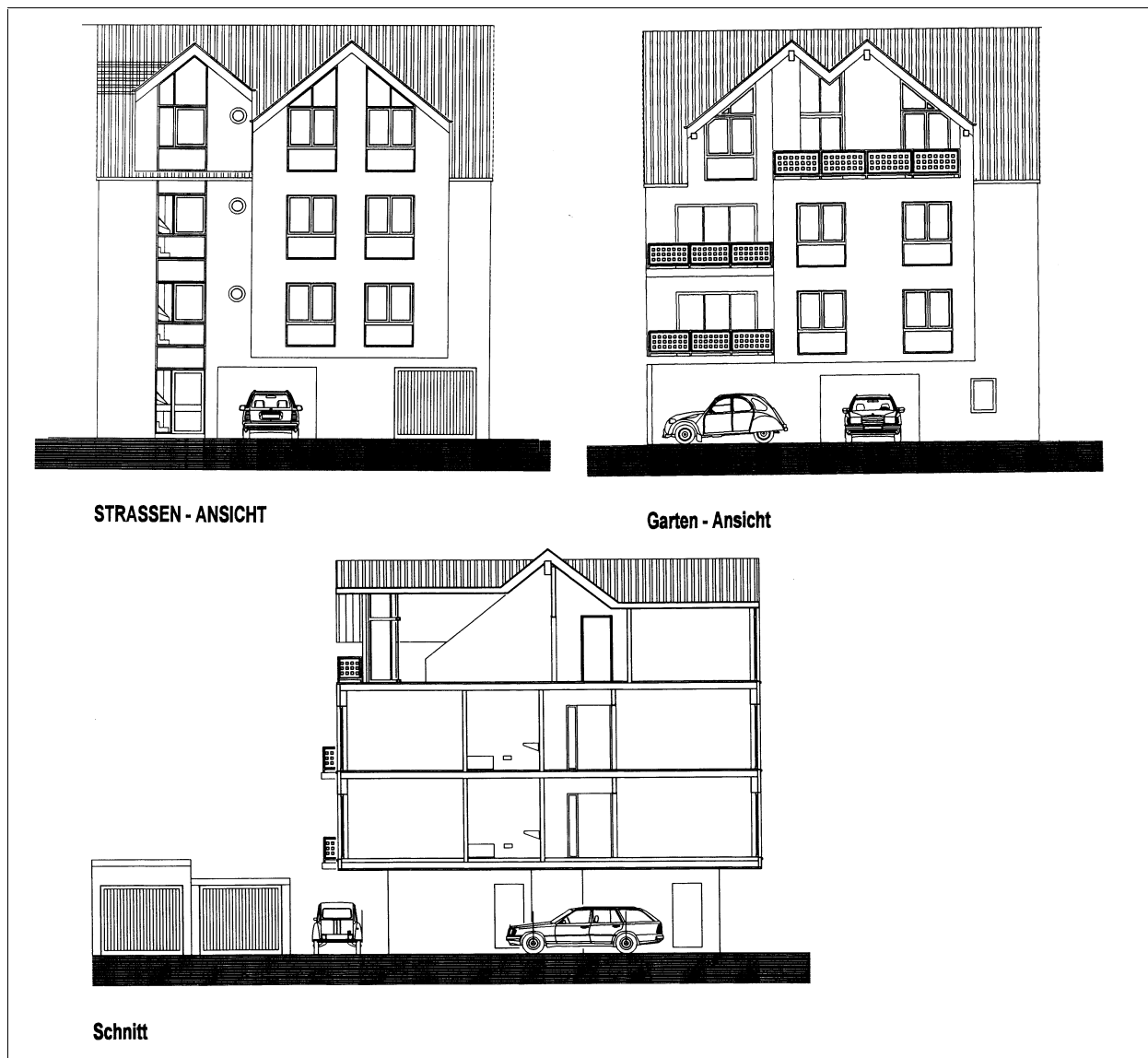


Abbildung 68: Ansichten/ Schnitt



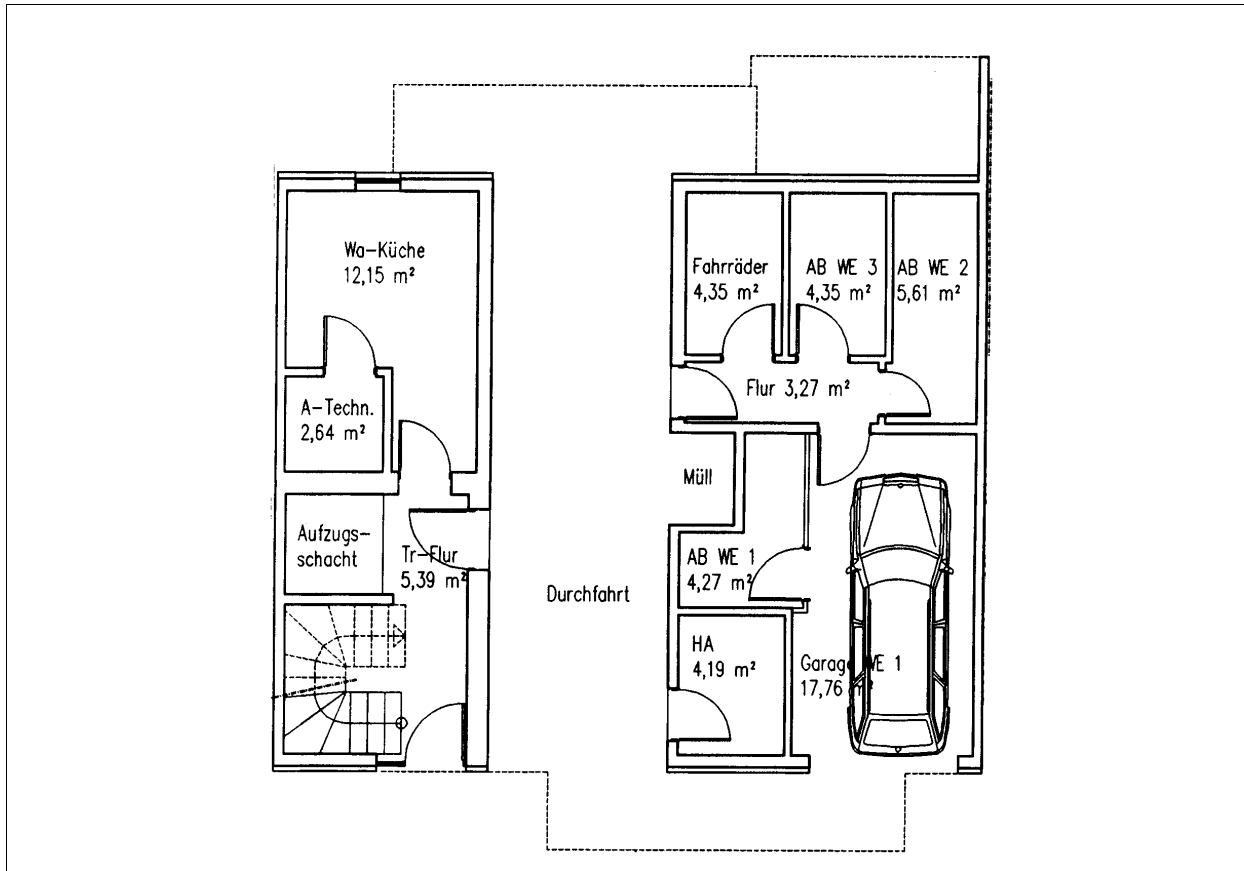


Abbildung 69: Grundriß EG

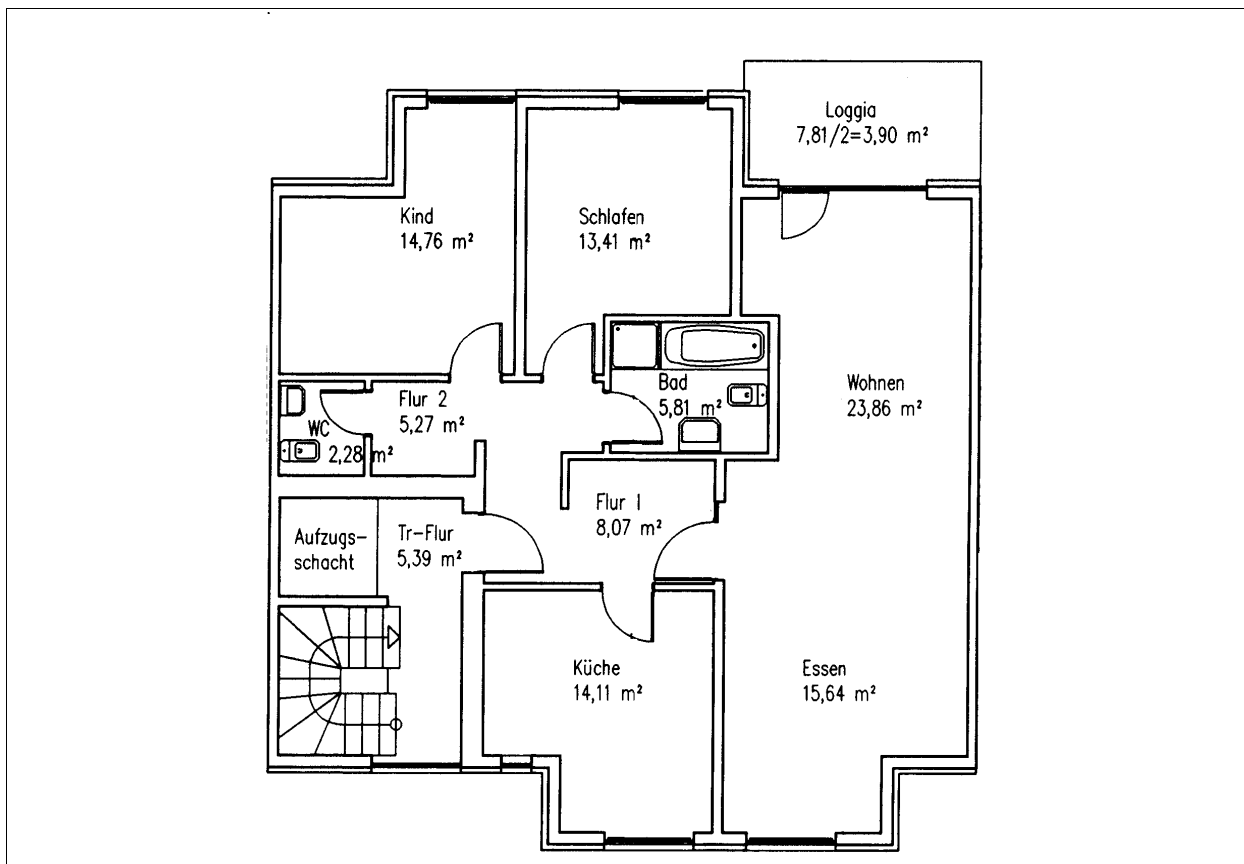


Abbildung 70: Grundriß 1. OG

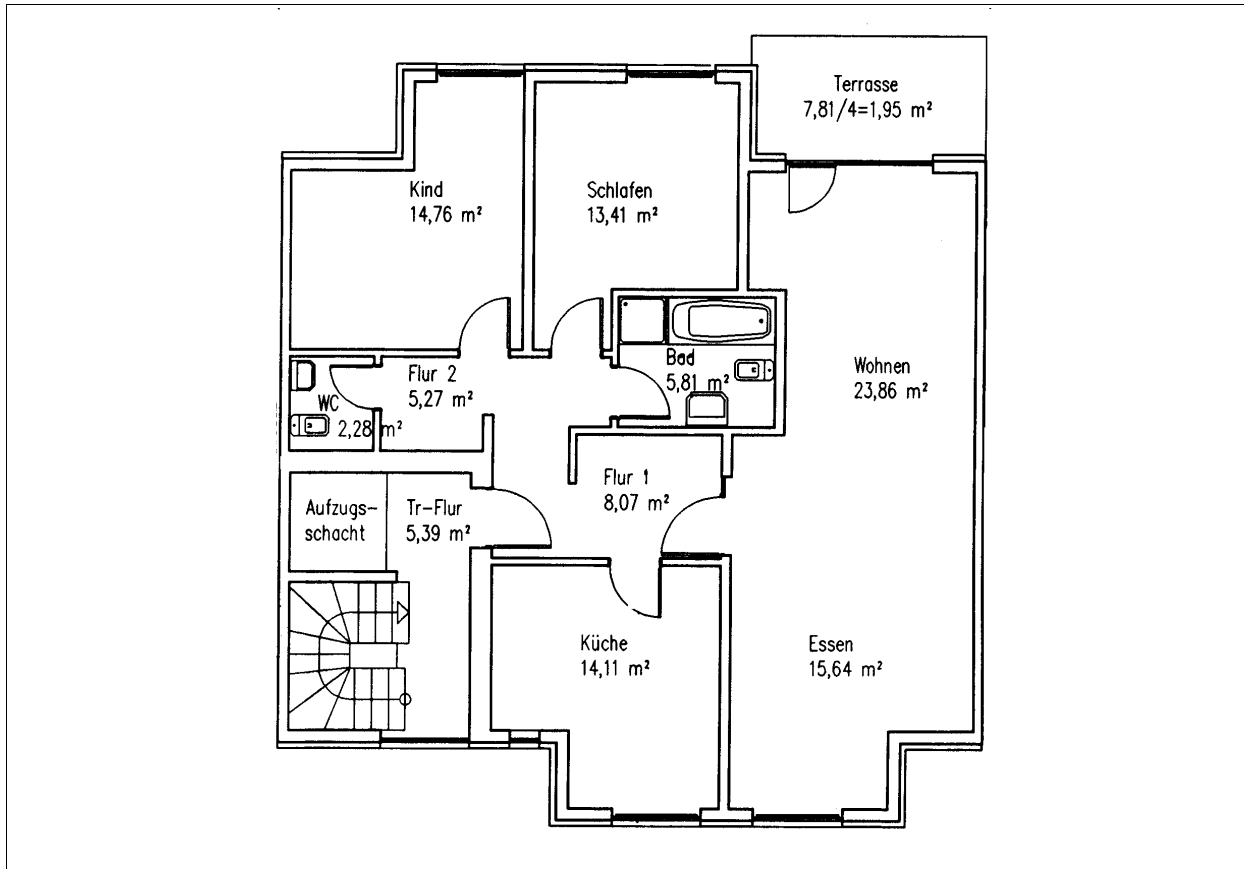


Abbildung 71: Grundriß 2. OG

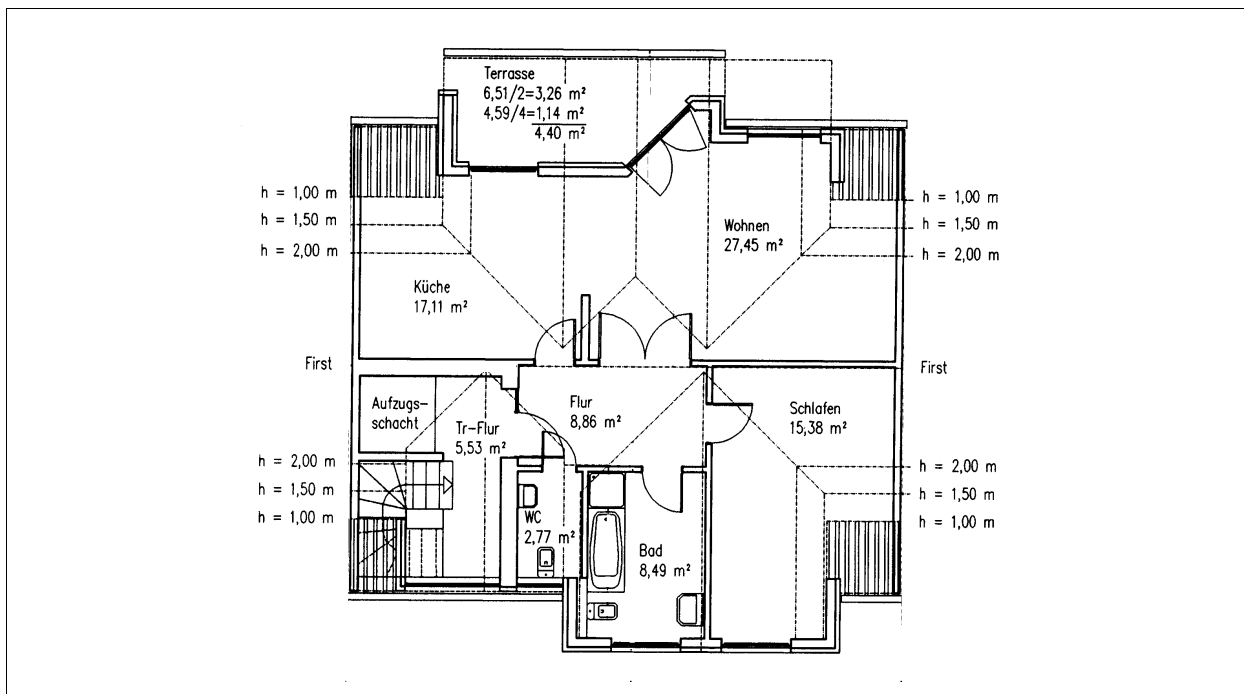


Abbildung 72: Grundriß DG

**Tabelle 46: Schallschutzanforderungen Einspanner Grundriß**

Bauteile im Objekt	Bauteilzuordnung gemäß DIN 4109/ VDI 4100	Anforderung nach DIN 4109/ Empf. nach VDI 4100		
		DIN 4109 / SSt I	SSt II	SSt III
Decke zwischen EG und 1.OG	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 4, Spalte 3, 4 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 2, 4, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w}$ = 55 dB erf. $L'_{n,w}$ = 53 dB	erf. $R'_{w}$ = 57 dB erf. $L'_{n,w}$ = 46 dB	erf. $R'_{w}$ = 60 dB erf. $L'_{n,w}$ = 39 dB
Decke zwischen 1.OG und 2.OG, 2.OG und DG	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 2, Spalte 3, 4 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 2, 4, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w}$ = 54 dB erf. $L'_{n,w}$ = 53 dB	erf. $R'_{w}$ = 57 dB erf. $L'_{n,w}$ = 46 dB	erf. $R'_{w}$ = 60 dB erf. $L'_{n,w}$ = 39 dB
Treppenläufe und –podeste	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 11, Spalte 5 VDI 4100, Tabelle 10 Zeile 2, 3, Spalte 3A	keine	erf. $L'_{n,w}$ = 46 dB	erf. $L'_{n,w}$ = 39 dB
Wand zwischen Treppenraum und Wohnung ohne Tür, 1.OG, 2.OG und DG	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 13, Spalte 3 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 3, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w}$ = 52 dB	erf. $R'_{w}$ = 56 dB	erf. $R'_{w}$ = 59 dB
Wand zwischen Treppenraum und Wohnung mit Tür, 1.OG, 2.OG und DG	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 13, Spalte 5 VDI 4100, Tabelle 2, Zeile 3, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w}$ = 42 dB (Wand)	erf. $R'_{w}$ = 56 dB (Wand)	erf. $R'_{w}$ = 59 dB (Wand)
Wohnungseingangstür Wohnung 1.OG, 2.OG und DG	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 16, Spalte 3	erf. $R'_{w}$ = 27 dB	erf. $R'_{w}$ = 30dB <sup>1)</sup>	erf. $R'_{w}$ = 33dB <sup>1)</sup>
Wände mit Wasser- und Abwasserinstallation	DIN 4109, Abschnitt 7.2.2.4 VDI 4100, Abschnitt 7.2.1.5	erf. $m' \geq$ 220 kg/m <sup>2</sup>	erf. $m' \geq$ 220 kg/m <sup>2</sup>	erf. $m' \geq$ 220 kg/m <sup>2</sup>
Wasser-/Abwasserinstallation	DIN 4109, Tabelle 4 Zeile 1, Spalte 2 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 6, Spalte 6, 7	erf. $L_{in} \leq$ 35dB <sup>4)</sup> Armaturen- gruppe I	erf. $L_{in} \leq$ 30dB <sup>2)</sup> Armaturen- gruppe I	erf. $L_{in} \leq$ 25dB <sup>2)</sup> Armaturen- gruppe I
Heizungsanlage	DIN 4109, Tabelle 4 Zeile 2, Spalte 2 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 7, Spalte 6, 7	$L_{AF,max} \leq$ 30dB <sup>3)</sup>	$L_{AF,max} \leq$ 30 dB	$L_{AF,max} \leq$ 25dB
Gemeinschaftswaschanlage	DIN 4109, Tabelle 4 Zeile 2, Spalte 2 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 7, Spalte 6, 7	$L_{AF,max} \leq$ 30dB <sup>3)</sup>	$L_{AF,max} \leq$ 30 dB	$L_{AF,max} \leq$ 25dB
Aufzugsanlage	DIN 4109, Tabelle 4 Zeile 2, Spalte 2 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 7, Spalte 6, 7	$L_{AF,max} \leq$ 30dB <sup>3)</sup>	$L_{AF,max} \leq$ 30 dB	$L_{AF,max} \leq$ 25dB

1) Die Empfehlung wurde aus der VDI 4100 Vorlage Januar 1998 (siehe Tabelle 6) übernommen, da die in der VDI 4100 Ausgabe 1994 mit Formel 4 ermittelten Werte technisch nicht möglich sind.

2) Wenn Abwassergeräusche gesondert (ohne die zugehörigen Armaturengeräusche) auftreten, sind wegen der erhöhten Lästigkeit dieser Geräusche um 5 dB niedrigere Werte einzuhalten.

3) Bei Lüftungstechnischen Anlagen sind um 5 dB höhere Werte zulässig, sofern es sich um Dauengeräusche ohne auffällige Einzeltöne handelt.

4) Eine Erhöhung der Anforderung auf  $L_{in} = 30\text{dB(A)}$  wurde bereits durch den Beschluß des zuständigen Normenausschusses im Juli 1997 verabschiedet, bis Frühjahr 1998 ist jedoch noch keine Änderung als Weißdruck erschienen, so daß z.Z. noch  $L_{in} = 35\text{dB(A)}$  öffentlich-rechtlich geschuldet werden.

Die Werte für  $L_{in}$  und  $L_{AF,max}$  sind in [dB(A)]

Dem Abschnitt 6.3 vorgehend, der die Kosten sämtlicher Schallschutzstufen und Ausführungsarten aller Grundrißtypen untereinander betrachtet, werden hier die Differenzkosten vom Einspanner Grundriß dargelegt. Die Ermittlung der Differenzkosten erfolgt dabei gemäß dem im Abschnitt 5.3 und 5.4 dargestellten Verfahren. Es ergeben sich folgende Kosten:

**Tabelle 47: Kosten Einspanner Grundriß ohne Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung**

	<b>Ausführungsart</b>	<b>gesamte Baukosten ohne Grundstücks-kosten je m<sup>2</sup> Wfl.</b>		<b>Differenzkosten je m<sup>2</sup> Wfl.</b>	
<b>Schall-schutzstufe I</b>	Mauerwerk einschalig	2200,00DM	100,0%	<b>Ausgangswert</b>	100,0%
	Stahlbeton einschalig	2317,11DM	105,3%	+ 117,11DM	+ 5,3%
	Mauerwerk zweischalig	2214,88DM	100,7%	+ 14,88DM	+ 0,7%
	Stahlbeton zweischalig	2336,75DM	106,2%	+ 136,75DM	+ 6,2%
	Trockenbau mit MW	2185,00DM	99,3%	- 15,00DM	- 0,7%
<b>Schall-schutzstufe II</b>	Mauerwerk einschalig	2233,78DM	101,5%	+ 33,78DM	+ 1,5%
	Stahlbeton einschalig	2361,68DM	107,3%	+ 161,68DM	+ 7,3%
	Mauerwerk zweischalig	2242,04DM	101,9%	+ 42,04DM	+ 1,9%
	Stahlbeton zweischalig	2374,42DM	107,9%	+ 174,42DM	+ 7,9%
	Trockenbau mit MW	2215,63DM	100,7%	+ 15,63DM	+ 0,7%
<b>Schall-schutzstufe III</b>	Mauerwerk einschalig	2317,45DM	105,3%	+ 117,45DM	+ 5,3%
	Stahlbeton einschalig	2444,52DM	111,1%	+ 244,52DM	+ 11,1%
	Mauerwerk zweischalig	2322,35DM	105,6%	+ 122,35DM	+ 5,6%
	Stahlbeton zweischalig	2454,73DM	111,6%	+ 254,73DM	+ 11,6%
	Trockenbau mit MW	2279,98DM	103,6%	+ 79,98DM	+ 3,6%

**Tabelle 48: Kosten Einspanner Grundriß mit Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung**

	<b>Ausführungsart</b>	<b>gesamte Baukosten ohne Grundstücks-kosten je m<sup>2</sup> Wfl.</b>		<b>Differenzkosten je m<sup>2</sup> Wfl.</b>	
<b>Schall-schutzstufe I</b>	Mauerwerk einschalig	2200,00DM	100,0%	<b>Ausgangswert</b>	100,0%
	Stahlbeton einschalig	2224,78DM	101,1%	+ 24,78DM	+ 1,1%
	Mauerwerk zweischalig	2234,82DM	101,6%	+ 34,82DM	+ 1,6%
	Stahlbeton zweischalig	2266,39DM	103,0%	+ 66,39DM	+ 3,0%
	Trockenbau mit MW	2160,55DM	98,2%	- 39,45DM	- 1,8%
<b>Schall-schutzstufe II</b>	Mauerwerk einschalig	2298,94DM	104,5%	+ 98,94DM	+ 4,5%
	Stahlbeton einschalig	2323,82DM	105,6%	+ 123,82DM	+ 5,6%
	Mauerwerk zweischalig	2327,77DM	105,8%	+ 127,77DM	+ 5,8%
	Stahlbeton zweischalig	2353,01DM	107,0%	+ 153,01DM	+ 7,0%
	Trockenbau mit MW	2206,01DM	100,3%	+ 6,01DM	+ 0,3%
<b>Schall-schutzstufe III</b>	Mauerwerk einschalig	2408,33DM	109,5%	+ 208,33DM	+ 9,5%
	Stahlbeton einschalig	2418,99DM	110,0%	+ 218,99DM	+ 10,0%
	Mauerwerk zweischalig	2408,08DM	109,5%	+ 208,08DM	+ 9,5%
	Stahlbeton zweischalig	2433,32DM	110,6%	+ 233,32DM	+ 10,6%
	Trockenbau mit MW	2296,07DM	104,4%	+ 96,07DM	+ 4,4%

Aus den obigen Tabellen 47 und 48 lassen sich für den Einspänner Grundriß folgende Zusammenhänge zwischen Schallschutz, Ausführungsart und den damit verbundenen Kosten feststellen:

- Die Ausführungsart Trockenbau mit Mauerwerk ist stets die wirtschaftlichste Ausführungsart, unabhängig von der Schallschutzstufe und unabhängig davon, ob die Wohnflächenveränderung berücksichtigt wird.
- Kostenunterschiede zwischen den einzelnen Ausführungsarten bleiben über die einzelnen Schallschutzstufen erhalten, d.h. die Ausführungsart Stahlbeton einschalig ist in allen SSt teurer als die Ausführungsart Mauerwerk einschalig. Das gleiche gilt für den zweischaligen Aufbau.
- Aufwendige zweischalige Massivbauweisen sind erst beim hohen Schallschutzniveau der SSt III gegenüber der einschaligen Varianten wirtschaftlich konkurrenzfähig.
- Die Wohnflächenveränderung hat auch bei der Betrachtung des gesamten Gebäudes einen starken Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit. So ist die Ausführung Stahlbeton einschalig SSt II zwar von den Investitionskosten höher als die Ausführung Mauerwerk zweischalig SSt II, jedoch kehrt sich dieser Nachteil durch die beanspruchte Wohnfläche in einen Vorteil um.

Beim Einspänner sollen die Aussagen nicht weiter vertieft werden. Detaillierte Aussagen und Ursachen sind den Abschnitten 6.3 und 6.4 zu entnehmen, wenn die vier Grundrisse untereinander verglichen wurden.

### 6.2.2 Zweispänner Grundriß

Der hier verwendete Grundriß ähnelt einem 1997 in Dortmund ausgeführten Bauvorhaben. Die Grundrißsituation erfordert schallschutztechnische Bemessungen/ Untersuchungen zwischen fremden Wohnungen in horizontaler und vertikaler Richtung, ebenso ist eine Betrachtung zwischen Aufenthaltsräumen und Kellerräumen in horizontaler und vertikaler Richtung erforderlich. Die Abbildungen 73 bis 77 stellen das Bauvorhaben vor, die Schallschutzanforderungen/ -empfehlungen der SSt I bis III, die an die einzelnen Bauteile gestellt werden, sind in Tabelle 49 dargelegt.



Abbildung 73: Ansichten

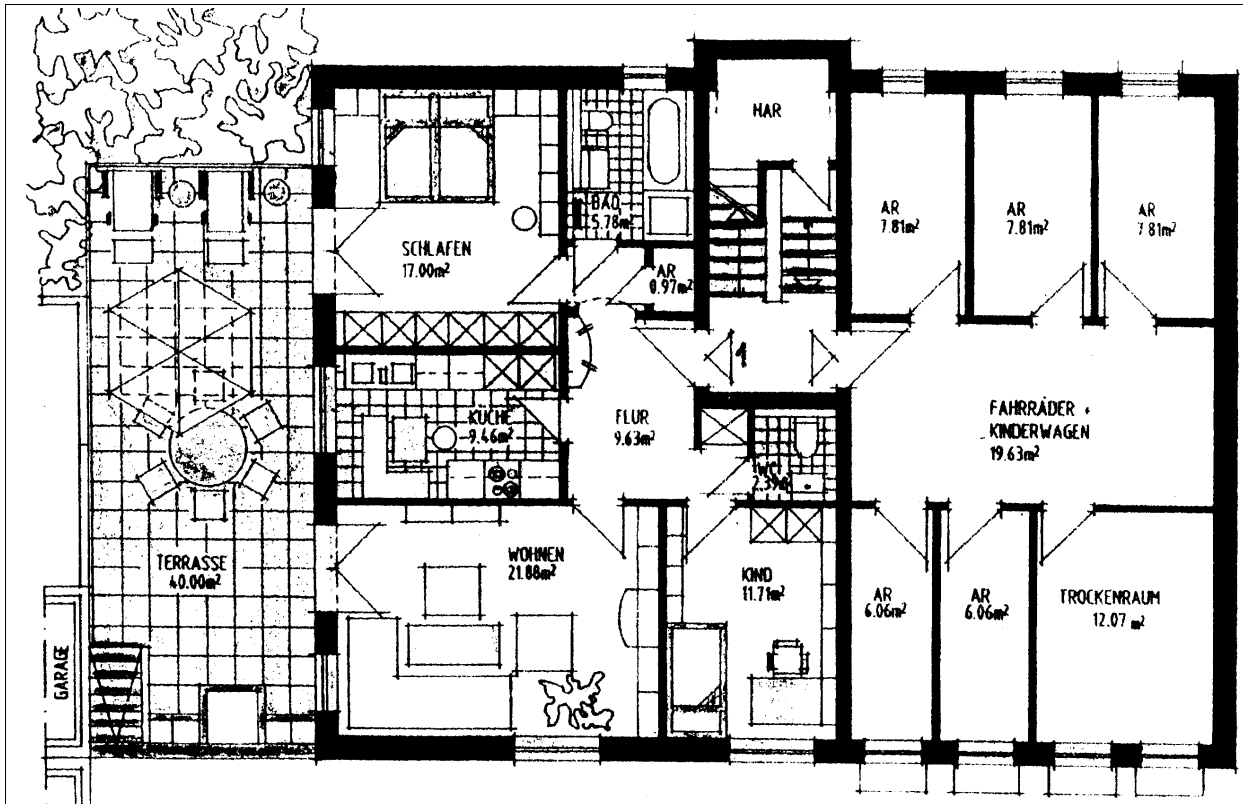


Abbildung 74: Grundriß unteres EG

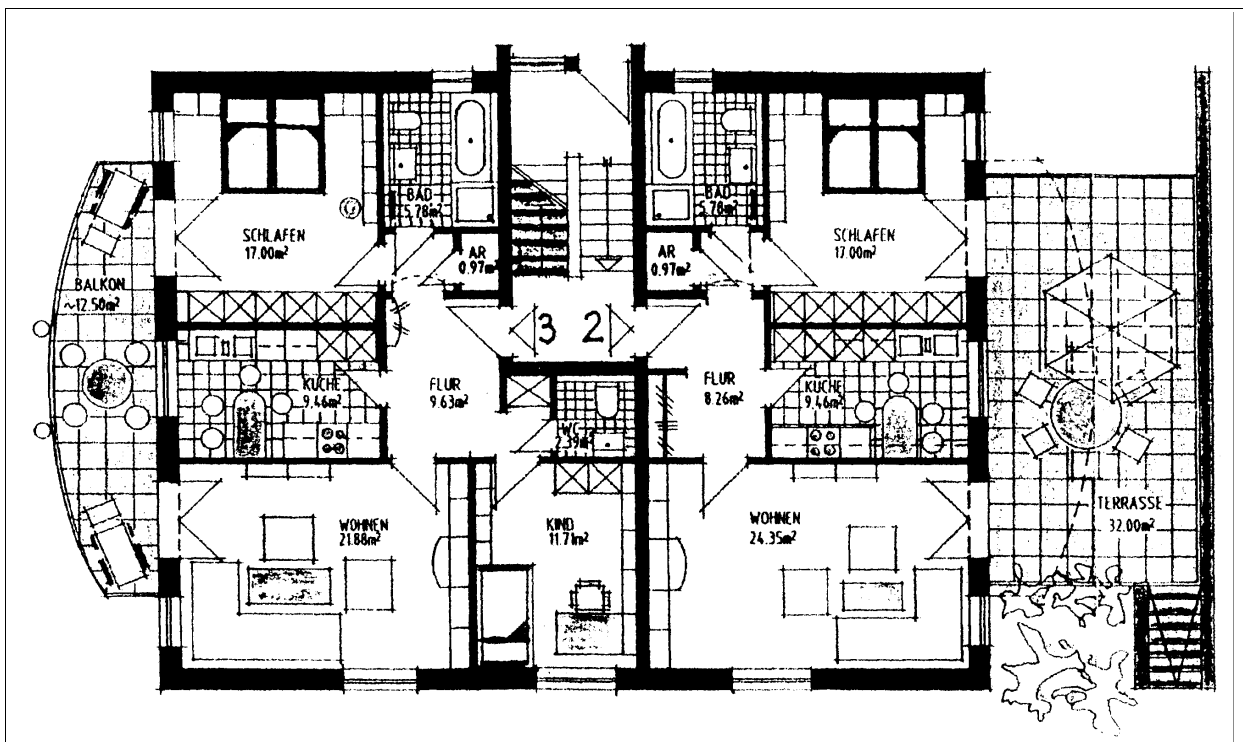


Abbildung 75: Grundriß EG

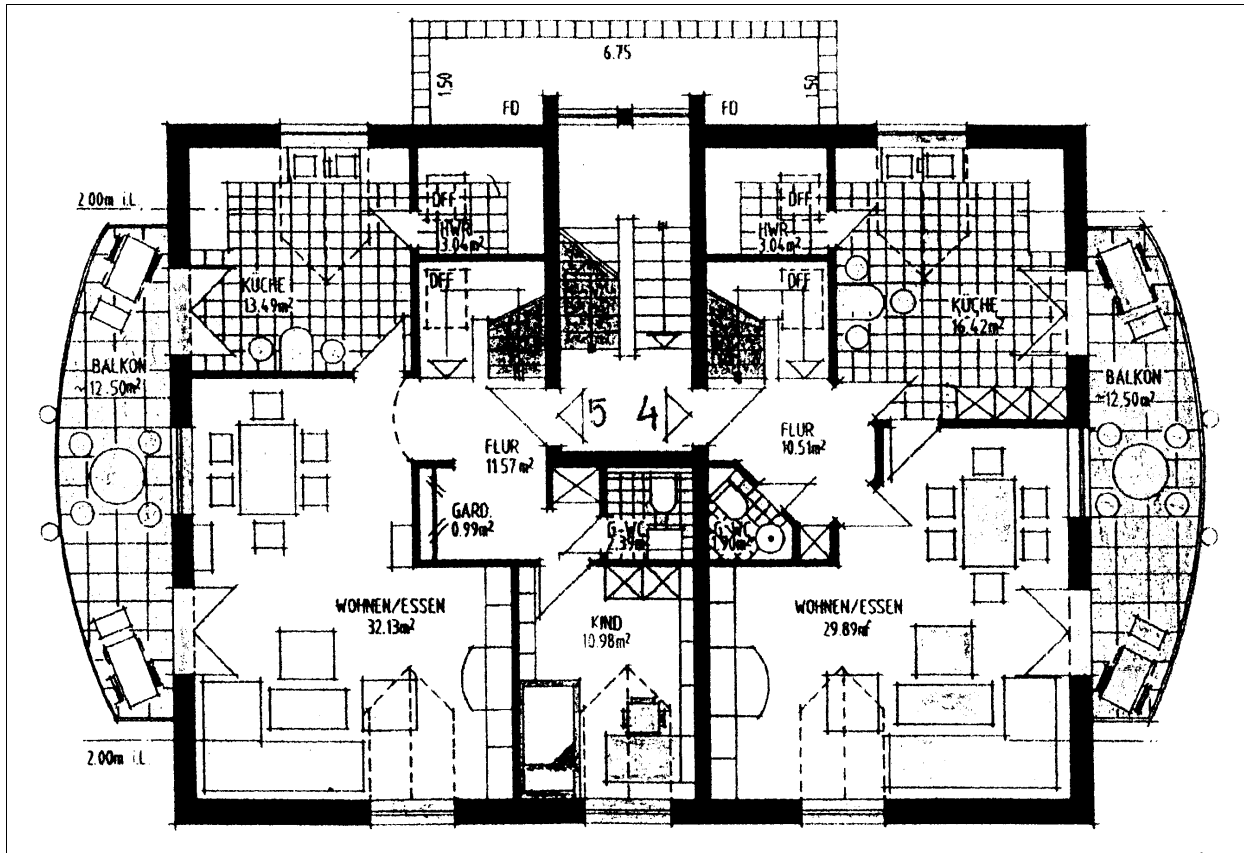


Abbildung 76: Grundriß DG

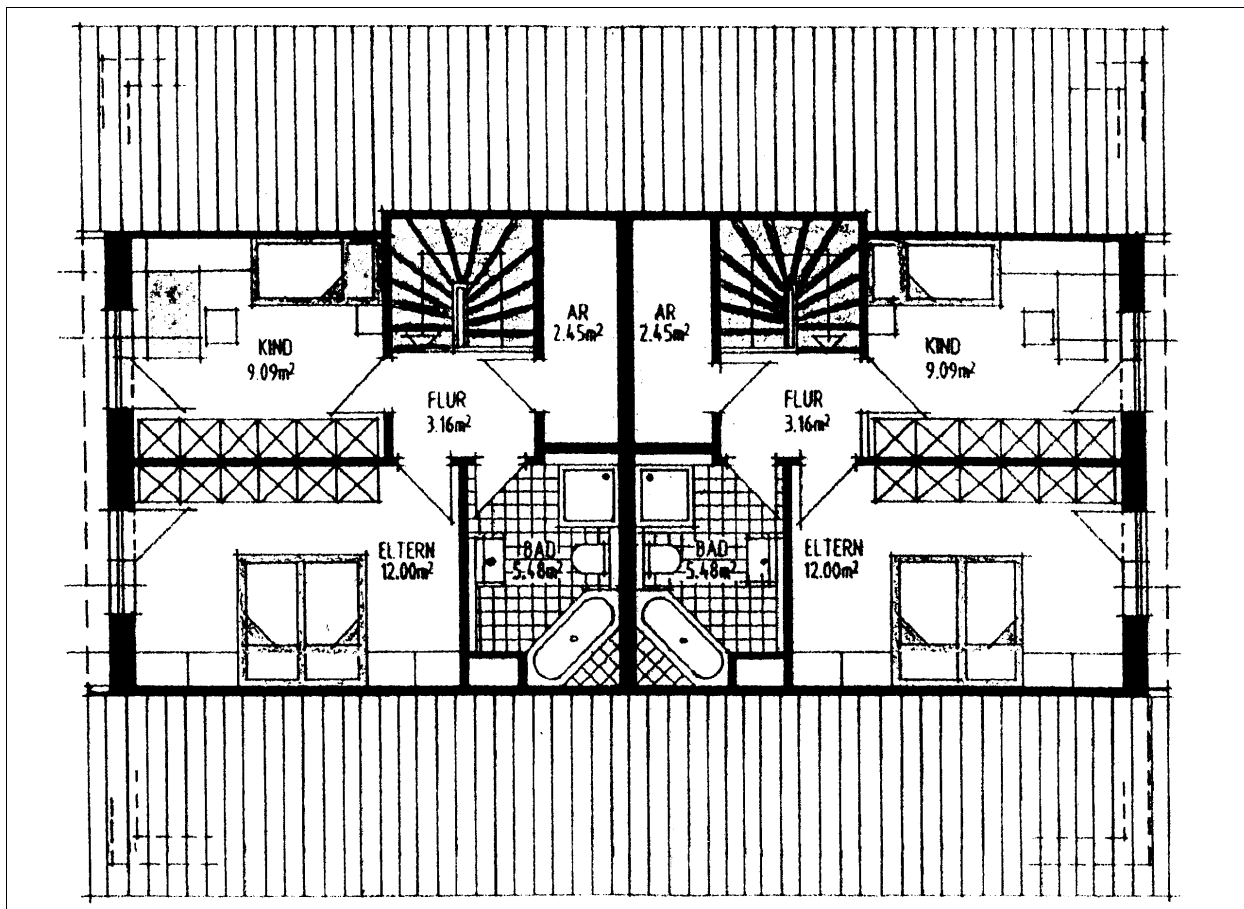


Abbildung 77: Grundriß Spitzboden



**Tabelle 49: Schallschutzanforderungen Zweispänner Grundriß**

Bauteile im Objekt	Bauteilzuordnung gemäß DIN 4109/ VDI 4100	Anforderung nach DIN 4109/ Empf. nach VDI 4100		
		DIN 4109 / SSt I	SSt II	SSt III
Decke über KG, EG, DG	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 2, Spalte 3,4 VDI 4100, Tabelle 2, Zeile 2, 4, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w}$ = 54 dB erf. $L'_{n,w}$ = 53 dB	erf. $R'_{w}$ = 57 dB erf. $L'_{n,w}$ = 46 dB	erf. $R'_{w}$ = 60 dB erf. $L'_{n,w}$ = 39 dB
Decke zwischen Kellerräumen und Wohnung 2	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 3, Spalte 3,4 VDI 4100, Tabelle 2, Zeile 2, 4, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w}$ = 52 dB erf. $L'_{n,w}$ = 53 dB	erf. $R'_{w}$ = 57 dB erf. $L'_{n,w}$ = 46 dB	erf. $R'_{w}$ = 60 dB erf. $L'_{n,w}$ = 39 dB
Treppe innerhalb Wohnung 4 bzw. 5 zwischen DG und Spitzboden (Trittschallübertragung in fremde Whg.)	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 8, Spalte 4 VDI 4100, Tabelle 4, Zeile 3, Spalte 6, 7	erf. $L'_{n,w}$ = 53 dB	erf. $L'_{n,w}$ = 46 dB	erf. $L'_{n,w}$ = 46 dB
Treppenläufe und –podeste	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 11, Spalte 4 VDI 4100, Tabelle 10, Zeile 2, 3, Spalte 3A	erf. $L'_{n,w}$ = 58 dB	erf. $L'_{n,w}$ = 46 dB	erf. $L'_{n,w}$ = 39 dB
Wohnungstrennwand EG, DG, Spitzboden	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 12, Spalte 3 VDI 4100, Tabelle 2, Zeile 1, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w}$ = 53 dB	erf. $R'_{w}$ = 56 dB	erf. $R'_{w}$ = 59 dB
Wand zwischen Treppenraum und Wohnung 1, 2, 3, 4, 5 ohne Tür	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 13, Spalte 3 VDI 4100, Tabelle 2, Zeile 3, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w}$ = 52 dB	erf. $R'_{w}$ = 56 dB	erf. $R'_{w}$ = 59 dB
Wand zwischen Treppenraum und Wohnung 4, 5 mit Tür <sup>5)</sup>	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 13, Spalte 5 VDI 4100, Tabelle 2, Zeile 3, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w}$ (Wand) = 42 dB	erf. $R'_{w}$ (Wand) = 56 dB	erf. $R'_{w}$ (Wand) = 59 dB
Wand zwischen Wohnung 1 und fremden Kellerräumen+ HA-Raum	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 12, Spalte 3 VDI 4100, Tabelle 2, Zeile 1, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w}$ = 53 dB	erf. $R'_{w}$ = 56 dB	erf. $R'_{w}$ = 59 dB
Wände mit Wasser- und Abwasserinstallation	DIN 4109, Abschnitt 7.2.2.4 VDI 4100, Abschnitt 7.2.1.5	erf. $m' \geq$ 220 kg/m <sup>2</sup>	erf. $m' \geq$ 220 kg/m <sup>2</sup>	erf. $m' \geq$ 220 kg/m <sup>2</sup>
Wohnungseingangstür Wohnung 1, 2, 3, 4 in Diele führend	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 16, Spalte 3	erf. $R'_{w}$ = 27 dB	erf. $R'_{w}$ = 30 dB <sub>1)</sub>	erf. $R'_{w}$ = 33 dB <sub>1)</sub>
Wohnungseingangstür Wohnung 5 in Aufenthaltsraum führend	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 17, Spalte 3	erf. $R'_{w}$ = 37 dB	erf. $R'_{w}$ = 40 dB <sub>1) 6)</sub>	erf. $R'_{w}$ = 43 dB <sub>1) 6)</sub>
Wasser-/Abwasserinstallation	DIN 4109, Tabelle 4 Zeile 1, Spalte 2 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 6, Spalte 6, 7	erf. $L_{In} \leq$ 35dB <sup>4)</sup> Armaturen- gruppe I	erf. $L_{In} \leq$ 30dB <sup>2)</sup> Armaturen- gruppe I	erf. $L_{In} \leq$ 25dB <sup>2)</sup> Armaturen- gruppe I
Heizungsanlage	DIN 4109, Tabelle 4 Zeile 2, Spalte 2 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 7, Spalte 6, 7	$L_{AF,max} \leq$ 30dB <sup>3)</sup>	$L_{AF,max} \leq$ 30 dB	$L_{AF,max} \leq$ 25dB
Gemeinschaftswaschanlage	DIN 4109, Tabelle 4 Zeile 2, Spalte 2 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 7, Spalte 6, 7	$L_{AF,max} \leq$ 30dB <sup>3)</sup>	$L_{AF,max} \leq$ 30 dB	$L_{AF,max} \leq$ 25dB

1) Die Empfehlung wurde aus der VDI 4100 Vorlage Januar 1998 (siehe Tabelle 6) übernommen, da die in der VDI 4100 Ausgabe 1994 mit Formel 4 ermittelten Werte technisch nicht möglich sind.

2) Wenn Abwassergeräusche gesondert (ohne die zugehörigen Armaturengeräusche) auftreten, sind wegen der erhöhten Lästigkeit dieser Geräusche um 5 dB niedrigere Werte einzuhalten.

3) Bei Lüftungstechnischen Anlagen sind um 5 dB höhere Werte zulässig, sofern es sich um Dauergeräusche ohne auffällige Einzeltöne handelt.

4) Eine Erhöhung der Anforderung auf  $L_{In} = 30dB(A)$  wurde bereits durch den Beschluß des zuständigen Normenausschusses im Juli 1997 verabschiedet, bis Frühjahr 1999 ist jedoch noch keine Änderung als Weißdruck erschienen, so daß z.Z. noch  $L_{In} = 35dB(A)$  öffentlich-rechtlich geschuldet werden.5) Die Wände neben den Wohnungseingangstüren Wohnung 1,2 und 3 sind  $\leq 30$  cm und damit gemäß DIN 4109, Tabelle 3, Zeile 13, Spalte 5 nicht anzusetzen6) Technisch nicht zu realisieren, es ist erforderlich eine zusätzliche Tür zwischen dem Aufenthaltsraum und dem Flur zwischenzuschalten. Die Werte für  $L_{In}$  und  $L_{AF,max}$  sind in [dB(A)]

Analog zum Einspanner Grundriß werden die ermittelten Differenzkosten für den Zweispänner Grundriß dargestellt:

**Tabelle 50: Kosten Zweispänner Grundriß ohne Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung**

	Ausführungsart	gesamte Baukosten ohne Grundstückskosten je m <sup>2</sup> Wfl.		Differenzkosten je m <sup>2</sup> Wfl.	
<b>Schallschutzstufe I</b>	Mauerwerk einschalig	2000,00DM	100,0%	<b>Ausgangswert</b>	100,0%
	Stahlbeton einschalig	2104,79DM	105,2%	+ 104,79DM	+ 5,2%
	Trockenbau mit MW	1967,86DM	98,4%	- 32,14DM	- 1,6%
<b>Schallschutzstufe II</b>	Mauerwerk einschalig	2030,28DM	101,5%	+ 30,28DM	+ 1,5%
	Stahlbeton einschalig	2154,18DM	107,7%	+ 154,18DM	+ 7,7%
	Trockenbau mit MW	1990,77DM	99,5%	- 9,23DM	- 0,5%
<b>Schallschutzstufe III</b>	Mauerwerk einschalig	2097,15DM	104,9%	+ 97,15DM	+ 4,9%
	Stahlbeton einschalig	2219,53DM	111,0%	+ 219,53DM	+ 11,0%
	Trockenbau mit MW	2039,58DM	102,0%	+ 39,58DM	+ 2,0%

**Tabelle 51: Kosten Zweispänner Grundriß mit Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung**

	Ausführungsart	gesamte Baukosten ohne Grundstückskosten je m <sup>2</sup> Wfl.		Differenzkosten je m <sup>2</sup> Wfl.	
<b>Schallschutzstufe I</b>	Mauerwerk einschalig	2000,00DM	100,0%	<b>Ausgangswert</b>	100,0%
	Stahlbeton einschalig	2021,16DM	101,1%	+ 21,16DM	+ 1,1%
	Trockenbau mit MW	1939,44DM	97,0%	- 60,56DM	- 3,0%
<b>Schallschutzstufe II</b>	Mauerwerk einschalig	2126,38DM	106,3%	+ 126,38DM	+ 6,3%
	Stahlbeton einschalig	2157,67DM	107,9%	+ 157,67DM	+ 7,9%
	Trockenbau mit MW	1977,26DM	98,9%	- 22,74DM	- 1,1%
<b>Schallschutzstufe III</b>	Mauerwerk einschalig	2239,39DM	112,0%	+ 239,39DM	+ 12,0%
	Stahlbeton einschalig	2245,17DM	112,3%	+ 245,17DM	+ 12,3%
	Trockenbau mit MW	2072,21DM	103,6%	+ 72,21DM	+ 3,6%

Die Aussagen die beim Einspanner Grundriß gemacht wurden, treffen ebenfalls auf den Zweispänner zu.

Kostenaussagen zur Ausführungsart zweischaliger Massivbauweisen können nicht vorgenommen werden, da sie technisch bei diesem Grundriß nicht realisierbar sind. Durch den Versatz der Wände innerhalb der Geschosse ist nämlich keine durchgehende Fuge über die Gebäudebreite und -höhe möglich, so daß zweischalige Massivwandkonstruktionen entfallen müssen.

### 6.2.3 Dreispänner Grundriß

Für den dreispännigen Grundrißtyp wurde ein Bauvorhaben gewählt, das 1996/97 in Dortmund erstellt wurde. Von den acht Wohnungen sind vier über zwei Geschosse angelegt, so daß die schallschutztechnisch relevante Situation Decke und Treppe innerhalb einer Wohnung zum tragen kommt, an die andere Anforderungen als an Wohnungstrenndecken und allgemein genutzte Treppen gestellt werden. Das ausgeführte Bauvorhaben besteht aus zwei identischen Häusern, von denen hier jedoch nur eines betrachtet wird. Die Abbildungen 78 bis 83 stellen das Bauvorhaben vor, die Tabelle 52 zeigt die Schallschutzanforderungen/ -empfehlungen bei den unterschiedlichen Schallschutzstufen auf.

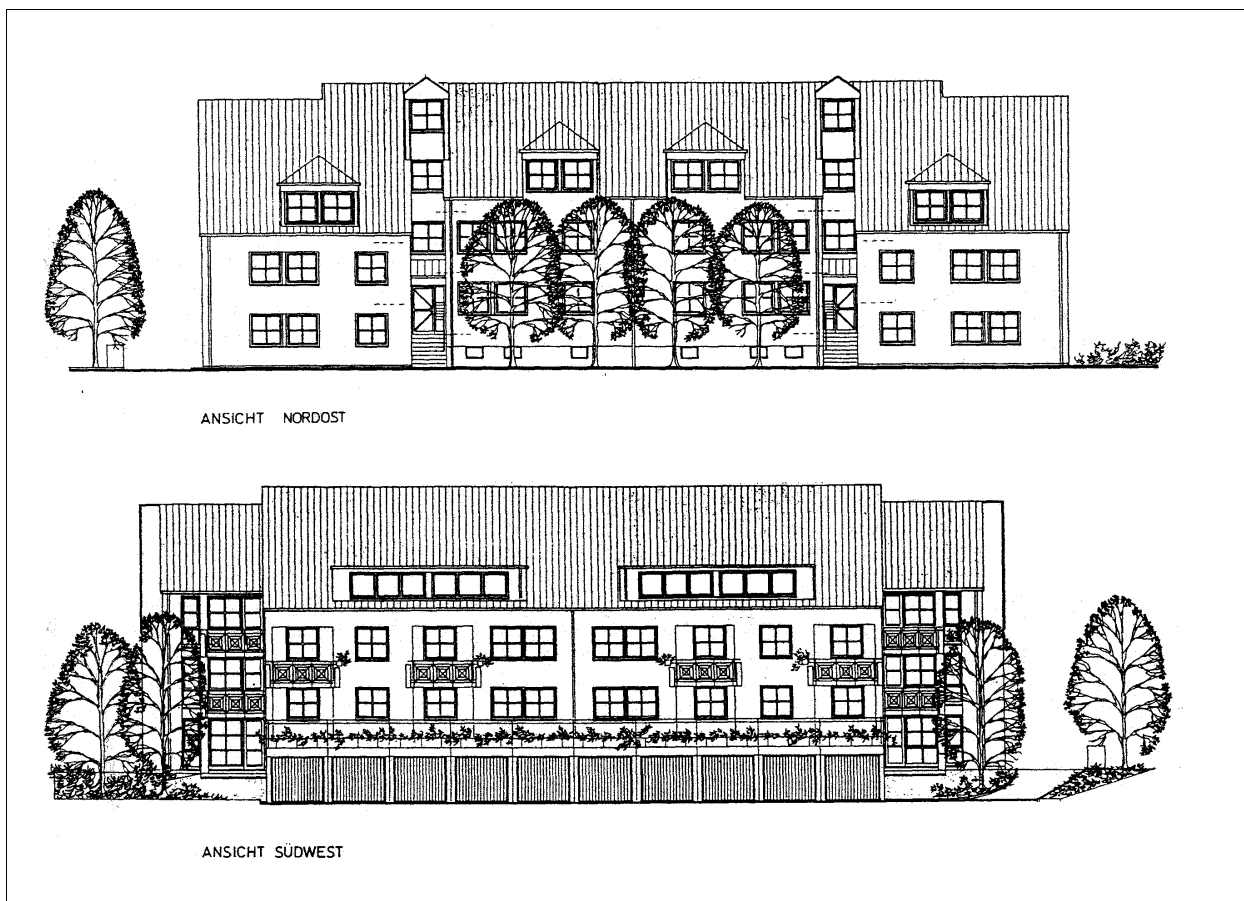


Abbildung 78: Ansichten

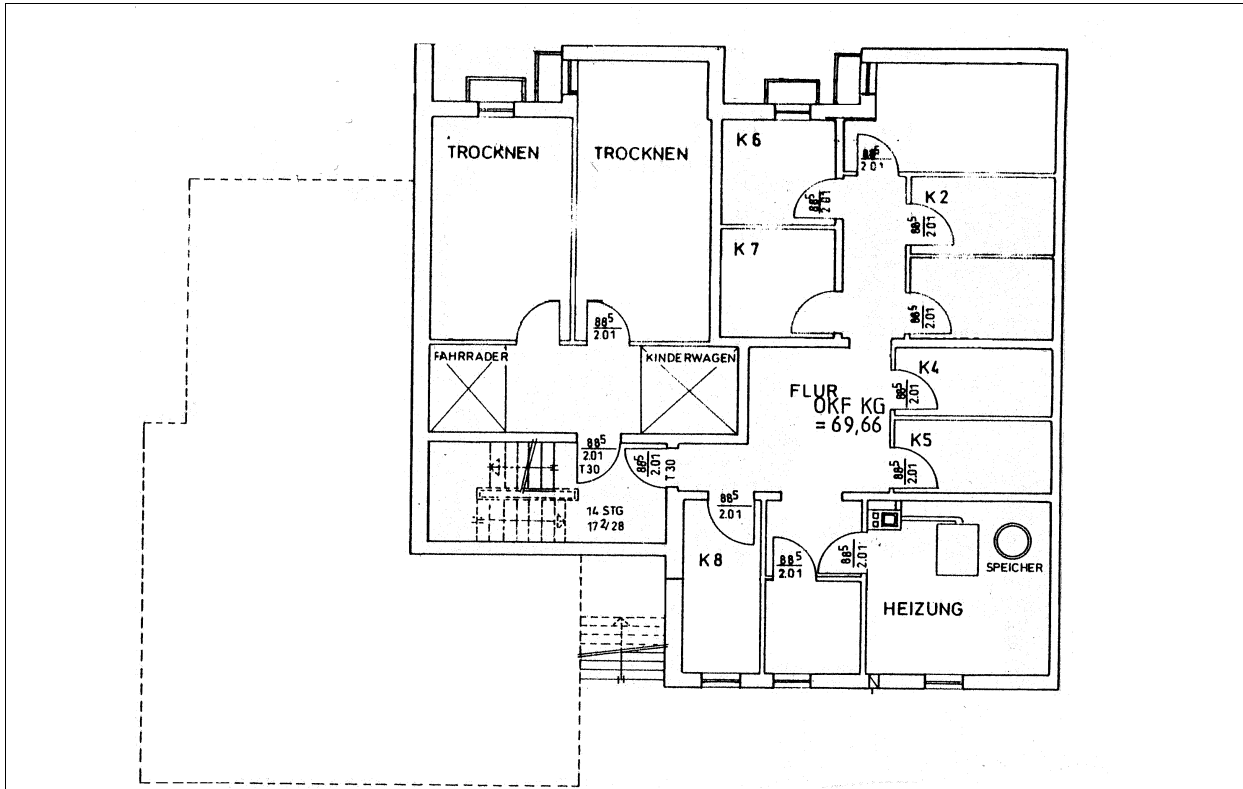


Abbildung 79: Grundriß KG

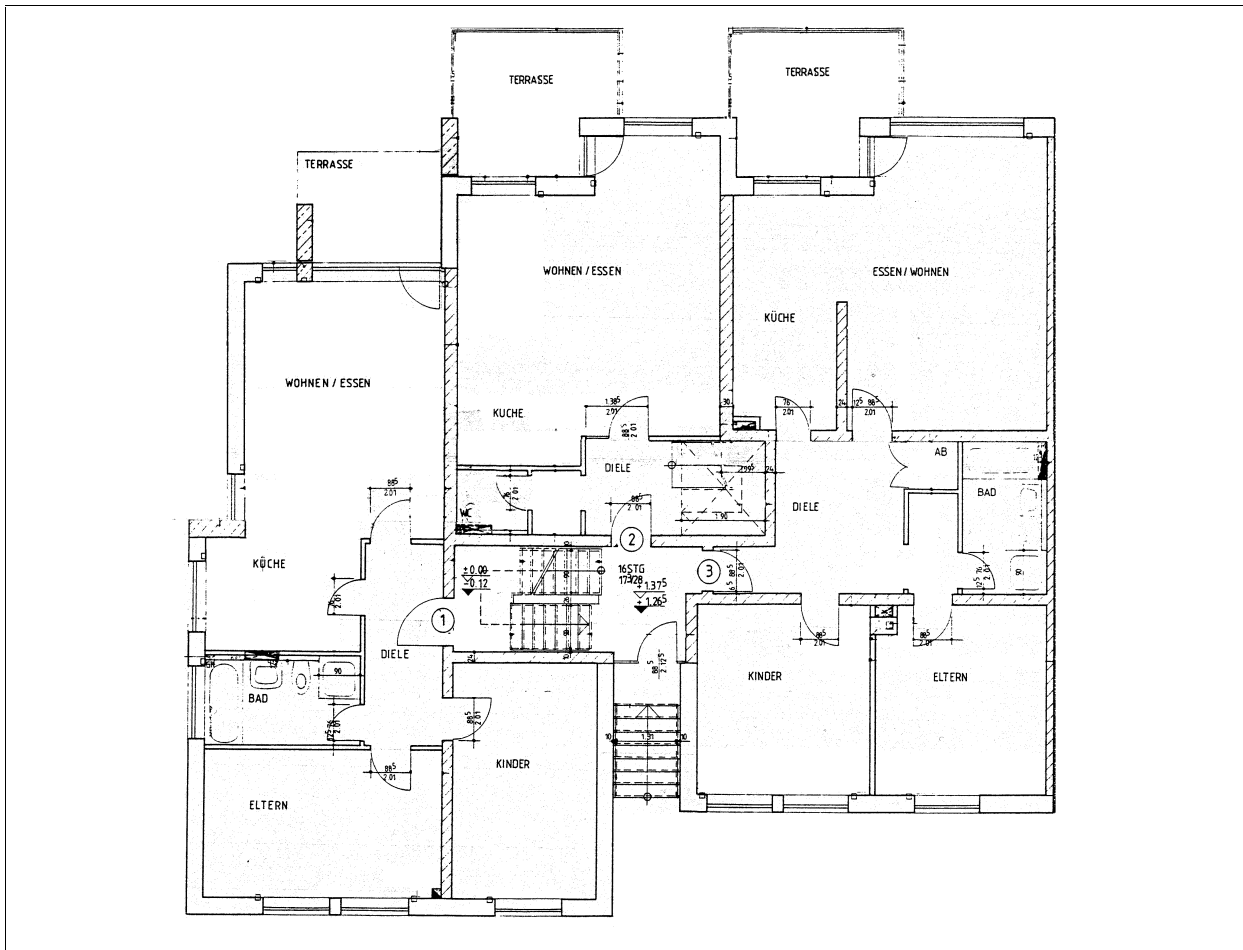


Abbildung 80: Grundriß EG

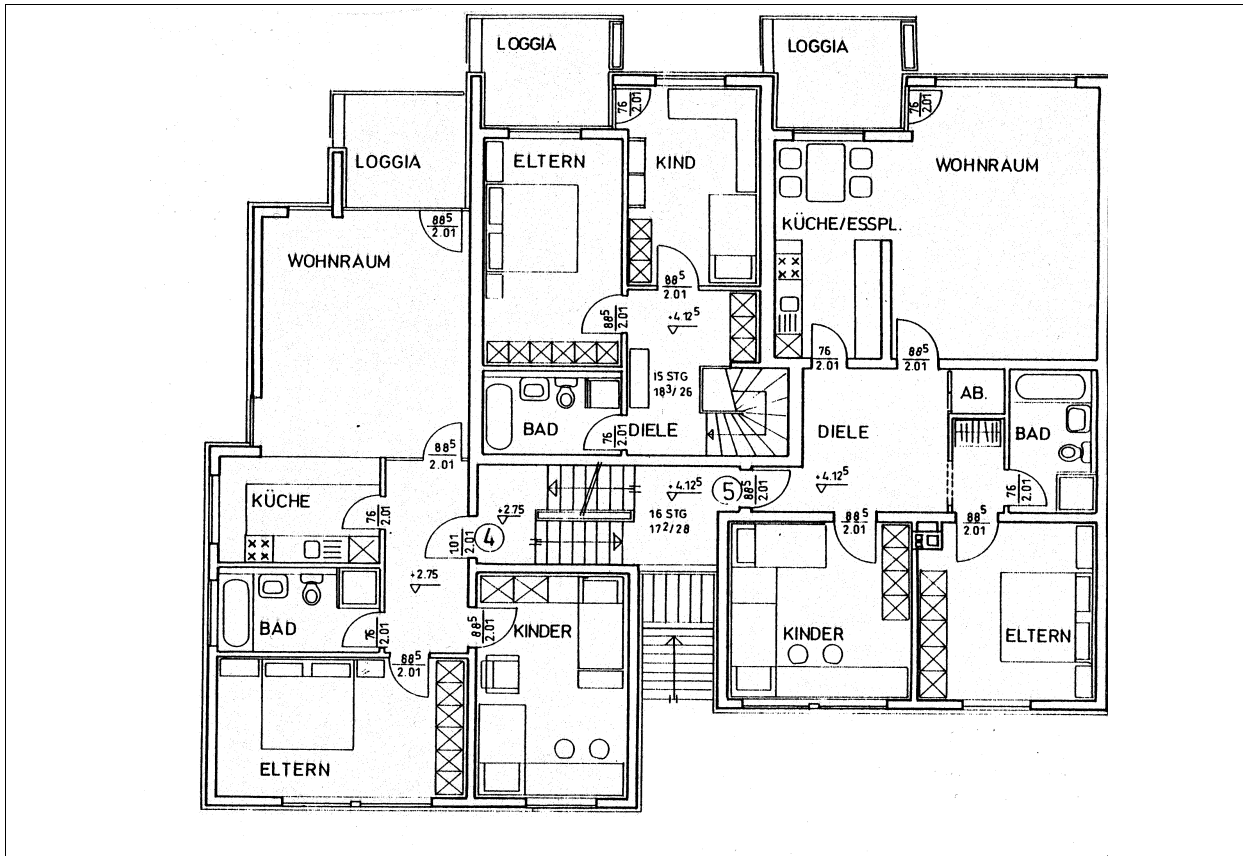


Abbildung 81: Grundriß OG

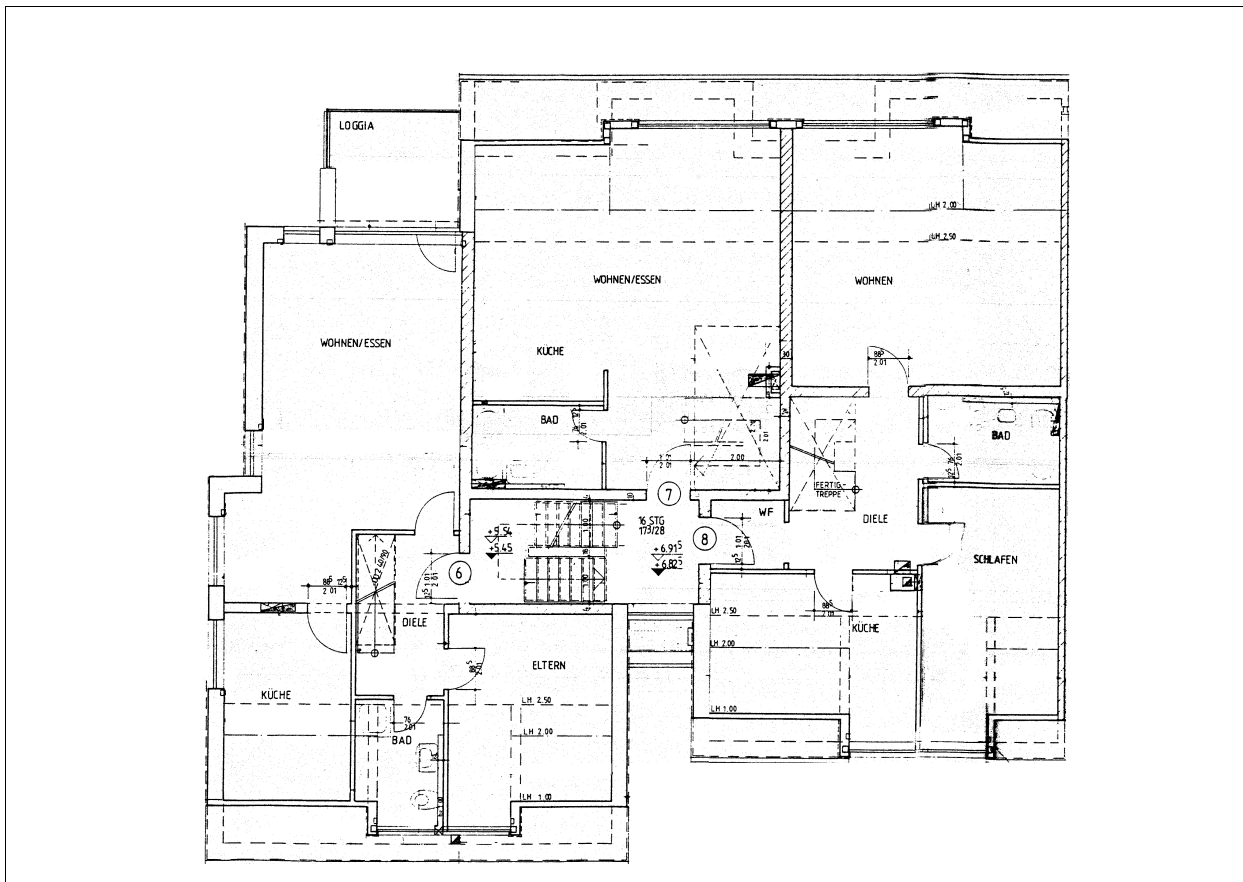


Abbildung 82: Grundriß DG

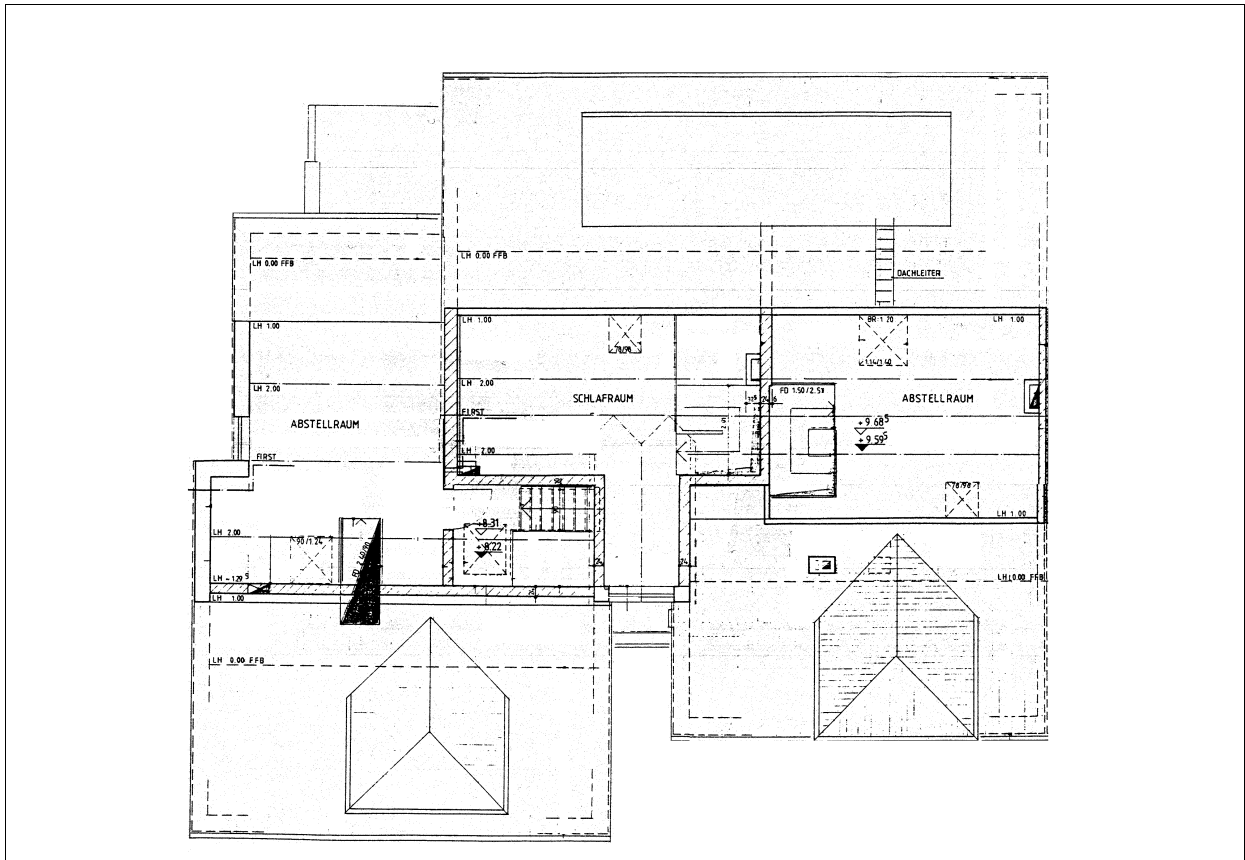


Abbildung 83: Grundriß Spitzboden

**Tabelle 52: Schallschutzanforderungen Dreispänner Grundriß**

Bauteile im Objekt	Bauteilzuordnung gemäß DIN 4109/ VDI 4100	Anforderung nach DIN 4109/ Empf. nach VDI 4100		
		DIN 4109 / SSt I	SSt II	SSt III
Wohnungstrenndecke zwischen Wohnung 1 u. 4, 3 u. 5, 4 u. 6, 5 u. 8, 2 u. 7	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 2, Spalte 3, 4 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 2, 4, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w}$ = 54 dB erf. $L'_{n,w}$ = 53 dB	erf. $R'_{w}$ = 57 dB erf. $L'_{n,w}$ = 46 dB	erf. $R'_{w}$ = 60 dB erf. $L'_{n,w}$ = 39 dB
Decke über Kellerräumen und unter Wohnungen	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 3, Spalte 3, 4 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 2, 4, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w}$ = 52 dB erf. $L'_{n,w}$ = 53 dB	erf. $R'_{w}$ = 57 dB erf. $L'_{n,w}$ = 46 dB	erf. $R'_{w}$ = 60 dB erf. $L'_{n,w}$ = 39 dB
Decke innerhalb der Wohnung 2, 6, 7 und 8 (Übertragung in fremde Wohnungen)	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 8, Spalte 4 VDI 4100, Tabelle 4, Zeile 2, 3, Spalte 6, 7	erf. $L'_{n,w}$ = 53 dB	erf. $R'_{w}$ = 55 dB erf. $L'_{n,w}$ = 46 dB	erf. $R'_{w}$ = 55 dB erf. $L'_{n,w}$ = 46 dB
Decke über Treppenraum, Wohnung 7	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 3, Spalte 3, 4 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 3, 5, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w}$ = 52 dB erf. $L'_{n,w}$ = 53 dB	erf. $R'_{w}$ = 56 dB erf. $L'_{n,w}$ = 53 dB	erf. $R'_{w}$ = 59 dB erf. $L'_{n,w}$ = 46 dB
Treppe innerhalb der Wohnung 2,6,7 und 8 (Übertragung in fremde Wohnungen)	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 8, Spalte 4 VDI 4100, Tabelle 4, Zeile 3, Spalte 6, 7	erf. $L'_{n,w}$ = 53 dB	erf. $L'_{n,w}$ = 46 dB	erf. $L'_{n,w}$ = 46 dB
Treppenläufe und –podeste	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 11, Spalte 4 VDI 4100, Tabelle 10, Zeile 2, 3, Spalte 3A	erf. $L'_{n,w}$ = 58 dB	erf. $L'_{n,w}$ = 46 dB	erf. $L'_{n,w}$ = 39 dB
Wohnungstrennwand zwischen Wohnung 1 u. 2, 2 u. 3, 2 u. 4, 2 u. 5, 6 u. 7, 7 u. 8	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 12, Spalte 3 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 1, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w}$ = 53 dB	erf. $R'_{w}$ = 56 dB	erf. $R'_{w}$ = 59 dB
Wand zwischen Treppenraum und Wohnung 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 8 ohne Tür	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 13, Spalte 3 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 3, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w}$ = 52 dB	erf. $R'_{w}$ = 56 dB	erf. $R'_{w}$ = 59 dB
Wand zwischen Treppenraum und Wohnung 1, 2, 3, 4, 5, 6, und 8 mit Tür	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 13, Spalte 5 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 3, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w}$ = 42 dB	erf. $R'_{w}$ = 56 dB	erf. $R'_{w}$ = 59 dB
Wand zwischen Treppenraum und Wohnung 7 mit Tür	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 13, Spalte 5 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 3, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w}$ = 52 dB	erf. $R'_{w}$ = 56 dB	erf. $R'_{w}$ = 59 dB
Wände mit Wasser- und Abwasserinstallation	DIN 4109, Abschnitt 7.2.2.4 VDI 4100, Abschnitt 7.2.1.5	erf. $m' \geq 220$ kg/m <sup>2</sup>	erf. $m' \geq 220$ kg/m <sup>2</sup>	erf. $m' \geq 220$ kg/m <sup>2</sup>
Wohnungseingangstür Wohnung 1, 2, 3, 4, 5, 6 und 8, Fluchttür Wohnung 6	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 16, Spalte 3	erf. $R'_{w}$ = 27 dB	erf. $R'_{w}$ = 30 dB <sub>1)</sub>	erf. $R'_{w}$ = 33 dB <sub>1)</sub>
Wohnungseingangstür Wohnung 7	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 17, Spalte 3	erf. $R'_{w}$ = 37 dB	erf. $R'_{w}$ = 40 dB <sub>1) 6)</sub>	erf. $R'_{w}$ = 43 dB <sub>1) 6)</sub>
Hautrennwand Haus 1 und Haus <sup>5)</sup>				
Wasser-/Abwasserinstallation	DIN 4109, Tabelle 4 Zeile 1, Spalte 2 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 6, Spalte 6, 7	erf. $L_{In} \leq 35\text{dB}^{4)}$ Armaturen- gruppe I	erf. $L_{In} \leq 30\text{dB}^{2)}$ Armaturen- gruppe I	erf. $L_{In} \leq 25\text{dB}^{2)}$ Armaturen- gruppe I
Heizungsanlage	DIN 4109, Tabelle 4 Zeile 2, Spalte 2 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 7, Spalte 6, 7	$L_{AF,max} \leq 30\text{dB}^{3)}$	$L_{AF,max} \leq 30$ dB	$L_{AF,max} \leq 25\text{dB}$
Gemeinschaftswaschanlage	DIN 4109, Tabelle 4 Zeile 2, Spalte 2 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 7, Spalte 6, 7	$L_{AF,max} \leq 30\text{dB}^{3)}$	$L_{AF,max} \leq 30$ dB	$L_{AF,max} \leq 25\text{dB}$

1) Die Empfehlung wurde aus der VDI 4100 Vorlage Januar 1998 (siehe Tabelle 6) übernommen, da die in der VDI 4100 Ausgabe 1994 mit Formel 4 ermittelten Werte technisch nicht möglich sind.

2) Wenn Abwassergeräusche gesondert (ohne die zugehörigen Armaturengeräusche) auftreten, sind wegen der erhöhten Lästigkeit dieser Geräusche um 5 dB niedrigere Werte einzuhalten.

3) Bei Lüftungstechnischen Anlagen sind um 5 dB höhere Werte zulässig, sofern es sich um Dauergeräusche ohne auffällige Einzeltöne handelt.

4) Eine Erhöhung der Anforderung auf  $L_{In} = 30\text{dB(A)}$  wurde bereits durch den Beschluß des zuständigen Normenausschusses im Juli 1997 verabschiedet, bis Frühjahr 1998 ist jedoch noch keine Änderung als Weißdruck erschienen, so daß z.Z. noch  $L_{In} = 35\text{dB(A)}$  öffentlich-rechtlich geschuldet werden.

5) Wird nicht berücksichtigt, Wand wird wie normale Aussenwand betrachtet.

6) Technisch nicht zu realisieren, es ist erforderlich eine zusätzliche Tür zwischen dem Aufenthaltsraum und dem Flur zwischenschalten. Da dieses in dem Grundriß nicht möglich ist, werden Türen mit  $R_{w,R} = 37$  dB eingebaut  
Die Werte für  $L_{In}$  und  $L_{AF,max}$  sind in [dB(A)]

Analog zum Einspänner Grundriß werden die ermittelten Differenzkosten für den Dreispänner Grundriß dargestellt:

**Tabelle 53: Kosten Dreispänner Grundriß ohne Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung**

	Ausführungsart	gesamte Baukosten ohne Grundstücks-kosten je m <sup>2</sup> Wfl.		Differenzkosten je m <sup>2</sup> Wfl.	
<b>Schall-schutzstufe I</b>	Mauerwerk einschalig	2000,00DM	100,0%	<b>Ausgangswert</b>	100,0%
	Stahlbeton einschalig	2093,63DM	104,7%	+ 93,63DM	+ 4,7%
	Trockenbau mit MW	1985,27DM	99,3%	- 14,73DM	- 0,7%
<b>Schall-schutzstufe II</b>	Mauerwerk einschalig	2029,82DM	101,5%	+ 29,82DM	+ 1,5%
	Stahlbeton einschalig	2131,97DM	106,6%	+ 131,97DM	+ 6,6%
	Trockenbau mit MW	2009,93DM	100,5%	+ 9,93DM	+ 0,5%
<b>Schall-schutzstufe III</b>	Mauerwerk einschalig	2106,15DM	105,3%	+ 106,15DM	+ 5,3%
	Stahlbeton einschalig	2206,59DM	110,3%	+ 206,59DM	+ 10,3%
	Trockenbau mit MW	2075,17DM	103,8%	+ 75,17DM	+ 3,8%

**Tabelle 54: Kosten Dreispänner Grundriß mit Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung**

	Ausführungsart	gesamte Baukosten ohne Grundstücks-kosten je m <sup>2</sup> Wfl.		Differenzkosten je m <sup>2</sup> Wfl.	
<b>Schall-schutzstufe I</b>	Mauerwerk einschalig	2000,00DM	100,0%	<b>Ausgangswert</b>	100,0%
	Stahlbeton einschalig	2026,16DM	101,3%	+ 26,16DM	+ 1,3%
	Trockenbau mit MW	1971,16DM	98,6%	- 28,84DM	- 1,4%
<b>Schall-schutzstufe II</b>	Mauerwerk einschalig	2100,82DM	105,0%	+ 100,82DM	+ 5,0%
	Stahlbeton einschalig	2125,47DM	106,3%	+ 125,47DM	+ 6,3%
	Trockenbau mit MW	2017,32DM	100,9%	+ 17,32DM	+ 0,9%
<b>Schall-schutzstufe III</b>	Mauerwerk einschalig	2229,35DM	111,5%	+ 229,35DM	+ 11,5%
	Stahlbeton einschalig	2225,15DM	111,3%	+ 225,15DM	+ 11,3%
	Trockenbau mit MW	2136,42DM	106,8%	+ 136,42DM	+ 6,8%

Die Werte der Tabellen 53 und 54 bestätigen die Aussagen des Ein- und Zweispanners auch für den Dreispänner Grundriß. Absolute und relative Werte zeigen die gleichen Tendenzen wie bei den zuvor betrachteten Grundrissen.

Zweischalige Massivwände sind in diesem Grundriß nicht möglich, deshalb entfällt eine Betrachtung dieses Wandtyps.



#### 6.2.4 Mehrspanner Grundriß

Der gezeigte Grundriß eines 22-Familienhauses in Dresden eignet sich besonders für die angestrebten Untersuchungen, da durch die Wahl der Ausstattungsqualität und durch die verschiedenen Schallschutzstufen die gesamte Bandbreite von einfachen Sozialwohnungen über Mietwohnungen üblichen Standards bis zu Eigentumswohnungen mit gehobenem Standard realisiert werden können. Die Anzahl der Wohnungen je Geschöß schwankt zwischen drei und fünf Einheiten, so daß verschiedene schallschutztechnisch relevante Situationen auftreten. Die Abbildungen 84 bis 89 stellen das Bauvorhaben vor, die Tabelle 55 zeigt die Schallschutzanforderungen/ -empfehlungen der verschiedenen Schallschutzstufen auf.



Abbildung 84: Ansicht

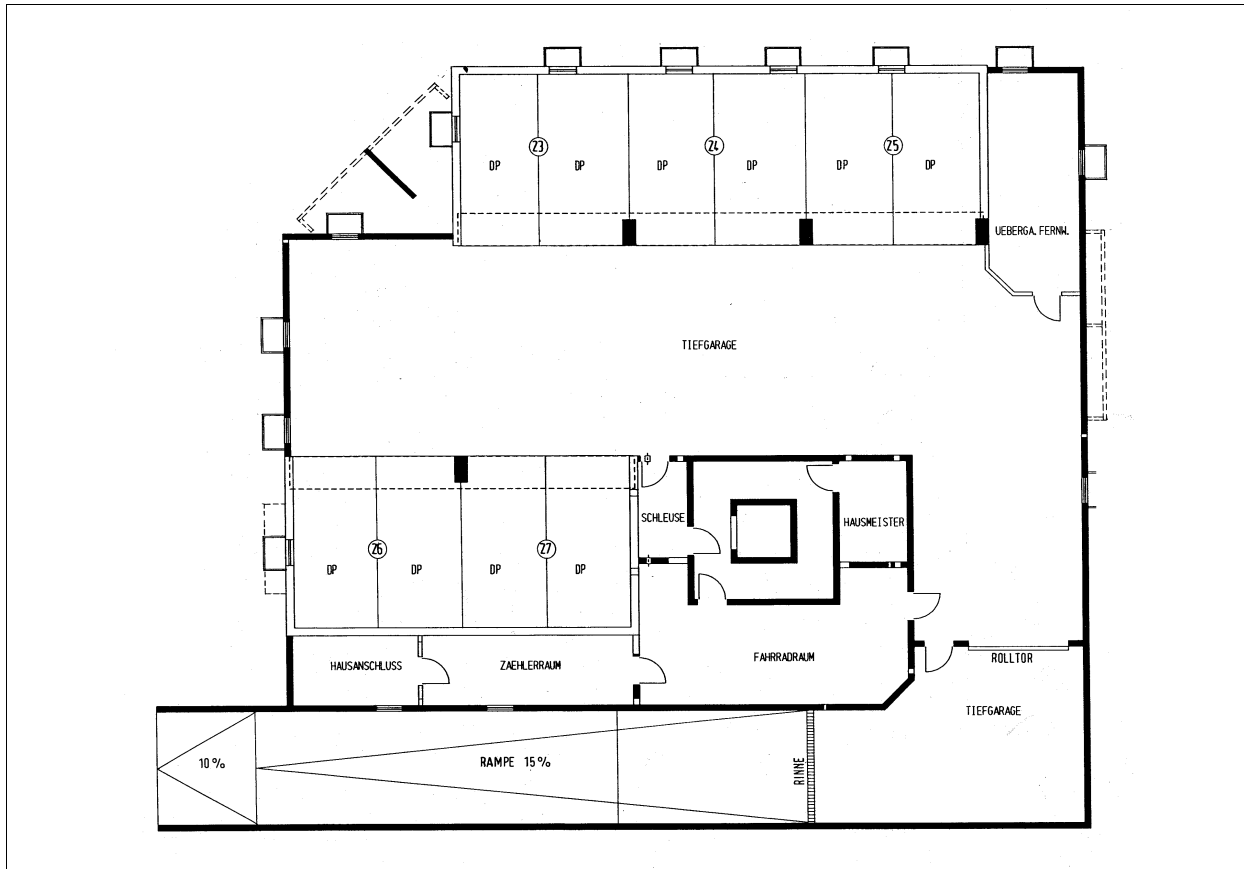


Abbildung 85: Grundriß KG

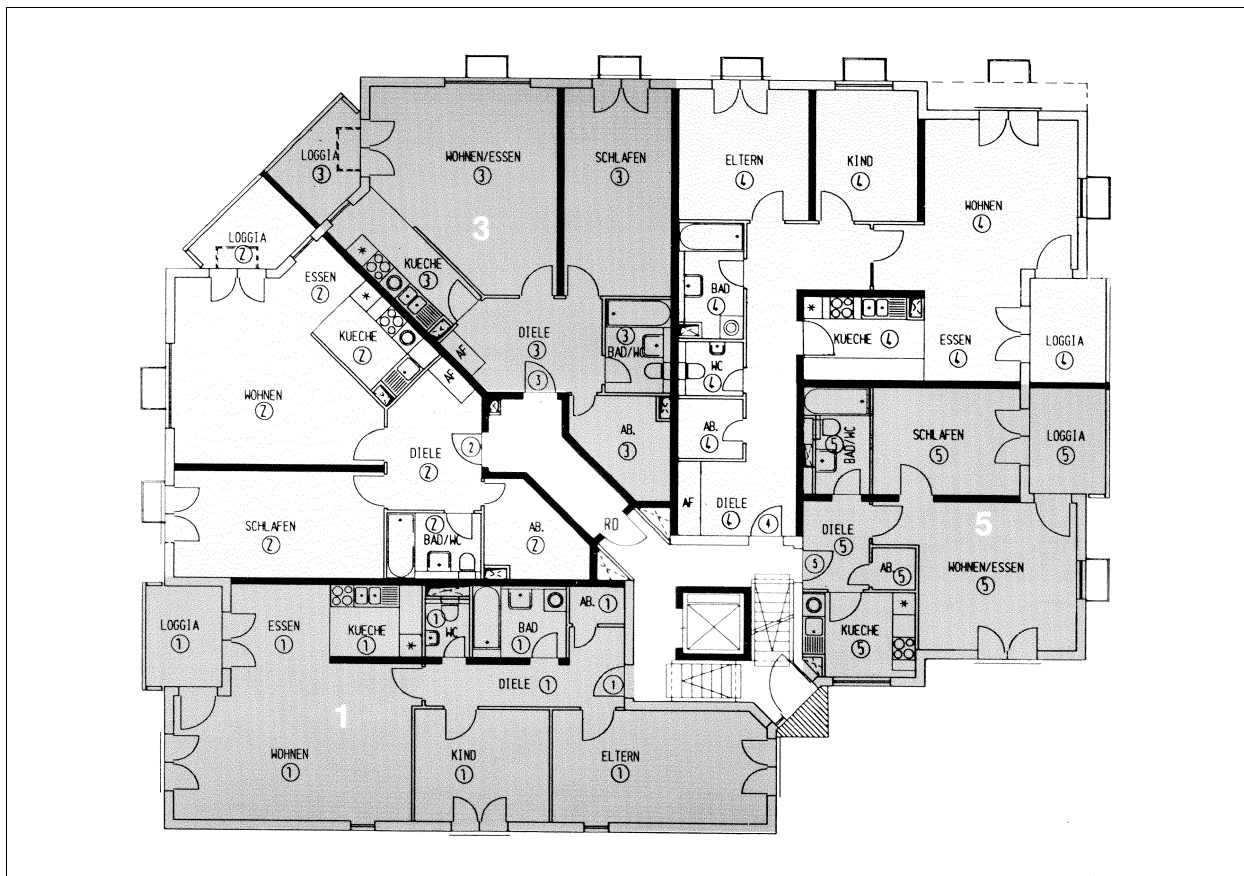


Abbildung 86: Grundriß EG bis 2.OG

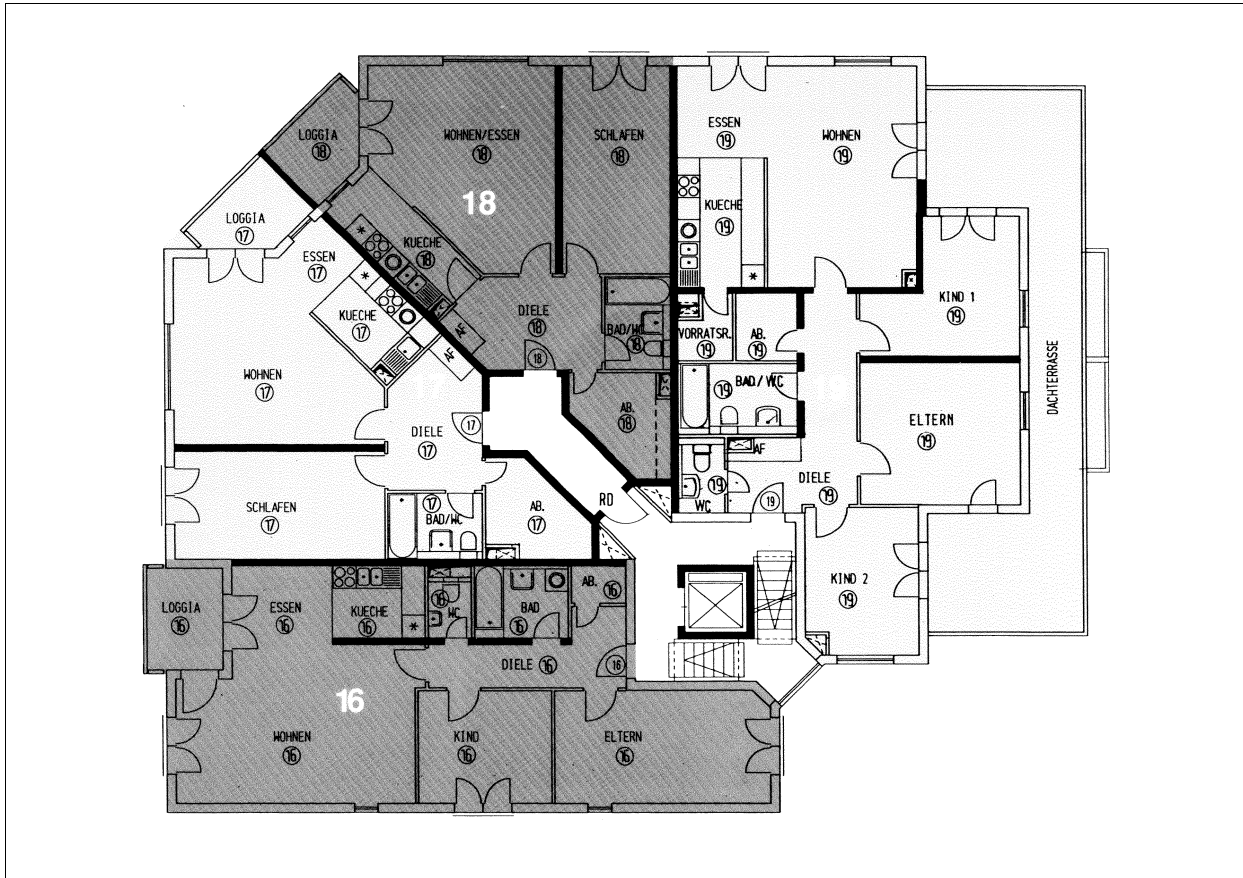


Abbildung 87: Grundriß 3.OG

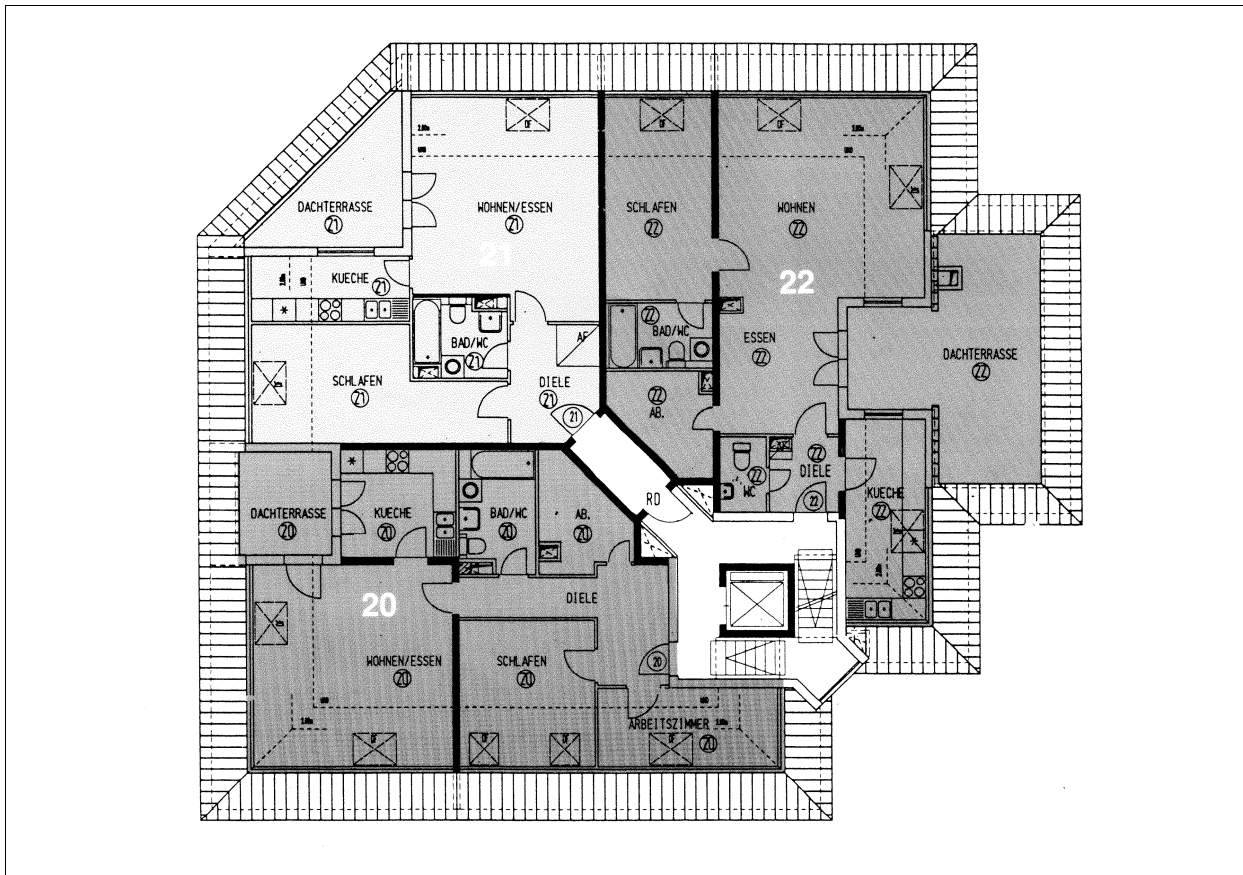


Abbildung 88: Grundriß 1.DG

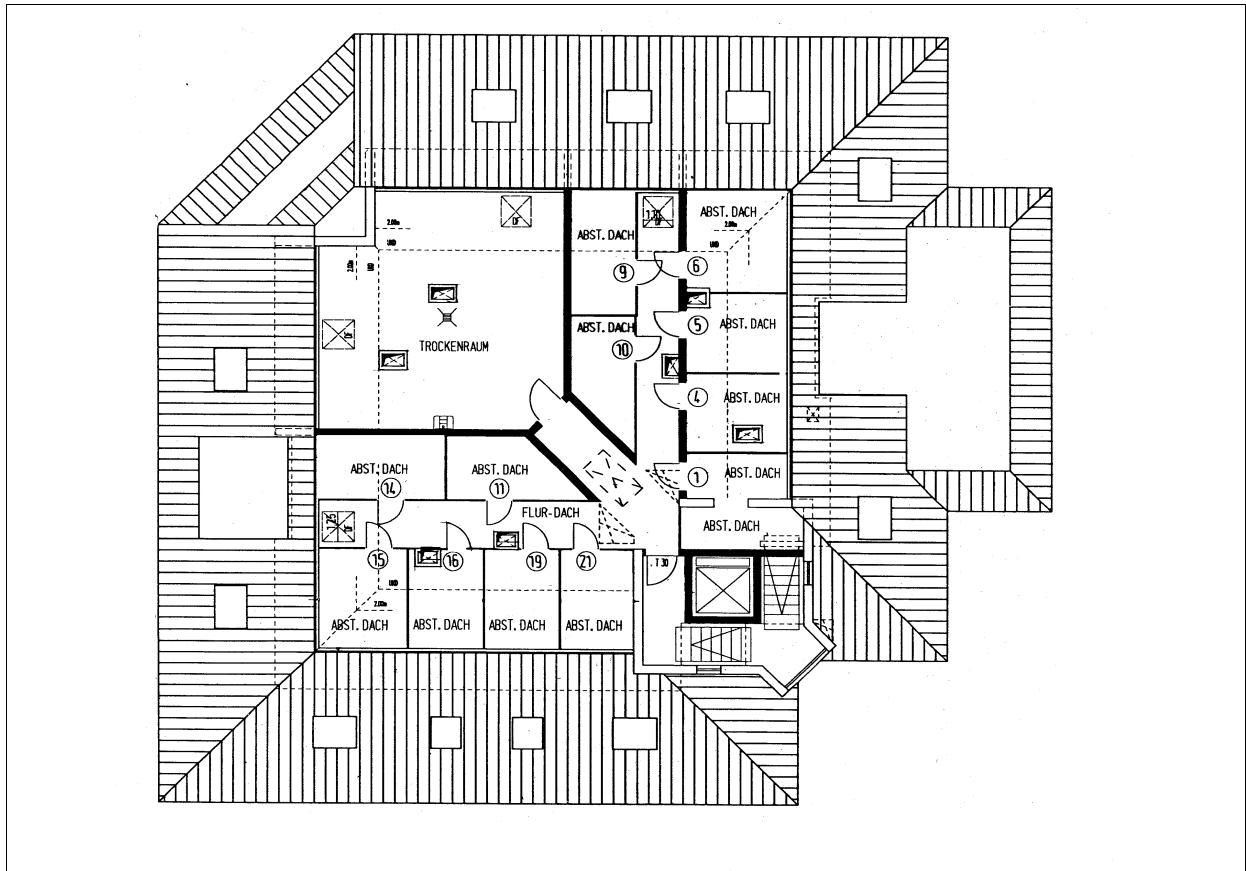


Abbildung 89: Grundriß 2.DG

**Tabelle 55: Schallschutzanforderungen Mehrspänner Grundriß**

Bauteile im Objekt	Bauteilzuordnung gemäß DIN 4109/ VDI 4100	Anforderung nach DIN 4109/ Empf. nach VDI 4100		
		DIN 4109 / SSt I	SSt II	SSt III
Decke zwischen Wohnungen 1 und 6, 2 u. 7, 3 u. 8, 4 u. 9, 5 u. 10, 6 u. 11, 7 u. 12, 8 u. 13, 9 u. 14, 10 u. 15, 11 u. 16, 12 u. 17, 13 u. 18, 16+17 u. 20, 17+18 u. 21, 18+19 u. 22	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 2, Spalte 3, 4 VDI 4100, Tabelle 2, Zeile 2, 4, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w} = 54$ dB erf. $L'_{n,w} = 53$ dB	erf. $R'_{w} = 57$ dB erf. $L'_{n,w} = 46$ dB	erf. $R'_{w} = 60$ dB erf. $L'_{n,w} = 39$ dB
Decke zwischen Wohnung 20 bzw. 21 bzw. 22 und Abstell- und Dachräumen	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 1, Spalte 3, 4 VDI 4100, Tabelle 2, Zeile 2, 4, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w} = 53$ dB erf. $L'_{n,w} = 53$ dB	erf. $R'_{w} = 57$ dB erf. $L'_{n,w} = 46$ dB	erf. $R'_{w} = 60$ dB erf. $L'_{n,w} = 39$ dB
Decke über KG und Tiefgarage	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 4, Spalte 3, 4 VDI 4100, Tabelle 2, Zeile 2, 4, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w} = 55$ dB erf. $L'_{n,w} = 53$ dB	erf. $R'_{w} = 57$ dB erf. $L'_{n,w} = 46$ dB	erf. $R'_{w} = 60$ dB erf. $L'_{n,w} = 39$ dB
Treppenlauf und -podeste	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 11, Spalte 5 VDI 4100, Tabelle 10, Zeile 2, 3, Spalte 3A	erf. $L'_{n,w}$ keine, da Aufzug	erf. $L'_{n,w} = 46$ dB	erf. $L'_{n,w} = 39$ dB
Wand zwischen Wohnung 1 und 2, 2 u. 3, 3 u. 4, 4 u. 5, 6 u. 7, 7 u. 8, 8 u. 9, 9 u. 10, 11 u. 12, 12 u. 13, 13 u. 14, 14 u. 15, 16 u. 17, 17 u. 18, 18 u. 19, 20 u. 21, 21 u. 22	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 12, Spalte 3 VDI 4100, Tabelle 2, Zeile 1, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w} = 53$ dB	erf. $R'_{w} = 56$ dB	erf. $R'_{w} = 59$ dB
Wand zwischen Wohnung 1 und Flur, ohne Tür, 2 u. Flur, 3 u. Flur, 5 u. Flur, 6 u. Flur, 7 u. Flur, 8 u. Flur, 10 u. Flur, 11 u. Flur, 12 u. Flur, 13 u. Flur, 15 u. Flur, 16 u. Flur, 17 u. Flur, 18 u. Flur, 19 u. Flur, 20 u. Flur, 22 u. Flur	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 13, Spalte 3 VDI 4100, Tabelle 2, Zeile 3, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w} = 52$ dB	erf. $R'_{w} = 56$ dB	erf. $R'_{w} = 59$ dB
Wand zwischen Wohnung 1 und Flur, mit Türöffnung, 2 u. Flur, 3 u. Flur, 4 u. Flur, 5 u. Flur, 6 u. Flur, 7 u. Flur, 8 u. Flur, 9 u. Flur, 10 u. Flur, 11 u. Flur, 12 u. Flur, 13 u. Flur, 14 u. Flur, 15 u. Flur, 16 u. Flur, 17 u. Flur, 18 u. Flur, 19 u. Flur, 20 u. Flur, 21 u. Flur, 22 u. Flur	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 13, Spalte 5 VDI 4100, Tabelle 2, Zeile 3, Spalte 6, 7	erf. $R'_{w} = 42$ dB	erf. $R'_{w} = 56$ dB	erf. $R'_{w} = 59$ dB
Wände mit Wasser- und Abwasserinstallation	DIN 4109, Abschnitt 7.2.2.4 VDI 4100, Abschnitt 7.2.1.5	erf. $m' \geq 220$ kg/m <sup>2</sup>	erf. $m' \geq 220$ kg/m <sup>2</sup>	erf. $m' \geq 220$ kg/m <sup>2</sup>
Wohnungseingangstür Wohnung 1 bis 22	DIN 4109, Tabelle 3 Zeile 16, Spalte 3	erf. $R'_{w} = 27$ dB	erf. $R'_{w} = 30$ dB <sub>1)</sub>	erf. $R'_{w} = 33$ dB <sub>1)</sub>
Wasser-/Abwasserinstallation	DIN 4109, Tabelle 4 Zeile 1, Spalte 2 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 6, Spalte 6, 7	erf. $L_{in} \leq 35$ dB <sup>4)</sup> Armaturen- gruppe I	erf. $L_{in} \leq 30$ dB <sup>2)</sup> Armaturen- gruppe I	erf. $L_{in} \leq 25$ dB <sup>2)</sup> Armaturen- gruppe I
Heizungsanlage	DIN 4109, Tabelle 4 Zeile 2, Spalte 2 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 7, Spalte 6, 7	$L_{AF,max} \leq 30$ dB <sup>3)</sup>	$L_{AF,max} \leq 30$ dB	$L_{AF,max} \leq 25$ dB
Gemeinschaftswaschanlage	DIN 4109, Tabelle 4 Zeile 2, Spalte 2 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 7, Spalte 6, 7	$L_{AF,max} \leq 30$ dB <sup>3)</sup>	$L_{AF,max} \leq 30$ dB	$L_{AF,max} \leq 25$ dB
Aufzugsanlage	DIN 4109, Tabelle 4 Zeile 2, Spalte 2 VDI 4100, Tabelle 2 Zeile 7, Spalte 6, 7	$L_{AF,max} \leq 30$ dB <sup>3)</sup>	$L_{AF,max} \leq 30$ dB	$L_{AF,max} \leq 25$ dB

1) Die Empfehlung wurde aus der VDI 4100 Vorlage Januar 1998 (siehe Tabelle 6) übernommen, da die in der VDI 4100 Ausgabe 1994 mit Formel 4 ermittelten Werte technisch nicht möglich sind.

2) Wenn Abwassergeräusche gesondert (ohne die zugehörigen Armaturengeräusche) auftreten, sind wegen der erhöhten Lästigkeit dieser Geräusche um 5 dB niedrigere Werte einzuhalten.

3) Bei Lüftungstechnischen Anlagen sind um 5 dB höhere Werte zulässig, sofern es sich um Dauergeräusche ohne auffällige Einzeltöne handelt.

4) Eine Erhöhung der Anforderung auf  $L_{in} = 30$ dB(A) wurde bereits durch den Beschluß des zuständigen Normenausschusses im Juli 1997 verabschiedet, bis Frühjahr 1998 ist jedoch noch keine Änderung als Weißdruck erschienen, so daß z.Z. noch  $L_{in} = 35$ dB(A) öffentlich-rechtlich geschuldet werden.

Die Werte für  $L_{in}$  und  $L_{AF,max}$  sind in [dB(A)]

Analog zum Einspänner Grundriß werden die ermittelten Differenzkosten für den Mehrspänner Grundriß dargestellt:

**Tabelle 56: Kosten Mehrspänner ohne Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung**

	Ausführungsart	gesamte Baukosten ohne Grundstücks- kosten je m <sup>2</sup> Wfl.		Differenzkosten je m <sup>2</sup> Wfl.	
<b>Schall- schutzstufe I</b>	Mauerwerk einschalig	2000,00DM	100,0%	<b>Ausgangswert</b>	100,0%
	Stahlbeton einschalig	2075,74DM	103,8%	+ 75,74DM	+ 3,8%
	Trockenbau mit MW	1987,42DM	99,4%	- 12,58DM	- 0,6%
<b>Schall- schutzstufe II</b>	Mauerwerk einschalig	2034,27DM	101,7%	+ 34,27DM	+ 1,7%
	Stahlbeton einschalig	2123,37DM	106,2%	+ 123,37DM	+ 6,2%
	Trockenbau mit MW	2016,98DM	100,8%	+ 16,98DM	+ 0,8%
<b>Schall- schutzstufe III</b>	Mauerwerk einschalig	2121,01DM	106,1%	+ 121,01DM	+ 6,1%
	Stahlbeton einschalig	2208,07DM	110,4%	+ 208,07DM	+ 10,4%
	Trockenbau mit MW	2090,81DM	104,5%	+ 90,81DM	+ 4,5%

**Tabelle 57: Kosten Mehrspänner mit Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung**

	Ausführungsart	gesamte Baukosten ohne Grundstücks- kosten je m <sup>2</sup> Wfl.		Differenzkosten je m <sup>2</sup> Wfl.	
<b>Schall- schutzstufe I</b>	Mauerwerk einschalig	2000,00DM	100,0%	<b>Ausgangswert</b>	100,0%
	Stahlbeton einschalig	1960,15DM	98,0%	- 39,85DM	- 2,0%
	Trockenbau mit MW	1972,86DM	98,6%	- 27,14DM	- 1,4%
<b>Schall- schutzstufe II</b>	Mauerwerk einschalig	2084,89DM	104,2%	+ 84,89DM	+ 4,2%
	Stahlbeton einschalig	2078,22DM	103,9%	+ 78,22DM	+ 3,9%
	Trockenbau mit MW	2002,42DM	100,1%	+ 2,42DM	+ 0,1%
<b>Schall- schutzstufe III</b>	Mauerwerk einschalig	2233,82DM	111,7%	+ 233,82DM	+ 11,7%
	Stahlbeton einschalig	2192,77DM	109,6%	+ 192,77DM	+ 9,6%
	Trockenbau mit MW	2138,44DM	106,9%	+ 138,44DM	+ 6,9%

Auch beim Mehrspänner Grundriss sind die Ergebnisse ähnlich wie bei den zuvor betrachteten Grundrissen. Die Aussagen werden bestätigt:

- Die Ausführungsart Trockenbau mit Mauerwerk ist stets die wirtschaftlichste Ausführungsart, unabhängig von der Schallschutzstufe und von der Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung.
- Kostenunterschiede zwischen den einzelnen Ausführungsarten bleiben über die einzelnen Schallschutzstufen erhalten, d.h. die Ausführungsart Stahlbeton einschalig ist in allen SSt teurer als die Ausführungsart Mauerwerk einschalig.
- Die Wohnflächenveränderung hat auch bei der Betrachtung des gesamten Gebäudes einen starken Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit.

- Kostenaussagen zur Ausführungsart zweischaliger Massivbauweisen können nicht vorgenommen werden, da sie technisch bei diesem Grundriß nicht realisierbar sind. Durch den Versatz der Wände innerhalb der Geschosse ist keine durchgehende Fuge über die Gebäudebreite und -höhe möglich, so daß zweischalige Massivwandkonstruktionen entfallen müssen.

### 6.3 Vergleich der Kosteneinflüsse der Schallschutzstufen auf die Ausführungsarten und Grundrißtypen

Die Ermittlung der Differenzkosten der Schallschutzstufen I, II und III wurde unter Berücksichtigung des Grundrißtyps (Ein-, Zwei-, Drei- und Mehrspanner) sowie der Ausführungsarten (Mauerwerk-einschalig, Stahlbeton-einschalig, Mauerwerk-zweischalig, Stahlbeton-zweischalig, Trockenbau mit Mauerwerk) durchgeführt. Dazu sind gemäß Tabelle 58 folgende 42 Einzelberechnungen der Gebäude, resultierend aus den Grundrißtypen und Ausführungsarten, erstellt worden.

**Tabelle 58: Matrix der fiktiven Bauvorhaben**

Grundrißtyp Schall- schutzniveau	Einspanner	Zweispänner	Dreispänner	Mehrspanner
Schallschutzstufe I	Ausführungsart: - Mauerwerk einschalig - Stahlbeton einschalig - Mauerwerk zweischalig - Stahlbeton zweischalig - Trockenbau mit Mauerwerk	Ausführungsart: - Mauerwerk einschalig - Stahlbeton einschalig  - Trockenbau mit Mauerwerk	Ausführungsart: - Mauerwerk einschalig - Stahlbeton einschalig  - Trockenbau mit Mauerwerk	Ausführungsart: - Mauerwerk einschalig - Stahlbeton einschalig  - Trockenbau mit Mauerwerk
Schallschutzstufe II	Ausführungsart: - Mauerwerk einschalig - Stahlbeton einschalig - Mauerwerk zweischalig - Stahlbeton zweischalig - Trockenbau mit Mauerwerk	Ausführungsart: - Mauerwerk einschalig - Stahlbeton einschalig  - Trockenbau mit Mauerwerk	Ausführungsart: - Mauerwerk einschalig - Stahlbeton einschalig  - Trockenbau mit Mauerwerk	Ausführungsart: - Mauerwerk einschalig - Stahlbeton einschalig  - Trockenbau mit Mauerwerk
Schallschutzstufe III	Ausführungsart: - Mauerwerk einschalig - Stahlbeton einschalig - Mauerwerk zweischalig - Stahlbeton zweischalig - Trockenbau mit Mauerwerk	Ausführungsart: - Mauerwerk einschalig - Stahlbeton einschalig  - Trockenbau mit Mauerwerk	Ausführungsart: - Mauerwerk einschalig - Stahlbeton einschalig  - Trockenbau mit Mauerwerk	Ausführungsart: - Mauerwerk einschalig - Stahlbeton einschalig  - Trockenbau mit Mauerwerk

Die in Abschnitt 6.2 dokumentierten Ergebnisse der Vergleichsrechnungen beantworten die Fragestellung aus Abschnitt 6.1 nicht vollständig, die Grundrisse müssen noch untereinander betrachtet werden.

Es werden Antworten und Kostenaussagen bezüglich der Gesamtkosten einer Wohneinheit bzw. Kosten je Quadratmeter Wohnfläche gesucht. Als Vergleichsbasis werden die Wohnfläche gemäß II. Berechnungsverordnung [63] und die Kostengruppen der DIN 276 gewählt.

**Tabelle 59: Betrachtete Kostengruppen gemäß DIN 276**

<b>Kostengruppe</b>		<b>Berücksichtigung bei der Untersuchung</b>
100	Grundstück	werden lediglich im Verkaufspreis berücksichtigt
200	Herrichten und Erschließen	werden lediglich im Verkaufspreis berücksichtigt
300	Bauwerk – Baukonstruktion	werden berücksichtigt
400	Bauwerk – Technische Anlagen	werden berücksichtigt
500	Außenanlagen	werden lediglich im Verkaufspreis berücksichtigt
600	Ausstattung und Kunstwerke	werden lediglich im Verkaufspreis berücksichtigt
700	Baunebenkosten	werden lediglich im Verkaufspreis berücksichtigt

Die Kostengruppen 300 und 400 setzen sich aus den Differenzkosten für die jeweilige Schallschutzstufe/ Ausführungsart und den restlichen Baukosten in Höhe von 2.000 DM/m<sup>2</sup>Wfl. zusammen. Die Grundstückskosten wurden nicht mit in den Vergleich einbezogen, da sie ortsabhängig sind. Die Kostengruppen 500, 600 und 700 entfallen ebenfalls bei der Betrachtung, da sie für die Untersuchung nicht relevant sind. Insgesamt sind die Kosten nach den Kostengruppen 100 – 700 der DIN 276 jedoch im Verkaufspreis, der mit 3000 DM/m<sup>2</sup>Wfl. festgelegt ist, enthalten. Er schließt auch den durch das Bauvorhaben zu erzielenden Gewinn für den Investor sowie seine Kosten ein. Eine genauere Betrachtungsweise ist nicht erforderlich, da die Kosten nicht mit dem Schallschutz in Verbindung stehen, bzw. zu vernachlässigen sind. Auf der Basis dieser Gesamtkosten wurden



die Kosteneinflüsse, also die Differenzkosten prozentual bewertet und dargestellt. Der Durchschnitt von den vier Grundrißtypen ist ebenfalls dargestellt und verdeutlicht die Abweichungen einzelner Grundrisse vom Mittel (siehe Tabelle 60 bis 62).

Eine Betrachtung unter Berücksichtigung der gesamten Baukosten ist zwingend erforderlich, um das Ergebnis wirklichkeitsgetreu aufzuzeigen. Die Vergleiche sind sowohl ohne Wohnflächenverlust (die unterschiedlichen Konstruktionsmaße sind nicht berücksichtigt) als auch mit Wohnflächenverlusten durchgeführt worden. Im Verkauf bedeutet 1 m<sup>2</sup> mehr oder weniger Wohnfläche einen Geldbetrag von etwa 3000,-- bis 8000,-- DM, je nach Lage des Objektes. Das heißt, eine 1 cm dünnere Wand erwirtschaftet je Meter Wandlänge  $1,00\text{m} \times 0,01\text{m} \times 3000,-- \text{ DM/m}^2 = 30,-- \text{ DM}$  mehr Verkaufserlös. Für einen Raum von 3,0×4,0 m bedeutet dies bereits  $2 \times (3,0 + 4,0) \times 30,-- = 420,-- \text{ DM}$ . Daher ist die Betrachtung der Wohnflächeneinflüsse i.a. die entscheidende Form für den Kostenvergleich durch den Bauträger oder Investor. Die Folgekosten durch Wohnflächenunterschiede werden nur relevant, wenn davon ausgegangen wird, daß die Aussenabmessungen des Gebäudes beibehalten werden, also die Wohnflächenveränderung nicht durch eine Vergrößerung/Verkleinerung des Gebäudes ausgeglichen wird.

Eine Bewertung bezüglich der Investitionssummen (Betrachtung ohne Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung) sowie Wirtschaftlichkeitsvergleiche (Betrachtung mit Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung) sind dadurch möglich.

### **6.3.1 Differenzkosten unabhängig von Ausführungsart und Schallschutzstufe**

Für den Planer und Bauherrn ist es sehr interessant zu wissen, ob nicht z.B. ein Schallschutz der Schallschutzstufe III zu den gleichen Kosten erreicht werden kann, wie bei Ausführung eines traditionellen Mauerwerksbaus nach den gesetzlichen Mindestanforderungen der DIN 4109. Um die verschiedenen Ausführungsarten untereinander vergleichen zu können, müssen sie zueinander ins Verhältnis gebracht werden. Die Tabelle 60 und die zugehörige Abbildung 90 zeigen die Werte für die Differenzkosten auf. Ausgangswert (100%) für die Betrachtungen ist die Ausführungsart Mauerwerk-einschalig in der SSt I. Die Werte werden jeweils mit und ohne Berücksichtigung des Wohnflächenunterschiedes verglichen.

### **6.3.2 Differenzkosten innerhalb einer SSt bei unterschiedlicher Ausführungsart**

Um die Kosten innerhalb einer Schallschutzstufe zu vergleichen, ist es erforderlich die verschiedenen Ausführungsarten mit den zugehörigen Differenzkosten zu betrachten. Die Ausführungsart „Mauerwerk-einschalig“ als Ausgangswert wird jeweils in den einzelnen Schallschutzstufen gleich 100 % gesetzt. Die Tabelle 61 und die zugehörige Abbildung 91 zeigen die Werte für die Differenzkosten infolge anderer Ausführungsarten auf. Die Differenzkosten werden mit Berücksichtigung der restlichen Baukosten und mit und ohne Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung betrachtet.

### **6.3.3 Differenzkosten der Ausführungsarten bei unterschiedlichen SSt**

Den qualitätsbewußten Planer wird sicherlich ebenso interessieren, was nun beim geplanten Objekt ein Wechsel des Schallschutzes in eine höhere Schallschutzstufe kostet, ohne den Entwurf bzgl. der Materialwahl und der Grundrißgestaltung zu ändern. Deshalb wird die Schallschutzstufe I als 100% gesetzt und die anderen SSt daran verglichen. Die restlichen Baukosten werden bei den Differenzkosten berücksichtigt. Die Tabelle 62 und die zugehörige Abbildung 92 zeigen die berechneten Werte jeweils mit und ohne Wohnflächengewinn /-verlußt.

Tabelle 60 : Kostenunterschiede abhängig von Schallschutzstufe und Ausführungsart

	Ausführungsart	Einspänner		Zweispänner		Dreispänner		Mehrspänner		Durchschnitt	
		ohne Wfl.	mit Wfl.	ohne Wfl.	mit Wfl.	ohne Wfl.	mit Wfl.	ohne Wfl.	mit Wfl.	ohne Wfl.	mit Wfl.
DIN 4109 bzw. Schallschutz- stufe I	- Mauerwerk einschalig	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	- Stahlbeton einschalig	105,3%	101,1%	105,2%	101,1%	104,7%	101,3%	103,8%	98,0%	104,8%	100,4%
	- Mauerwerk zweischalig	100,7%	101,6%							100,7%	101,6%
	- Stahlbeton zweischalig	106,2%	103,0%							106,2%	103,0%
	- Trockenbau mit Mauerwerk	99,3%	98,2%	98,4%	97,0%	99,3%	98,6%	99,4%	98,6%	99,1%	98,1%
Schallschutz- stufe II	- Mauerwerk einschalig	101,5%	104,5%	101,5%	106,3%	101,5%	105,0%	101,7%	104,2%	101,5%	105,0%
	- Stahlbeton einschalig	107,3%	105,6%	107,7%	107,9%	106,6%	106,3%	106,2%	103,9%	107,0%	105,9%
	- Mauerwerk zweischalig	101,9%	105,8%							101,9%	105,8%
	- Stahlbeton zweischalig	107,9%	107,0%							107,9%	107,0%
	- Trockenbau mit Mauerwerk	100,7%	100,3%	99,5%	98,9%	100,5%	100,9%	100,8%	100,1%	100,4%	100,1%
Schallschutz- stufe III	- Mauerwerk einschalig	105,3%	109,5%	104,9%	112,0%	105,3%	111,5%	106,1%	111,7%	105,4%	111,2%
	- Stahlbeton einschalig	111,1%	110,0%	111,0%	112,3%	110,3%	111,3%	110,4%	109,6%	110,7%	110,8%
	- Mauerwerk zweischalig	105,6%	109,5%							105,6%	109,5%
	- Stahlbeton zweischalig	111,6%	110,6%							111,6%	110,6%
	- Trockenbau mit Mauerwerk	103,6%	104,4%	102,0%	103,6%	103,8%	106,8%	104,5%	106,9%	103,5%	105,4%

Tabelle 61 :Kostenunterschiede einzelner Ausführungsvarianten innerhalb einer Schallschutzstufe

	Ausführungsart	Einspänner		Zweispänner		Dreispänner		Mehrspänner		Durchschnitt	
		ohne Wfl.	mit Wfl.	ohne Wfl.	mit Wfl.	ohne Wfl.	mit Wfl.	ohne Wfl.	mit Wfl.	ohne Wfl.	mit Wfl.
DIN 4109 bzw. Schallschutz- stufe I	- Mauerwerk einschalig	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	- Stahlbeton einschalig	105,3%	101,1%	105,2%	101,1%	104,7%	101,3%	103,8%	98,0%	104,8%	100,4%
	- Mauerwerk zweischalig	100,7%	101,6%							100,7%	101,6%
	- Stahlbeton zweischalig	106,2%	103,0%							106,2%	103,0%
	- Trockenbau mit Mauerwerk	99,3%	98,2%	98,4%	97,0%	99,3%	98,6%	99,4%	98,6%	99,1%	98,1%
Schallschutz- stufe II	- Mauerwerk einschalig	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	- Stahlbeton einschalig	105,8%	101,1%	106,2%	101,6%	105,1%	101,2%	104,5%	99,7%	105,4%	100,9%
	- Mauerwerk zweischalig	100,4%	101,3%							100,4%	101,3%
	- Stahlbeton zweischalig	106,4%	102,5%							106,4%	102,5%
	- Trockenbau mit Mauerwerk	99,2%	95,8%	98,0%	92,5%	99,0%	95,8%	99,1%	95,9%	98,8%	95,0%
Schallschutz- stufe III	- Mauerwerk einschalig	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	- Stahlbeton einschalig	105,8%	100,5%	106,1%	100,3%	105,0%	99,8%	104,4%	97,9%	105,3%	99,6%
	- Mauerwerk zweischalig	100,2%	100,0%							100,2%	100,0%
	- Stahlbeton zweischalig	106,2%	100,0%							106,2%	100,0%
	- Trockenbau mit Mauerwerk	98,3%	94,9%	97,1%	91,6%	98,5%	95,4%	98,5%	95,2%	98,1%	94,3%

Tabelle 62 : Kostenunterschiede einzelner Schallschutzstufen innerhalb einer Ausführungsart

	Ausführungsart	Einspänner		Zweispänner		Dreispänner		Mehrspänner		Durchschnitt	
		ohne Wfl.	mit Wfl.	ohne Wfl.	mit Wfl.	ohne Wfl.	mit Wfl.	ohne Wfl.	mit Wfl.	ohne Wfl.	mit Wfl.
DIN 4109 bzw. Schallschutz- stufe I	- Mauerwerk einschalig	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	- Stahlbeton einschalig	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	- Mauerwerk zweischalig	100,0%	100,0%							100,0%	100,0%
	- Stahlbeton zweischalig	100,0%	100,0%							100,0%	100,0%
	- Trockenbau mit Mauerwerk	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Schallschutz- stufe II	- Mauerwerk einschalig	101,5%	104,5%	101,5%	106,3%	101,5%	105,0%	101,7%	104,2%	101,6%	105,0%
	- Stahlbeton einschalig	102,0%	104,5%	102,5%	106,8%	101,9%	105,0%	102,4%	105,9%	102,2%	105,6%
	- Mauerwerk zweischalig	101,2%	104,2%							101,2%	104,2%
	- Stahlbeton zweischalig	101,7%	103,9%							101,7%	103,9%
	- Trockenbau mit Mauerwerk	101,4%	102,1%	101,1%	101,9%	101,2%	102,3%	101,5%	101,5%	101,3%	102,0%
Schallschutz- stufe III	- Mauerwerk einschalig	105,3%	109,5%	104,9%	112,0%	105,3%	111,5%	106,1%	111,7%	105,4%	111,2%
	- Stahlbeton einschalig	105,8%	108,8%	105,7%	111,2%	105,6%	109,9%	106,6%	111,6%	105,9%	110,4%
	- Mauerwerk zweischalig	104,9%	107,9%							104,9%	107,9%
	- Stahlbeton zweischalig	105,4%	106,4%							105,4%	106,4%
	- Trockenbau mit Mauerwerk	104,3%	106,2%	103,6%	106,6%	104,5%	108,3%	105,2%	108,3%	104,4%	107,4%

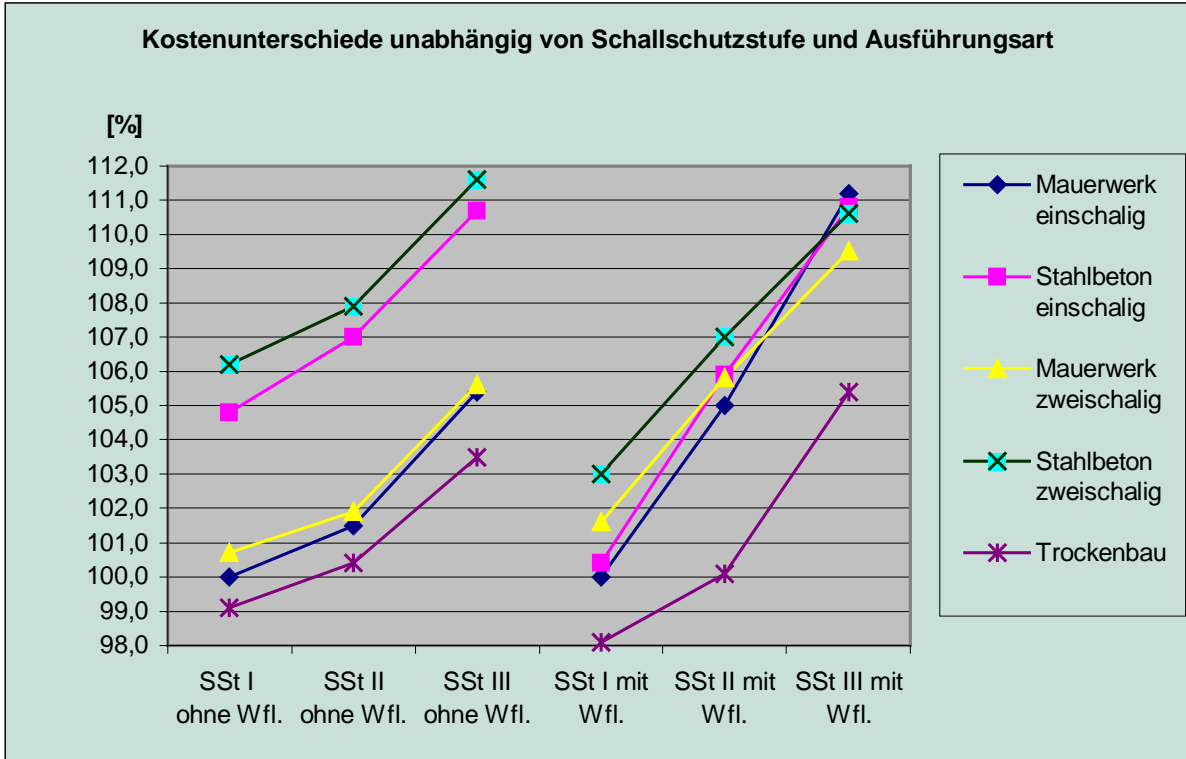


Abbildung 90: Kostenunterschiede unabhängig von Schallschutzstufe und Ausführungsart

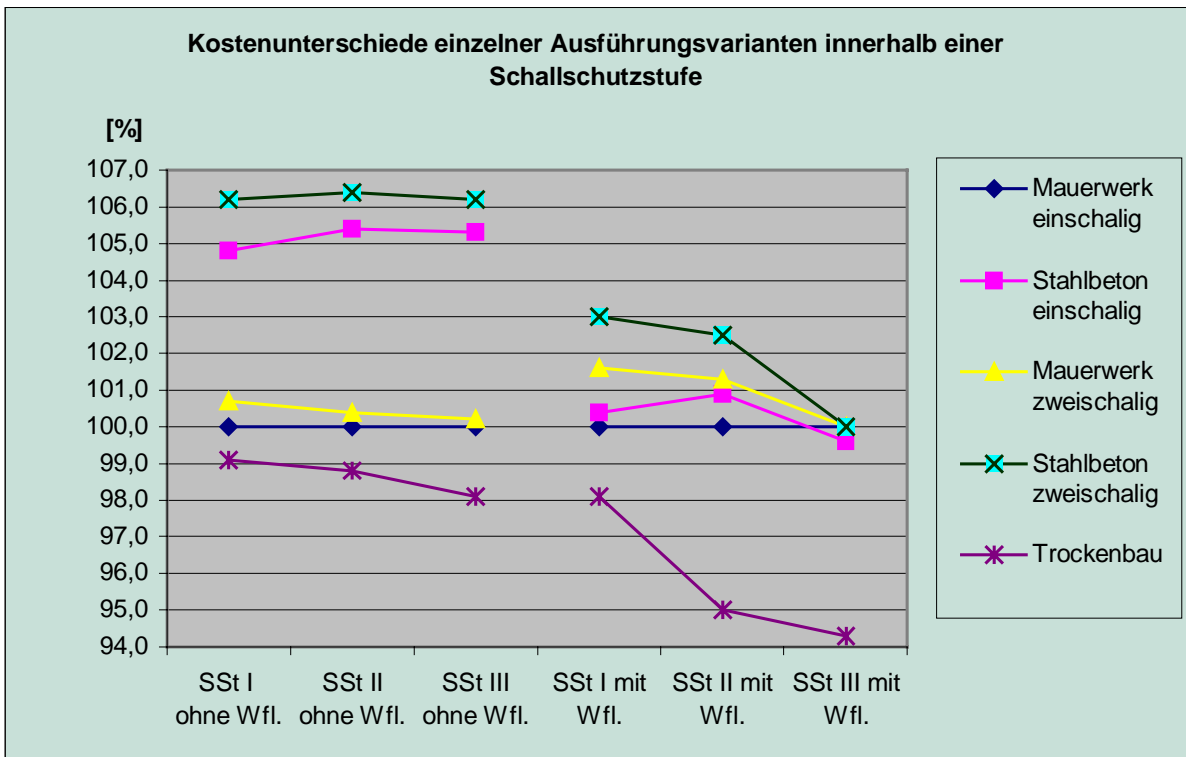


Abbildung 91: Kostenunterschiede einzelner Ausführungsvarianten innerhalb einer SSt

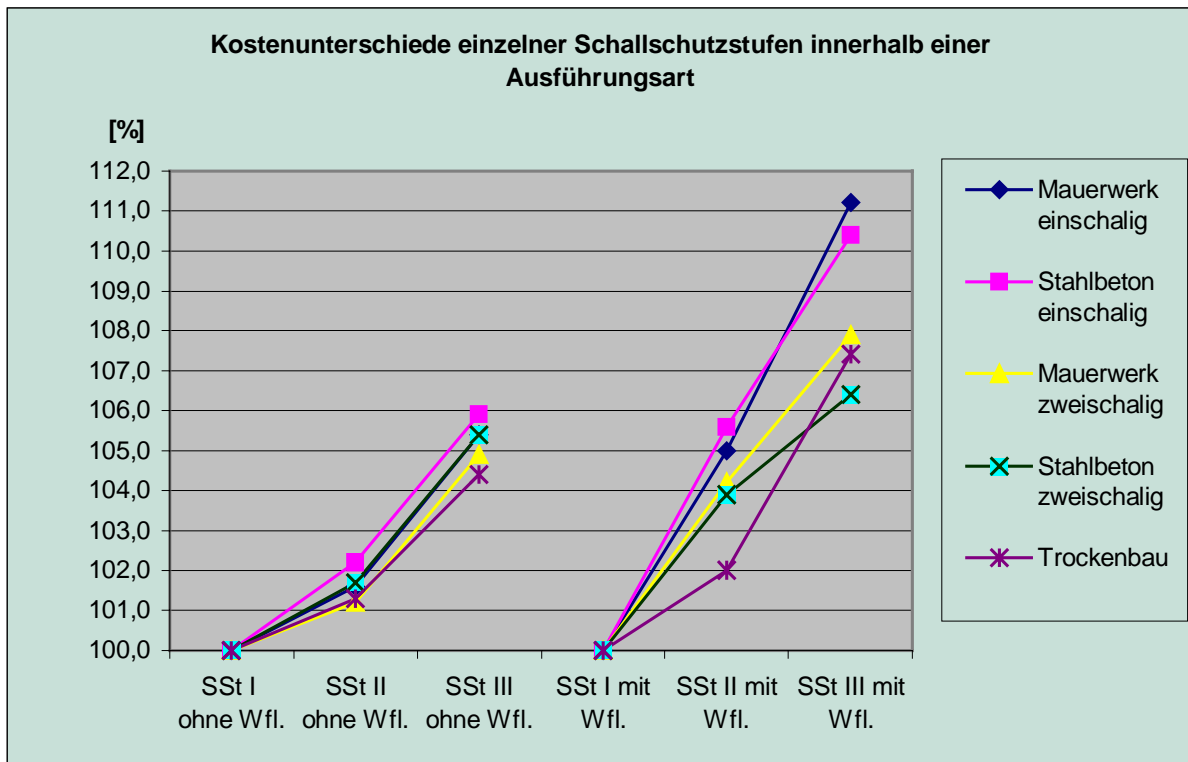


Abb. 92: Kostenunterschiede einzelner Schallschutzstufen innerhalb einer Ausführungsart

#### 6.4 Ergebnisse bzgl. der Abhängigkeit von Kosten und Schallschutz

Aus den Kostenvergleichen können folgende Beziehungen/ Sachverhalte abgeleitet werden, die die Fragen des Abschnitts 6.1.1

1. Welche Kostensteigerungen ergeben sich durch Erhöhung des Schallschutzniveaus einzelner Ausführungsarten und im Mittel aller Ausführungsarten (Kosten durch Wunsch des Individuums nach höherem Schallschutz bzw. Kostensteigerung durch gesetzlich geforderte erhöhte Schallschutzanforderungen im Wohnungsbau.) ?
2. Welche Ausführungsarten verhalten sich eher kostenneutral und welche reagieren mit größeren Kostensteigerungen (im Mittel über die verschiedenen Grundrisse sowie bei den einzelnen Grundrissen) ?
3. Welche Ausführungsarten führen längerfristig, als Prognose gesehen, bei weiter steigenden Schallschutzanforderungen noch zu wirtschaftlich akzeptablen Lösungen ?

und die Fragen des Abschnitts 6.1.2

4. Welcher Grundrißtyp bietet den kostengünstigsten Schallschutz (bei welcher SSSt) ?
5. Gibt es Kostenschwankungen durch unterschiedliche Wohnungsanordnungen innerhalb des Gebäudes ?

6. Welche Ausführungsart bietet bei definiertem Schallschutzniveau und Grundrißtyp den kostengünstigsten Schallschutz ?
7. Welche Ausführungsart und welcher Grundrißtyp ist bei welcher Schallschutzstufe die wirtschaftlichste Lösung ?

beantworten. Bei den Antworten zu den Fragen 4 bis 7 aus Abschnitt 6.1.2 läßt sich feststellen, daß keine solchen Abhängigkeiten nachgewiesen werden konnten, also Abhängigkeiten zwischen Grundrißtyp und Schallschutzkosten nicht bestehen. Das ist im Einzelnen folgendermaßen zu begründen:

- Eine Abhängigkeit zwischen den Schallschutzkosten und dem Grundrißtyp (Ein-, Zwei-, Drei- und Mehrspanner) ist nicht festzustellen. Es treten zwar Schwankungen von etwa 2 % zwischen den einzelnen Werten und dem Durchschnittswert auf, jedoch können sie nicht verallgemeinert werden. Die Werte für den Zwei- und Dreispänner liegen nämlich nicht, wie angenommen, linear zwischen denen vom Ein- und Mehrspanner (siehe z.B. Tabelle 61). Die Kosten in Abhängigkeit zu den unterschiedlichen Wohnungsanordnungen innerhalb des Gebäudes lassen ebenfalls keine Regelmäßigkeit erkennen. Insgesamt gesehen ist es zwar richtig, daß verschiedene Grundrißanordnungen den gewünschten Schallschutz kostengünstiger liefern als andere, jedoch ist hier eine Verallgemeinerung durch die Unterteilung in Ein-, Zwei-, Drei- und Mehrspanner nicht möglich. Andere Abhängigkeiten sind ebenfalls nicht festzustellen und die Verallgemeinerung aufgrund der großen Variationsmöglichkeit der Grundrisse scheint nicht möglich.
- Wie bereits in Voruntersuchungen festgestellt wurde, ist eine regelmäßige Abhängigkeit zwischen den Kosten und der Menge der Wandflächen mit Schallschutzanforderungen nicht feststellbar. Das wird daran deutlich, daß der Zweispänner eine prozentual deutlich geringere Wandfläche mit Schallschutzanforderungen als der Mehrspanner aufweist, aber höhere Kostenunterschiede verursacht. Die Idee, die Schallschutzkosten in Abhängigkeit der Grundrißtypen zu betrachten, muß also verworfen werden.

Die Fragen 1 bis 3 aus Abschnitt 6.1.1 lassen sich nach diesen Untersuchungen jedoch konkret beantworten, wobei manche Aussagen Antworten auf mehrere Fragen liefern.

Die Differenzkosten zum Erreichen der SSt II / SSt III mit der SSt I bzw. DIN 4109 als Ausgangsbasis bei gleicher Ausführungsart setzen sich gemäß Tabelle 63 wie folgt zusammen:



**Tabelle 63: Aufspaltung der Differenzkosten verschiedener Schallschutzstufen**

<b>Aufspaltung der Differenzkosten verschiedener Schallschutzstufen, auf die gesamten Baukosten bezogen</b>						
ohne Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung:						
	<b>Massivbauweise SSt I→ II</b>	<b>Massivbauweise SSt II→ III</b>	<b>Massivbauweise SSt I→ III</b>	<b>Trockenbauweise SSt I→ II</b>	<b>Trockenbauweise SSt II→ III</b>	<b>Trockenbauweise SSt I→ III</b>
<b>Wände incl. Türen</b>	1,1 %	0,3 %	1,4 %	0,7 %	0,3 %	1,0 %
<b>Decken incl. Treppen</b>	0,1 %	2,3 %	2,4 %	0,1 %	2,5 %	2,6 %
<b>Installationen</b>	0,5 %	0,9 %	1,4 %	0,4 %	0,1 %	0,5 %
<b>Summe</b>	1,7 %	3,5 %	5,2 %	1,2 %	2,9 %	4,1 %
mit Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung:						
	<b>Massivbauweise SSt I→ II</b>	<b>Massivbauweise SSt II→ III</b>	<b>Massivbauweise SSt I→ III</b>	<b>Trockenbauweise SSt I→ II</b>	<b>Trockenbauweise SSt II→ III</b>	<b>Trockenbauweise SSt I→ III</b>
<b>Wände incl. Türen</b>	4,2 %	1,8 %	6,0 %	1,2 %	2,5 %	3,7 %
<b>Decken incl. Treppen</b>	0,1 %	2,3 %	2,4 %	0,2 %	2,4 %	2,6 %
<b>Installationen</b>	0,5 %	0,9 %	1,4 %	0,4 %	0,1 %	0,5 %
<b>Summe</b>	4,8 %	5,0 %	9,8 %	1,8 %	5,0 %	6,8 %

- **Zu Frage 1:** Die Differenzkosten bei gleicher Ausführungsart ohne Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung betragen bei den **Massivbauausführungsarten** ca. 2 % für den Wechsel von der SSt I in die SSt II und etwa weitere 5,5 % um von der SSt II in III zu gelangen. Dieser Betrag ist vom Bauherrn aufzuwenden, um einen entsprechenden Schallschutz bei sonst gleicher Ausführungsart und ohne Grundrißänderung zu erhalten.

Unter Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung betragen die Kosten bei gleicher Ausführungsart für den Wechsel von SSt I bzw. DIN 4109 nach SSt II etwa 5% der Gebäudekosten ohne Grundstückskosten und für den Wechsel von der

SSt I bzw. DIN 4109 in die SSt III sind dies etwa 10%. Der Kostenverlauf ohne Berücksichtigung des Wohnflächenunterschiedes steigt nicht linear an (siehe Abbildung 90). Er ist beim Wechsel der SSt I bzw. DIN 4109 auf II geringer als von II nach III, obwohl die Veränderung der Schallschutzanforderung/ -empfehlung zwischen den Schallschutzstufen I und II bzw. II und III nahezu gleich sind. Sie beträgt etwa 3dB für den Luftschall, 7dB für den Trittschall und 5dB für den Installationsschall. Der überproportionale Kostenanstieg ist dadurch begründet, daß das Massegesetz und andere schalltechnisch physikalischen Abhängigkeiten nicht linear verlaufen, d.h. durch überproportional erforderliche höhere flächenbezogene Masse bei Massivbauteilen und höheren technischen Aufwand bei Installationen steigen die Kosten ebenfalls überproportional an. Wie jedoch den Abbildungen 90 und 92 zu entnehmen ist, relativiert die Berücksichtigung des Wohnflächenunterschiedes den Kurvenverlauf, so daß dieser nahezu linear verläuft.

Die Mehrkosten sollen an einem Beispiel verdeutlicht werden: Für eine Wohnung mit Baukosten von 200.000 DM bedeutet dies eine Mehrinvestition von 2 % (entspricht 4.000 DM), um von der SSt I bzw. DIN 4109 in II zu gelangen. Es sind nochmals 3,5 %, also 7.000 DM aufzuwenden, um einen Schallschutz der Schallschutzstufe III zu realisieren. Bei der Berücksichtigung des Wohnflächenverlustes ergeben sich die Kosten zu 10.000 DM (Wechsel von SSt I bzw. DIN 4109 nach II) bzw. 20.000 DM (Wechsel von SSt I bzw. DIN 4109 nach III).

- **Zu Frage 1:** Die Differenzkosten (unter Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung) fallen für den Wechsel von der SSt I/ DIN 4109 in die SSt II bzw. SSt III bei der **Ausführungsart Trockenbau mit Mauerwerk** deutlich niedriger aus als bei den Massivbauarten. Hier entstehen für den Wechsel etwa 2% bzw. 7,5% der Gebäudekosten ohne Grundstück als Differenzkosten. Der große Kostenunterschied zu den Massivbauausführungen ist durch die niedrigen Kosten der Trockenbauwände sowie der geringen Wanddicke und damit positiven Wohnflächenbeeinflussung begründet. Ebenso wirkt sich das geringe Eigengewicht der Wand günstig auf die lastableitenden Bauteile aus, die ggf. geringer dimensioniert und damit kostengünstiger ausgeführt werden können.
- **Zu Frage 2:** Mit zunehmenden Anteil an nichttragenden Innenwänden ohne Schallschutzanforderung werden **Massivausführungsarten** unwirtschaftlich, verursacht durch den zunehmenden Wohnflächenbedarf in Verbindung mit einer Mindestanforderung an die flächenbezogene Masse als flankierendes Bauteil. Die

Unwirtschaftlichkeit wächst mit zunehmender Schallschutzstufe, was vor allem auf den Einfluß als flankierendes Bauteil zurückzuführen ist. Die flankierenden Bauteile verteuern sich im Massivbau nachdrücklich, da für die Schallschutzstufe III keine Flanken unter  $m'_L = 300 \text{ kg/m}^2$  verwendet werden sollten. Konstruktiv entspricht das einer 17<sup>5</sup>er Mauerwerkswand der Rohdichteklasse 18. Im Vergleich zu einer Metallständerwerkswand entstehen dadurch erhebliche Kostenunterschiede. Diese Aussage soll in Kapitel 7 weitergehend betrachtet werden.

- **Zu Frage 2:** Mit zunehmenden Anteil an nichttragenden Innenwänden ohne Schallschutzanforderungen wird die **Ausführung Trockenbau mit Mauerwerk** wirtschaftlicher, verursacht durch die geringen Investitionskosten, die niedrigen Wanddicken und den positiven Einfluß als flankierendes Bauteil. Die Wirtschaftlichkeit steigt mit Zunahme der Schallschutzstufe.
- **Zu Frage 2:** Die **Stahlbetonausführung** bezieht ihre wirtschaftlichen Vorteile gegenüber einer vergleichbaren Mauerwerksausführung durch geringere Bauteilabmessungen und dem damit verbundenen Wohnflächengewinn. Die Investitionskosten sind höher als beim Mauerwerksbau.
- **Zu Frage 3:** **2-schalige Massivwandkonstruktionen** sind lediglich bei den hohen Schallschutzempfehlungen der SSt III mit einschaligen Massivwänden bzgl. der Kosten konkurrenzfähig. Bei niedrigen Schalldämm-Maßen liegen die Kosten deutlich über denen von einschaligen Massivwänden (siehe Abbildung 90). Die Notwendigkeit von zweischaligen Massivwänden ergibt sich daraus, daß sie insbesondere den hohen Luftschallschutz (etwa  $R'_{w,R} = 60 \text{ dB}$ ) realisieren kann. Bei einschaligen Massivwänden ist das nur bedingt möglich.
- **Zu Frage 3:** Die **Ausführungsart Trockenbau mit Mauerwerk** ist bei den reinen Investitionskosten (Kostengruppen 300 und 400 gemäß DIN 276) als auch mit Berücksichtigung von Wohnflächenunterschieden stets die wirtschaftlichste Lösung. Die Begründung liegt in den zuvor angesprochenen geringen Investitions- und Folgekosten, die stets niedriger als bei Massivausführungen sind. Der Kostenvergleich der Investitionskosten zu der konventionellen Mauerwerkslösung ergibt in Abhängigkeit von Schallschutzstufe und Grundriß einen Unterschied von etwa 1 % (SSt I bzw. DIN 4109) bis 2 % (SSt II und III) der Baukosten (siehe Tabelle 66). Durch die Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung wird der wirtschaftliche Vorteil größer und beträgt etwa 2 % in der SSt I bzw. DIN 4109 und 5 % bei den SSt II und III. Das heißt, daß bei einer Wohnung mit Baukosten

von 200.000 DM die Trockenbauausführung mit Mauerwerk gegenüber der Mauerwerksausführung Einsparungen von etwa 2.000 – 4.000 DM bei den aufzuwendenden Baukosten bzw. 4.000 – 10.000 DM unter Berücksichtigung des Mehrerlöses für den Verkauf zusätzlicher Wohnfläche bewirkt.

Über die Antworten zu den Fragen in Abschnitt 6.1.1 und 6.1.2 hinaus lassen sich aus der Untersuchung noch weitere Grundsätze ableiten:

- **2-schalige Massivwandkonstruktionen** mit durchgehender Gebäudefuge können nur in wenigen Grundrissen angewendet werden. Die Ursache liegt in der konstruktiv schwer realisierbaren Fuge, die einen Grundriß erfordert, der keinen horizontalen Versatz der zweischaligen Wände aufweisen darf. Sie ist praktisch nur selten realisierbar.
- Bei **allen** solchen **Ausführungsarten** ist der Einfluß des Wohnflächengewinns / -verlustes sehr groß. Wände können trotz niedriger Investitionskosten unter Berücksichtigung der Wohnflächenveränderungen deshalb die unwirtschaftlichsten sein. Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung muß also regelmäßig unter Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung durchgeführt werden (siehe Abbildung 91).
- Für **alle Ausführungsarten** gilt, je mehr wirtschaftliche Einzelbauteile unter Berücksichtigung der Folgekosten im Gebäudeverbund eingesetzt werden, desto wirtschaftlicher ist das Gebäude, da die gesamten Kosten sich aus den kumulierten Kosten der Einzelbauteile ergeben. Bei der kostenbewußten Planung sind deshalb bereits wirtschaftliche Einzelbauteile zu berücksichtigen.
- Zur **Trockenbauausführung** ist anzumerken, daß sie lediglich in Verbindung mit Massivwänden die Schallschutzstufen II und III erreichen kann, als Einzelbauteil betrachtet ist dieses abgesehen von im Wohnungsbau unüblichen Sonderlösungen, wie z.B. dreischalige biegeeweiche Wände, nicht möglich. Die Begründung liegt im zu geringen Schalldämm-Maß der Ständerwerkwände üblicher Ausführung. Der Einsatzschwerpunkt von Trockenbauwänden im Geschoßwohnungsbau ist daher innerhalb der Wohnung. Die horizontale Trennung der Wohnungen untereinander und zu Gemeinschaftsräumen erfolgt durch Massivwände, die den geforderten Schallschutz erbringen können. Dabei ist die Menge der Massivwandfläche auf das Minimum zu beschränken, das aus statischen Gründen benötigt wird. Dieser Ansatz wird in Kapitel 7 weiter verfolgt.

Die zuvor ermittelten Ergebnisse stützen sich auf die Berechnungen, die an den vier Grundrißtypen mit den insgesamt 42 verschiedenen Ausführungen bei verschiedenen Schallschutzstufen durchgeführt wurden. Wegen der relativ geringen Anzahl kann im statistischen Sinn nicht von einem repräsentativen Ergebnis ausgegangen werden, was aufgrund der Gebäudeauswahl und dem hohen Aufwand schwer zu realisieren ist. Trotzdem lassen sich die Ergebnisse jedoch in ihren Tendenzen verallgemeinern und auf andere Bauvorhaben übertragen, ohne daß deutliche Abweichungen zu erwarten sind. Dieses begründet sich durch:

- die nahezu gleichen Ergebnisse der untersuchten Bauvorhaben bei verschiedenen Grundrißgestaltungen (Ein-, Zwei-, Drei- und Mehrspanner).
- die im allgemeinen ähnlich großen Raumgrößen der Wohnungen im Mehrfamilienhaus und dadurch bedingt die nahezu gleiche Menge an Bauteilen auf den Quadratmeter Wohnfläche bezogen. Dieses gilt für Bauteile mit und ohne Schallschutzanforderungen.
- nicht vorgegebene Raumanordnungen in den untersuchten Bauvorhaben, wie sie z.B. die VDI 4100 im Anhang formuliert.
- die Anzahl an Bädern, WC's und Installationen die auf den Quadratmeter Wohnfläche bezogen ebenfalls nahezu gleich ist. So hat i.a. ein Apartment mit 40m<sup>2</sup> Wfl. ein Bad, eine 80m<sup>2</sup> große Wohnung ein Bad und ein WC, eine Wohnung mit 120m<sup>2</sup> Wfl zwei Bäder. Es entstehen ähnliche Kosten auf den Quadratmeter Wohnfläche bezogen.

**Als Hinweis für die aktuelle Normung und ihre Kosteneinflüsse soll angemerkt werden:**

Die Ergebnisse basieren auf schallschutztechnischen Berechnungen nach den Abschnitten für Massivbauten gemäß Beiblatt 1 DIN 4109. Werden andere Berechnungsverfahren angewendet, z.B. das nach Gösele [71] oder nach der in Vorbereitung befindlichen europäischen Norm EN 12354, so sind bautechnisch höhere Anforderungen, z.B. höhere erforderliche flächenbezogene Massen trennender und flankierender Bauteile, zu erwarten, die entsprechend höhere Kosten verursachen. Beispielberechnungen (siehe Anhang F) haben etwa 0,2 % höhere Kosten für die DIN 4109/ VDI 4100 Schallschutzstufe (SSt) I, 0,5 % für die SSt II und 1,0 % für die SSt III ergeben, jeweils auf die gesamten Baukosten (ohne Berücksichtigung der Wohnflächenveränderung) bezogen. In den Bereichen der Schalldämm-

Maße, die die DIN 4109 als bauaufsichtlich eingeführte Technische Baubestimmung fordert, sind die höheren Kosten i.a. lediglich durch das trennende Bauteil bedingt. Die flächenbezogene Masse der flankierenden Bauteile, die für den Nachweis gemäß DIN 4109 Bbl. 1 ausreicht, genügt auch für den Nachweis nach dem Entwurf der EN 12354. Dadurch sind keine anders dimensionierten flankierenden Bauteile erforderlich, die ggf. Differenzkosten verursachen. Mit Zunahme des Schalldämm-Maßes – dies gilt besonders für einen Schallschutz gemäß VDI 4100 SSt III – sind die flankierenden Bauteile mit einer deutlich höheren flächenbezogenen Masse zu bemessen, wenn der Nachweis nach dem Entwurf EN 12354, statt nach DIN 4109 Beiblatt 1 geführt wird. Entsprechend sind damit höhere Kosten verbunden, die nicht nur durch das trennende Bauteil, sondern auch zu einem wesentlichen Teil durch die flankierenden Bauteile verursacht werden.

Durch die Verschärfung der Anforderung für den Installations-Schallpegel  $L_{In}$  von 35 auf 30 dB(A) (siehe Abschnitt 4.5) ergeben sich gemäß Tabelle 68 Kostenverschiebungen in der Größenordnung von etwa 0,5 Prozent. Sie verringern den Kostenabstand zwischen den Schallschutzstufen I und II entsprechend.

Wie weit die Kosten akzeptabel sind, die durch einen Wechsel von Schallschutzstufe und Ausführungsart verursacht werden, muß der individuelle Bauherr entscheiden. Im allgemeinen wird folgende Akzeptanz unterstellt:

**Tabelle 64: Akzeptanz von Baukostenveränderungen**

<b>Baukostenveränderung</b>	<b>Akzeptanz</b>
≤ 0 %	stets akzeptabel
bis 2 %	akzeptabel
bis 5 %	akzeptabel, wenn die dadurch erreichte Qualität deutlich über der Ausgangsbasis liegt.
> 5 %	i.a. nicht akzeptabel

## 7.) **Kostenoptimierung unter besonderer Berücksichtigung des Schallschutzes**

Wie im Kapitel 4 dargelegt, sind die verschiedenen Gebäude- und Bauteilfunktionen intensiv miteinander verknüpft. So muß z.B. die Treppenraumwand neben den raumbildenden Eigenschaften auch Schall-, Wärme- und Brandschutz sowie ausreichende Tragfähigkeit bieten, selbst ist sie durch darüber liegende Geschosse beeinflußt und beeinflußt die Bauteile in den darunter befindlichen Ebenen.

Die Kostenoptimierung eines Gebäudes stellt also eine methodisch komplexe Aufgabe dar. Auf der einen Seite ist eine Kostenoptimierung durch geschickte Konstruktionen und das Einbringen von Know-How möglich (z.B. Gebäudeorientierung zur Steigerung solarer Wärmegewinne), auf der anderen Seite können Kosten durch den Einsatz preiswerterer Baustoffe und Bauteile eingespart werden.

- Es sind Rechenalgorithmen zur Optimierung erforderlich, bei deren Anwendung der Entwurf auf Berechnung und Bemessung aufbaut, vornehmlich beim Lastabtrag und beim Wärmeschutz. Die vorhandenen Formeln für die Bemessung sind im Wesentlichen linear oder zumindest mathematisch nachvollziehbar aufgebaut, so daß sie relativ einfach mit Kostenfunktionen, die das Bauteil entsprechend mit Kosten belegen, verknüpft werden können. Die Ermittlung von Kostenoptima ist dadurch möglich.
- Es sind Baustoffe und Bausystemalternativen erforderlich, die hohe Funktionseigenschaften bei angemessenen Kosten liefern, vornehmlich für den Schall- und Brandschutz sowie bei den raumbildenden Aufgaben. Diese Bauteileigenschaften können nicht ausreichend mit mathematischen Darstellungen abgebildet werden. Gerade für den Schallschutz basieren die Bemessungsverfahren mehr auf Erfahrungs- und Meßwerten, als auf mathematisch nachvollziehbare, abbildbare Funktionen. Da die Frage der Bemessung oftmals nicht eindeutig geklärt ist, können auch keine Kostenfunktionen eingebunden werden, um Optima über sämtliche Alternativen betrachten zu können (siehe auch Kapitel 5.2).

Der wirtschaftliche Wohnungsbau hat sich im wesentlichen durch Erfahrung und grundsätzliche Vergleiche entwickelt. Durch steigende Anforderungen in den letzten zwei Jahrzehnten sind vielfach grundlegende Wandlungsprozesse initiiert worden, die zu neuen Berechnungsmethoden, Baustoff- und Bauproduktentwicklungen und neuen Konstruktionen geführt haben. Dabei sind neben innovativen Produkten mit besseren Eigenschaften (z.B.

Brandschutzbeschichtungen) die Kosten, relativ gesehen, deutlich gesunken (z.B. für Wärmedämmungen).

Ein Beispiel dafür ist der Wärmeschutz, dessen Anforderungen in den letzten 25 Jahren aus umweltpolitischen Forderungen erheblich gesteigert wurden. Seine Entwicklungsschritte im (Geschoß-)Wohnungsbau in den letzten zwei Jahrzehnten lassen sich wie folgt beschreiben:

- Die Bauweise „einschaliges Mauerwerk“ mit den integrierten Funktionen: Lastabtrag, Wärme-, Schall- und Brandschutz bot wirtschaftlich kein Potential mehr, den Wärmeschutz zu steigern. Speziell darauf abgestimmte Baustoffe konnten rechnerisch erheblich höheren Wärmeschutz bei ähnlichen Kosten liefern (Porenbeton Rohdichteklasse 8  $\lambda_R = 0,23\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ; 260,-DM/m<sup>3</sup>; Mauerwerk HLZ Rohdichteklasse 14  $\lambda_R = 0,58\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ; 200,-DM/m<sup>3</sup>). Die Funktion „Wärmeschutz“ wurde von der tragenden Mauerwerkswand entkoppelt und einer eigenen Konstruktion zugewiesen. Als Beispiel sei hier eine zweischalige Außenwand, bestehend aus einer Mauerwerkswand Wärmedämmung und Vormauerschale, genannt. Die Tragfunktion der Außenwand wird von der inneren Schale erbracht, die Wärmedämmung im wesentlichen von der Wärmedämmung zwischen den Schalen. Eine übliche Wärmedämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 040 erreicht bei einer Dicke von 40mm den gleichen Wärmeschutz, wie eine Mauerwerkswand bestehend aus Hochlochziegeln der Rohdichteklasse 14 mit  $d = 61,5$  cm.
- Die rechnerisch nachgewiesenen Vorteile einer eigenständigen Wärmedämmung führten über Forschung, Konstruktion und Erprobung zu neuen Bauprodukten, z. B. dem Wärmedämmverbundsystem, das sich nun schon seit einem Jahrzehnt in der Praxis bewährt hat.

Für den Schallschutz läßt sich eine ähnliche Tendenz aus dieser Untersuchung ablesen. Die Massivbauweisen, die Trag- und Schallschutzfunktionen kombiniert in einer Konstruktion erbringen, sind bei höheren Schallschutzanforderungen sehr kostenempfindlich und reagieren mit 5 – 10 % Mehrkosten des Bauwerks auf eine Schallschutzerhöhung der SSt I auf II bzw. II auf III. Dies läßt das Bauvorhaben oftmals unwirtschaftlich werden, da landläufig davon ausgegangen wird, daß Schallschutz nichts kosten darf. Nichttragende Trockenbaukonstruktionen - also Entkopplung von Trag- und Schallschutzfunktion - hingegen liefern den Schallschutz der SSt II und III bei geringerer Kostensteigerung. Folgende Konsequenzen sind also zu erwarten:



- Höhere Schallschutzanforderungen, ausgelöst durch staatliche Rahmenbedingungen oder Wünsche der Verbraucher, werden aus wirtschaftlichen Gründen zur Entkopplung von Schallschutz und Tragfähigkeit der Konstruktionen führen.
- Der nachgewiesene wirtschaftliche Vorteil der Entkopplung muß durch Forschung, Entwicklung, Konstruktion und Fertigung leistungsfähiger gestaltet werden und zu kostengünstigen Bauteilsysteme führen.
- Es müssen praktische Konzepte für die Konstruktion von Wohngebäuden mit hohen Schallschutzanforderungen entwickelt werden.

Auch für das Tragwerk konnten innerhalb der letzten zwei Jahrzehnte deutliche Veränderungen festgestellt werden, die sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit des Wohnungsbaus ausgewirkt haben. Zwar sind hier im Wesentlichen keine neuen Produkte entwickelt worden, jedoch sind die Schnittkraftermittlungs- und Bemessungsverfahren durch z.B. die Finite-Element-Methode deutlich verbessert worden, so daß spürbare Material- und dadurch Kosteneinsparungen möglich sind.

Raubbildende Bauteile (überwiegend Wände) haben in den letzten zwanzig Jahren Kostenoptimierungen bezüglich ihrer Investitionskosten sowie des benötigten Konstruktionsflächenbedarfs erfahren. Dünne, preiswerte Wände, z.B. Metallständerwerk-wände und großformatige Gipsdielenwände, sind ein Beispiel für entsprechende Produkte, deren Beliebtheit im Mehrfamilienwohnungsbau deutlich angestiegen ist. Weitere Optimierungen, z.B. durch Integration von Haustechnikgewerken in die Wände, sind verstärkt erst seit Mitte der neunziger Jahre zu verzeichnen.

Der Brandschutz wurde innerhalb der letzten Jahre lediglich durch preiswertere Produkte kostenmäßig optimiert. Im Mehrfamilienwohnungsbau spielt er in Bezug auf die Kosten (abgesehen von Hochhäusern) eine relativ geringe Rolle, da viele Bauteile, z.B. Massivdecken und -wände den erforderlichen Brandschutz ohne Mehraufwand erbringen. Optimierungen sind jedoch durch neue Bauweisen erforderlich, z.B. Mehrfamilienhäuser mit einem Stahlskelett-Tragwerk. Dabei ist im Wesentlichen an eine Optimierung der Konstruktion zu denken, die eine teure Brandschutzverkleidung entbehrt.

Nachfolgend werden diese Ansätze betrachtet, wobei die Gewichtung auf Schall- und Wärmeschutzoptimierungen konzentriert wird.

## 7.1 Kostenoptimierungsmethoden im Geschoßwohnungsbau

Die vorhandenen, methodisch entwickelten Kostenoptimierungsmethoden zielen im wesentlichen auf

- das Tragwerk im Sinne der Investitionskosten und
- den Wärmeschutz im Sinne der Investitions- und Betriebskosten,

weil Rechenmodelle für die Konstruktion und Dimensionierung vorhanden sind, mit denen die Berechnung wirklichkeitsnah nachgebildet und wirtschaftlich optimiert werden kann.

Die Optimierungen des Schall- und Brandschutzes sowie der raumbildenden Bauteile entziehen sich ganz oder zumindest teilweise einer mathematischen Optimierung, sie sind teilweise auch nicht gewünscht, da bestimmte Produkte nach Kundenwunsch nicht verwendet werden sollen (z.B. keine Ständerwerkwände). Andere Ansätze sind zu verfolgen (siehe Abschnitt 5.2), um Kosten zu reduzieren.

### **Optimierung der Tragfunktion:**

Das klassische Vorgehen orientierte sich an mathematischen Optimierungsrechnungen [91] z.B. auf der Basis der Lagrangen Methode, ist aber mit zunehmender Anzahl an Zielfunktionen wie z.B. Tragfähigkeit, Stützweite, Materialbedarf Beton, Bewehrungsgehalt, Spannrichtung, etc. nicht mehr anwendbar, da die Zahl der zu betrachtenden Gleichungssysteme zu groß und damit unhandhabbar wird. So hat z.B. eine Stahlbetondecke mit Haupt- und Nebenunterzügen mindestens 6 Zielfunktionen, die es zu optimieren gilt:

- Deckendicke
- Höhe Nebenunterzüge
- Höhe Hauptunterzüge
- Abstand Nebenunterzüge
- Breite Hauptunterzüge
- Breite Nebenunterzüge

Ein kompletter Geschoßbau besteht aber aus so vielen Bauteilen, daß sich neuere Entwicklungen auf IT – gestützte Verfahren konzentrieren. Große Fortschritte hat z.B. Zhou erzielt [95]. Aber auch seine Anwendungen bleiben auf einzelne, allerdings räumliche, Bauteile begrenzt, so daß die rechnerische Optimierung des Tragwerks weiterhin ungelöst

bleibt. In der baubetrieblichen Praxis wären zusätzlich noch die Randbedingungen der Bauverfahren zu berücksichtigen.

### **Optimierung des Wärmeschutzes:**

Die Optimierung des Wärmeschutzes beschränkt sich i.a. auf das Kostenoptimum aus Investitions- und Betriebskosten. Der heute übliche Wärmeschutz ist ausreichend genug, um zu einem behaglichen Klima - bei dem sich die Bewohner wohlfühlen - beizutragen, eine Optimierung diesbezüglich ist nicht erforderlich. Mit zunehmendem Energiebewußtsein wurden bis heute die wärmedämmenden Produkte bezüglich ihrer Qualität und Eigenschaften verbessert, ebenso ist das Preis-Leistungsverhältnis deutlich gestiegen.

Der Einsatz eines Bauteils mit höheren Investitionskosten kann sich über seine Lebensdauer gegenüber einem Bauteil mit geringeren Investitionskosten als rentierlich erweisen, wenn dadurch die Betriebskosten niedriger gehalten werden können.

Bei den Betriebskosten ist im wesentlichen der Jahresheizenergiebedarf zu berücksichtigen. Wartungskosten für Heizungsanlagen, Lüftungen, etc. spielen je nach Anlage ebenfalls eine Rolle. Bei Betrachtung der Berechnungsformeln zur Ermittlung des Jahresheizenergiebedarfs sowie den damit verbundenen Sachverhalten ergeben sich folgende Möglichkeiten, daß Gebäude bezüglich einem wirtschaftlichen Wärmeschutz hin zu optimieren:

- Optimierung der Wärmedämmung bzgl. Transmissionswärmeverlust über die Außenbauteile (Bestimmung der optimalen Dämmstoffdicke und des Materials, Art des Rolladenkastens, etc.)
- Minimierung des Lüftungswärmeverlustes, z.B. durch Einsatz von mechanischen Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung
- Nutzung der solaren Wärmeengewinnung, z.B. durch entsprechende Grundrißorientierung und Fensteranordnung sowie Fensterqualität
- Nutzung der internen Wärmegewinne in Verbindung mit kontrollierter Lüftung. Prüfung untereinander gedämmter Wohneinheiten, um die Wärmeverluste zwischen einzelnen Wohnungen gering zu halten
- Optimierung der Heizungsanlage zur Senkung des Energiebedarfs, z.B. Verwendung von Anlagen mit hohem Wirkungsgrad

Es ergibt sich eine Vielzahl von möglichen Zielfunktionen, das Gebäude wärmeschutztechnisch zu optimieren. Eine solche Betrachtung ist über eine Bandbreite des Energiepreises durchzuführen, um für die Zukunft bei prognostizierter Energiepreisentwicklung entsprechend die verschiedenen Möglichkeiten strategisch bewerten zu können. Nachfolgend wird ein anderer Aspekt, der auf wärmeschutztechnischen Begebenheiten basiert, betrachtet.

Durch die erwartete Energiespar-Verordnung 2000 (EnEV 2000), als Fortschreibung der Wärmeschutzverordnung 1995, verstärken sich die Einflußgrößen, die bei einer Optimierung entsprechend berücksichtigt werden müssen. Durch die höheren Anforderungen der EnEV 2000, im Vergleich zur WSVO '95, ergibt sich eine Energieverbrauchsenkung von etwa 25 bis 30 Prozent. Dabei nehmen u.a. die Wärmeströme innerhalb des Gebäudes relativ – im Vergleich zum verringerten Heizenergiebedarf – zu, das Problem eines erhöhten Wärmeaustausches von Wohnung zu Wohnung verschärft sich.

Dadurch ergibt sich insbesondere für den Mehrfamilienwohnungsbau der Effekt, daß Wärmeströme von über den Tagesverlauf durchgehend beheizten Wohnungen in weniger kontinuierlich beheizte Wohnungen fließen. Dieses bedeutet, daß Wohnungen in denen sich durchgängig Personen aufhalten, also i.a. Wohnungen von Familien oder älteren nicht mehr berufstätigen Menschen, Wärme an benachbarte Wohnungen abgeben, die zu bestimmten Tageszeiten deutlich niedrigere Temperaturen aufweisen, also z.B. Wohnungen von alleinstehenden berufstätigen Personen, die während ihrer Abwesenheit i.a. die Heizleistung reduzieren. Dabei vergrößert sich der Energieverbrauch der ständig beheizten Wohnungen, durch den Wärmeverlust an weniger dauerhaft beheizte Nachbarwohnungen, entsprechend.

Gerade im Segment selbstgenutzter Eigentumswohnungen reagiert der Bewohner äußerst sensibel auf diese Gegebenheit, da er - nachdem die Wohnung als Eigentum erworben wurde – noch Geld für den Energieverbrauch der Nachbarn ausgeben muß. Eine nutzergerechte Heizkostenabrechnung ist bei relativ hohen internen Wärmeströmen nur mit erheblichen Einschränkungen möglich, da nur ein Teil der innerhalb der Wohnung aufgewendeten Heizenergie dem Bewohner zu Gute kommt, dieser Anteil aber nicht separat ermittelbar ist. Andere Verfahren – neben den heute üblichen Verdunstungsgeräten, die an den Heizkörpern befestigt sind und über die Verdunstungsmenge der Flüssigkeit den Energieverbrauch feststellen – konnten sich nicht durchsetzen (z.B. das System HEIKOZENT, das Anfang der 80er Jahre eingesetzt wurde und mit Transmissionsfühlern ausgestattet war). Eine

Reduzierung der abgelesenen Werte, die z.B. die Lage der Wohnung innerhalb des Gebäudes oder das Nutzerverhalten berücksichtigt, ist gesetzlich nicht zulässig. Es sind also für eine genauere Heizkostenermittlung mit dem üblichen „Verdunstungsverfahren“ eine Verbesserung der Randbedingungen zu untersuchen.

Die Schnittstellen, durch die die Energie aus der Wohnung in eine andere „verloren“ geht, sind im wesentlichen Wohnungstrennwände und -decken, die gleichzeitig Schallschutzfunktionen zu erfüllen haben. Hier ergeben sich ergänzende Aufgaben, da hoch schalldämmende Bauteile nicht unbedingt hohen Wärmeschutz erbringen. Um den Wärmefluß innerhalb des Gebäudes zu minimieren, sind Wohnungstrennwände und -decken entsprechend zu dämmen. Die Wärmedurchgangskoeffizienten (k-Werte bzw. nach der neuen Bezeichnung U-Werte), müssen dabei deutlich unter den weiter verbindlich bleibenden Maximalwerten der Wärmedurchgangskoeffizienten für die Innenbauteile gemäß Tabelle 1, DIN 4108 Teil 2 bleiben.

Dadurch wird das Mehrfamilienhaus zusätzlich „zoniert“, d.h. die wohnungstrennenden Bauteile sind so stark wärmegeklämt, daß die Wärmeströme der Wohnungen untereinander deutlich abnehmen und damit eine wohnungsweise verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung verbessert wird. Die umliegenden Nachbarwohnungen werden bei reduzierten Temperaturen kaum noch von den stärker beheizten Wohnungen mitbeheizt. Dieses entspricht i.a. den Vorstellungen des Eigentümers, der die Eigentumswohnung selbst bewohnt. Am Ende dieses Abschnitts wird unter Berücksichtigung der Randbedingungen des Gebäudes und des Nutzerverhaltens der anderen Hausbewohner überprüft, ob sich die Mehrkosten, die für eine Verbesserung des Wärmeschutzes der Wohnungen untereinander aufgewendet werden müssen, für einzelne Bewohner als rentierlich erweisen können.

Der Heizenergieverbrauch des gesamten Gebäudes wird ebenfalls gesenkt, da durch die geringeren Wärmeströme der Wohnungen untereinander lediglich die benötigte Heizenergie aufgewendet werden muß und nicht durch das Mitheizen anderer Wohnungen vergeudet, weil dort nicht benötigt, wird. Ein Existieren von Wohnungen mit normalen Innentemperaturen neben Wohnungen mit abgesenkten Innentemperaturen ist dadurch möglich. Diese Energieeinsparung wird bei den nachfolgenden Berechnungen vernachlässigt, da sie aufgrund der Randbedingungen (Grundrißsituation und Nutzerverhalten) nicht verallgemeinert werden kann. Für Bewohner, die ihre Wohnung nicht tagsüber gegenüber anderen Wohnungen temperaturreduziert beheizen, kann sich eine solche Investition in besser gedämmte Innenbauteile, je nach den Randbedingungen, als wirtschaftlich für den Heizenergieverbrauch

erweisen. Durch den so erreichten Vorteil für die verbrauchsabhängige Erfassung der Heizkosten und einer damit verbundenen gerechteren Abrechnung ist eine weitere Möglichkeit zur Gebäudeoptimierung gegeben.

Bei dieser Betrachtungsweise ist neben den Investitionskosten der Wand und der benötigten Konstruktionsfläche auch der Wärmedurchgangskoeffizient zu bewerten, um die Wirtschaftlichkeit verschiedener Bauteilvarianten vergleichen zu können. Ein Teil der zuvor in Kapitel 4 untersuchten Wände ist im Zusammenhang mit einem hochwertigen Schallschutz nicht geeignet, da entweder der Schallschutz oder der Wärmeschutz nicht erbracht werden kann.

Bei Decken ist die Anzahl der möglichen Varianten durch die generell relativ wenigen üblichen Konstruktionsmöglichkeiten eingeschränkt. Im wesentlichen sind folgende Ausführungsarten zu betrachten:

<b>Wände</b>	<b>Decken</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zweischalige Massivwände</li> <li>• Zweischalige biegeeweiche Ständerwerkwände</li> <li>• Einschalige Massivwände mit biegeeweicher Vorsatzschale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Massivdecken mit biegeeweicher Unterdecke</li> </ul>

Zweischalige Massivwände, die selten als Innenwände eingesetzt werden können, eignen sich hier besonders, ebenso leichte Ständerwerkwände, die durch innenliegende Dämmung hervorragende Wärmedämmeigenschaften erhalten.

Die aus wärmeschutztechnischen und wirtschaftlichen Gründen zu bevorzugende leichte zweischalige biegeeweiche Ständerwerkwand ist jedoch mit erheblichen Mängeln für den Wohnungsbau behaftet:

- Trockenbauwände werden selten von den Bewohnern als Wohnungstrennwand oder Treppenraumwand akzeptiert. Dieses ist subjektiv durch die vermutete leichte Zerstörbarkeit der Wände, in Verbindung mit einem oftmals „billig klingend“ empfundenen Geräusch beim „an die Wand klopfen“ begründet.
- Schallschutz kann lediglich für die Anforderungen der DIN 4109 bzw. für die Empfehlungen der VDI 4100 Schallschutzstufe I erbracht werden.
- Übliche Trockenbauwände sind nicht zum Lastabtrag geeignet und daher oftmals nicht als Wohnungstrennwand oder Treppenraumwand einsetzbar.

Für Massivwandausführungen ohne zusätzliche wärmedämmtechnischen Maßnahmen tritt das Problem auf, daß die erforderliche niedrige Rohdichte für einen guten Wärmeschutz im Gegensatz zum Massegesetz des Schallschutzes steht. Massivwandkonstruktionen als Wohnungstrennwände oder Treppenraumwände eingesetzt und mit biegeweichen Vorsatzschalen bekleidet, stellen bei hohen Schallschutzempfehlungen der SSt II und III eine wirtschaftliche Lösung dar, die gleichzeitig die Wärmeströme der Wohnungen untereinander im Hinblick auf die EnEV 2000 extrem niedrig halten kann.

Für Wohnungstrenndecken sind Wärmedämmungen im Fußbodenaufbau und biegeweiche Vorsatzschalen an der Deckenunterseite möglich, um hohen Schallschutz in Verbindung mit hohem Wärmeschutz, der die EnEV 2000 erfüllt, wirtschaftlich zu realisieren.

Da hier neben dem Wärmeschutz auch der Schallschutz eine deutliche Qualitätssteigerung durch das höherwertige Bauteil erfährt, ist es sinnvoll die Kosten entsprechend aufzuteilen und nicht nur einer Eigenschaft zuzuordnen. Es ist schwierig, hier eine allgemein gefällige Lösung zu finden, da der Schallschutz, der überwiegend die Wohnqualität steigert und der Wärmeschutz, der die Folgekosten reduziert, bei jedem Betrachter andere Prioritäten hat. Für die nachfolgenden Berechnungen werden die Kosten je zur Hälfte umgelegt.

Nicht nur aus bauphysikalischer Sichtweise ergeben sich Abhängigkeiten zwischen dem Schallschutz und einer Erhöhung des Wärmeschutzes in Verbindung mit dem Anforderungsniveau der EnEV 2000. Auch auf die Kosten bezogen ergeben sich zu berücksichtigende Abhängigkeiten. Die Betrachtung der Differenzkosten verschiedener Ausführungsvarianten muß um den Wärmeschutz des Bauteils erweitert werden. Bei gleichen Investitionskosten und bereits berücksichtigten Konstruktionsflächenbedarf, ist ein Bauteil mit niedrigerem k-Wert wirtschaftlicher einzustufen als andere. Hier jedoch eine allgemeingültige Aussage lediglich anhand von Einzelbauteilen zu treffen, ist kaum möglich, da zu viele Randbedingungen (z.B. Flächen der wohnungstrennenden Bauteile, Nutzerverhalten der Bewohner, etc.) erfaßt werden müssen, um reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Eine Kostenabschätzung anhand eines Beispiels wird am Ende dieses Abschnitts vorgenommen. Es hängt u.a. auch von der Betrachtungsweise ab. Für denjenigen, der seine Wohnung tagsüber reduziert beheizt und dadurch die Nachbarn mitheizen läßt, rechnet sich eine dadurch ermöglichte verbesserte Heizkostenermittlung nicht. Er wird doppelt „bestraft“, er muß höhere Investitionskosten aufbringen, damit die Heizkostenabrechnung genauer – zu seinen Ungunsten – ermittelt werden kann. Eine solche Verbesserung kann sich also nur für

Bewohner rentieren, die durch eine genauere Heizkostenerfassung nicht mehr die Kosten für das Mitheizen benachbarter Wohnungen aufbringen müssen. Zu berücksichtigen ist auch, daß die wohnungsbezogenen Nutzungsbedingungen sich während der gesamten Nutzungsdauer des Gebäudes mehrfach ändern können. Bei den Bauteilen der nachfolgenden Tabellen wurde der k-Wert näherungsweise monetär bewertet. Es wurden die gleichen Randbedingungen und Berechnungsverfahren wie bei dem Beispiel am Ende dieses Abschnittes vorausgesetzt. Als Laufzeit, über die die Heizenergieeinsparung betrachtet wird, werden 30 Jahre angesetzt. Daraus ergibt sich als grobe Kostenabschätzung ein Kostenunterschied je 0,10 (W/m<sup>2</sup>\*K) k-Wertdifferenz von 1,80 DM/m<sup>2</sup> auf 30 Jahre bezogen. D.h. ein Bauteil mit einem k-Wert von 1,00 (W/m<sup>2</sup>\*K) statt 1,50 (W/m<sup>2</sup>\*K) hat durch die genauere Heizkostenabrechnung – gleiche Randbedingungen wie beim Beispiel am Ende des Abschnittes vorausgesetzt – 5 x 1,80 DM/m<sup>2</sup> = 9,00 DM/m<sup>2</sup> in 30 Jahren an Heizkosten „eingespart“.

Für die zuvor empfohlenen Massivwandkonstruktionen mit biegeweicher Vorsatzschale ergeben sich folgende Vergleichskosten zu üblichen einschaligen Mauerwerkswänden, bezogen auf die Schallschutzerfordernisse/ -empfehlungen der DIN 4109 bzw. VDI 4100, wobei die Version ohne Vorsatzschale jeweils kostenmäßig innerhalb ihrer Schallschutzstufe als 100 Prozent Ausgangsbasis herangezogen wird:

<b>Wohnungs-trennwand</b>	<b>DIN 4109 / VDI 4100 SSt I</b>	<b>VDI 4100 SSt II</b>	<b>VDI 4100 SSt III</b>
<b>ohne Vorsatzschale</b>	<b>Wandaufbau:</b> 2x10mm Putz, MW Rohdichte=2000 kg/m <sup>3</sup> , d=20,0 cm, Normalmörtel Gesamtdicke D=22,0cm <b>k-Wert</b> = 2,00 W/(m <sup>2</sup> *K) <b>Kosten</b> ohne Wfl.-Verl.: 150,40 DM <b>Kosten</b> mit Wfl.-Verl.: 150,40 DM <b>Kosten</b> mit k-Wert: 150,40 DM	<b>Wandaufbau:</b> 2x10mm Putz, MW Rohdichte=2200 kg/m <sup>3</sup> , d=24,0 cm, Normalmörtel Gesamtdicke D=26,0cm <b>k-Wert</b> = 1,99 W/(m <sup>2</sup> *K) <b>Kosten</b> ohne Wfl.-Verl.: 172,61 DM <b>Kosten</b> mit Wfl.-Verl.: 172,61 DM <b>Kosten</b> mit k-Wert: 172,61 DM	<b>Wandaufbau:</b> 2x10mm Putz, MW Rohdichte=2000 kg/m <sup>3</sup> , d=36,5 cm, Normalmörtel Gesamtdicke D=38,5cm <b>k-Wert</b> = 1,54 W/(m <sup>2</sup> *K) <b>Kosten</b> ohne Wfl.-Verl.: 193,65 DM <b>Kosten</b> mit Wfl.-Verl.: 193,65 DM <b>Kosten</b> mit k-Wert: 193,65 DM
<b>mit Vorsatzschale ohne Dämmung</b>	<b>Wandaufbau:</b> 10mm Putz, Stb. Rohdichte=2500 kg/m <sup>3</sup> , d=12,5 cm, Vorsatzschale Typ Zeile 5, Tab. 7 DIN 4109 Bbl. 1 Gesamtdicke D=22,4cm <b>k-Wert</b> = 0,95 W/(m <sup>2</sup> *K) <b>Kosten</b> ohne Wfl.-Verl.: 198,44 DM <b>Kosten</b> mit Wfl.-Verl.: 203,06 DM <b>Kosten</b> mit k-Wert: 184,27 DM	<b>Wandaufbau:</b> 10mm Putz, MW Rohdichte=2200 kg/m <sup>3</sup> , d=17,5 cm, Vorsatzschale Typ Zeile 1, Tab. 7 DIN 4109 Bbl. 1 Gesamtdicke D=29,4cm <b>k-Wert</b> = 0,78 W/(m <sup>2</sup> *K) <b>Kosten</b> ohne Wfl.-Verl.: 175,73 DM <b>Kosten</b> mit Wfl.-Verl.: 214,96 DM <b>Kosten</b> mit k-Wert: 193,30 DM	<b>Wandaufbau:</b> 10mm Putz, MW Rohdichte=2200 kg/m <sup>3</sup> , d=24,0 cm, Vorsatzschale Typ Zeile 1, Tab. 7 DIN 4109 Bbl. 1 Gesamtdicke D=35,9cm <b>k-Wert</b> = 0,75 W/(m <sup>2</sup> *K) <b>Kosten</b> ohne Wfl.-Verl.: 201,49 DM <b>Kosten</b> mit Wfl.-Verl.: 171,49 DM <b>Kosten</b> mit k-Wert: 157,35 DM
<b>mit Vorsatzschale mit Dämmung</b>	<b>Wandaufbau:</b> 10mm Putz, Stb. Rohdichte=2500 kg/m <sup>3</sup> , d=12,5 cm, Vorsatzschale Typ Zeile 6, Tab. 7 DIN 4109 Bbl. 1 Gesamtdicke D=21,4cm <b>k-Wert</b> = 0,57 W/(m <sup>2</sup> *K) <b>Kosten</b> ohne Wfl.-Verl.: 197,64 DM <b>Kosten</b> mit Wfl.-Verl.: 190,72 DM <b>Kosten</b> mit k-Wert: 165,12 DM	<b>Wandaufbau:</b> 10mm Putz, MW Rohdichte=2200 kg/m <sup>3</sup> , d=17,5 cm, Vorsatzschale Typ Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Bbl. 1 Gesamtdicke D=28,4cm <b>k-Wert</b> = 0,50 W/(m <sup>2</sup> *K) <b>Kosten</b> ohne Wfl.-Verl.: 174,93 DM <b>Kosten</b> mit Wfl.-Verl.: 202,62 DM <b>Kosten</b> mit k-Wert: 175,95 DM	<b>Wandaufbau:</b> 10mm Putz, MW Rohdichte=2200 kg/m <sup>3</sup> , d=24,0 cm, Vorsatzschale Typ Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Bbl. 1 Gesamtdicke D=34,9cm <b>k-Wert</b> = 0,49 W/(m <sup>2</sup> *K) <b>Kosten</b> ohne Wfl.-Verl.: 200,69 DM <b>Kosten</b> mit Wfl.-Verl.: 159,15 DM <b>Kosten</b> mit k-Wert: 140,36 DM

Bauteil- und Kostenwerte stammen aus Kapitel 4 (siehe dort). Ausgangswert für den Wohnflächenverlust ist die Massivwand ohne biegeweiche Vorsatzschale. Voraussetzung: flankierende Bauteile weisen eine mittlere flächenbezogene Masse von etwa 300kg/m<sup>2</sup> auf. Die Kosten beziehen sich auf einen Quadratmeter Wandfläche.



Unter Berücksichtigung der benötigten Konstruktionsfläche und der damit zur Verfügung stehenden Wohnfläche wird die Massivwand mit biegeweicher Vorsatzschale mit zunehmendem Schalldämm-Maß wirtschaftlicher. Der Wärmeschutz solcher Wände ist deutlich höher, als bei Massivwänden ohne biegeweicher Vorsatzschale. Bei Massivwänden mit biegeweicher Vorsatzschale ist eine wärmegeämmte Variante der Vorsatzschale einer ungedämmten Ausführung vorzuziehen. Wie der obige Kostenvergleich zeigt, können durch Einsparung der Dämmung die Investitionskosten nicht verringert werden, da zum Erreichen eines vergleichbaren Schallschutzes eine teurere Beplankung erforderlich ist. Die Absicht durch Entfall der Dämmung Kosten einzusparen, kehrt sich zusätzlich, durch den größeren Konstruktionsflächenbedarf der biegeweichen Vorsatzschale, in einen Nachteil um.

Inwieweit die Differenzkosten, die durch den höheren Wärmeschutz der Innenbauteile und damit der Möglichkeit zur verbesserten verbrauchsabhängigen Erfassung und Abrechnung der Heizkosten entstehen, aufgefangen werden, wird am Ende dieses Abschnitts untersucht.

Bei Massivdecken mit biegeweichen Unterdecken nehmen die Differenzkosten im Vergleich zu Massivdecken ohne biegeweiche Unterdecken mit Zunahme des Schallschutzes ab. Auch hier verursacht ein hoher Schallschutz in Verbindung mit einem gleichzeitig gewünschten hohen Wärmeschutz geringere zusätzliche Kosten, die ggf. durch den Vorteil der verbesserten Verbrauchsabrechnung relativiert werden. Durch Entfall der Dämmung in der biegeweichen Unterdecke können die Investitionskosten kaum gesenkt werden, der Wärmedurchgangskoeffizient verschlechtert sich dadurch jedoch deutlich. Auch hier ist die Empfehlung zum Erreichen eines verbesserten Standards der Wohnungen im Mehrfamilienhaus – wie auch bei den Massivwänden mit biegeweicher Vorsatzschale – nicht auf die Dämmung und damit kostengünstige Verbesserung des Wärmeschutzes zu verzichten. Bei der nachfolgenden Tabelle wird die Version ohne Unterdecke innerhalb ihrer Schallschutzstufe als 100 Prozent Ausgangsbasis herangezogen.

<b>Wohnungs- trenndecke</b>	<b>DIN 4109 / VDI 4100 SSt I</b>	<b>VDI 4100 SSt II</b>	<b>VDI 4100 SSt III</b>
<b>ohne Unterdecke</b>	<b>Deckenaufbau:</b> Estrich d=35mm, Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> , Normalbeton Rohdichte =2500kg/m <sup>3</sup> d=120mm, Putz d=10mm Gesamtdicke D=17,5cm <b>k-Wert</b> = 1,24 W/(m <sup>2</sup> *K) <b>Kosten</b> 159,27 DM/m <sup>2</sup> <b>Kosten mit k-Wert:</b> 159,27 DM/m <sup>2</sup>	<b>Deckenaufbau:</b> Estrich d=35mm, Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> , Normalbeton Rohdichte =2500kg/m <sup>3</sup> d=180mm, Putz d=10mm Gesamtdicke D=23,5cm <b>k-Wert</b> = 1,20 W/(m <sup>2</sup> *K) <b>Kosten</b> 171,40 DM/m <sup>2</sup> <b>Kosten mit k-Wert:</b> 171,40 DM/m <sup>2</sup>	<b>Deckenaufbau:</b> Estrich d=35mm, Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> , Normalbeton Rohdichte =2500kg/m <sup>3</sup> d=320mm, Putz d=10mm Gesamtdicke D=37,5cm <b>k-Wert</b> = 1,11 W/(m <sup>2</sup> *K) <b>Kosten</b> 206,94 DM/m <sup>2</sup> <b>Kosten mit k-Wert:</b> 206,94 DM/m <sup>2</sup>
<b>mit Unterdecke ohne Dämmung</b>	<b>Deckenaufbau:</b> Estrich d=35mm, Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> , Normalbeton Rohdichte =2500kg/m <sup>3</sup> d=120mm, Biegeweiche Unterdecke d=66mm gemäß Tab. 11, Z. 7, DIN 4109 Beiblatt 1, jedoch ohne Dämmung Gesamtdicke D=23,6cm <b>k-Wert</b> = 0,93 W/(m <sup>2</sup> *K) <b>Kosten</b> 191,66 DM/m <sup>2</sup> <b>Kosten mit k-Wert:</b> 186,11 DM/m <sup>2</sup>	<b>Deckenaufbau:</b> Estrich d=35mm, Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> , Normalbeton Rohdichte =2500kg/m <sup>3</sup> d=120mm, Biegeweiche Unterdecke d=66mm gemäß Tab. 11, Z. 7, DIN 4109 Beiblatt 1, jedoch ohne Dämmung Gesamtdicke D=23,6cm <b>k-Wert</b> = 0,93 W/(m <sup>2</sup> *K) <b>Kosten</b> 191,66 DM/m <sup>2</sup> <b>Kosten mit k-Wert:</b> 186,83 DM/m <sup>2</sup>	<b>Deckenaufbau:</b> Estrich d=35mm, Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> , Normalbeton Rohdichte =2500kg/m <sup>3</sup> d=235mm, Biegeweiche Unterdecke d=66mm gemäß Tab. 11, Z. 7, DIN 4109 Beiblatt 1, jedoch ohne Dämmung Gesamtdicke D=35,1cm <b>k-Wert</b> = 0,88 W/(m <sup>2</sup> *K) <b>Kosten</b> 216,58 DM/m <sup>2</sup> <b>Kosten mit k-Wert:</b> 212,46 DM/m <sup>2</sup>
<b>mit Unterdecke mit Dämmung</b>	<b>Deckenaufbau:</b> Estrich d=35mm, Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> , Normalbeton Rohdichte =2500kg/m <sup>3</sup> d=120mm, Biegeweiche Unterdecke d=66mm gemäß Tab. 11, Z. 7, DIN 4109 Beiblatt 1 Gesamtdicke D=23,6cm <b>k-Wert</b> = 0,51 W/(m <sup>2</sup> *K) <b>Kosten</b> 195,66 DM/m <sup>2</sup> <b>Kosten mit k-Wert:</b> 182,59 DM/m <sup>2</sup>	<b>Deckenaufbau:</b> Estrich d=35mm, Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> , Normalbeton Rohdichte =2500kg/m <sup>3</sup> d=120mm, Biegeweiche Unterdecke d=66mm gemäß Tab. 11, Z. 7, DIN 4109 Beiblatt 1 Gesamtdicke D=23,6cm <b>k-Wert</b> = 0,51 W/(m <sup>2</sup> *K) <b>Kosten</b> 195,66 DM/m <sup>2</sup> <b>Kosten mit k-Wert:</b> 183,31 DM/m <sup>2</sup>	<b>Deckenaufbau:</b> Estrich d=35mm, Trittschalldämmung d=13/10mm, s'=20MN/m <sup>3</sup> , Normalbeton Rohdichte =2500kg/m <sup>3</sup> d=235mm, Biegeweiche Unterdecke d=66mm gemäß Tab. 11, Z. 7, DIN 4109 Beiblatt 1 Gesamtdicke D=35,1cm <b>k-Wert</b> = 0,50 W/(m <sup>2</sup> *K) <b>Kosten</b> 220,58 DM/m <sup>2</sup> <b>Kosten mit k-Wert:</b> 209,66 DM/m <sup>2</sup>
Bauteil- und Kostenwerte stammen aus Kapitel 4 (siehe dort). Voraussetzung: flankierende Bauteile weisen eine mittlere flächenbezogene Masse von etwa 300kg/m <sup>2</sup> auf.			

Soll kosten- und flächensparendes Bauen in Verbindung mit hohem Schallschutz (VDI 4100 SSt II und III) sowie hohem Wärmeschutz der Wohnungen untereinander, zwecks Reduzierung der Wärmeströme innerhalb des Hauses, realisiert werden, so ist die Kombination Massivwand mit biegeweicher Vorsatzschale zu favorisieren. Um die Wärmeströme über die Wohnungstrenndecken gering zu halten, ist eine biegeweiche Unterdecke erforderlich, die ebenfalls den Schallschutz bei üblichen Dicken der Stahlbetondecke positiv beeinflusst.

Nachfolgend wird untersucht, ob sich der Einsatz eines wohnungstrennenden Bauteils mit einem höheren Schallschutz (SSt II statt SSt I VDI 4100) sowie einem besseren Wärmedurchgangskoeffizienten als wirtschaftlich darstellt, wenn dadurch die Genauigkeit der Erfassung und Abrechnung der Heizkosten erhöht wird. Da hier der Schallschutz und der Wärmeschutz Priorität haben, wird der Konstruktionsflächenbedarf nicht betrachtet. Die Kosten können anhand des Bauteils näherungsweise wie folgt abgeschätzt werden, wobei die Kostendifferenz zur Hälfte dem Schallschutz und zur Hälfte dem Wärmeschutz zugerechnet wird:

**Bauteilkombination 1: (niedriger Wärmeschutz der Wohnungen untereinander, SSt I)****Wände:**

**Wandaufbau:** 2x10mm Putz, MW Rohdichte=2000 kg/m<sup>3</sup>, d=20,0 cm, Normalmörtel, Gesamtdicke D=22,0cm, **k-Wert** = 2,00 W/(m<sup>2</sup>\*K)

**Kosten** ohne Wfl.-Verl.: 150,40 DM

**Decken:**

**Deckenaufbau:** Estrich d=35mm, Trittschalldämmung d=13/10mm, s´=20MN/m<sup>3</sup>, Normalbeton Rohdichte =2500kg/m<sup>3</sup> d=120mm, Putz d=10mm, Gesamtdicke D=17,5cm **k-Wert** = 1,24 W/(m<sup>2</sup>\*K), **Kosten** 159,27 DM/m<sup>2</sup>

**Bauteilkombination 2: (hoher Wärmeschutz der Wohnungen untereinander, SSt II)****Wände:**

**Wandaufbau:** 10mm Putz, MW Rohdichte=2200 kg/m<sup>3</sup>, d=17,5 cm, Vorsatzschale Typ Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Bbl. 1, Gesamtdicke D=28,4cm, **k-Wert** = 0,50 W/(m<sup>2</sup>\*K)

**Kosten** ohne Wfl.-Verl.: 174,93 DM

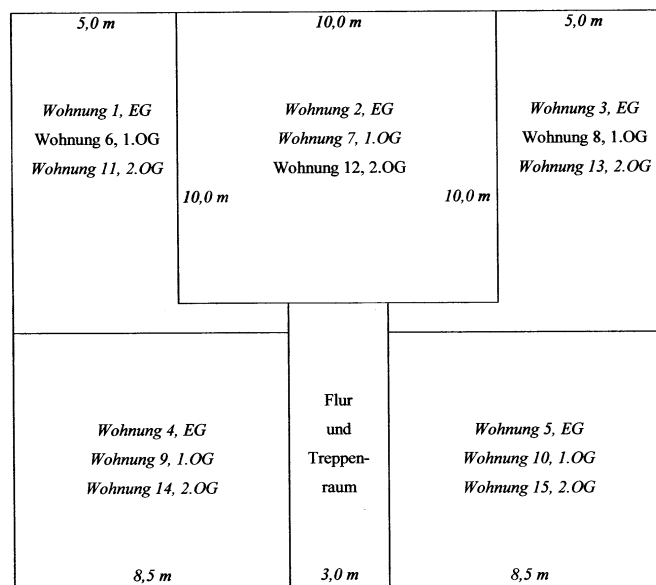
**Decken:**

**Deckenaufbau:** Estrich d=35mm, Trittschalldämmung d=13/10mm, s´=20MN/m<sup>3</sup>, Normalbeton Rohdichte =2500kg/m<sup>3</sup> d=120mm, Biegeweiche Unterdecke d=66mm gemäß Tab. 11, Z. 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Gesamtdicke D=23,6cm, **k-Wert** = 0,51 W/(m<sup>2</sup>\*K),

**Kosten** 195,66 DM/m<sup>2</sup>

Es wird von folgenden Randbedingungen ausgegangen, um eine realistische Abschätzung vornehmen zu können:

- Temperaturdifferenz der Nachbarwohnungen (20° C – 16° C) = 4° C
- Die Auskühlzeit der Wohnung mit der abgesenkten Temperatur wird nicht berücksichtigt
- 10 Stunden Temperaturabsenkung an 5 Tagen in der Woche
- Kosten für Energieaufwendungen: 1 kWh = 0,075 DM
- Wärmeverluste durch die Außen- und Treppenraumwände werden vernachlässigt
- Grundrißsituation:



Der Grundriß ist in den Geschossen EG, 1.OG und 2.OG gleich. Betrachtet wird die Wohnung 2 im 1.OG., also eine Wohnung die ziemlich in der Gebäudemitte liegt. Folgende Wohnungen sind dabei ständig mit 20°C beheizt: Wohnungen 1, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 13, 14 und 15. Die Wohnungen 6, 8 und 12 werden an 5 Tagen in der Woche jeweils für 10 Stunden auf 16° C Raumtemperatur reduziert.

**Daraus ergeben sich folgende Differenzkosten für den Heizenergieaufwand:**

Die Berechnung begrenzt sich auf den Transmissionswärmeverlust  $Q_T$  durch die wohnungstrennenden Bauteile. Interne Wärmegewinne, solare Wärmegewinne und der Lüftungwärmebedarf sind bei beiden Varianten gleich groß und müssen daher nicht berücksichtigt werden.

Die Formel zu Ermittlung des Transmissionswärmebedarf  $Q_T$  (für Niveau WSV 1995)

$$Q_T = 84 \times (k_w \times A_w + k_F \times A_F + 0,8 \times k_D \times A_D + 0,5 \times k_G \times A_G + k_{DL} \times A_{DL} + 0,5 \times k_{AB} \times A_{AB})$$

mit  $k$  = Wärmedurchgangskoeffizient  
 $A$  = der zugehörigen Fläche

und den Indizes  $w$  = Außenwand  
 $F$  = Fenster  
 $D$  = Decke nach Oben  
 Gegen Außenluft  
 $G$  = Kellerdecken  
 $DL$  = Decke nach Unten  
 gegen Außenluft  
 $AB$  = Bauteil gegen  
 Räume mit niedrigen  
 Innentemperaturen

muß entsprechend angepaßt werden, um den Randbedingungen gerecht zu werden. Dieses geschieht über den Faktor 84, der sich wie folgt verändert:

1. Der Faktor 84 ergibt sich aus der Gradtagzahl  $GTZ = 3500 \text{ Kd/a}$  und dem Umrechnungsfaktor 0,024, der die Umrechnung von  $[\text{Kd/a}]$  in  $[\text{kWh/a}]$  bewirkt ( $3500 \times 0,024 = 84$ ). Bei 222 Heiztagen ergibt sich eine mittlere Temperaturdifferenz von  $3500 \text{ Kd} / 222 \text{ d} = 15,77^\circ \text{ K}$ , bei der nachfolgenden Betrachtung sind lediglich  $4^\circ \text{ K}$  anzusetzen.
2. Die Reduzierung der Temperatur findet lediglich an 5 von 7 Tagen in der Woche über 10 von 24 Stunden statt.

Der neue Faktor ergibt sich zu:

$$84 \times \frac{4^\circ \text{K}}{15,77^\circ \text{K}} \times \frac{5 \text{ Tage}}{7 \text{ Tage}} \times \frac{10 \text{ Stunden/Tag}}{24 \text{ Stunden/Tag}} = \mathbf{6,35}$$

Die abweichende Betrachtung der Gebäudesituation beschränkt sich auf Wohnungstrennwände und -decken. Daraus ergibt sich die Formel für den Transmissionswärmebedarf wie folgt:

$$Q_T = 6,35 \times (k_w \times A_w + k_D \times A_D + k_B \times A_B)$$

mit  $k$  = Wärmedurchgangskoeffizient und den Indizes  $w$  = Wohnungstrennwand  
 $A$  = der zugehörigen Fläche  $D$  = Wohnungstrenndecke nach Oben  
 $B$  = Wohnungstrenndecke nach Unten

Die Differenz des Jahresheizenergiebedarfs  $\Delta Q$  ergibt sich aus der Formel

$$Q_H = (Q_T + Q_L) - (Q_I + Q_S)$$

wie folgt, da der Lüftungswärmeverlußt  $Q_L = 0$ , der Interne Wärmegewinn  $Q_I = 0$ , der Solare Wärmegewinn  $Q_S = 0$  sind und der Faktor für die Aufwandszahl der Heizungsanlage mit  $1 / \eta = 1 / 0,8 = 1,25$  angenommen wird:

$$\Delta Q = 1,25 \times (Q_{T \text{ Version 1}} - Q_{T \text{ Version 2}})$$

Für das obige Beispiel ergeben sich die Differenzkosten wie folgt:

Berechnung der Flächen der wohnungstrennenden Bauteile:

$$A_w = (10,0\text{m} + 3,5\text{m} + 10,0\text{m} + 3,5\text{m}) \times 2,50\text{m} = 67,5 \text{ m}^2$$

$$A_D = (10,0\text{m} \times 10,0\text{m}) = 100,0 \text{ m}^2$$

$$A_B = (10,0\text{m} \times 10,0\text{m}) = 100,0 \text{ m}^2, \quad A_B \text{ ist nicht zu berücksichtigen, da Whg 2 beheizt.}$$

Berechnung des Transmissionswärmebedarfs beider Versionen:

$$Q_{T \text{ Version 1}} = 6,35 \times (2,00 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \times 67,5\text{m}^2 + 1,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \times 100,0\text{m}^2) = 1645 \text{ kWh/a}$$

$$Q_{T \text{ Version 2}} = 6,35 \times (0,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \times 67,5\text{m}^2 + 0,51 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \times 100,0\text{m}^2) = 538 \text{ kWh/a}$$

Berechnung der Differenz des Jahres-Heizwärmebedarfs beider Versionen:

$$\Delta Q = 1,25 \times (1645 \text{ kWh/a} - 538 \text{ kWh/a}) = 1107 \text{ kWh/a}$$

Bei 0,075 DM je kWh ergibt sich eine Kostendifferenz des Jahres-Heizwärmebedarfs von 83,03 DM pro Jahr.

Dieser muß nun mit den Differenzkosten der beiden Ausführungsvarianten verglichen werden:

Differenzkosten der Wände je m <sup>2</sup> :	$174,93 \text{ DM/m}^2 - 150,40 \text{ DM/m}^2 = 24,53 \text{ DM}$
Differenzkosten der Decke je m <sup>2</sup> :	$195,66 \text{ DM/m}^2 - 159,27 \text{ DM/m}^2 = 36,66 \text{ DM}$

Es erfolgt eine Kostenumlage auf alle Wohnungen. Es werden lediglich die Zusatzkosten der Bauteile, die die betrachtete Wohnung Nr. 7 von anderen Wohnungen abgrenzen, betrachtet, wobei die Wände und Decken zur Hälfte zu der Wohnung Nr. 7 und zur Hälfte zur den angrenzenden Wohnungen gehören.

Die Kosten lediglich auf eine Wohnung umzulegen ist nicht praxisgerecht, da das Nutzerverhalten innerhalb der verschiedenen Wohnungen noch nicht bekannt ist und über die Nutzungsdauer variieren kann.

Betrachtet man diese Differenzkosten für die Wohnung 7, so sind

$3 \times 10,0\text{m} \times 2,50\text{m} / 2 = 37,5 \text{ m}^2 \text{ Wandfläche} \times 24,53 \text{ DM/m}^2 \times 1/2 =$	460,-- DM
$2 \times 10,0\text{m} \times 10,0\text{m} / 2 = 100,0 \text{ m}^2 \text{ Deckenfläche} \times 36,66 \text{ DM/m}^2 \times 1/2 =$	<u>1833,-- DM</u>
	2293,-- DM

anzusetzen. Die Halbierung der wohnungstrennenden Bauteile ergibt sich dadurch, daß die Wände bzw. Decken Gemeinschaftseigentum darstellen und zu zwei Wohnungen gehören. Die Halbierung der Kosten ergibt sich durch die anteilige Kostenumlage auf Schallschutz und Wärmeschutz.

Um nun die 2293,-- DM Mehrkosten durch Wechsel der Ausführungsvariante über die geringer aufzuwendenden Heizkosten wieder herauszuwirtschaften, sind  $2293,--\text{DM} / 83,03 \text{ DM/a} = 28 \text{ Jahre}$  erforderlich.

Diese Dauer ist für den Erwerber einer Eigentumswohnung noch als akzeptabel anzusehen. Ein Teil der Mehrkosten, aus der Sicht des höheren Schallschutzes gesehen, kann so aufgefangen werden. Eine genauere Betrachtung mit der Berücksichtigung von Zins und Zinseszins sowie der Energiepreisentwicklung verändert die Größenordnung der Dauer nicht. Soll der Wärmeschutz von wohnungstrennenden Bauteilen mit in eine Wirtschaftlich-

keitsuntersuchung einfließen, so ist es sinnvoll, die Bauteile über eine Zeitspanne von 30 Jahren, gemäß Seite 231/ 232 zu betrachten und kostenmäßig zu berücksichtigen.

Eine zuverlässige Kostenabschätzung kann jedoch lediglich an einem bestimmten Gebäude bei einem bekannten Nutzerverhalten ermittelt werden. Hier Annahmen zu treffen, ist mit einer Unsicherheit behaftet, da z.B. während der Planung noch nicht bekannt ist, wie das Nutzerverhalten der einzelnen Wohnungen sein wird und dadurch eine wesentliche Voraussetzung fehlt. Eine erste Abschätzung durch den Planer kann jedoch anhand der obigen Annahmen vorgenommen werden.

### **Optimierung des Schallschutzes:**

Die mathematische Optimierung der Funktion des Schallschutzes, die sich aus der Dimensionierung heraus entwickelt, ist, wie in Kapitel 5 dargelegt, nicht verfügbar. Obwohl der Käufer/ Nutzer wählen kann, ist nur im speziellen Fall mit Hilfe der dargelegten Vergleichsrechnung das wirtschaftliche Äquivalent für den höheren Schallschutz zu ermitteln. Die Schallübertragungsmechanismen und die daraus folgenden Konstruktionsentscheidungen sind eine Kombination aus:

- Baustoffeigenschaften (Rohdichte, Grenzfrequenz)
- Bauteileigenschaften (Dicke, flächenbezogene Masse, Eigenlast, Art der Konstruktion, Platzbedarf, Stoßstellen, Investitionskosten, Betriebskosten)
- Flankierende Bauteile (flächenbezogene Masse, Stoßstellen, Art der Konstruktion)

die sich bei momentaner Modellbildung nicht berechnen lassen.

Darüber hinaus werden die vorhandenen Vorgehensweisen, Konstruktions- und Berechnungsverfahren inzwischen als unzulänglich angesehen und neue vorgeschlagen, zu denen aber umfangreiche Untersuchungen erforderlich sind. Das optimale Vorgehen kann also z.Z. nicht über einen Modellansatz abgeleitet, sondern muß durch Vergleichsrechnungen, wie hier vorgelegt, und in umfangreichen Versuchen in Forschung, Entwicklung, Konstruktion und Erprobung umgesetzt werden.

### Sonstige Optimierungsziele:

Neben Lastabtrag, Wärme- und Schallschutz werden konstruktiver Brandschutz und raumbildende Eigenschaften (Oberflächen, Sichtschutz, Sicherheitsempfinden, etc.) gefordert. Brandschutz wird i.d.R. von Experten diskutiert und entwickelt. Beim Brandschutz wird i.a. nach großen Brandkatastrophen, wie am Düsseldorfer Flughafen 1997 geschehen, das Thema in die Öffentlichkeit gebracht, aber es wird nach kurzer Zeit wieder zum Expertenthema. Unterschiedlicher Kundenbedarf ist nicht zu erkennen, Kostenoptimierungen werden aufgrund der weitverbreiteten Assoziation preiswert = schlechtere Qualität weitgehend vermieden.

Raumbildende Eigenschaften: Oberflächen von Bauteilen verursachen sowohl Investitions- wie auch Betriebskosten. Sie können wirtschaftlich durch Berechnungsansätze ermittelt und durch Vergleiche ausgewählt werden. Die Berechnung erfolgt über den nachfolgenden Ansatz:

Kosteneinsatz:  $K = K_{\text{Investitionskosten}} + K_{\text{Betriebskosten}}$

$$K_{\text{Betriebskosten}} = K_{\text{Betriebskosten(p.a.)}} \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n \quad (9)$$

<b>K<sub>Investitionskosten</sub>:</b>	Betrag, der aufgewendet werden muß, um die Oberfläche zu erstellen
<b>K<sub>Betriebskosten</sub>:</b>	Betrag, der aufgewendet werden muß, um die Oberfläche über n Jahre in einwandfreien Zustand zu halten
<b>K:</b>	Kosteneinsatz der Oberfläche über n Jahre
<b>n:</b>	Dauer der Betrachtung für die Betriebskosten in Jahren
<b>p:</b>	Zinssatz, mit dem der Betrag $K_{\text{Betriebskosten}}$ über eine Laufzeit von n Jahren verzinst werden soll

Es sind also jeweils die erforderlichen Kosten der zu vergleichenden Oberflächenalternativen zu berechnen und wirtschaftlich auszuwählen.

**Fazit:** Die wirtschaftliche Optimierung verschiedener Funktionen eines Bauwerkes bleiben begrenzte Spezialgebiete. Im Regelfall wird nur über Vergleichsrechnung und Wettbewerb das wirtschaftliche Optimum für das individuelle Objekt zu finden sein.



## 7.2 Planungsmethoden und Produktentwicklung für hohen Schallschutz

Die systematische ganzheitliche Produktoptimierung im Sinne von **Industrieprodukten**, bei denen ausgehend vom Systemführer über die Zulieferkette in Forschung, Entwicklung, Qualitätssicherung und Fertigung alle Teile auf das Produkt hin ausgerichtet werden, die sogenannte Zielkostenplanung, findet aus vielen Gründen am Bau nicht statt.

Die **am Bau Beteiligten** sind in der Regel nur über Marktmechanismen gekoppelt, d.h. erst die erkennbare langfristige Nachfrage, also keine Zielvorgabe, führt z.B. bei oligopolistisch ausgebildeten Baustoffzulieferern und vielen handwerklichen Kleinabnehmern, die in der Regel aus einem speziellen Handwerkszweig kommen, zu erkennbaren Produktentwicklungen beim Zulieferer. Die Innovationsgeschwindigkeit ist aber gering, weil zum Beispiel der Baustoffhersteller sie auf die Umsetzungsgeschwindigkeit des Handwerks abstimmt. Zu große Entwicklungsschritte werden zunächst vom Handwerk abgelehnt und erst nach Jahren vom Markt angenommen, wie z.B. Vorwandinstallation, Trockenbauwände, etc. es in der historischen Betrachtung belegen. Will man die Entwicklung hin zu höherem und gleichzeitig kostengünstigeren Schallschutz diskutieren, wird man alle am Bau Beteiligten in die Diskussion einbeziehen müssen.

Die Möglichkeiten der Schallschutzoptimierung auf den verschiedenen Ebenen der Bauwirtschaft ist in Abbildung 93 dargestellt. Die am Bauprozeß beteiligten Institutionen können durch Qualitätsüberwachung, Vorfertigung sowie Forschung und Entwicklung erhöhte Anforderungen ihrer Produkte/ Dienstleistungen realisieren und wirtschaftlich optimieren.

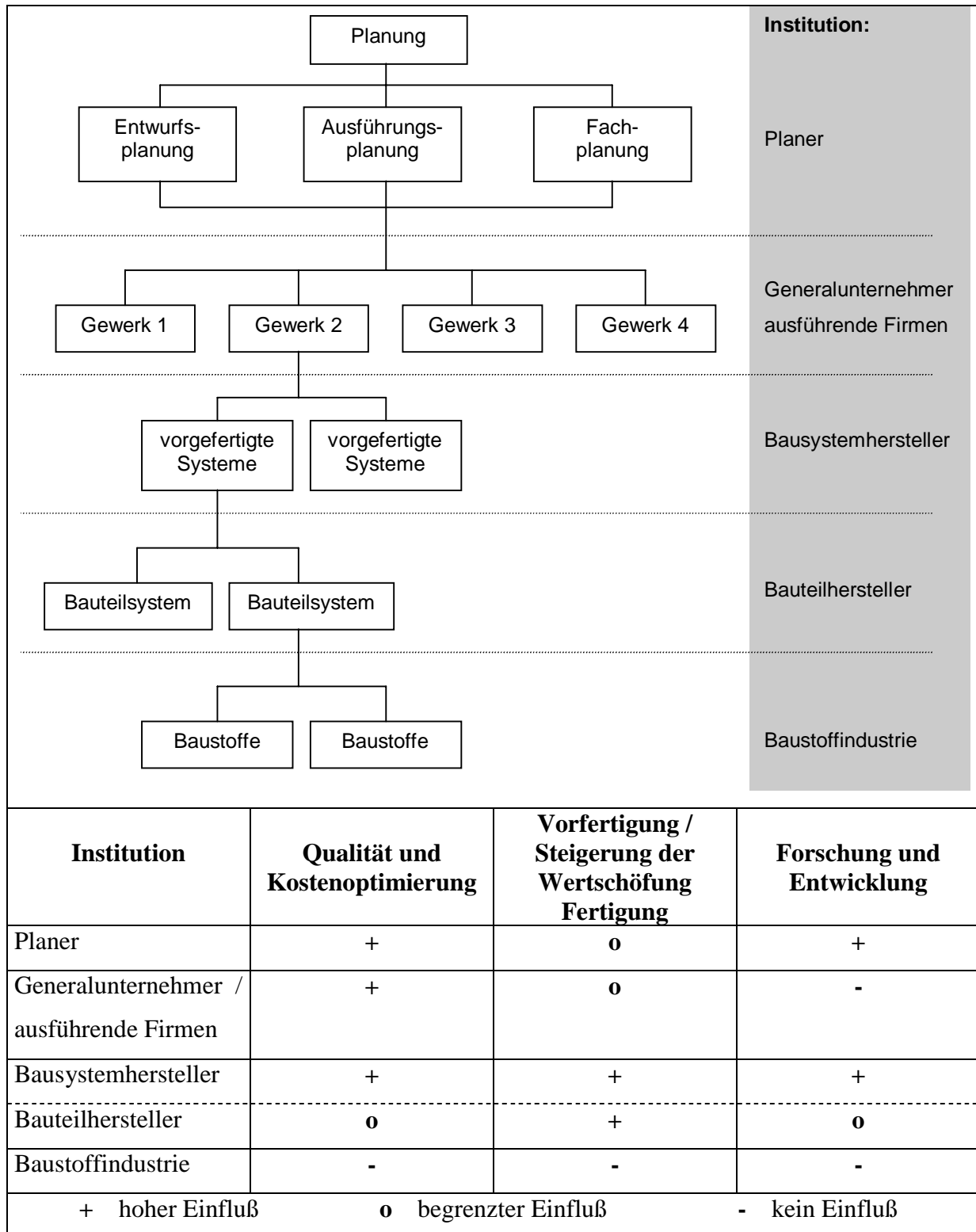


Abbildung 93: Optimierungsmöglichkeiten verschiedener am Bau beteiligter Institutionen

Für den Schallschutz ergibt sich daraus folgenden Situation: Die Schallschutzstufe III ist durch den Entwicklungsstand des Baustoff-, Bausystem- und Bauteilproduktangebotes noch nicht beliebig realisierbar. Bisher zielen Versuche, Konstruktions- und Problementwicklungen nur selten auf dieses nicht nachgefragte Marktsegment (siehe Umfrage in Kapitel 2). Obwohl

man sich bei Trockenbau-, Dämmstoff und Sanitärsystemherstellern Lösungen vorstellen kann, die technisch realisierbar und gleichzeitig kostengünstig sind, wie Befragungen zeigen.

Das läßt sich auch aus den Abbildungen 90 bis 92 in Kapitel 6 ablesen, die deutlich machen, daß die Kostensteigerungen von SSt I zu SSt III durch Wechsel der Ausführungsart Mauerwerk in Trockenbau sich im akzeptablen Bereich von 1,8 % bewegen. Hingegen klettern die Kosten unter Beibehaltung der „Standardausführungsart Mauerwerk“ bereits um 8 %.

Nachfolgend soll erörtert werden, welche der am Bau Beteiligten Institutionen vom Einfluß und Potential her am ehesten in der Lage sind, die Schallschutzqualität kostensparend zu erhöhen bzw. Kosten zu senken.

#### **Planer:**

Nach Abbildung 93 kann der Planer durch sorgfältige Planung und Kostenoptimierung Einfluß auf die Schallschutzqualität und höheren Schallschutz nehmen. Er muß allerdings

- aufwendiger planen, siehe Abbildung 51 und 52,
- bauphysikalische Fachplaner einschalten sowie
- die ausführenden Firmen einbinden.

Dem stehen durch die Honorarordnung und die VOB/A strukturelle Hindernisse im Weg [92]. Insbesondere fehlen für den Schallschutz leistungsfähige Planungsinstrumente, die durch die Forschung entwickelt und bereitgestellt werden müssen. Ebenso fehlen leistungsfähige Baustoffe, Bauteile und Bausysteme, mit denen Schallschutzqualitäten der SSt III realisiert werden können.

#### **Generalunternehmer/ ausführende Firmen:**

Der Unternehmer steht vor ähnlichen Problemen wie der Planer. Ihm fehlen qualifizierte Planungsinstrumente, Baustoffe, Bauteile und Bausysteme, um Schallschutz der SSt III zu realisieren. Sein Einfluß bleibt auf die Ausführungsqualität, hier insbesondere auf die schallschutzgerechte Ausführung beschränkt.

#### **Bausystem- und Bauteilhersteller:**

Die Bausystemhersteller haben durch Forschung, Entwicklung und Vorfertigung den potentiell größten Einfluß auf die Ausführungsarten, die zu hohen Schallschutzqualitäten z.B.

der SSt III führen. Sie können durch F+E entkoppelte, mehrschalige Konstruktionen entwickeln, die diese Eigenschaft liefern. Die Entwicklungskosten lassen sich bei daraus entstehenden Großserienprodukten leicht umlegen. Das Prinzip der Entkoppelung der Bauteile und Bauelemente sowie das Vermeiden von Schallbrücken kann durch Bausysteme (aufeinander abgestimmte Baustoffe) und durch Vorfertigung am ehesten gelöst werden. Die Hersteller sehen sich aber durch die alleinige Veröffentlichung der VDI 4100 noch nicht veranlaßt, Forschung und Entwicklung für Produkte der SSt III zu betreiben, zumal die Nachfrage fehlt, das Handwerk nicht sofort bereit ist, die traditionellen Fertigungstechniken umzustellen, und die Planer und Generalunternehmer nicht auf diese Produkte eingestellt sind. Außerdem wären ggf. Teilprodukte erforderlich, die die Gewerkegrenzen der Handwerksordnung überschreiten, und damit aus dem traditionellen Planungs- und Fertigungsprozeß der HOAI und HWO herausfallen. Dem Gewerkegrenzen überschreitenden Bausystemhersteller würde aber für diese Produkte der Abnehmer fehlen, also ist dafür keine Entwicklung zu erwarten.

### **Baustoffindustrie:**

Bei traditionellen Baustoffen, insbesondere bei Steinmaterialien, hat man in den letzten Jahrzehnten das Tragverhalten in Hinblick auf den erforderlichen Wärmeschutz optimiert. Da bei 2- bis 4-geschossigen Häusern die Druckfestigkeit des klassischen Ziegels nur gering ausgenutzt war, wurde durch Erhöhung der Porosität oder Hochlochausbildung die Tragfähigkeit abgesenkt und die Wärmedämmeigenschaft erhöht.

Der Mindest-Schallschutz konnte mit Einsatz dieser Baustoffe problemlos eingehalten werden. Neuere Untersuchungen [96] widersprechen dieser Annahme, der Schallschutz wird trotz entsprechender flächenbezogener Masse nicht unbedingt eingehalten, weil Lochstrukturen, Fugen, etc. die Schallschutzeigenschaften der Wand herabsetzen.

Die Überlegungen zeigen, daß die optimale Kombination von Eigenschaften (lastabtragen, wärmedämmen, schalldämmen, Installationen aufnehmen, raumbilden, etc.) bei der Baustoffproduktherstellung systematisch von den Baustoffherstellern verfolgt wurde, inzwischen ausgereizt, bzw. sogar überreizt ist.

Dieses Beispiel zeigt, das die klassische Baustoffindustrie nur noch wenig Potential bietet, Schallschutz der SSt III und höher zu liefern.

**Fazit:** Will man kostengünstigen Schallschutz, so müssen die Schallübertragungseigenschaften modellhaft genauer geklärt werden, höhere Qualitätsüberwachung bei Planung und Ausführung betrieben werden. Insbesondere müssen aber die Bausystem- und Bauteilhersteller Marktpotential durch Nachfrage erkennen können, so daß eine Produktentwicklung für die Baustoffindustrie interessant wird.

### 7.3 Konstruktionskonzepte für Wohngebäude mit hohem Schallschutz

Eine Wirtschaftlichkeitsoptimierung des Schallschutzes stellt aufgrund seiner Verknüpfung mit anderen Gebäudeeigenschaften / -anforderungen ein komplexes Vorgehen dar. Die klassischen Baustoffe/ Konstruktionen können i.a. mehrere Funktionen übernehmen (Lastabtrag, Wärmeschutz, Schallschutz, Brandschutz, Feuchteschutz und Integration der Installationen). Die wesentlichen Verknüpfungen

- Abhängigkeit von trennenden und flankierenden Bauteilen,
- Kopplung von Installationen und Tragwerk,
- Kombinationen von Tragwerk und raumbildenden Bauteilen mit und ohne Schallschutzanforderungen und
- Abhängigkeit von Schallschutz und Wärmeschutz untereinander

müssen verstanden oder aufgelöst werden, um sie optimieren zu können. Ebenso können multifunktionale Baustoffe/ Bauteile immer öfter nicht mehr den Anforderungen der Normung gerecht werden, die z.B. durch die WSVO '95 oder EnEV 2000 deutlich erhöht wurden. Durch die Entkopplung der Gebäudeaufgaben entstehen im Wesentlichen die Teilsysteme

- Tragwerk
- raumbildende Bauteile
- Schallschutz
- Wärmeschutz
- Installation
- Brandschutz

die getrennt Aufgaben erfüllen und zu optimieren sind. Der Gedanke soll grundsätzlich dargestellt, aber dann nur für den Schallschutz verfolgt werden. Eine nahezu vollständige

Entkopplung des Schallschutzes ist i.a. nur durch eine Skelettbauweise zu erreichen. Die Skelettbauweise mit entkoppelten raumbildenden Bauteilen wäre neben dem Massivbau die Variante für ein Bauwerk mit hohen Schallschutzeigenschaften.

### **Skelettbauweise:**

Der Grad der dort vorhandenen Trennung von Tragwerk, raumbildenden Bauteilen (abgesehen von den Decken und aussteifenden Wänden) und der Installation ist wesentlich höher, als der bei den innerhalb der Arbeit betrachteten Massivbauweisen. Die Skelettbauweise wird in Deutschland bei kleinen Wohnungsbauprojekten erst seit einigen Jahren angewendet. Es entstehen Gebäude, in denen einzelne Bestandteile beliebig austauschbar sind. Durch den Schallschutz werden hohe Anforderungen an das System gestellt, da die obigen Abhängigkeiten sich nicht immer gänzlich aufheben lassen oder eine Aufhebung nicht unbedingt sinnvoll ist.

Grundsätzlich wird folgender Ansatz bei den entkoppelten Systemen verfolgt:

- Baustoffe und Teilsysteme werden für die jeweilige Anforderung optimiert, z. B. Trageigenschaft, Schallschutz, Wärmeschutz, etc.
- Es wird überprüft, in wie weit die übrigen Anforderungen erfüllt sind.
- Anforderungen, die nicht oder nur teilweise erfüllt sind, werden ergänzt, z.B. durch biegeeweiche Vorsatzschalen, Wärmedämmverbundsysteme, Brandschutzbekleidungen, etc.

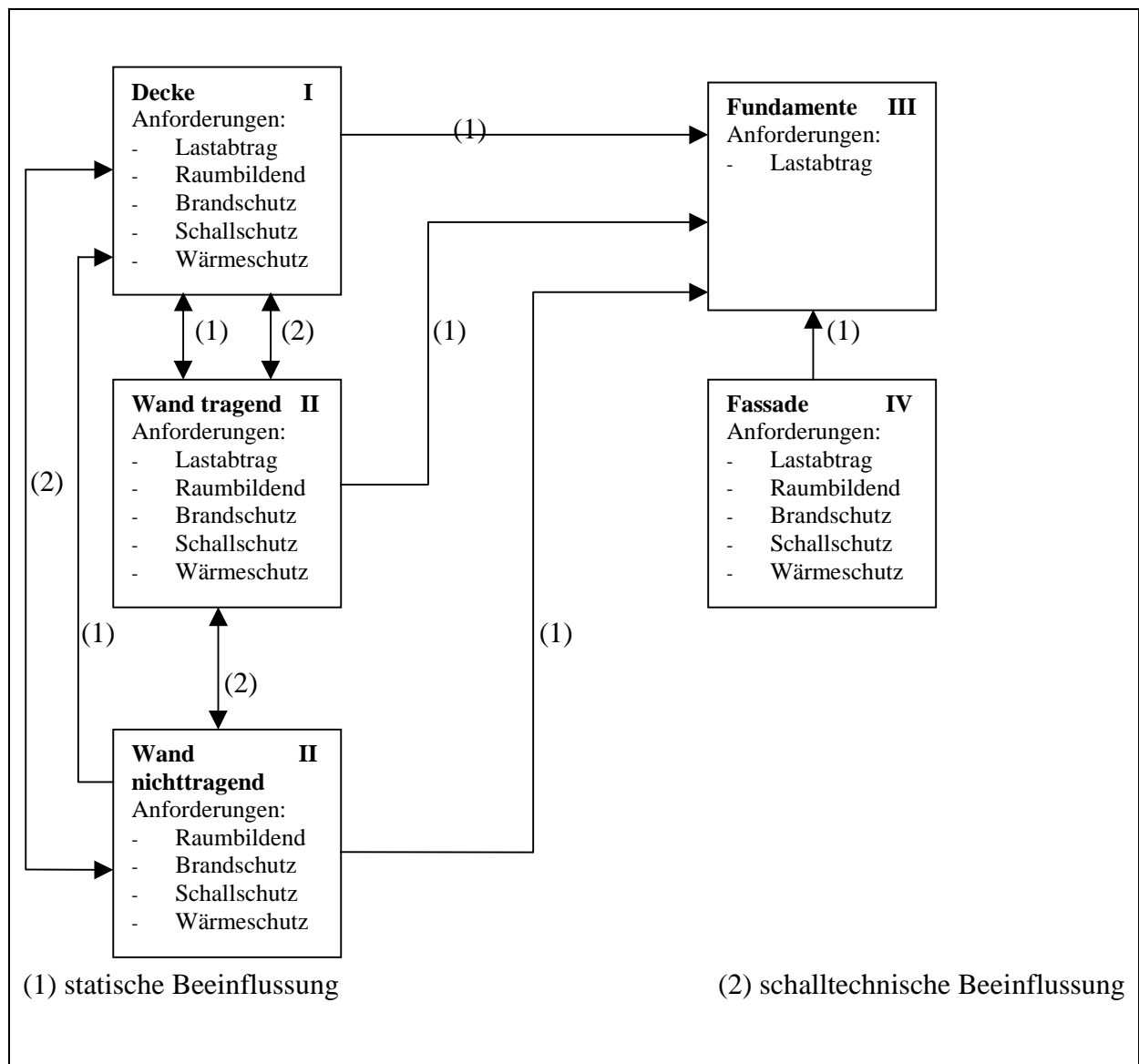
Entsprechende Entwicklungen in Schweden und Finnland im Rahmen der Noise-Climate-Wohngebäude bestehen aus einer Stahlbetonskelettkonstruktion sowie Innenwänden und Fassaden aus Leichtbauweise, die erhöhten Schallschutz bieten [94].

Kann jedoch z.B. eine normale einschalige Stahlbeton- oder Mauerwerkswand sämtliche Anforderungen wirtschaftlich erfüllen, so macht eine Entkopplung/ Zerlegung z.B. Stahlrahmen zum Lastabtrag, Ausfachung mit Metallständerwerkswänden zur Raumbildung, Einfügen einer Mineralfaserdämmung zum Schall- und Wärmeschutz sowie eine zusätzliche Beplankung zum Brandschutz wenig Sinn, da bereits ein Optimum vorliegt. Generell ist jedoch eine Entkopplung anzustreben, um entsprechend optimieren zu können.

### Massivbauweise:

Bei Massivbauweisen ist eine Trennung von Tragwerk und Bauteilen mit Schallschutzanforderungen i.a. nicht in vollem Umfang zu realisieren. Schallübertragungen über flankierende Bauteile sind im Massivbau nicht zu umgehen. Eine Optimierung ist aber auch bei einer solchen, teilentkoppelten Lösung möglich, wie später gezeigt wird.

Für den Massivbau lassen sich schallschutztechnische und ökonomische Funktionskombinationen folgendermaßen grafisch darstellen:



- I: In der Decke sollen tragende und raumbildenden Funktionen einschließlich erforderlicher bauphysikalischer Funktionen erhalten bleiben.
- II: Wände sollten weitgehend in die Funktion tragende Wand und raumbildende Wand (nichttragende Wand) aufgelöst werden.
- III: Fundamente werden nur zum Lastabtrag benötigt.
- IV: Fassaden haben raumbildende und insbesondere Wärmeschutzfunktionen zu erfüllen und sind bis auf den Lastabtrag entkoppelt.
- V: Installationen haben Versorgungsfunktion und sind entkoppelt.

Abbildung 94: Schallschutztechnisch ökonomische (Ent-) Kopplungen im Massivbau

Das Bausystem bietet den Vorteil, daß die Bauteile weitgehend entkoppelt sind. Funktionen lassen sich „isoliert“ betrachten und optimieren.

- Fassade: Wärmeschutz bei Optimierung der Kosten
- Installation: Versorgung bei Einhaltung der bauphysikalischen Anforderungen mit Optimierung der Kosten
- Raumbildende Bauteile: Optimierung der bauphysikalischen Anforderungen und der Kosten
- Tragwerk: wirtschaftlich optimale Dimensionierung
- Wände: Optimierung unter Berücksichtigung der durch die Wand beanspruchten Konstruktionsfläche

Die Entkopplung ist ein Trend, der auch in anderen Systementwicklungen mit völlig anderen Zielsetzungen aufgegriffen wird.

Ein Beispiel für ein entkoppeltes System ist das nachfolgend aufgezeigte der niederländischen Firma MATURA (siehe auch Blecken/ van Randen/ Jablonski in [82] oder [83]). Ein Baukastensystem, das auf der Trennung von Ausbau und Rohbau basiert, ermöglicht dem Kunden eine nahezu unbegrenzte Gestaltungsmöglichkeit seiner Wohnung.



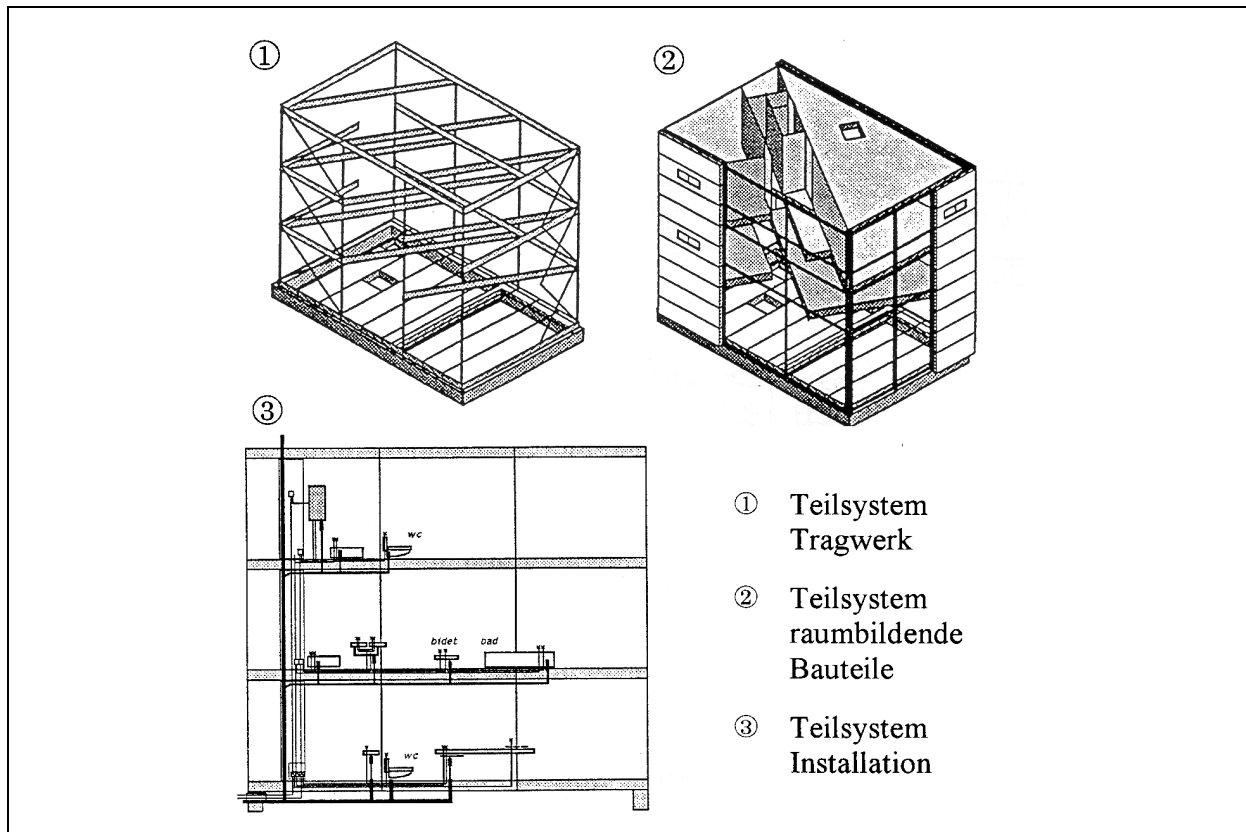


Abbildung 95: Trennung von Tragwerk, raumbildenden Bauteilen und Installationen<sup>87</sup>

### 7.3.1 Teilsystem Tragwerk

Das Teilsystem Tragwerk ist im Massivbau mit den Teilsystemen raumbildende Bauteile, Schallschutz, Wärmeschutz und Installation verknüpft.

Eine Entkoppelung vom Wärmeschutz ist über Wärmedämmverbundsysteme und andere Dämmungen möglich. Die Entkoppelung von der Installation erfolgt weitgehend über den Einsatz von Vorwandinstallationen. Grundsätzlich bleiben folgende Verknüpfungen erhalten:

- Tragwerk
- raumbildende Bauteile
- Schallschutz

Tragende Wände und Decken sind neben der Zuordnung zum Teilsystem Tragwerk auch dem Teilsystem raumbildende Bauteile zuzuordnen und müssen regelmäßig Schallschutzanforderungen erfüllen. Eine vollständige Entkoppelung ist nicht zu realisieren, jedoch kann für die Optimierung des Teilsystems eine Minimierung der Verknüpfungen und

Abhängigkeiten sozusagen als Teilentkoppelung angesehen werden. Die statisch erforderlichen Bauteile müssen auf ein Minimum reduziert werden und sollen dabei, wenn möglich, gleichzeitig raumbildende Aufgaben und erfüllen.

Dies ist das erste konstruktive Optimierungsprinzip, das sich gemäß Kapitel 5 aus den Untersuchungen ergibt.

### **Decken:**

Massivdecken in Kombination mit schwimmenden Estrichen stellen die wirtschaftlichste Lösung dar, die Tragfunktion und die Anforderungen als raumbildendes Bauteil können stets erfüllt werden. Die Abhängigkeit zum Schallschutz durch eine Entkoppelung aufzuheben, ist nicht empfehlenswert, da durch eine Erhöhung der Deckendicke i.a. die Schallschutzanforderungen an den Luft- und Trittschallschutz sowie die erforderliche Schalllängsdämmung als flankierende Decke erbracht werden. Im Prinzip besteht eine Art Entkoppelung für den Trittschallschutz, der im Wesentlichen durch den schwimmenden Estrich erbracht wird. Das kann aber nicht als entkoppeltes System verstanden werden, da lediglich ein Teilbereich des Schallschutzes betroffen ist und eine Wechselwirkung mit der verwendeten Massivdecke weiterhin besteht.

Entkoppelte Systeme, z.B. Stahlverbunddecken in Kombination mit abgehängten Decken, sind technisch auch im Wohnungsbau möglich. Die möglichen Differenzkosten verschiedener Deckenvarianten bezüglich Investitionskosten des Bauteils und den Folgekosten durch Änderung von Gebäudehöhen und abzutragenden Deckenlasten spielen mit etwa 20 DM/m<sup>2</sup> Deckenfläche eine deutlich geringere Rolle (siehe Abschnitt 4.3.9), als die bei Wänden möglichen Unterschiede von bis zu mehr als 200 DM/m<sup>2</sup> Wandfläche (siehe Abschnitt 4.1.10).

Auf die gesamten Differenzkosten bezogen verursacht ein Wechsel der Schallschutzstufen bei den Decken nicht die maßgeblichen Kostenunterschiede (siehe auch Tabelle 63, Abschnitt 6.4):

### **SSt I nach SSt II:**

$$\left( \frac{2188,12 \text{ DM} / \text{m}^2}{2172,17 \text{ DM} / \text{m}^2} \times 100 \right) - 100 = 0,7 \% \text{ der Baukosten gemäß KG 300 und 400, DIN 276}$$

---

<sup>87</sup> aus [84], S.50

**SSt I nach SSt III:**

$$\left( \frac{2232,58 \text{ DM} / \text{m}^2}{2172,17 \text{ DM} / \text{m}^2} \times 100 \right) - 100 = 2,8 \% \text{ der Baukosten gemäß KG 300 und 400, DIN 276}$$

Die obigen Kosten ergeben sich aus den Kosten für die Decke zzgl. 2000 DM/m<sup>2</sup> für die restlichen Baukosten. Für den Geschosßwohnungsbau mit üblichen Deckenspannweiten bis zu etwa 7m ist dies das zweite Optimierungsprinzip. Bei größeren Spannweiten spielen die Faktoren Durchbiegung und ggf. Vorspannung eine Rolle, so daß eine andere Denkweise berücksichtigt werden muß.

**tragende / aussteifende Wände:**

Lastabtragende oder aussteifende Massivwände sind stets raumbildende Bauteile, die als Wohnungstrennwände oder Treppenraumwände bestimmte Schallschutzanforderungen erfüllen müssen. Eine Entkoppelung vom Teilsystem Schallschutz ist durch den Einsatz von biegeweichen Vorsatzschalen möglich. Der lastabtragende Kern der Wand kann damit auf das statisch erforderliche Minimum reduziert werden, der Schallschutz wird durch das entsprechende Teilsystem bzgl. Luftschallschutz und dem Einfluß als flankierendes Bauteil erbracht. Solche Wandkonstruktionen sind nicht die wirtschaftlichste Lösung, wie der Kostenvergleich in Kapitel 3 aufzeigt. Eine vollständige Entkoppelung zwischen tragenden / aussteifenden Wänden und dem Teilsystem Schallschutz ist technisch zwar möglich, aber wirtschaftlich nicht empfehlenswert.

Im Massivbau ist ein „Entkoppelung“ dieser Systeme durch eine Minimierung der tragenden / aussteifenden Wände zu erreichen. Die Reduzierung auf wenige Wände, die statisch vollständig ausgenutzt werden und dabei den schallschutztechnischen Anforderungen entsprechen, ist anzustreben. Durch diese Lastkonzentrationen werden die Verknüpfungen zwischen den Teilsystemen Tragwerk, raumbildende Bauteile und Schallschutz räumlich minimiert. Ein Optimum ist erreicht, wenn die statisch erforderlichen Wände als Wände mit Schallschutzanforderungen eingesetzt werden und die Schallschutzanforderungen ohne statische Überdimensionierung erbringen. Dies stellt das dritte Optimierungsprinzip für das Teilsystem Tragwerk dar.

In der Umsetzung bedeutet dies z.B., daß für den Lastabtrag eine Wandquerschnittsfläche von 2,0 m<sup>2</sup> erforderlich ist. Statt nun die erforderlichen 20m x 2,60m = 52 m<sup>2</sup> Wohnungstrennwand mit der gewünschten Schallschutzanforderung durch eine statisch nicht

ausgenutzte Massivwand zu erbringen, werden lediglich Teilbereiche davon erbracht, die statisch erforderlich sind. Die restliche Wandfläche wird durch nichttragende Wände erbracht, die von Teilsystem Tragwerk entkoppelt sind (siehe Abbildung 96).

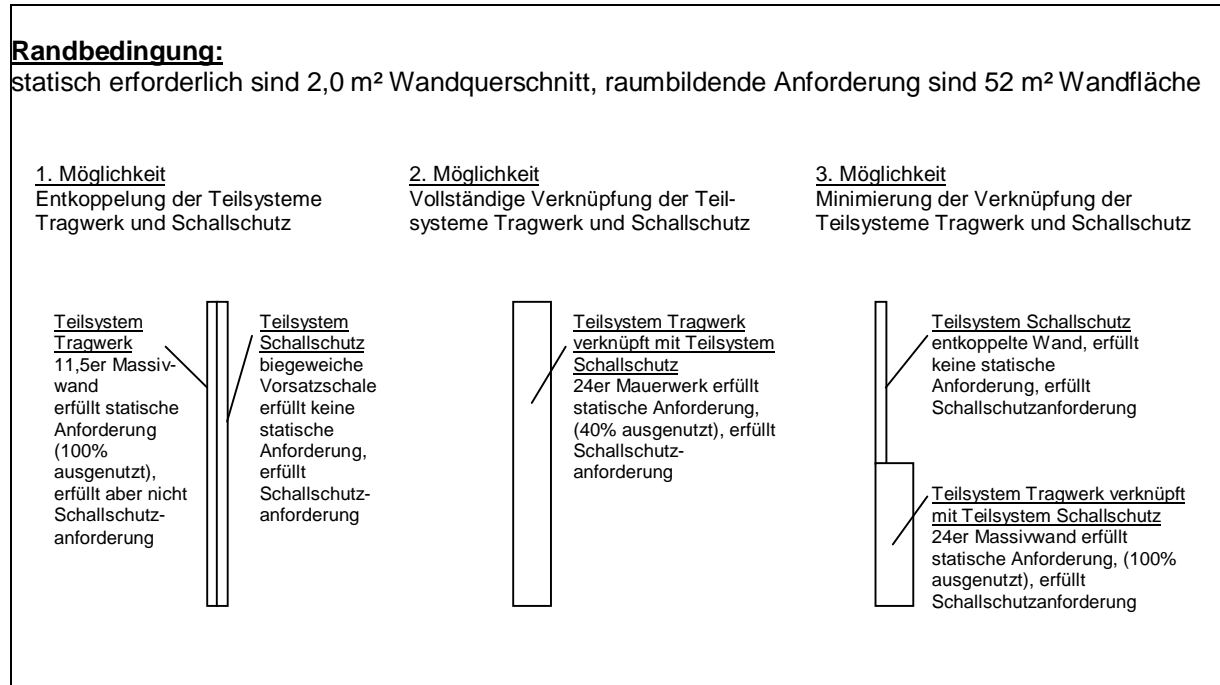


Abbildung 96: Minimierung der Verknüpfung Tragwerk/ raumbildende Bauteile/ Schallschutz

Dieses Optimum läßt sich nicht regelmäßig vollständig erreichen, da solche Lastkonzentrationen statisch nicht vollständig umsetzbar sind. Durch den Einsatz moderner Statiksoftware nach der Finite-Elemente-Methode (FEM) sind jedoch erheblich mehr Möglichkeiten gegeben, solche Konstruktionen / Anordnungen entsprechend nachweisen und umsetzen zu können. Das Konstruktionskonzept nähert sozusagen das Tragwerk des Massivbaus dem des Skellettbaus an.

Die Minimierung der Verknüpfung der Teilsysteme Tragwerk, raumbildende Bauteile und Schallschutz und der damit verbundenen massenmäßigen Minimierung der statisch erforderlichen Massivwände mit Schallschutzanforderungen hat eine massenmäßige Maximierung der vom Tragwerk entkoppelten Teilsysteme raumbildende Bauteile und Schallschutz zur Folge.

### 7.3.2 Teilsystem raumbildende Bauteile

Das Teilsystem raumbildende Bauteile umfaßt im Wesentlichen folgende Bauteile:

<b>raumbildende Bauteile</b>	
<b>Decken</b>	<b>Wände</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decken mit/ohne Schallschutzanforderungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tragende Aussenwände mit Schallschutzanforderungen</li> <li>• nichttragende Aussenwände mit Schallschutzanforderungen</li> <li>• tragende Innenwände ohne/mit Schallschutzanforderungen</li> <li>• nichttragende Innenwände ohne/mit Schallschutzanforderungen</li> </ul>

Abbildung 97: Einteilung raumbildende Bauteile

Wie bereits beim Teilsystem Tragwerk angesprochen, können sich im Massivbau Verknüpfungen zu den Teilsystemen Schallschutz und Tragwerk ergeben, die nicht zu entkoppeln sind. Die Teilsysteme Wärmeschutz und Installation hingegen können regelmäßig entkoppelt werden (siehe Teilsystem Tragwerk). Eine Entkoppelung vom Teilsystem Tragwerk (nur bei Wänden möglich) ist dadurch gegeben, daß keine Lasten (abgesehen der Eigenlast des Bauteils) über das raumbildende Bauteil (Wand) übertragen werden, das ist konstruktiv entsprechend zu berücksichtigen. Bei der Entkoppelung vom Teilsystem Schallschutz sind zwei Bereiche zu unterscheiden:

- raumbildende Bauteile mit Schallschutzanforderungen
- raumbildende Bauteile als flankierende Bauteile

Bei raumbildenden Bauteilen mit Schallschutzanforderungen gelten für tragende Bauteile die beim Teilsystem Tragwerk getroffenen Aussagen. Für nichttragende Wände ist eine Entkoppelung von den Teilsystemen raumbildende Bauteile und Schallschutz nur praktikabel, wenn weitere Teilsysteme, z.B. Brandschutz, hinzukommen, im allgemeinen bringt diese Entkoppelung jedoch keine Vorteile.

Durch die Schallängsleitung von raumbildenden Bauteilen besteht zusätzlich eine Verknüpfung der Teilsysteme raumbildende Bauteile und Schallschutz.

Für den **Massivbau** bestehen folgende Möglichkeiten der Entkoppelung und der damit verbundenen Optimierungsmöglichkeit der einzelnen Teilsysteme:

- Unterbindung der Schallängsleitung durch Verwendung nichttragender mehrschaliger biegeweicher Wände
- Unterbindung der Schallängsleitung durch Verwendung schalltechnisch entkoppelter Massivwände (siehe Abschnitt 4.1.9)
- Verwendung von tragenden / nichttragenden Massivwänden mit  $m' \geq 300\text{kg/m}^2$

Die Verwendung von Massivwänden mit einer flächenbezogenen Masse von mindestens  $300\text{kg/m}^2$  stellt insofern eine Art Entkoppelung beider Systeme dar, weil sie ein  $K_{L,1}$  von  $\pm 0\text{dB}$  bewirkt. Für flankierende Decken ist ebenfalls eine Systementkoppelung durch  $m' \geq 300\text{kg/m}^2$  gegeben.

### **7.3.3 Teilsystem Schallschutz**

Das Teilsystem Schallschutz ist im Massivbau nicht vollständig von anderen Teilsystemen zu entkoppeln. Die Abhängigkeiten bestehen darin, daß an raumbildende Bauteile und Installationen Schallschutzanforderungen gestellt werden und über physikalische Gesetze, z.B. das Massegesetz, Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Teilsystemen entstehen. Bauteile erfüllen oftmals mehrere Aufgaben, z.B. Lastabtrag, raumbildende Aufgaben und Schallschutz, so daß eine Entkoppelung nicht immer möglich bzw. sinnvoll ist.

### **7.3.4 Teilsystem Wärmeschutz**

An Decken und Wände, die an Außenluft oder unbeheizte Bereiche innerhalb des Gebäudes grenzen, werden Wärmeschutzanforderungen gestellt. Eine Entkoppelung von den Teilsystemen Tragwerk, raumbildenden Bauteilen und Schallschutz ist durch den Einsatz von Wärmedämmverbundsystemen oder anderen Dämmsystemen regelmäßig gegeben. Eine Verbindung der Teilsysteme Wärmeschutz und Installationen besteht nicht, wärme gedämmt verlegte Leitungen werden nicht dem Teilsystem Wärmeschutz zugeordnet, eine Einbindung von Leitungen in das Teilsystem Wärmeschutz findet nicht statt.

### **7.3.5 Teilsystem Installation**

Zum Teilsystem Installation sind folgende Bestandteile zugehörig:

- Elektroleitungen
- Wasser- / Abwasserleitungen
- Sanitärelemente
- Schächte / Kanäle
- Lüftungsleitungen
- Gasleitungen
- Heizungsleitungen

Um eine Entkoppelung der Teilsysteme Tragwerk und Installation zu erhalten, dürfen die Leitungen nicht innerhalb von Tragwerkselementen verlegt werden. Diese Forderung ist nicht immer zu erfüllen, da z.B. Deckenauslässe von Brennstellen benötigt werden. Lichtschalter und Steckdosen werden als Aufputz-Installation ebenfalls in den seltensten Fällen eingesetzt, stellen aber auch, wie im Abschnitt 4.5.1.7 erwähnt, i.a. kein schallschutztechnisches Problem dar. Eine Entkoppelung ist technisch durch Kabelkanäle möglich.

Der Zwang, Leitungen an raumbildenden Bauteilen (Wände, Decken und Boden), ggf. mit Tragfunktion, zu verlegen, ist bei allen Leitungen gegeben. Mit Ausnahme von Elektroleitungen müssen schallschutztechnische Vorkehrungen getroffen werden. Eine Entkoppelung der Teilsysteme Tragwerk, Schallschutz und Installation ist bei Wasser-, Abwasser-, Lüftungs-, Heizungs- und Gasleitungen sowie den zugehörigen Sanitärelementen, Schächten und Kanälen nur durch eine Aufputzmontage möglich. Bei der Vorwandinstallation sind verschiedene Ausführungsarten denkbar, so daß nach Kundenwunsch optimiert werden kann (siehe auch Blecken/Jablonski in [59]). Es sind folgende Arten denkbar:

- konventionelle Vorwandinstallation mit Schienensystem
- Vorwandinstallation ohne Verkleidung
- Vorwandinstallation mit Mauerwerksverkleidung
- Vorwandinstallation mit GK- oder Holzverkleidung (biegeweiche Vorsatzschale)

Für die vertikale Leitungsführung sind vom Tragwerk entkoppelte Schächte anzuordnen.

**Fazit:** Wesentliches Konstruktionskonzept für den zukünftigen Geschosßwohnungsbau in besonderem Hinblick auf hohen Schallschutz ist aus technischer und wirtschaftlicher Sicht die Entkoppelung von Funktionen und Schaffung von Teilsystemen. In Verbindung mit den im

Abschnitt 7.2 diskutierten Potentialen für Planungsmethoden und Produktentwicklungen bieten sie große Erfolgchancen. Eine Umsetzung am Markt wird jedoch einige Jahre beanspruchen, wie andere Innovationen gezeigt haben.

#### 7.4 Optimierung von Teilsystemen: Vorgehensweise

Durch die Entkoppelung der Abhängigkeiten und der sich daraus ergebenden Teilsysteme, ist eine Wirtschaftlichkeitsoptimierung möglich. Jedes einzelne Teilsystem kann in sich, nach verschiedenen Gesichtspunkten optimiert werden, um für den Kunden die optimale Lösung zu planen. Die systematische Vorgehensweise ist in Abbildung 98 dargestellt.

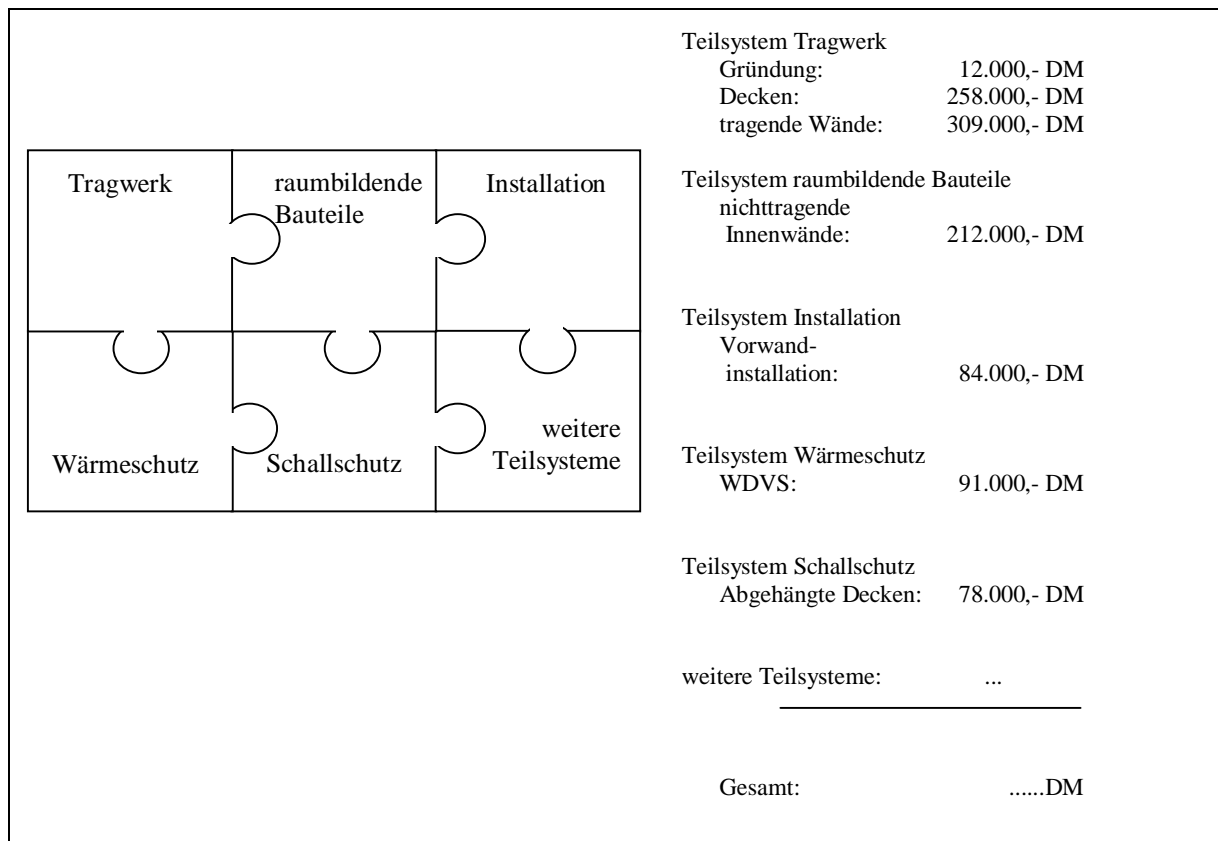


Abbildung 98: Optimierungsmöglichkeit von Teilsystemen und Verbindung zum Gebäude

#### 7.5 Beispiel für ein optimiertes Teilsystem

Teilsysteme, die in sich weniger komplex sind als das gesamte Gebäude, eignen sich zu einer Vorfertigung (siehe auch Abschnitt 3.3). Entsprechend der Forderung nach Produkten, die der deutschen Normung entsprechen, vielseitig einsetzbar und gleichzeitig wirtschaftlich sind, sollen nachfolgend vorgefertigte Ständerwerkswände besprochen werden.



Die Abbildungen 99 bis 101 zeigen nichttragende Innenwände aus Metallständerwerk auf, in die u.a. Rohrleitungen für Sanitärinstallationen eingebaut sind. Diese Wände realisieren die Vorstellung eines entkoppelten Systems, integrieren aber das Teilsystem Installation in die raumbildenden Bauteile. Sie haben eine hohe Schall-Längsdämmung, sind also als flankierende Bauteile unkritisch und trennen, ähnlich wie eine Vorwandinstallation, die Wasser- und Abwasserinstallationen nebst den zugehörigen Sanitärelementen vom Tragwerk und vermeiden also eine Schallausbreitung im Gebäude.

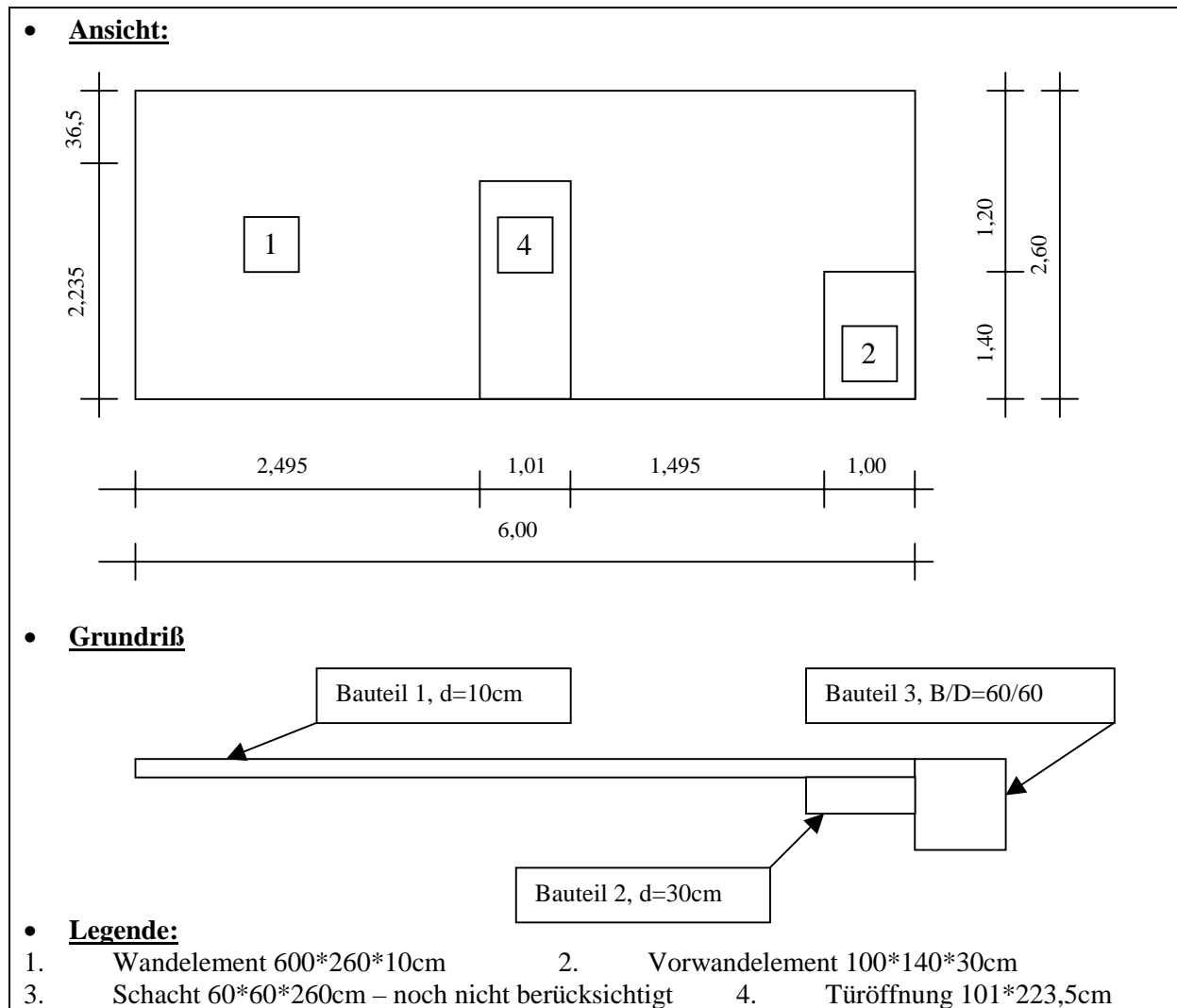


Abbildung 99: Systemskizze vorgefertigte Ständerwerkwand<sup>88</sup>

<sup>88</sup> aus unveröffentlichten Forschungsunterlagen Lehrstuhl für Baubetrieb [86]



Abbildung 100: Versuchs-Vorfertigung Ständerwerkwand<sup>89</sup>



Abbildung 101: Transport vorgefertigtes Ständerwerkwandelement zur Baustelle<sup>90</sup>

Kombinationen von solchen Bauteilen lassen ganze Räume entstehen, die Abbildung 102 zeigt eine Naßzelle in Trockenbauausführung als Beispiel eines solchen Raumes. Die im sozialen Wohnungsbau und Hotelbau bereits vielfach eingesetzte Lösung stellt ebenfalls eine Möglichkeit dar für ein entkoppeltes Teilsystem, sie wird einfach in das Bauwerk hineingestellt und läßt sich perfekt entkoppeln.

<sup>89</sup> aus unveröffentlichten Forschungsunterlagen Lehrstuhl für Baubetrieb [86]

<sup>90</sup> aus unveröffentlichten Forschungsunterlagen Lehrstuhl für Baubetrieb [86]



Abbildung 102: Vorgefertigte Sanitärzelle aus Trockenbauwänden<sup>91</sup>

Wie dargelegt, können Trockenbauwände nur bedingt den im Wohnungsbau geforderten Schallschutz als trennendes Bauteil erfüllen, die Schallschutzstufen II und III sind i.a. nicht realisierbar. Solche Wände eignen sich jedoch hervorragend als

- flankierende Bauteile innerhalb der Wohnung sowie
- einseitig beplankt als biegeeweiche Vorsatzschalen für Massivwände, um hohen Schallschutz nach VDI 4100 SSt II und III zu erfüllen.

Bedingungen für solche Konstruktionen lassen sich wie folgt formulieren:

- Hohe Qualität bei den umlaufenden Anschlüssen an die Massivkonstruktion
- Minimierung der Wanddicke zwecks Wohnflächenmaximierung
- Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch Vorfertigung in Verbindung mit im Werk installierten Wasser- und Elektroinstallationen.

Wie Untersuchungen [86] gezeigt haben, erfüllen vorgefertigte Wandelemente/ Vorsatzschalen aus Metallständerwerk mit Gipskarton beplankt die obigen Anforderungen. Vergleichsrechnungen haben ergeben, daß im Werk bei einem Mittellohn von 60,- DM/h vorgefertigte Wände/ Vorsatzschalen kostenmäßig konkurrenzfähig sind mit auf der Baustelle bei einem Werklohn von 17,- DM/h ausgeführten Wänden, wobei die Qualität der vorgefertigten Wandelemente wesentlich höher war.

<sup>91</sup> aus unveröffentlichten Forschungsunterlagen Lehrstuhl für Baubetrieb [86]

## 8.) Zusammenfassung wesentlicher Ergebnisse und Ausblick

Die vorliegende Untersuchung bietet ein Rechenverfahren zur wirtschaftlichen Optimierung des geforderten Schallschutzniveaus. Sie zeigt unter Berücksichtigung der Nutzerwünsche - nach höherem Schallschutz - stichprobenartig die Akzeptanz der VDI 4100 als „Gegennorm“ zur öffentlich-rechtlich verbindlichen DIN 4109 auf. Mit Hilfe dieses Rechenverfahrens werden folgende Fragen zur Wirtschaftlichkeit des Schallschutzes bzgl. Normung und Konstruktion beantwortet:

1. Welche Kostensteigerung ergibt sich aus der Erhöhung des Schallschutzniveaus (VDI 4100 SSt I bis III) in Abhängigkeit von der Ausführungsart ?
2. Welche Kosteneinflüsse ergeben sich aus unterschiedlichen Grundrißgestaltungen ?
3. Wie hoch sind die zu erwartenden Kostensteigerungen, die sich aus der geplanten DIN EN 12354 ergeben ?
4. Bietet ein Wechsel der Konstruktionsmethoden, z.B. Entkopplung von Gebäudefunktionen, Vorteile für hochwertigen und wirtschaftlichen Schallschutz ?
5. Wie müssen zukünftige Entwicklungen für einen erhöhten Schallschutz konzipiert sein, damit sie wirtschaftlich sind, welche am Bau beteiligten Personen haben diesbezüglich einen Einfluß ?

Die Aussagen der Untersuchung sind auf der Basis des noch unvollständigen bauphysikalischen Schallschutzmodells abgeleitet worden. Diesbezüglich sind jedoch für die mittelfristige Entwicklung keine gravierenden Änderungen zu erwarten, die Aussagen werden weiterhin Gültigkeit behalten.

Als wesentliche Ergebnisse der Untersuchung ergeben sich folgende Antworten auf die obigen Fragen:

**Zu 1.** Die Umsetzung der SSt II und besonders der SSt III erfordert einen hohen technischen Aufwand und ist mit deutlich höheren Baukosten verbunden. Ein Aufstieg von den Mindestanforderungen der DIN 4109, gleichzusetzen mit der SSt I der VDI 4100, in die Schallschutzstufe II der VDI bedeutet etwa 5 Prozent höhere Baukosten. Um von der SSt I in die SSt III, also dem Grenzbereich des z.Z. technisch Machbaren zu gelangen, sind bereits 10 Prozent höhere Baukosten aufzuwenden. Die Vermutungen der VDI 4100 Kritiker haben sich bestätigt, i.a. ist die Anwendung der Richtlinie mit hohen Kosten verbunden. Aber auch Vermutungen der Befürworter der VDI 4100 konnten bestätigt werden. So können intelligente Konstruktionen den Kostenanstieg deutlich verringern. Bei einer Ausführung mit

Ständerwerkwänden ist eine Schallschutzanhebung von der SSt I bzw. DIN 4109 in Mauerwerk nach SSt II in Trockenbau ohne Baukostenerhöhung möglich.

**Zu 2.** Kosteneinflüsse durch unterschiedliche Grundrißgestaltungen konnten nicht festgestellt werden.

**Zu 3.** Die DIN EN 12354 als Nachfolgerin der DIN 4109 Bbl. 1 ist in seinen Berechnungs- und Bemessungsformeln sehr komplex, es fehlen zudem viele erforderliche Meßwerte. Unter diesen Vorbehalten wurden verschiedene Schallschutzniveaus kostenmäßig untersucht. Es konnten Kostensteigerungen gegenüber dem Berechnungsverfahren für Massivbauten nach DIN 4109 Beiblatt 1 von 0,2 % für die SSt I, 0,5 % für die SSt II und 1,0 % für die SSt III ermittelt werden.

**Zu 4.** In Verbindung mit kostensparendem Bauen sind neue Strategien erforderlich, um u.a. den Schallschutz kostengünstig zu realisieren. Es hat sich gezeigt, daß sich die traditionellen Massivbauweisen bei den hohen Schallschutzempfehlungen der Schallschutzstufen II und III extrem unwirtschaftlich verhalten, was vor allem durch die erforderliche hohe flächenbezogene Masse bei den flankierenden Bauteilen und den damit verbundenen Wohnflächenverlusten begründet ist. Der Trend zu leichten Trockenbauweisen hin, weg von relativ leichten „kloppfesten“ Wänden aus Massivbaustoffen innerhalb der Wohnung, zeigt sich auch beim kostengünstigen Schallschutz als ein zukunftsweisender Weg. Ansätze in Richtung einer modularen Bauweise mit optimierten Teilsystemen, ähnlich dem Skelettbau, bieten die Basis für eine weitere Forschung zum Wohnhaus mit hohen Anforderungs- und Qualitätsstandards bei niedrigen Herstellkosten.

**Zu 5.** Die Entwicklungen von Gebäuden mit höherem Schallschutz, also Schallschutzniveau VDI 4100 SSt II und III, wird für den wirtschaftlichen Wohnungsbau im wesentlichen von Systemherstellern zu erwarten sein, die mehrschalige Produkte durch Entwicklung und Werksvorfertigung systematisch optimieren und in der Qualität sichern können.

Die Arbeit liefert einen Beitrag zur Kostenabschätzung der aktuellen Schallschutznormung, zeigt die potentiellen Konsequenzen höherer Schallschutzanforderungen für verschiedene Bauweisen auf und bietet Kostenplanungsinstrumente für die Planer an. Sie ordnet die Schallschutznormung, -planung und -entwicklung nach ökonomischen Kriterien und zeigt aus dieser Sicht zukünftige Forschungs- und Entwicklungstendenzen auf.

**Literaturverzeichnis:**

- [1] Schulz, P.: „Schallschutz, Wärmeschutz, Feuchteschutz, Brandschutz im Innenausbau Ausgabe 1996“, 6. Auflage, Deutsche-Verlagsanstalt GmbH, Stuttgart 1996
- [2] Lutz, P./ Freymuth H./ Jenisch R./ Klopfer H./ Krampf L.: „Lehrbuch der Bauphysik: Schall, Wärme, Feuchte, Licht, Brand“, Teubner Verlag, Stuttgart 1989
- [3] Ingenstau, H./ Korbion, H.: „VOB, Teile A und B Kommentar“ 13. Auflage, Werner-Verlag, Düsseldorf 1996
- [4] Heiermann, W./ Riedl, R./ Rusam, M.: „Handkommentar zur VOB, Teile A und B“ 7. Auflage, Bauverlag, Wiesbaden 1994
- [5] Sälzer, E.: „Kommentar zur DIN 4109: Schallschutz im Hochbau“, Bauverlag, Wiesbaden 1995
- [6] Becker, K./ Pfau, J./ Tichelmann, K.: „Trockenbau Atlas - Grundlagen und konstruktive Details“, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln 1996
- [7] Schwimmbad & Sauna (1+2/97): „Bauphysik I: Tips für den Schallschutz in Schwimmhallen“ in Schwimmbad & Sauna Ausgabe 1/2 1997, Fachschriften-Verlag, Fellbach 1997
- [8] Grünzweig + Hartmann AG: „Bauphysikalisches Planungshandbuch; Wärmeschutz, Schallschutz, Brandschutz im Hochbau“, Ludwigshafen 1996
- [9] Buss, H.: „Schallschutzkonstruktionen am Bau, Praxiskommentare und Konstruktionsbeispiele nach der neuen DIN 4109“, Grundwerk einschl. 29. Aktualisierungs- und Ergänzungslieferung, WEKA Baufachverlag, Augsburg 1996
- [10] Buss, H.: „Schallschutz von A bis Z, Aktuelles Praxishandbuch für rechtssichere Planung und Ausführung von Neu- und Altbauten“, Grundwerk einschl. 1. Aktualisierungs- und Ergänzungslieferung, WEKA Baufachverlag, Augsburg 1997
- [11] Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.: „Baulicher Schallschutz, Schallschutz mit Ziegeln“, Ausgabe Juli 1996, Bonn 1996

- [12] Deutsche Poroton GmbH: „Kostengünstiges Bauen mit Poroton Ziegeln“, Werbebroschüre Fa. Deutsche Poroton GmbH, Königswinter
- [13] Ertel, H./ Kutzer, D.: „Vergleichende Untersuchung europäischer Normen zur Messung und Bewertung des Luftschallschutzes im Hochbau. Abschlußbericht.“, Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, 1990
- [14] Informations-Zentrum Beton GmbH: „Zur Wohnsituation der Deutschen, Repräsentative Mieterbefragung 1995/96“, Broschüre, Köln 1997
- [15] Kötz, W.-D.: „Anforderungen der DIN 4109 und Empfehlungen der VDI 4100 für den Schallschutz in Gebäuden“, Bericht zum Seminar Lärmbekämpfung in der Umwelt am 23.September 1996 in Magdeburg, Berlin 1996
- [16] Umweltbundesamt Berlin: „Zur Umfrage 1996 unter den Sachverständigen der Bauakustischen Prüfstellen zur Anwendung der Richtlinie VDI 4100“, Berlin 1997
- [17] DIN 4109: „Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise“, Ausgabe 11.89, Beuth Verlag, Berlin 1989
- [18] DIN 4109 Beiblatt 1: „Schallschutz im Hochbau, Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren“, Ausgabe 11.89, Beuth Verlag, Berlin 1989
- [19] DIN 4109 Beiblatt 2: „Schallschutz im Hochbau, Hinweise für Planung und Ausführung, ...“, Ausgabe 11.89, Beuth Verlag, Berlin 1989
- [20] VDI 4100: „Schallschutz von Wohnungen, Kriterien für Planung und Beurteilung“, Ausgabe September 1994, VDI-Verlag, Düsseldorf 1994
- [21] Informations Zentrum Beton GmbH: „Bauen Holländer bis zu 50 Prozent preiswerter? Ohne wesentliche Qualitätseinbußen ?“, Zeitung zur Expertenrunde Kostengünstiger Wohnungsbau 1995, Köln 1995
- [22] Gösele/ Kandel/ Linhardt: „Schallschutzkosten im Wohnungsbau“, Rudolf Müller Verlag, Köln 1991

- [23] Dahlhoff, W./ Kniffka, R./ Pott, W.: „HOAI Honorarordnung für Architekten und Ingenieure Textausgabe“, 8. Auflage, Verlag für Wirtschaft und Verwaltung Hubert Wingen, Essen 1996
- [24] DIN 1055, Teil 3: „Lastannahmen im Hochbau, Verkehrslasten“, Ausgabe 6.71, Beuth Verlag, Berlin 1971
- [25] Schneider, K.-J.: „Bautabellen für Ingenieure: mit europäischen und nationalen Vorschriften“, 12. Auflage, Werner Verlag, Düsseldorf 1996
- [26] Wendehorst, R.: „Bautechnische Zahlentafeln“, 26. Auflage, Teubner Verlag, Stuttgart 1994
- [27] Fellingner, H./ Schiffers, K.-H.: „Leistungsentlohnung im Baubetrieb - Organisatorische, personalpolitische, juristische Fragen und Lösungsvorschläge“, 5. Auflage, Wibau-Verlag GmbH, Düsseldorf 1994
- [28] Fa. Schöck: „Schöck Tronsole, Allgemeine Technische Information“, Informationsbroschüre, Baden-Baden April 1993
- [29] Fa. Teratek, Informationsbroschüre Kabelboden, Henstedt-Ulzburg 1997
- [30] Fa. Rehau: „Haus- und Gebäudetechnik 4“, Informationsbroschüre, Erlangen-Eltersdorf März 1997
- [31] Fa. Mepa: „VariVIT-twin“, Informationsbroschüre, Rheinbreitbach 1997
- [32] Kalksandstein-Information GmbH + Co KG: „Hören und Fühlen“, Digital Audio Compact-Disc, Hannover 1991
- [33] Fa. Fels-Werke GmbH: „Fermacell Montagewand 1 S 33“, Datenblatt, Goslar 1996
- [34] Mittag, M.: „Kostenplanung mit Bauelementen nach DIN 276“, Grundwerk einschl. 3. Aktualisierungs- und Erg.-Lieferung April 1996, WEKA Baufachverlage GmbH, Augsburg 1996
- [35] Hoffmann, M./Kremer, P.: „Zahlentafeln für den Baubetrieb“, 4. Auflage, Teubner Verlag, Stuttgart 1996



- [36] Probol-Bormann, U.: „Bauordnung für Nordrhein-Westfalen“, 2. Auflage, Bauverlag, Wiesbaden 1995
- [37] Grassnick, A.: „Der schadenfreie Hochbau, Band 3, Wärmeschutz, Tauwasserschutz, Schallschutz“, Rudolf Müller Verlag, Köln 1987
- [38] Rybicki, R.: „Bauausführung und Überwachung: Recht - Technik - Praxis, Handbuch für die Baustelle“, 2. Auflage, Werner-Verlag, Düsseldorf 1995
- [39] Gösele, K./ Schüle, W.: „Schall, Wärme, Feuchte: Grundlagen, Erfahrungen und praktische Hinweise für den Hochbau“, 9. Auflage, Bauverlag, Wiesbaden 1989
- [40] Sälzer, E.: „Schallschutz im Massivbau: Luftschall, Trittschall, Körperschall; Grundbegriffe, Anforderungen, Konstruktionsbeispiele; Decken, Wände, Treppen“, Bauverlag, Wiesbaden 1990
- [41] Bauer, H./ Jaspers, H.-J./ Mainka, T.: „Rationalisierungsreserven in der schlüsselfertigen Bauausführung“, Forschungsbericht im Auftrage des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Universität Dortmund 1986
- [42] Klärner, E./ Schwörer, A.: „Qualitätssicherung im Schlüsselfertigen Bauen; Hinweise für Bauherren, Planer Unternehmer; Schwerpunkt Bauausführung“, Bundesfachabteilung Schlüsselfertiges Bauen im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.“ Wiesbaden 1982
- [43] Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. und Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.: „Baulicher Wärmeschutz“, 4. überarbeitete Ausgabe Juni 1996, Bonn 1996
- [44] Böckenförde, D./ Krebs, W./ Schlöbke, W./ Temme, H.-G.: „Landesbauordnung Nordrhein-Westfalen“, 25. Auflage, Werner-Verlag, Düsseldorf 1996
- [45] Schwarz, B./ Leppin, M. „Rosenheimer Holzbautage '97“, Informationsbroschüre, Fachhochschule Rosenheim 1997
- [46] Fa. Hebel: „Hebel Handbuch für den Wohnungsbau“, Technische Information für die Planung und Bauausführung, Emmering-Fürstenfeldbruck, 5. Auflage, Oktober 1991

- [47] Deutscher Mieterbund Köln: „Wohnungsmängel und Mietminderung“, DMB-Verlag, April 1997
- [48] Weiß, S.: „Rechtliche Probleme des Schallschutzes, Rechtsfragen mit technischer Einführung“, 2. Auflage, Werner-Verlag, Düsseldorf 1993
- [49] Fa. Isorast GmbH: „Das neue System 2000“, Broschüre, Taunusstein 1997
- [50] Fa. Opitz Holzbau: „Holzbau Handbuch für Architekten, Zimmereien und Bauplaner“, Mechernich 1996
- [51] Hullmann, H./ Weber, H.: „Porenbeton Handbuch“, 3. Auflage, Bauverlag GmbH, Wiesbaden 1998
- [52] Nederlandse Stichting Geluidhinder: „Geluidhinder Isolatie, Tussen Kamers in Eigen Woning“, Delft 1989
- [53] VOB „Verdingungsordnung für Bauleistungen, Ausgabe 1992“, Beuth Verlag, Berlin 1992
- [54] Bürgerliches Gesetzbuch, Beck'sche Kurz-Kommentare Band 7, 54. neubearbeitete Auflage, Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München 1995
- [55] Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen , 50. Jahrgang, Nummer 51, Düsseldorf 2.9.1997
- [56] Steinle, A./ Hahn, V.: „Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau“, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1991
- [57] Zeitschrift „Die Bauwoche“, Bauwoche-Verlagsgesellschaft mbH, Ausgabe 30.10.97, Wiesbaden
- [58] Fa. Kenngott Werkkatalog „Der Kenngott“, Ausgabe 1996
- [59] Blecken, U./ Jablonski, M.: „Installationssysteme im Wohnungsbau – Trend zum Systemansatz“, Zeitschrift „DBZ Deutsche Bauzeitschrift“, Bertelsmann Verlag, Ausgabe Juli 1998, Bielefeld

- [60] Fa. Kalksandstein Information GmbH+Co KG „Kalksandstein, Planung, Konstruktion, Ausführung“, 3. Auflage, Beton-Verlag, Düsseldorf 1996
- [61] Fa. Schöck „Schöck Tronsole, allgemeine technische Informationen“, Produktinformation, Ausgabe Februar 1998, Baden-Baden 1998
- [62] Fa. Knauf „Datenblatt W11, Knauf-Ständerwand-Systeme“, Produktinformation, Ausgabe Februar 1994, Iphofen 1994
- [63] Winkler, W./ Fröhlich, P. „Hochbaukosten Flächen Rauminhalte“, 9. Auflage Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden 1997
- [64] Fa. Goldbach Raumsysteme GmbH „Datenblatt-Nr. 2601/04, Hohlraumböden“, Produktinformation, Goldbach 1997
- [65] Mai, H.J./ Hanel, B.: „Haustechnik und Bauphysik, Seminarbegleitendes Handbuch“, 2. Auflage, Missel GmbH Stuttgart, September 1997
- [66] Pistohl, W.: „Handbuch der Gebäudetechnik“, 2. Auflage, Werner Verlag, Düsseldorf 1997
- [67] Fa. Elektro Kaiser: „Meßbericht über den Schallschutz einer Musterwand mit integrierten Installationsdosen vom 06.09.1984“, Graner + Partner Ingenieure, Bergisch Gladbach 1984
- [68] Fa. Elektro Kaiser: „Meßbericht über den Einbau von Steckdosen in Montagewänden“, Schalksmühle
- [69] Fa. Haro-plast: „Gutachten Nr. 4.400/96 Bauakustische Messungen der von Hänge-WC's ausgehenden Geräusche mit und ohne ,Hinterlegung einer EVA-Montageplatte“, IBT Eckard Grün, Heiligenhaus 29.11.1996
- [70] Fa. Keramag: „Durchführung von bauakustischen Messungen nach der Montage von Sanitäröbekten einmal mit und einmal ohne Schallschutz-Spezialband“, IBT Eckard Grün, Heiligenhaus 23.04.1987
- [71] Zeitschrift „Bauphysik“, 6. Jahrgang Heft 3, Ernst & Sohn Verlag, Berlin 1984

- [72] Zeitschrift „Zeitschrift für Wärmeschutz, Kälteschutz, Schallschutz, Brandschutz wksb“, Heft 38, Grünzweig + Hartmann AG, Ludwigshafen 1996
- [73] Wellpott, E.: „Technischer Ausbau von Gebäuden, 7. Auflage“, Kohlhammer Verlag, Stuttgart 1997
- [74] Kötz, W.-D.: Tagungsunterlage „Zur Entstehung und Bedeutung der VDI-Richtlinie 4100 für den Schallschutz von Wohnungen“ IBK-Bau-Fachtagung 231 am 13./14. Mai 1998 in Darmstadt
- [75] Kötz, W.-D.: Tagungsunterlage „Zusammenführung von VDI-Richtlinie 4100 und Beiblatt 2 zu DIN 4109 Stand der Bemühungen“ IBK-Bau-Fachtagung 231 am 13./14. Mai 1998 in Darmstadt
- [76] Zeitschrift „Bundesbaublatt“, Heft 4, 1977, Bauverlag GmbH, Walluf 1977
- [77] Tagungsunterlagen Fortbildungsseminar „Schallschutz im Hochbau nach DIN 4109“ Ingenieurakademie West e.V., Essen 1998
- [78] Volger, K./ Laasch, E.: „Haustechnik“ 9. Auflage, Teubner Verlag, Stuttgart 1994
- [79] VDI 1000: „Richtlinienarbeit Grundsätze und Anleitungen“, Ausgabe Oktober 1981, VDI-Verlag, Düsseldorf 1981
- [80] Gösele, K.: „Porenbeton Bericht 13 – Schallschutz“, Bundesverband Porenbeton, Wiesbaden 1997
- [81] Firmenunterlagen Fa. Bracht und Strauch Bautechnik, Wuppertal 1995
- [82] Blecken, U./ Jablonski, M./ van Randen, A.: „Vorfertigung im Wohnungsbau – Systemansatz in den Niederlanden“, Zeitschrift „Element + Bau“, Ausgabe 4/97, Harnisch Verlagsgesellschaft mbH, Nürnberg 1997
- [83] Blecken, U./ Jablonski, M./ van Randen, A.: „Vorfertigung im Wohnungsbau – Systemansatz in den Niederlanden“, Zeitschrift Bauwirtschaft, Ausgabe 11/97, Bauverlag GmbH, Walluf 1997
- [84] Kapteijns, J.H.M.: „Ontwerpen van Bouwknopen“, OBOM TU-Delft, Delft 1992

- [85] Hettler, A./ Böcker, S. „Stoffliche Verwertungsmöglichkeit bei selektiven Rückbaumaßnahmen mit Blick auf das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, die Reinheit der Stoffe sowie ökonomische Aspekte“, Diplomarbeit Lehrstuhl Baugrund-Grundbau, Universität Dortmund, Dortmund 1997
- [86] Unveröffentlichte Forschungsunterlagen Lehrstuhl für Baubetrieb, Universität Dortmund
- [87] Firmenunterlagen Fa. Rockwool „Einblasdämmsysteme“, Bottrop 1996
- [88] Firmenunterlagen Fa. Haro-Plast, Reichelsheim (Odenwald) 1997
- [89] Grötschel, M./ Padberg.: „Die optimierte Odyssee“, Zeitschrift „Spektrum der Wissenschaft“, Ausgabe 4/99, Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg 1999
- [90] Blecken, U.: „Wirtschaftliche Ziele bei der Gebäudeplanung“ in Zeitschrift „Bauwirtschaft“ Heft 17/85, Bauverlag GmbH, Walluf 1985
- [91] Winkler, G. „Beitrag zur Erstellung von Kosteneinflußfeldern für teilloptimierte Baukonstruktionen – als Entscheidungshilfe für die Planung von Geschossbauten, dargestellt am Beispiel einer Stahlbetonskelettkonstruktion“, Dissertation Universität Dortmund, Dortmund 1976
- [92] Kapellmann, D./ Vygen, K.: „Jahrbuch Baurecht 1998“, Werner Verlag, Düsseldorf 1998
- [93] Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. Wiesbaden/ Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V. Bonn: „KLR Bau – Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen“, 6. Auflage, Bauverlag GmbH, Wiesbaden 1995
- [94] 9. Trocken- und Leichtbautag in Zeitschrift „Bauen mit Holz“, Ausgabe 5/99, Bruderverlag, Karlsruhe 1999
- [95] Zhou, M.: „Beiträge zur Tragwerksoptimierung“, Forschungsbericht aus dem Fachbereich Bauwesen / Universität – Gesamthochschule Essen 1997

- [96] Weber, L./ Bückle A.: „Schalldämmung von Lochsteinen – neue Erkenntnisse“ in Zeitschrift Bauphysik 20/98 Heft 6, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1998
- [97] Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V./ Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V./ Industriegewerkschaft Bau-Steine-Erden: „ARH Arbeitszeit-Richtwerte Tabellen, Ausgabe 1982“, Zeittechnik-Verlag GmbH, Neu-Isenburg 1982
- [98] Institut für Zeitwirtschaft und Betriebsberatung Bau: „Planung und Ausführung von Trockenbauarbeiten mit methodisch ermittelten Richtzeiten, Ausgabe 1996/97“, Zeittechnik-Verlag GmbH, Neu-Isenburg 1996
- [99] Entwurf DIN EN 12354-1: „Bauakustik Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen, Deutsche Fassung prEN 12354-1: 1996“, Ausgabe Juli 1996, Beuth Verlag, Berlin 1996
- [100] Jablonski, M.: „Forschungsbericht - Kosten des Schallschutzes im Wohnungsbau – Beispiel für kostengünstige Lösungen“, Lehrstuhl für Baubetrieb, Fakultät Bauwesen, Universität Dortmund/ Umweltbundesamt Berlin, Dortmund 1999
- [101] Jablonski, M.: „Handbuch – Kostengünstiger Schallschutz im Mehrfamilienwohnungsbau nach DIN 4109 und VDI 4100“, Lehrstuhl für Baubetrieb, Fakultät Bauwesen, Universität Dortmund/ Umweltbundesamt Berlin, Dortmund 1999

## **Kalkulationsformblätter**

**Wände**

**Decken**

**Wohnungseingangstüren**

**Treppenläufe und –podeste**

**Schächte**

**Aufzüge**

**Wasser-/ Abwasserinstallation, Sanitär**

**Elektroinstallation**

**Gemeinschaftswaschanlagen**

**Zusammenstellung der Differenzkosten**

## Wände

**Variante 1:**

Wandaufbau:

- ① Menge = \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
- ② Eigenlast einschl. Wandbelag = \_\_\_\_\_ kN/m<sup>2</sup> gemäß DIN 1053
- ③ Wanddicke einschl. Wandbelag = \_\_\_\_\_ m
- ④ Lichte Raumhöhe (Rohbaumaß) = \_\_\_\_\_ m
- ⑤ Verkaufspreis je m<sup>2</sup> Wohnfläche/Nutzfläche = \_\_\_\_\_ DM/m<sup>2</sup>

**Variante 2:**

Wandaufbau:

- ⑥ Menge = \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
- ⑦ Eigenlast einschl. Wandbelag = \_\_\_\_\_ kN/m<sup>2</sup> gemäß DIN 1053
- ⑧ Wanddicke einschl. Wandbelag = \_\_\_\_\_ m
- ⑨ Lichte Raumhöhe (Rohbaumaß) = \_\_\_\_\_ m
- ⑩ Verkaufspreis je m<sup>2</sup> Wohnfläche/Nutzfläche = \_\_\_\_\_ DM/m<sup>2</sup>

**Berechnung der Differenzkosten:**

$$\begin{array}{rcl} \text{①} \quad \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^2 \times \frac{\underline{\hspace{2cm}} \text{ DM/m}^2}{\text{Tab.1}} & - & \text{⑥} \quad \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^2 \times \frac{\underline{\hspace{2cm}} \text{ DM/m}^2}{\text{Tab.1}} & = \underline{\hspace{2cm}} \text{ DM} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{①} \quad \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^2 \times \frac{\underline{\hspace{2cm}} \text{ kN/m}^2 \times \underline{\hspace{2cm}} \text{ DM/kN}}{\text{Tab.2}} & - & \text{⑥} \quad \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^2 \times \frac{\underline{\hspace{2cm}} \text{ kN/m}^2 \times \underline{\hspace{2cm}} \text{ DM/kN}}{\text{Tab.2}} & = \underline{\hspace{2cm}} \text{ DM} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{③} \quad \underline{\hspace{2cm}} \text{ m} \times \frac{\underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^2}{\text{①}} / \frac{\underline{\hspace{2cm}} \text{ m}}{\text{④}} \times \frac{\underline{\hspace{2cm}} \text{ DM/m}^2}{\text{⑤}} & - & \text{⑧} \quad \underline{\hspace{2cm}} \text{ m} \times \frac{\underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^2}{\text{⑥}} / \frac{\underline{\hspace{2cm}} \text{ m}}{\text{⑨}} \times \frac{\underline{\hspace{2cm}} \text{ DM/m}^2}{\text{⑩}} & = \underline{\hspace{2cm}} \text{ DM} \end{array}$$

Kostendifferenz Wände  $\Sigma = \underline{\hspace{2cm}} \text{ DM}$



## Decken

### Variante 1:

Deckenaufbau:

- ① Menge = \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
- ② Eigenlast einschl. Deckenbelag, Putz, Estrich, abgehängter Decke,  
= \_\_\_\_\_ kN/m<sup>2</sup> gemäß DIN 1053
- ③ Deckendicke ohne Deckenauflagen, Putz, Estrich, abgehängter  
Decke, = \_\_\_\_\_ m
- ④ Lichte Raumhöhe (Rohbaumaß) = \_\_\_\_\_ m

### Variante 2:

Deckenaufbau:

- ⑤ Menge = \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
- ⑥ Eigenlast einschl. Deckenbelag, Putz, Estrich, abgehängter Decke,  
= \_\_\_\_\_ kN/m<sup>2</sup> gemäß DIN 1053
- ⑦ Deckendicke ohne Deckenauflagen, Putz, Estrich, abgehängter  
Decke, = \_\_\_\_\_ m
- ⑧ Lichte Raumhöhe (Rohbaumaß) = \_\_\_\_\_ m

### Berechnung der Differenzkosten:

$$\underset{\textcircled{1}}{\quad} \text{m}^2 \times \underset{\text{Tab.3}}{\quad} \text{DM/m}^2 \quad - \quad \underset{\textcircled{5}}{\quad} \text{m}^2 \times \underset{\text{Tab.3}}{\quad} \text{DM/m}^2 \quad = \quad \text{_____ DM}$$

$$\underset{\textcircled{1}}{\quad} \text{m}^2 \times \underset{\textcircled{2}}{\quad} \text{kN/m}^2 \times \underset{\text{Tab.2}}{\quad} \text{DM/kN} \quad - \quad \underset{\textcircled{5}}{\quad} \text{m}^2 \times \underset{\textcircled{6}}{\quad} \text{kN/m}^2 \times \underset{\text{Tab.2}}{\quad} \text{DM/kN} \quad = \quad \text{_____ DM}$$

$$\underset{\textcircled{1}}{\quad} \text{m}^2 \times \left( \underset{\textcircled{3}}{\quad} \text{m} + \underset{\textcircled{4}}{\quad} \text{m} \right) \times \underset{\text{Tab.4}}{\quad} \text{DM/m}^3 \quad - \quad \underset{\textcircled{5}}{\quad} \text{m}^2 \times \left( \underset{\textcircled{7}}{\quad} \text{m} + \underset{\textcircled{8}}{\quad} \text{m} \right) \times \underset{\text{Tab.4}}{\quad} \text{DM/m}^3 \quad = \quad \text{_____ DM}$$

Kostendifferenz Decken

Σ = \_\_\_\_\_ **DM**

## Wohnungseingangstüren

### Variante 1:

Türaufbau:

① Anzahl = \_\_\_\_\_ Stck

### Variante 2:

Türaufbau:

② Anzahl = \_\_\_\_\_ Stck

### Berechnung der Differenzkosten:

\_\_\_\_\_ Stck x \_\_\_\_\_ DM/Stck  
① Tab.5

-

\_\_\_\_\_ Stck x \_\_\_\_\_ DM/Stck  
② Tab.5

= \_\_\_\_\_ DM

\_\_\_\_\_

Kostendifferenz Türen

Σ = \_\_\_\_\_ DM

## Treppenläufe und -podeste

### Variante 1:

Treppenlaufaufbau:

① Anzahl = \_\_\_\_\_ Stck

Treppenpodestaufbau:

② Anzahl = \_\_\_\_\_ Stck

### Variante 2:

Treppenlaufaufbau:

③ Anzahl = \_\_\_\_\_ Stck

Treppenpodestaufbau:

④ Anzahl = \_\_\_\_\_ Stck

**Die Treppenraumwände sind mit dem Formblatt „Wände“ zu berücksichtigen.**

### Berechnung der Differenzkosten:

$$\begin{array}{rcl} \text{_____ Stck x } \frac{\text{_____}}{\text{Tab.6}} \text{ DM/Stck} & - & \text{_____ Stck x } \frac{\text{_____}}{\text{Tab.6}} \text{ DM/Stck} & = \text{_____ DM} \\ \text{①} & & \text{③} & \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{_____ Stck x } \frac{\text{_____}}{\text{Tab.7}} \text{ DM/Stck} & - & \text{_____ Stck x } \frac{\text{_____}}{\text{Tab.7}} \text{ DM/Stck} & = \text{_____ DM} \\ \text{②} & & \text{④} & \end{array}$$

$$\text{Kostendifferenz Treppenläufe/ -podeste} \quad \Sigma = \text{_____ DM}$$

## Schächte

**Variante 1:**

Schachtaufbau:

① Länge = \_\_\_\_\_ m

② Grundfläche = \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

③ Verkaufspreis je m<sup>2</sup> Wohnfläche/Nutzfläche = \_\_\_\_\_ DM/m<sup>2</sup>

④ Lichte Raumhöhe (Rohbaumaß) = \_\_\_\_\_ m

**Variante 2:**

Schachtaufbau:

⑤ Länge = \_\_\_\_\_ m

⑥ Grundfläche = \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

⑦ Verkaufspreis je m<sup>2</sup> Wohnfläche/Nutzfläche = \_\_\_\_\_ DM/m<sup>2</sup>

⑧ Lichte Raumhöhe (Rohbaumaß) = \_\_\_\_\_ m

**Die Wände, an denen Schächte befestigt sind bzw. an die sie anschließen, sind mit dem Formblatt „Wände“ zu berücksichtigen.**

**Berechnung der Differenzkosten:**

$$\frac{\text{_____ m} \times \text{_____ DM/m}}{\text{①} \quad \text{Tab.8}} \quad - \quad \frac{\text{_____ m} \times \text{_____ DM/m}}{\text{⑤} \quad \text{Tab.8}} \quad = \text{_____ DM}$$

$$\frac{\text{_____ m} / \text{_____ m} \times \text{_____ m}^2 \times \text{_____ DM/m}^2}{\text{①} \quad \text{④} \quad \text{②} \quad \text{③}} \quad - \quad \frac{\text{_____ m} / \text{_____ m} \times \text{_____ m}^2 \times \text{_____ DM/m}^2}{\text{⑤} \quad \text{⑧} \quad \text{⑥} \quad \text{⑦}} \quad = \text{_____ DM}$$

Kostendifferenz Schächte Σ = \_\_\_\_\_ DM

## Aufzüge

### Variante 1:

Schachtwandaufbau:

① Schachtwandfläche = \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

Aufbau der Aufzugsanlage:

② Kosten der Aufzugsanlage = \_\_\_\_\_ DM

### Variante 2:

Schachtwandaufbau:

③ Schachtwandfläche = \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

Aufbau der Aufzugsanlage:

④ Kosten der Aufzugsanlage = \_\_\_\_\_ DM

### Berechnung der Differenzkosten:

$$\begin{array}{rcll} \text{_____ m}^2 \times \frac{\text{_____ DM/m}^2}{\text{Tab.1}} & - & \text{_____ m}^2 \times \frac{\text{_____ DM/m}^2}{\text{Tab.1}} & = \text{_____ DM} \\ \text{①} & & \text{③} & \end{array}$$

$$\begin{array}{rcll} \text{_____ DM} & - & \text{_____ DM} & = \text{_____ DM} \\ \text{②} & & \text{④} & \end{array}$$

$$\begin{array}{rcll} \text{Kostendifferenz Aufzugsanlage} & & & \Sigma = \text{_____ DM} \end{array}$$

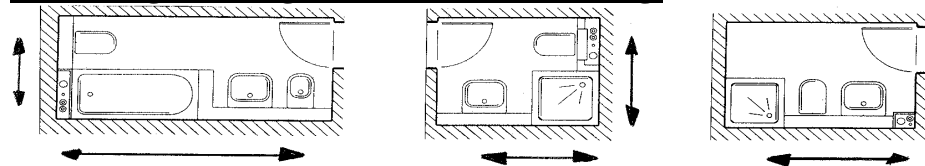
## Wasser-/ Abwasserinstallation, Sanitär

### Variante 1:

Aufbau:

- 1 Anzahl WC = \_\_\_\_\_ Stck
- 2 Anzahl Waschbecken = \_\_\_\_\_ Stck
- 3 Anzahl Dusche = \_\_\_\_\_ Stck
- 4 Anzahl Badewanne = \_\_\_\_\_ Stck
- 5 Anzahl Bidet = \_\_\_\_\_ Stck
- 6 Anzahl Urinal = \_\_\_\_\_ Stck
- 7 Anzahl Küchenspülbecken = \_\_\_\_\_ Stck
- 8 Anzahl Waschmaschinen innerhalb der Wohnungen = \_\_\_\_\_ Stck
- 9 Anzahl Geschirrspülmaschinen = \_\_\_\_\_ Stck
- 10 Länge der Installationsführung = \_\_\_\_\_ m auf Putz
- 11 Länge der Installationsführung = \_\_\_\_\_ m unter Putz

### Ermittlung der Länge der Installationsführung:



### Variante 2:

Aufbau:

- 12 Anzahl WC = \_\_\_\_\_ Stck
- 13 Anzahl Waschbecken = \_\_\_\_\_ Stck
- 14 Anzahl Dusche = \_\_\_\_\_ Stck
- 15 Anzahl Badewanne = \_\_\_\_\_ Stck
- 16 Anzahl Bidet = \_\_\_\_\_ Stck
- 17 Anzahl Urinal = \_\_\_\_\_ Stck
- 18 Anzahl Küchenspülbecken = \_\_\_\_\_ Stck
- 19 Anzahl Waschmaschinen innerhalb der Wohnungen = \_\_\_\_\_ Stck
- 20 Anzahl Geschirrspülmaschinen = \_\_\_\_\_ Stck
- 21 Länge der Installationsführung = \_\_\_\_\_ m auf Putz
- 22 Länge der Installationsführung = \_\_\_\_\_ m unter Putz

**Die Wände, an bzw. in denen Wasser- und Abwasserinstallationen, sowie die zugehörigen Sanitärelemente befestigt sind, sind mit dem Formblatt „Wände“ zu berücksichtigen.**

**Berechnung der Differenzkosten:**

$\frac{\boxed{1}}{\text{Tab. 9}} \text{ Stck x } \frac{\quad}{\text{Tab. 9}} \text{ DM/Stck}$	-	$\frac{\boxed{12}}{\text{Tab.9}} \text{ Stck x } \frac{\quad}{\text{Tab.9}} \text{ DM/Stck}$	= $\frac{\quad}{\quad}$ DM
$\frac{\boxed{2}}{\text{Tab. 9}} \text{ Stck x } \frac{\quad}{\text{Tab. 9}} \text{ DM/Stck}$	-	$\frac{\boxed{13}}{\text{Tab.9}} \text{ Stck x } \frac{\quad}{\text{Tab.9}} \text{ DM/Stck}$	= $\frac{\quad}{\quad}$ DM
$\frac{\boxed{3}}{\text{Tab. 9}} \text{ Stck x } \frac{\quad}{\text{Tab. 9}} \text{ DM/Stck}$	-	$\frac{\boxed{14}}{\text{Tab.9}} \text{ Stck x } \frac{\quad}{\text{Tab.9}} \text{ DM/Stck}$	= $\frac{\quad}{\quad}$ DM
$\frac{\boxed{4}}{\text{Tab. 9}} \text{ Stck x } \frac{\quad}{\text{Tab. 9}} \text{ DM/Stck}$	-	$\frac{\boxed{15}}{\text{Tab.9}} \text{ Stck x } \frac{\quad}{\text{Tab.9}} \text{ DM/Stck}$	= $\frac{\quad}{\quad}$ DM
$\frac{\boxed{5}}{\text{Tab. 9}} \text{ Stck x } \frac{\quad}{\text{Tab. 9}} \text{ DM/Stck}$	-	$\frac{\boxed{16}}{\text{Tab.9}} \text{ Stck x } \frac{\quad}{\text{Tab.9}} \text{ DM/Stck}$	= $\frac{\quad}{\quad}$ DM
$\frac{\boxed{6}}{\text{Tab. 9}} \text{ Stck x } \frac{\quad}{\text{Tab. 9}} \text{ DM/Stck}$	-	$\frac{\boxed{17}}{\text{Tab.9}} \text{ Stck x } \frac{\quad}{\text{Tab.9}} \text{ DM/Stck}$	= $\frac{\quad}{\quad}$ DM
$\frac{\boxed{7}}{\text{Tab. 9}} \text{ Stck x } \frac{\quad}{\text{Tab. 9}} \text{ DM/Stck}$	-	$\frac{\boxed{18}}{\text{Tab.9}} \text{ Stck x } \frac{\quad}{\text{Tab.9}} \text{ DM/Stck}$	= $\frac{\quad}{\quad}$ DM
$\frac{\boxed{8}}{\text{Tab. 9}} \text{ Stck x } \frac{\quad}{\text{Tab. 9}} \text{ DM/Stck}$	-	$\frac{\boxed{19}}{\text{Tab.9}} \text{ Stck x } \frac{\quad}{\text{Tab.9}} \text{ DM/Stck}$	= $\frac{\quad}{\quad}$ DM
$\frac{\boxed{9}}{\text{Tab. 9}} \text{ Stck x } \frac{\quad}{\text{Tab. 9}} \text{ DM/Stck}$	-	$\frac{\boxed{20}}{\text{Tab.9}} \text{ Stck x } \frac{\quad}{\text{Tab.9}} \text{ DM/Stck}$	= $\frac{\quad}{\quad}$ DM
$\frac{\boxed{10}}{\text{Tab. 9}} \text{ m x } \frac{\quad}{\text{Tab. 9}} \text{ DM/m}$	-	$\frac{\boxed{21}}{\text{Tab.9}} \text{ m x } \frac{\quad}{\text{Tab.9}} \text{ DM/m}$	= $\frac{\quad}{\quad}$ DM
$\frac{\boxed{11}}{\text{Tab. 9}} \text{ m x } \frac{\quad}{\text{Tab. 9}} \text{ DM/m}$	-	$\frac{\boxed{22}}{\text{Tab.9}} \text{ m x } \frac{\quad}{\text{Tab.9}} \text{ DM/m}$	= $\frac{\quad}{\quad}$ DM
<p>Kostendifferenz Wasser-/ Abwasserinstallation, Sanitär</p>			<p><math>\Sigma = \frac{\quad}{\quad}</math> <b>DM</b></p>

## Elektroinstallation

### Variante 1:

Aufbau:

- ① Länge der Wände mit Schallschutzanforderungen, an denen Elektroinstallationen befestigt werden = \_\_\_\_\_ m
- ② Anzahl der Steckdosen/ Lichtschalter, die an den obigen Wänden installiert werden sollen = \_\_\_\_\_ Stck (empfohlene Kalkulationsvorgabe 0,75 Stck/m)

### Variante 2:

Aufbau:

- ③ Länge der Wände mit Schallschutzanforderungen, an denen Elektroinstallationen befestigt werden = \_\_\_\_\_ m
- ④ Anzahl der Steckdosen/ Lichtschalter, die an den obigen Wänden installiert werden sollen = \_\_\_\_\_ Stck (empfohlene Kalkulationsvorgabe 0,75 Stck/m)

**Die Wände, an bzw. in denen Elektroinstallationen befestigt sind, sind mit dem Formblatt „Wände“ zu berücksichtigen.**

### Berechnung der Differenzkosten:

$$\begin{array}{rcl} \text{①} \quad \underline{\hspace{2cm}} \text{ m x } \underline{\hspace{2cm}} \text{ DM/m} & - & \underline{\hspace{2cm}} \text{ m x } \underline{\hspace{2cm}} \text{ DM/m} \\ & & \text{Tab.11} \qquad \text{Tab.11} \end{array} \qquad = \underline{\hspace{2cm}} \text{ DM}$$

$$\begin{array}{rcl} \underline{\hspace{2cm}} \text{ Stck x } \underline{\hspace{2cm}} \text{ DM/Stck} & - & \underline{\hspace{2cm}} \text{ Stck x } \underline{\hspace{2cm}} \text{ DM/Stck} \\ \text{②} \qquad \qquad \text{Tab.11} & & \text{Tab.11} \end{array} \qquad = \underline{\hspace{2cm}} \text{ DM}$$

Kostendifferenz Elektroinstallation

\_\_\_\_\_

$$\Sigma = \underline{\hspace{2cm}} \text{ DM}$$



## Gemeinschaftswaschanlagen

**Variante 1:**

Aufbau:

- ① Anzahl der Waschmaschinen = \_\_\_\_\_ Stck
- ② Grundfläche der Waschräume = \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
- ③ Länge der Installationsführung = \_\_\_\_\_ m

**Variante 2:**

Aufbau:

- ④ Anzahl der Waschmaschinen = \_\_\_\_\_ Stck
- ⑤ Grundfläche der Waschräume = \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
- ⑥ Länge der Installationsführung = \_\_\_\_\_ m

**Die Wände, an bzw. in denen Wasser- und Abwasserinstallationen befestigt sind, sind mit dem Formblatt „Wände“ zu berücksichtigen.**

**Berechnung der Differenzkosten:**

$$\begin{array}{rcl} \text{_____ Stck} \times \frac{\text{_____ DM/Stck}}{\text{Tab.12}} & - & \text{_____ Stck} \times \frac{\text{_____ DM/Stck}}{\text{Tab.12}} \\ \text{①} & & \text{④} \end{array} = \text{_____ DM}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{_____ m}^2 \times \frac{\text{_____ DM/m}^2}{\text{Tab.12}} & - & \text{_____ m}^2 \times \frac{\text{_____ DM/m}^2}{\text{Tab.12}} \\ \text{②} & & \text{⑤} \end{array} = \text{_____ DM}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{_____ m} \times \frac{\text{_____ DM/m}}{\text{Tab. 9}} & - & \text{_____ m} \times \frac{\text{_____ DM/m}}{\text{Tab.9}} \\ \text{③} & & \text{⑥} \end{array} = \text{_____ DM}$$

$$\text{Kostendifferenz Gemeinschaftswaschanlagen} \qquad \qquad \qquad \Sigma = \text{_____ DM}$$

## Zusammenstellung der Differenzkosten

Wände 1:	_____ DM	
Wände 2:	_____ DM	
Wände 3:	_____ DM	
Wände 4:	_____ DM	
Wände 5:	_____ DM	
Wände gesamt:	_____ DM	_____ DM
Decken 1:	_____ DM	
Decken 2:	_____ DM	
Decken 3:	_____ DM	
Decken 4:	_____ DM	
Decken 5:	_____ DM	
Decken gesamt:	_____ DM	_____ DM
Wohnungseingangstüren 1:	_____ DM	
Wohnungseingangstüren 2:	_____ DM	
Wohnungseingangstüren 3:	_____ DM	
Türen gesamt:	_____ DM	_____ DM
Treppenläufe und -podeste 1:	_____ DM	
Treppenläufe und -podeste 2:	_____ DM	
Treppenläufe und -podeste 3:	_____ DM	
Treppenläufe und -podeste gesamt:	_____ DM	_____ DM
Schächte 1:	_____ DM	
Schächte 2:	_____ DM	
Schächte 3:	_____ DM	
Schächte 4:	_____ DM	
Schächte 5:	_____ DM	
Schächte gesamt:	_____ DM	_____ DM
Aufzüge 1:	_____ DM	
Aufzüge 2:	_____ DM	
Aufzüge gesamt:	_____ DM	_____ DM
	Übertrag	_____ DM

	Übertrag	_____ DM
Wasser-/Abwasserinstallation,Sanitär 1:	_____ DM	
Wasser-/Abwasserinstallation,Sanitär 2:	_____ DM	
Wasser-/Abwasserinstallation,Sanitär 3:	_____ DM	
Wasser-/Abwasserinstallation,Sanitär gesamt:	_____ DM	_____ DM
Elektroinstallation:	_____ DM	_____ DM
Gemeinschaftswaschanlagen:	_____ DM	_____ DM
		_____
<b>Summe</b>		<b>_____ DM</b>

Bei negativem Vorzeichen ist die Variante 1 um den Betrag preiswerter, bei positiven Vorzeichen ist die Variante 1 um den Betrag teurer.

**Umlage der Differenzkosten auf die Wohn- / Nutzfläche des Gebäudes:**

Wohnfläche/ Nutzfläche = \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

$$\frac{\text{Differenzkosten}}{\text{Wohn - oder Nutzfläche}} = \frac{\text{DM}}{\text{m}^2} = \frac{\text{DM / m}^2}{\text{_____}}$$

**Kostendifferenz Variante 1 und 2 auf die gesamten Baukosten bezogen:**

$$\frac{\text{DM / m}^2 \times 100}{\text{DM / m}^2 + \frac{\text{DM / m}^2}{\text{_____}}} = \text{_____} \%$$

Wert aus Tab. 13

**Kostendifferenz Variante 1 und 2 auf die Veräußerungskosten bezogen:**

$$\frac{\text{DM / m}^2 \times 100}{\frac{\text{DM / m}^2}{\text{_____}}} = \text{_____} \%$$

Verkaufspreis der Wohnung

## **Kostentabellen für die Kalkulationsformblätter**

**Tabelle 1 Wände**

**Tabelle 2 Lastveränderung**

**Tabelle 3 Decken**

**Tabelle 4 Gebäudehöhenänderung**

**Tabelle 5 Türen**

**Tabelle 6 Treppenläufe**

**Tabelle 7 Treppenpodeste**

**Tabelle 8 Schächte**

**Tabelle 9 Wasser- /Abwasserinstallation, Sanitär**

**Tabelle 10 entfällt**

**Tabelle 11 Elektroinstallation**

**Tabelle 12 Gemeinschaftswaschanlagen**

**Tabelle 13 Restliche Baukosten**

<b>Tabelle 1</b>		<b>Wände</b>		
<b>Anmerkung:</b>				
Für die Ermittlung eigener Kostenwerte ist folgendes zu berücksichtigen:				
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Die Kosten beziehen sich auf die komplette Leistung einschließlich Putz (einschließlich Montage bei Fertigteilen).</li> <li>2) Erfordern Wandtypen unterschiedliche Baustelleneinrichtungen, so sind diese kostenmäßig zu berücksichtigen. Als Basis dient hier eine übliche Baustelleneinrichtung für Mauerwerks- oder Ortbetonbauten.</li> </ol>				
Kosten für eine Änderung der Wohnfläche und Eigenlasten infolge anderer Wanddicken dürfen hier nicht berücksichtigt werden.				
<b>Aufbau</b>	<b>Eigenlast g [kN/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Wanddicke mit Putz bzw. Dünn- putz d [cm]</b>	<b>R'<sub>w,R</sub> bei m<sub>L,mittel</sub> = 300 kg/m<sup>2</sup> [dB]</b>	<b>Kosten [DM/m<sup>2</sup>]</b>
Mauerwerk d=5,0cm, Rohdichteklasse 2,0, Großformat, einschalig, 2x10mm Gipsputz	1,24	7,0	38	136,15
Mauerwerk d=11,5cm, Rohdichteklasse 0,9, 8DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	1,50	13,5	39	117,00
Mauerwerk d=7,0cm, Rohdichteklasse 1,8, Großformat, einschalig, 2x10mm Gipsputz	1,50	9,0	41	137,65
Mauerwerk d=15,0cm, Rohdichteklasse 1,0, 10DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	2,04	17,0	42	127,81
Mauerwerk d=7,0cm, Rohdichteklasse 2,2, Groß-format, einschalig, 2x10mm Gipsputz	1,78	9,0	42	147,60
Mauerwerk d=11,5cm, Rohdichteklasse 1,4, 8DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	1,97	13,5	43	121,00
Mauerwerk d=17,5cm, Rohdichteklasse 0,8, 7,5DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	1,99	19,5	44	131,50
Mauerwerk d=17,5cm, Rohdichteklasse 1,0, 7,5DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	2,34	19,5	44	131,51
Mauerwerk d=17,5cm, Rohdichteklasse 1,2, 7,5DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	2,69	19,5	44	136,68
Mauerwerk d=11,5cm, Rohdichteklasse 1,8, 8DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	2,31	13,5	45	125,45

## Anhang B-3

Mauerwerk d=11,5cm, Rohdichteklasse 2,0, 8DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	2,54	13,5	46	127,50
Mauerwerk d=24,0cm, Rohdichteklasse 0,8, 8DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	2,64	26,0	47	156,00
Mauerwerk d=30,0cm, Rohdichteklasse 0,8, 10DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	3,24	32,0	47	161,96
Mauerwerk d=24,0cm, Rohdichteklasse 1,0, 8DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	3,12	26,0	47	156,00
Mauerwerk d=17,5cm, Rohdichteklasse 1,4, 7,5DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	2,87	19,5	47	135,20
Mauerwerk d=24,0cm, Rohdichteklasse 1,2, 8DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	3,60	26,0	49	156,00
Mauerwerk d=15,0cm, Rohdichteklasse 2,0, 10DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	3,24	17,0	49	142,00
Mauerwerk d=36,5cm, Rohdichteklasse 0,8, 12DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	3,89	38,5	50	170,93
Mauerwerk d=30,0cm, Rohdichteklasse 1,0, 10DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	3,84	32,0	50	161,96
Mauerwerk d=17,5cm, Rohdichteklasse 1,8, 7,5DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	3,39	19,5	50	141,00
Mauerwerk d=24,0cm, Rohdichteklasse 1,4, 8DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	3,84	26,0	51	156,60
Mauerwerk d=17,5cm, Rohdichteklasse 2,0, 7,5DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	3,74	19,5	51	144,04
Mauerwerk d=36,5cm, Rohdichteklasse 1,0, 12DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	4,62	38,5	52	176,70
Mauerwerk d=30,0cm, Rohdichteklasse 1,2, 10DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	4,44	32,0	52	168,56
Mauerwerk d=17,5cm, Rohdichteklasse 2,2, 7,5DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	4,09	19,5	52	146,85
Mauerwerk d=49,0cm, Rohdichteklasse 0,8, 8DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	5,14	51,0	53	247,89
Mauerwerk d=30,0cm, Rohdichteklasse 1,4, 10DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	4,74	32,0	53	168,56
Mauerwerk d=20,0cm, Rohdichteklasse 2,0, 14DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	4,24	22,0	53	150,40
Mauerwerk d=24,0cm, Rohdichteklasse 1,8, 8DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	4,56	26,0	53	162,35

## Anhang B-4

Mauerwerk d=36,5cm, Rohdichteklasse 1,2, 12DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	5,35	38,5	54	182,10
Mauerwerk d=24,0cm, Rohdichteklasse 2,0, 8DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	5,04	26,0	54	168,10
Mauerwerk d=49,0cm, Rohdichteklasse 1,0, 8DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	6,12	51,0	55	249,40
Mauerwerk d=36,5cm, Rohdichteklasse 1,4, 12DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	5,72	38,5	55	182,10
Mauerwerk d=24,0cm, Rohdichteklasse 2,2, 8DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	5,52	26,0	56	172,61
Mauerwerk d=49,0cm, Rohdichteklasse 1,2, 8DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	7,10	51,0	57	249,40
Mauerwerk d=30,0cm, Rohdichteklasse 2,0, 10DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	6,24	32,0	57	189,80
Mauerwerk d=36,5cm, Rohdichteklasse 1,8, 12DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	6,81	38,5	58	182,80
Mauerwerk d=30,0cm, Rohdichteklasse 2,2, 10DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	6,84	32,0	58	196,30
Mauerwerk d=49,0cm, Rohdichteklasse 1,4, 8DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	7,59	51,0	59	249,40
Mauerwerk d=36,5cm, Rohdichteklasse 2,0, 12DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	7,54	38,5	59	193,65
Mauerwerk d=36,5cm, Rohdichteklasse 2,2, 12DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz	8,27	38,5	60	200,54
Stahlbeton, d=4,0 Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	1,24	6	38	157,75
Stahlbeton, d=4,5cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	1,37	6,5	39	160,78
Stahlbeton, d=5,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	1,49	7	40	163,81
Stahlbeton, d=5,5cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	1,62	7,5	41	166,84
Stahlbeton, d=6,0 Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	1,74	8	42	169,85
Stahlbeton, d=7,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	1,99	9	43	171,87

## Anhang B-5

Stahlbeton, d=8,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	2,24	10	44	173,89
Stahlbeton, d=9,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	2,49	11	45	180,90
Stahlbeton, d=9,5cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	2,62	11,5	46	184,40
Stahlbeton, d=10,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	2,74	12	47	187,90
Stahlbeton, d=11,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	2,99	13	48	189,70
Stahlbeton, d=12,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	3,24	14	49	191,50
Stahlbeton, d=13,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	3,49	15	50	193,30
Stahlbeton, d=14,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	3,74	16	50	195,10
Stahlbeton, d=15,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	3,99	17	51	196,90
Stahlbeton, d=16,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	4,24	18	52	198,70
Stahlbeton, d=17,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	4,49	19	53	202,34
Stahlbeton, d=19,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	4,99	21	54	208,30
Stahlbeton, d=21,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	5,49	23	55	214,25
Stahlbeton, d=23,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	5,99	25	56	219,85
Stahlbeton, d=25,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	6,49	27	57	225,45



## Anhang B-6

Stahlbeton, d=27,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	6,99	29	58	231,05
Stahlbeton, d=29,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	7,49	31	59	236,65
Stahlbeton, d=32,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	8,24	34	60	247,50
Stahlbeton, d=4,0 Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	1,24	6	38	123,27
Stahlbeton, d=4,5cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	1,37	6,5	39	126,73
Stahlbeton, d=5,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	1,49	7	40	130,19
Stahlbeton, d=5,5cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	1,62	7,5	41	133,68
Stahlbeton, d=6,0 Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	1,74	8	42	137,09
Stahlbeton, d=7,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	1,99	9	43	143,36
Stahlbeton, d=8,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	2,24	10	44	149,62
Stahlbeton, d=9,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	2,49	11	45	154,07
Stahlbeton, d=9,5cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	2,62	11,5	46	156,30
Stahlbeton, d=10,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	2,74	12	47	158,52
Stahlbeton, d=11,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	2,99	13	48	162,89
Stahlbeton, d=12,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	3,24	14	49	167,25

## Anhang B-7

Stahlbeton, d=13,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	3,49	15	50	171,62
Stahlbeton, d=15,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	3,99	17	51	180,35
Stahlbeton, d=16,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	4,24	18	52	184,71
Stahlbeton, d=17,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	4,49	19	53	189,33
Stahlbeton, d=19,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	4,99	21	54	197,92
Stahlbeton, d=21,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	5,49	23	55	206,51
Stahlbeton, d=23,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	5,99	25	56	215,51
Stahlbeton, d=25,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	6,49	27	57	224,51
Stahlbeton, d=27,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	6,99	29	58	233,51
Stahlbeton, d=29,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	7,49	31	59	242,51
Stahlbeton, d=32,0cm Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz	8,24	34	60	260,29
Mauerwerk Rohdichteklasse 2,0, Großformat, zweischalig, 2 x 5,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	2,24	17,0	57	228,41
Mauerwerk Rohdichteklasse 2,2, Großformat, zweischalig, 2 x 5,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	2,44	17,5	58	234,13
Mauerwerk Rohdichteklasse 0,8, 8DF, zweischalig, 2 x 11,5cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	2,59	30,0	59	190,11

## Anhang B-8

Mauerwerk Rohdichteklasse 1,0, 8DF, zweischalig, 2 x 11,5cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	3,05	30,0	59	190,11
Mauerwerk Rohdichteklasse 2,0, Großformat, zweischalig, 2 x 7,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	3,09	21,0	60	231,41
Mauerwerk Rohdichteklasse 1,2, 8DF, zweischalig, 2 x 11,5cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	3,51	30,0	61	201,01
Mauerwerk Rohdichteklasse 2,2, Großformat, zweischalig, 2 x 7,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	3,37	21,0	61	251,31
Mauerwerk Rohdichteklasse 1,0, 10DF, zweischalig, 2 x 15,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	3,89	37,0	62	211,35
Mauerwerk Rohdichteklasse 1,4, 8DF, zweischalig, 2 x 11,5cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	3,74	30,0	62	201,01
Mauerwerk Rohdichteklasse 0,8, 7,5DF, zweischalig, 2 x 17,5cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	3,79	42,0	63	217,93
Mauerwerk Rohdichteklasse 1,0, 7,5DF, zweischalig, 2 x 17,5cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	4,49	42,0	63	217,93
Mauerwerk Rohdichteklasse 1,8, 8DF, zweischalig, 2 x 11,5cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	4,43	30,0	65	207,61
Mauerwerk Rohdichteklasse 2,0, 8DF, zweischalig, 2 x 11,5cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	4,89	30,0	66	211,11
Mauerwerk Rohdichteklasse 2,2, 8DF, zweischalig, 2 x 11,5cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	5,35	30,0	67	215,61
Mauerwerk Rohdichteklasse 1,8, 8DF/7,5DF, zweischalig, 1 x 11,5cm / 1 x 17,5 cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	6,04	36,0	67	222,56

## Anhang B-9

Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, zweischalig, 2 x 4,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	2,29	15,0	56	236,14
Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, zweischalig, 2 x 5,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	2,79	17,0	59	244,78
Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, zweischalig, 2 x 6,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	3,29	19,0	61	252,43
Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, zweischalig, 2 x 7,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	3,79	21,0	62	260,08
Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, zweischalig, 2 x 8,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	4,29	23,0	63	267,74
Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, zweischalig, 2 x 9,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	4,79	25,0	65	282,10
Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, zweischalig, 2 x 10,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	5,29	27,0	66	296,45
Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, zweischalig, 2 x 11,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	5,79	29,0	67	293,95
Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, zweischalig, 2 x 12,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	6,29	31,0	68	291,45
Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, zweischalig, 2 x 13,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	6,79	33,0	69	294,66
Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, zweischalig, 2 x 4,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	2,29	15,0	56	178,28
Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, zweischalig, 2 x 5,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	2,79	17,0	59	185,73

## Anhang B-10

Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, zweischalig, 2 x 6,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	3,29	19,0	61	196,08
Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, zweischalig, 2 x 7,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	3,79	21,0	62	206,43
Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, zweischalig, 2 x 8,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	4,29	23,0	63	216,78
Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, zweischalig, 2 x 9,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	4,79	25,0	65	239,00
Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, zweischalig, 2 x 10,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	5,29	27,0	66	261,21
Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, zweischalig, 2 x 11,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	5,79	29,0	67	267,34
Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, zweischalig, 2 x 12,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	6,29	31,0	68	273,47
Stahlbeton Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Fertigteil, zweischalig, 2 x 13,0cm + 50mm Mineralfaserdämmung, 2 x 10mm Kalkgipsputz	6,79	33,0	69	279,60
Mauerwerk d = 5,0 cm, Rohdichteklasse 2,0, Großformat, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	1,47	15,9	49	164,23
Mauerwerk d = 17,5 cm, Rohdichte- klasse 0,8, 7,5DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	2,22	28,4	49	159,58
Mauerwerk d = 15,0 cm, Rohdichte- klasse 1,0, 10DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	2,27	25,9	49	155,89

## Anhang B-11

Mauerwerk d = 7,0 cm, Rohdichteklasse 2,2, Großformat, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	2,01	17,9	49	175,68
Mauerwerk d = 24,0 cm, Rohdichteklasse 0,8, 8DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	2,87	34,9	50	184,08
Mauerwerk d = 17,5 cm, Rohdichteklasse 1,2, 7,5DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	2,92	28,4	50	164,76
Mauerwerk d = 11,5 cm, Rohdichteklasse 1,8, 8DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	2,54	22,4	50	153,53
Mauerwerk d = 11,5 cm, Rohdichteklasse 2,0, 8DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	2,77	22,4	51	155,58
Mauerwerk d = 30,0 cm, Rohdichteklasse 0,8, 10DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	3,47	40,9	52	190,04
Mauerwerk d = 24,0 cm, Rohdichteklasse 1,0, 8DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	3,35	34,9	52	184,08
Mauerwerk d = 17,5 cm, Rohdichteklasse 1,4, 7,5DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	3,10	28,4	52	163,28
Mauerwerk d = 15,0 cm, Rohdichteklasse 1,8, 10DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	3,17	25,9	52	170,08
Mauerwerk d = 11,5 cm, Rohdichteklasse 2,2, 8DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	3,00	22,4	52	157,83

## Anhang B-12

Mauerwerk d = 24,0 cm, Rohdichte- klasse 1,2, 8DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	3,83	34,9	53	184,08
Mauerwerk d = 15,0 cm, Rohdichte- klasse 2,0, 10DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	3,47	25,9	53	170,08
Mauerwerk d = 36,5 cm, Rohdichte- klasse 0,8, 12DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	4,12	47,4	54	199,01
Mauerwerk d = 30,0 cm, Rohdichte- klasse 1,0, 10DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	4,07	40,9	54	190,04
Mauerwerk d = 24,0 cm, Rohdichte- klasse 1,4, 8DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	4,07	34,9	54	184,68
Mauerwerk d = 17,5 cm, Rohdichte- klasse 1,8, 7,5DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	3,62	28,4	54	169,08
Mauerwerk d = 36,5 cm, Rohdichte- klasse 1,0, 12DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	4,85	47,4	55	204,78
Mauerwerk d = 30,0 cm, Rohdichte- klasse 1,2, 10DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	4,67	40,9	55	196,64
Mauerwerk d = 17,5 cm, Rohdichte- klasse 2,0, 7,5DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	3,97	28,4	55	172,12
Mauerwerk d = 36,5 cm, Rohdichte- klasse 1,2, 12DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	5,58	47,4	56	210,18

## Anhang B-13

Mauerwerk d = 30,0 cm, Rohdichte- klasse 1,4, 10DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	4,97	40,9	56	196,64
Mauerwerk d = 24,0 cm, Rohdichte- klasse 1,8, 8DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	4,79	34,9	56	184,68
Mauerwerk d = 24,0 cm, Rohdichte- klasse 2,0, 8DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	5,27	34,9	57	196,18
Mauerwerk d = 36,5 cm, Rohdichte- klasse 1,4, 12DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	5,95	47,4	58	210,18
Mauerwerk d = 30,0 cm, Rohdichte- klasse 1,8, 10DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	5,87	40,9	58	196,64
Mauerwerk d = 24,0 cm, Rohdichte- klasse 2,2, 8DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	5,75	34,9	58	200,08
Mauerwerk d = 30,0 cm, Rohdichte- klasse 2,0, 10DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	6,47	40,9	59	217,88
Mauerwerk d = 36,5 cm, Rohdichte- klasse 1,8, 12DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	7,04	47,4	60	210,88
Mauerwerk d = 30,0 cm, Rohdichte- klasse 2,2, 10DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	7,07	40,9	60	224,38
Mauerwerk d = 49,0 cm, Rohdichte- klasse 1,4, 8DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	7,82	59,9	61	277,48



## Anhang B-14

Mauerwerk d = 30,0 cm, Rohdichte- klasse 2,2, 10DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	7,07	40,9	61	224,38
Mauerwerk d = 36,5 cm, Rohdichte- klasse 2,0, 12DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	7,77	47,4	62	221,73
Mauerwerk d = 36,5 cm, Rohdichte- klasse 2,2, 12DF, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	8,50	47,4	63	228,62
Stahlbeton d = 4,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	1,47	14,9	49	185,83
Stahlbeton d = 6,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	1,97	16,9	49	197,93
Stahlbeton d = 9,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	2,72	19,9	50	191,89
Stahlbeton d = 10,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	2,97	20,9	51	215,98
Stahlbeton d = 11,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	3,22	21,9	52	217,78
Stahlbeton d = 12,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	3,47	22,9	53	219,58
Stahlbeton d = 13,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatz- schale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	3,72	23,9	54	221,38

## Anhang B-15

Stahlbeton d = 15,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	4,22	25,9	55	224,98
Stahlbeton d = 17,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	4,72	27,9	56	230,42
Stahlbeton d = 19,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	5,22	29,9	57	236,38
Stahlbeton d = 22,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	5,97	32,9	58	245,13
Stahlbeton d = 24,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	6,47	34,9	59	250,73
Stahlbeton d = 26,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	6,97	36,9	60	228,25
Stahlbeton d = 28,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	7,47	38,9	61	233,85
Stahlbeton d = 30,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	7,97	40,9	62	254,72
Stahlbeton d = 32,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Ortbeton, einschalig, 1 x 10mm Kalkgipsputz mit biegeweicher Vorsatzschale gemäß Zeile 2, Tab. 7 DIN 4109 Beiblatt 1	8,47	42,9	63	275,58
Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 1 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 40mm Mineralfaserdämmstoff 2 x 4mm Dünnputz	0,35	8,3	45	78,84

## Anhang B-16

Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 1 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 40mm Mineralfaserdämmstoff 2 x 4mm Dünnputz	0,35	10,8	46	79,42
Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 1 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 40mm Mineralfaserdämmstoff 2 x 4mm Dünnputz	0,35	13,3	46	80,17
Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 1 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 60mm Mineralfaserdämmstoff 2 x 4mm Dünnputz	0,35	10,8	47	81,60
Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 1 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 60mm Mineralfaserdämmstoff 2 x 4mm Dünnputz	0,35	13,3	47	82,35
Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 2 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 40mm Mineralfaserdämmstoff 2 x 4mm Dünnputz	0,50	10,8	48	117,24
Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 2 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 40mm Mineralfaserdämmstoff 2 x 4mm Dünnputz	0,50	13,3	48	117,82
Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 1 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 80mm Mineralfaserdämmstoff 2 x 4mm Dünnputz	0,35	13,3	49	84,52
Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 2 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 40mm Mineralfaserdämmstoff 2 x 4mm Dünnputz	0,50	15,8	50	118,57
Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 2 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 60mm Mineralfaserdämmstoff 2 x 4mm Dünnputz	0,50	13,3	51	120,00
Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 2 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 80mm Mineralfaserdämmstoff 2 x 4mm Dünnputz	0,50	15,8	53	122,92
Doppelte Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 2 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 40mm Mineralfaserdämmstoff 2 x 4mm Dünnputz	0,50	16,3	53	131,98
Doppelte Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 2 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 40mm Mineralfaserdämmstoff 2 x 4mm Dünnputz	0,50	21,3	54	133,16

Doppelte Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 2 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 40mm Mineral-faserdämmstoff 2 x 4mm Dünnputz	0,50	26,3	54	134,64
Doppelte Metallständertragkonstruktion beidseitig mit je 2 x 12,5 mm Gipskartonplatte beplankt, 80mm Mineral-faserdämmstoff 2 x 4mm Dünnputz	0,50	26,3	55	138,99

<b>Tabelle 2 Lastveränderung</b>	
<b>Anmerkung:</b>	
Die Werte ergeben sich aus den Kosten für ein breiteres/ schmaleres Fundament als das geplante, um die Mehr- oder Minderlasten bei einer bestimmten zulässigen Bodenpressung ableiten zu können. Kosten für eine Änderung von Tragfähigkeitsklassen des Mauerwerks sind bei den Wänden zu erfassen.	
Tragfähigkeit des Bodens	Kosten [DM/kN]
gering, zulässige Bodenpressung = 100 kN/m <sup>2</sup>	1,90
mittel, zulässige Bodenpressung = 200 kN/m <sup>2</sup>	0,95
hoch, zulässige Bodenpressung = 300 kN/m <sup>2</sup>	0,63

Tabelle 3

## Decken

**Anmerkung:**

Für die Ermittlung eigener Kostenwerte ist folgendes zu berücksichtigen:

- 1) Die Kosten beziehen sich auf die komplette Leistung einschließlich Putz, Estrich, ggf. biegeweiche Unterdecke, sowie der Montage bei Fertigteilen.
- 2) Erfordern andere Deckentypen eine andere Baustelleneinrichtung, so ist diese kostenmäßig zu berücksichtigen, die Basis stellt hier eine übliche Baustelleneinrichtung mit Turmdrehkran und Kranbeton dar.

Kosten für eine Änderung der Gebäudehöhe und –last infolge anderer Deckendicken dürfen hier nicht berücksichtigt werden.

<b>Aufbau</b>	<b>Eigenlast g [kN/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Decken- dicke [cm]</b>	<b>R'<sub>w,R</sub> und L<sub>n,w</sub> bei mL<sub>,mittel</sub> = 300 kg/m<sup>2</sup> [dB]</b>	<b>Kosten [DM/m<sup>2</sup>]</b>
Stahlbeton d= 12,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 13/10mm s'= 20 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	3,90	17,5	54 51	159,27
Stahlbeton d= 13,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 13/10mm s'= 20 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	4,15	18,5	55 50	161,66
Stahlbeton d= 14,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 13/10mm s'= 20 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	4,40	19,5	55 49	162,71
Stahlbeton d=15,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 13/10mm s'= 20 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	4,65	20,5	56 47	163,76
Stahlbeton d= 16,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 13/10mm s'= 20 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	4,90	21,5	56 46	166,31
Stahlbeton d= 17,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 13/10mm s'= 20 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	5,15	22,5	57 44	168,85
Stahlbeton d= 18,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 13/10mm s'= 20 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	5,40	23,5	57 44	171,40

## Anhang B-19

Stahlbeton d= 19,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 13/10mm s' = 20 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	5,65	24,5	58 43	173,77
Stahlbeton d= 20,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 13/10mm s' = 20 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	5,90	25,5	58 43	176,13
Stahlbeton d= 21,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 13/10mm s' = 20 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	6,15	26,5	59 42	178,50
Stahlbeton d= 22,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 13/10mm s' = 20 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	6,40	27,5	59 41	180,86
Stahlbeton d= 24,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 13/10mm s' = 20 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	6,90	29,5	60 40	186,08
Stahlbeton d= 26,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 13/10mm s' = 20 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	7,40	31,5	61 39	191,29
Stahlbeton d= 28,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 13/10mm s' = 20 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	7,90	33,5	62 39	196,51
Stahlbeton d= 30,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 13/10mm s' = 20 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	8,40	35,5	63 38	201,72
Stahlbeton d= 32,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 13/10mm s' = 20 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	8,90	37,5	64 37	206,94
Stahlbeton d= 12,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 20/15mm s' = 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biege- weiche Unterdecke gemäß Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Kalkgipsputz 10mm	4,28	23,6	57 43	195,66
Stahlbeton d= 13,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 20/15mm s' = 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biege- weiche Unterdecke gemäß Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Gipsputz 10mm	4,53	24,6	58 43	197,16

## Anhang B-20

Stahlbeton d= 14,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biege- weiche Unterdecke gemäß Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Kalkgipsputz 10mm	4,78	25,6	58 42	198,65
Stahlbeton d= 15,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biege- weiche Unterdecke gem. Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Bbl 1, Kalkgipsputz 10mm	5,03	26,6	59 42	200,15
Stahlbeton d= 16,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biege- weiche Unterdecke gemäß Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Kalkgipsputz 10mm	5,28	27,6	59 42	202,55
Stahlbeton d= 17,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biege- weiche Unterdecke gemäß Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Kalkgipsputz 10mm	5,53	28,6	59 41	204,96
Stahlbeton d= 18,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biege- weiche Unterdecke gemäß Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Kalkgipsputz 10mm	5,78	29,6	60 40	207,36
Stahlbeton d= 19,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biege- weiche Unterdecke gemäß Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Kalkgipsputz 10mm	6,03	30,6	60 40	209,76
Stahlbeton d= 20,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biege- weiche Unterdecke gemäß Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Kalkgipsputz 10mm	6,28	31,6	61 39	212,17
Stahlbeton d= 21,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biege- weiche Unterdecke gemäß Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Kalkgipsputz 10mm	6,53	32,6	61 38	214,57
Stahlbeton d= 22,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biege- weiche Unterdecke gemäß Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Kalkgipsputz 10mm	6,78	33,6	62 38	216,97

## Anhang B-21

Stahlbeton d= 23,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biege- weiche Unterdecke gemäß Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Kalkgipsputz 10mm	7,03	34,6	62 37	219,38
Stahlbeton d= 23,5 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biege- weiche Unterdecke gemäß Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Kalkgipsputz 10mm	7,16	35,1	62 37	220,58
Stahlbeton d= 24,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biege- weiche Unterdecke gemäß Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Kalkgipsputz 10mm	7,28	35,6	63 36	221,78
Stahlbeton d= 26,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m <sup>3</sup> , Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biege- weiche Unterdecke gemäß Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Kalkgipsputz 10mm	7,78	37,6	64 35	226,58
Spannbetonhohlplatte d = 15,0 cm, Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	3,60	21,0	54 49	157,26
Spannbetonhohlplatte d = 18,0 cm, Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	4,03	24,0	55 47	164,91
Spannbetonhohlplatte d = 26,0 cm, Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	4,83	32,0	57 43	182,98
Spannbetonhohlplatte d = 40,0 cm, Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm	5,75	46,0	59 40	200,68
Spannbetonhohlplatte d= 15,0 cm, Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biege- weiche Unterdecke gemäß Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Kalkgipsputz 10mm	4,10	26,6	57 43	193,05
Spannbetonhohlplatte d= 18,0 cm, Trittschalldämmung d = 20/15mm s'= 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biege- weiche Unterdecke gemäß Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Kalkgipsputz 10mm	4,53	29,6	58 42	200,70



## Anhang B-22

---

Spannbetonhohlplatte d= 26,0 cm, Trittschalldämmung d = 20/15mm s' = 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biegeweiße Unterdecke gemäß Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Kalkgipsputz 10mm	5,33	37,6	60 41	218,77
Spannbetonhohlplatte d= 40,0 cm, Trittschalldämmung d = 20/15mm s' = 10 MN/m <sup>3</sup> , Estrich d=35mm, biegeweiße Unterdecke gemäß Tab. 11, Zeile 7, DIN 4109 Beiblatt 1, Kalkgipsputz 10mm	6,25	51,6	62 38	236,47

<b>Tabelle 4</b>		<b>Gebäudehöhenänderung</b>
<b>Anmerkung:</b>		
Die Kostenwerte ergeben sich aus der Änderung der Fassadenfläche, der Länge der Treppenläufe und der Rohrlängen infolge der Höhenänderung durch eine andere Deckendicke. Die Kosten für ein Wärmedämmverbundsystem sind mit 128,-- DM/m <sup>2</sup> berücksichtigt, eine Vorsatzschale mit 158,-- DM/m <sup>2</sup> .		
<b>Grundrißgestaltung</b>	<b>Kosten [DM/m<sup>3</sup>]</b>	
Grundfläche je Geschoß 100m <sup>2</sup> , 8 m x 12 m, WDVS	53,00	
Grundfläche je Geschoß 100m <sup>2</sup> , 8 m x 12 m, Vormauerschale	65,00	
Grundfläche je Geschoß 200m <sup>2</sup> , 10 m x 20 m, WDVS	40,00	
Grundfläche je Geschoß 200m <sup>2</sup> , 10 m x 20 m, Vormauerschale	50,00	
Grundfläche je Geschoß 300m <sup>2</sup> , 15 m x 20 m, WDVS	33,00	
Grundfläche je Geschoß 300m <sup>2</sup> , 15 m x 20 m, Vormauerschale	40,00	
Grundfläche je Geschoß 400m <sup>2</sup> , 16 m x 25 m, WDVS	28,00	
Grundfläche je Geschoß 400m <sup>2</sup> , 16 m x 25 m, Vormauerschale	34,00	

<b>Tabelle 5</b>		<b>Türen</b>
<b>Anmerkung:</b>		
Die Kostenwerte beziehen sich auf die komplette Leistung einschließlich Einbau, Tür mittlerer Ausstattungsqualität.		
<b>Aufbau</b>	<b>R<sub>w</sub> [dB]</b>	<b>Kosten [DM/Stck]</b>
Wohnungseingangstür R <sub>w,R</sub> = 27 dB, bzw. R <sub>w,P</sub> = 32 dB, standart, Doppeldichtung umlaufend	27	750,00
Wohnungseingangstür R <sub>w,R</sub> = 37 dB, bzw. R <sub>w,P</sub> = 42 dB, standart, Dreifachdichtung umlaufend	37	1500,00

**Tabelle 6** **Treppenläufe**

**Anmerkung:**

Die Kostenwerte beziehen sich auf die komplette Leistung, einschließlich Montagekosten bei Stahlbetonfertigteilen. Bodenbelag und Putz sind nicht berücksichtigt. Die Treppenraumwände sind kostenmäßig nicht berücksichtigt.

Bei anderen Treppenläufen z.B. 2 x ¼ gewandelt oder einer Steigung mehr können die Werte ebenfalls verwendet werden, da sich die Differenzkosten fast ausschließlich aus der Art der Auflagerung ergeben.

<b>Aufbau</b>	<b>L' n,w,R</b> Bei K <sub>T</sub> = 0 dB	<b>Kosten</b> [DM/Stck]
Stahlbetontreppenlauf d=120 mm, gerade 8 Stg. 17,2/ 29,0 , Breite = 1,00 m, abgesetzt von der Treppenraumwand, Treppenraumwand einschalig, biegesteif mit m' ≥ 380 kg/m <sup>2</sup> mit dem Stb.-Podest fest verbunden oder starr aufgelagert	58	832,71
Stahlbetontreppenlauf d=120 mm, gerade 8 Stg. 17,2/ 29,0 , Breite = 1,00 m, abgesetzt von der Treppenraumwand, Treppenraumwand zweischalig, biegesteif mit durchgehender Gebäudetrennfuge mit dem Stb.-Podest fest verbunden oder starr aufgelagert	43	832,71
Stahlbetontreppenlauf d=120 mm, gerade 8 Stg. 17,2/ 29,0 , Breite = 1,00 m, abgesetzt von der Treppenraumwand, Treppenraumwand einschalig, biegesteif mit m' ≥ 380 kg/m <sup>2</sup> mit dem Stb.-Podest über Schöck Tronsole T verbunden	46	1229,85
Stahlbetontreppenlauf d=120 mm, gerade 8 Stg. 17,2/ 29,0 , Breite = 1,00 m, abgesetzt von der Treppenraumwand, Treppenraumwand einschalig, biegesteif mit m' ≥ 380 kg/m <sup>2</sup> mit dem Stb.-Podest mittels Elastomerlager Schöck Tronsole F aufgelagert	38	905,01
Stahlbetontreppenlauf d=120 mm, gerade 16 Stg. 17,2/ 29,0 , Breite = 1,00 m, abgesetzt von der Treppenraumwand, Treppenraumwand einschalig, biegesteif mit m' ≥ 380 kg/m <sup>2</sup> mit dem Stb.-Podest fest verbunden oder starr aufgelagert	58	1665,42
Stahlbetontreppenlauf d=120 mm, gerade 16 Stg. 17,2/ 29,0 , Breite = 1,00 m, abgesetzt von der Treppenraumwand, Treppenraumwand zweischalig, biegesteif mit durchgehender Gebäudetrennfuge mit dem Stb.-Podest fest verbunden oder starr aufgelagert	43	1665,42
Stahlbetontreppenlauf d=120 mm, gerade 16 Stg. 17,2/ 29,0 , Breite = 1,00 m, abgesetzt von der Treppenraumwand, Treppenraumwand einschalig, biegesteif mit m' ≥ 380 kg/m <sup>2</sup> mit dem Stb.-Podest über Schöck Tronsole T verbunden	46	2279,64
Stahlbetontreppenlauf d=120 mm, gerade 16 Stg. 17,2/ 29,0 , Breite = 1,00 m, abgesetzt von der Treppenraumwand, Treppenraumwand einschalig, biegesteif mit m' ≥ 380 kg/m <sup>2</sup> mit dem Stb.-Podest mittels Elastomerlager Schöck Tronsole F aufgelagert	38	1737,72

<b>Tabelle 7</b>		<b>Treppenpodeste</b>	
<b>Anmerkung:</b>			
Die Kostenwerte beziehen sich auf die komplette Leistung, einschließlich Montagekosten bei Stahlbetonfertigteilen. Bodenbelag und Putz sind nicht berücksichtigt. Die Treppenraumwände sind kostenmäßig nicht berücksichtigt.			
Bei Treppenpodesten ähnlicher Größe können die Werte ebenfalls angesetzt werden, da sich die Differenzkosten fast ausschließlich aus der Art der Auflagerung ergeben.			
<b>Aufbau</b>	<b>L' n,w,R</b>	<b>Kosten [DM/Stck]</b>	
Stahlbetonpodest d=120mm, 2,20m x 1,50 m, fest mit der Treppenraumwand verbunden, Treppenraumwand einschalig, biegesteif ohne schwimmenden Estrich oder trittschallverbessernden Bodenbelag	70	458,79	
Stahlbetonpodest d=120mm, 2,20m x 1,50 m, fest mit der Treppenraumwand verbunden, Treppenraumwand zweischalig, biegesteif ohne schwimmenden Estrich oder trittschallverbessernden Bodenbelag	50	458,79	
Stahlbetonpodest d=180mm, 2,20m x 1,50 m, mit Konsolen Schöck Tronsole V auf der Treppenraumwand aufgelagert, Treppenraumwand einschalig, biegesteif mit $m' \geq 380 \text{ kg/m}^2$ , ohne schwimmenden Estrich oder trittschallverbessernden Bodenbelag	49	1185,22	
Stahlbetonpodest d=180mm, 2,20m x 1,50 m, mit Konsolen Schöck Tronsole AZT auf der Treppenraumwand aufgelagert, Treppenraumwand einschalig, biegesteif mit $m' \geq 380 \text{ kg/m}^2$ , ohne schwimmenden Estrich oder trittschallverbessernden Bodenbelag	40	1457,38	
Stahlbetonpodest d=180mm, 2,20m x 1,50 m, mit Konsolen Schöck Tronsole AZT auf der Treppenraumwand aufgelagert, Treppenraumwand einschalig, biegesteif mit $m' \geq 380 \text{ kg/m}^2$ , schwimmender Estrich mit $\Delta L_{w,R} = 28 \text{ dB}$	<<40	1476,58	
Stahlbetonpodest d=120mm, 2,20m x 1,50 m, fest mit der Treppenraumwand verbunden, Treppenraumwand einschalig, biegesteif mit $m' \geq 380 \text{ kg/m}^2$ , schwimmender Estrich mit $\Delta L_{w,R} = 28 \text{ dB}$	38	478,59	

Tabelle 8

## Schächte

**Anmerkung:**

Die Kostenwerte beziehen sich auf die komplette Leistung. Wasser- und Abwasserleitungen führende Schächte beinhalten Kosten für die Körperschalldämmung und körperschallentkoppelte Auflagerung der Leitungen.

Die Rohrleitungen sind nicht Bestandteil der Kosten.

Ansatz für die Anzahl der zu dämmenden Leitungen im Schacht:

Innenmaß 19,5 x 19,5cm => 4Ø25mm, 1Ø100mm

Innenmaß 26,0 x 26,0cm => 8Ø25mm, 1Ø125mm

Innenmaß 39,5 x 39,5cm => 16Ø25mm, 1Ø150mm

Die Kosten für eine Änderung der Wohnfläche infolge anderer Schachtgrundfläche dürfen hier nicht berücksichtigt werden.

<b>Aufbau</b>	<b>DIN 4109 VDI 4100 SSt I</b>	<b>VDI 4100 SSt II</b>	<b>VDI 4100 SSt III</b>	<b>Kosten [DM/m]</b>
Schacht 2-seitig an Massivwand mit $m' \geq 220\text{kg/m}^2$ angeschlossen, Schachtwand aus Mauerwerk $d = 11,5\text{ cm}$ , Rohdichteklasse 2,0, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 32,0 / 32,0 cm, Innenmaß 19,5 / 19,5cm, Grundfläche $0,102\text{m}^2$	möglich	möglich	möglich	57,66
Schacht 2-seitig an Massivwand mit $m' \geq 220\text{kg/m}^2$ angeschlossen, Schachtwand aus Mauerwerk $d = 11,5\text{ cm}$ , Rohdichteklasse 2,0, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 38,5 / 38,5 cm, Innenmaß 26,0 / 26,0cm, Grundfläche $0,148\text{m}^2$	möglich	möglich	möglich	46,48
Schacht 2-seitig an Massivwand mit $m' \geq 220\text{kg/m}^2$ angeschlossen, Schachtwand aus Mauerwerk $d = 11,5\text{ cm}$ , Rohdichteklasse 2,0, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 52,0 / 52,0 cm, Innenmaß 39,5 / 39,5cm, Grundfläche $0,270\text{m}^2$	möglich	möglich	möglich	99,06
Schacht 2-seitig an Massivwand mit $m' \geq 220\text{kg/m}^2$ angeschlossen, Schachtwand aus Metallständerwerk $d = 8,4\text{ cm}$ , doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 28,9 / 28,9 cm, Innenmaß 19,5 / 19,5cm, Grundfläche $0,084\text{m}^2$	möglich	möglich	möglich	58,10
Schacht 2-seitig an Massivwand mit $m' \geq 220\text{kg/m}^2$ angeschlossen, Schachtwand aus Metallständerwerk $d = 8,4\text{ cm}$ , doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 35,4 / 35,4 cm, Innenmaß 26,0 / 26,0cm, Grundfläche $0,125\text{m}^2$	möglich	möglich	möglich	73,41

## Anhang B-27

Schacht 2-seitig an Massivwand mit $m' \geq 220\text{kg/m}^2$ angeschlossen, Schachtwand aus Metallständerwerk $d = 8,4$ cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 48,9 / 48,9 cm, Innenmaß 39,5 / 39,5cm, Grundfläche 0,239m <sup>2</sup>	möglich	möglich	möglich	105,21
Schacht 3-seitig an Massivwand mit $m' \geq 220\text{kg/m}^2$ angeschlossen, Schachtwand aus Mauerwerk $d = 11,5$ cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 32,0 / 44,5 cm, Innenmaß 19,5 / 19,5cm, Grundfläche 0,142m <sup>2</sup>	möglich	möglich	möglich	94,94
Schacht 3-seitig an Massivwand mit $m' \geq 220\text{kg/m}^2$ angeschlossen, Schachtwand aus Mauerwerk $d = 11,5$ cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 38,5 / 51,0 cm, Innenmaß 26,0 / 26,0cm, Grundfläche 0,196m <sup>2</sup>	möglich	möglich	möglich	114,61
Schacht 3-seitig an Massivwand mit $m' \geq 220\text{kg/m}^2$ angeschlossen, Schachtwand aus Mauerwerk $d = 11,5$ cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 52,0 / 64,5 cm, Innenmaß 39,5 / 39,5cm, Grundfläche 0,335m <sup>2</sup>	möglich	möglich	möglich	157,04
Schacht 3-seitig an Massivwand mit $m' \geq 220\text{kg/m}^2$ angeschlossen, Schachtwand aus Metallständerwerk $d = 8,4$ cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 28,9 / 38,3 cm, Innenmaß 19,5 / 19,5cm, Grundfläche 0,111m <sup>2</sup>	möglich	möglich	möglich	93,72
Schacht 3-seitig an Massivwand mit $m' \geq 220\text{kg/m}^2$ angeschlossen, Schachtwand aus Metallständerwerk $d = 8,4$ cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 34,4 / 44,8 cm, Innenmaß 26,0 / 26,0cm, Grundfläche 0,159m <sup>2</sup>	möglich	möglich	möglich	116,96
Schacht 3-seitig an Massivwand mit $m' \geq 220\text{kg/m}^2$ angeschlossen, Schachtwand aus Metallständerwerk $d = 8,4$ cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 48,9 / 58,3 cm, Innenmaß 39,5 / 39,5cm, Grundfläche 0,285m <sup>2</sup>	möglich	möglich	möglich	164,38
Schacht 4-seitig, Schachtwand aus Mauerwerk $d = 11,5$ cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 44,5 / 44,5 cm, Innenmaß 19,5 / 19,5cm, Grundfläche 0,198m <sup>2</sup>	möglich	möglich	möglich	148,48
Schacht 4-seitig, Schachtwand aus Mauerwerk $d = 11,5$ cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 51,0 / 51,0 cm, Innenmaß 26,0 / 26,0cm, Grundfläche 0,260m <sup>2</sup>	möglich	möglich	möglich	175,39
Schacht 4-seitig, Schachtwand aus Mauerwerk $d = 11,5$ cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 64,5 / 64,5 cm, Innenmaß 39,5 / 39,5cm, Grundfläche 0,416m <sup>2</sup>	möglich	möglich	möglich	231,28
Schacht 4-seitig, Schachtwand aus Metallständerwerk $d = 8,4$ cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 38,3 / 38,3 cm, Innenmaß 19,5 / 19,5cm, Grundfläche 0,147m <sup>2</sup>	möglich	möglich	möglich	142,53

Anhang B-28

Schacht 4-seitig, Schachtwand aus Metallständerwerk d =8,4 cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 44,8 / 44,8 cm, Innenmaß 26,0 / 26,0cm, Grundfläche 0,201m <sup>2</sup>	möglich	möglich	möglich	173,15
Schacht 4-seitig, Schachtwand aus Metallständerwerk d =8,4 cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 58,3 / 58,3 cm, Innenmaß 39,5 / 39,5cm, Grundfläche 0,340m <sup>2</sup>	möglich	möglich	möglich	236,75
Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 2-seitig an Massivwand mit m' ≥ 220kg/m <sup>2</sup> angeschlossen, Schachtwand aus Mauerwerk d =11,5 cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 32,0 / 32,0 cm, Innenmaß 19,5 / 19,5cm, Grundfläche 0,102m <sup>2</sup> , Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und nicht körperschallgedämmt verlegt	möglich	nicht möglich	nicht möglich	57,66
Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 2-seitig an Massivwand mit m' ≥ 220kg/m <sup>2</sup> angeschlossen, Schachtwand aus Mauerwerk d =11,5 cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 38,5 / 38,5 cm, Innenmaß 26,0 / 26,0cm, Grundfläche 0,148m <sup>2</sup> , Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und nicht körperschallgedämmt verlegt	möglich	nicht möglich	nicht möglich	46,48
Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 2-seitig an Massivwand mit m' ≥ 220kg/m <sup>2</sup> angeschlossen, Schachtwand aus Mauerwerk d =11,5 cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 52,0 / 52,0 cm, Innenmaß 39,5 / 39,5cm, Grundfläche 0,270m <sup>2</sup> , Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und nicht körperschallgedämmt verlegt	möglich	nicht möglich	nicht möglich	99,06
Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 2-seitig an Massivwand mit m' ≥ 220kg/m <sup>2</sup> angeschlossen, Schachtwand aus Metallständerwerk d =8,4 cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 28,9 / 28,9 cm, Innenmaß 19,5 / 19,5cm, Grundfläche 0,084m <sup>2</sup> , Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt	möglich	nicht möglich	nicht möglich	58,10
Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 2-seitig an Massivwand mit m' ≥ 220kg/m <sup>2</sup> angeschlossen, Schachtwand aus Metallständerwerk d =8,4 cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 35,4 / 35,4 cm, Innenmaß 26,0 / 26,0cm, Grundfläche 0,125m <sup>2</sup> , Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt	möglich	nicht möglich	nicht möglich	73,41
Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 2-seitig an Massivwand mit m' ≥ 220kg/m <sup>2</sup> angeschlossen, Schachtwand aus Metallständerwerk d =8,4 cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 48,9 / 48,9 cm, Innenmaß 39,5 / 39,5cm, Grundfläche 0,239m <sup>2</sup> , Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und nicht körperschallgedämmt verlegt	möglich	nicht möglich	nicht möglich	105,21

Anhang B-29

<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 3-seitig an Massivwand mit <math>m' \geq 220\text{kg/m}^2</math> angeschlossen, Schachtwand aus Mauerwerk <math>d=11,5</math> cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 32,0 / 44,5 cm, Innenmaß 19,5 / 19,5cm, Grundfläche 0,142m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	nicht möglich	nicht möglich	94,94
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 3-seitig an Massivwand mit <math>m' \geq 220\text{kg/m}^2</math> angeschlossen, Schachtwand aus Mauerwerk <math>d=11,5</math> cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 38,5 / 51,0 cm, Innenmaß 26,0 / 26,0cm, Grundfläche 0,196m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	nicht möglich	nicht möglich	114,61
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 3-seitig an Massivwand mit <math>m' \geq 220\text{kg/m}^2</math> angeschlossen, Schachtwand aus Mauerwerk <math>d=11,5</math> cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 52,0 / 64,5 cm, Innenmaß 39,5 / 39,5cm, Grundfläche 0,335m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	nicht möglich	nicht möglich	157,04
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 3-seitig an Massivwand mit <math>m' \geq 220\text{kg/m}^2</math> angeschlossen, Schachtwand aus Metallständerwerk <math>d=8,4</math> cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 28,9 / 38,3 cm, Innenmaß 19,5 / 19,5cm, Grundfläche 0,111m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und nicht körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	nicht möglich	nicht möglich	93,72
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 3-seitig an Massivwand mit <math>m' \geq 220\text{kg/m}^2</math> angeschlossen, Schachtwand aus Metallständerwerk <math>d=8,4</math> cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 34,4 / 44,8 cm, Innenmaß 26,0 / 26,0cm, Grundfläche 0,159m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und nicht körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	nicht möglich	nicht möglich	116,96
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 3-seitig an Massivwand mit <math>m' \geq 220\text{kg/m}^2</math> angeschlossen, Schachtwand aus Metallständerwerk <math>d=8,4</math> cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 48,9 / 58,3 cm, Innenmaß 39,5 / 39,5cm, Grundfläche 0,285m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und nicht körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	nicht möglich	nicht möglich	164,38
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 4-seitig, Schachtwand aus Mauerwerk <math>d=11,5</math> cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 44,5 / 44,5 cm, Innenmaß 19,5 / 19,5cm, Grundfläche 0,198m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und nicht körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	nicht möglich	nicht möglich	148,48



Anhang B-30

<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 4-seitig, Schachtwand aus Mauerwerk d =11,5 cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 51,0 / 51,0 cm, Innenmaß 26,0 / 26,0cm, Grundfläche 0,260m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und nicht körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	nicht möglich	nicht möglich	175,39
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 4-seitig, Schachtwand aus Mauerwerk d =11,5 cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 64,5 / 64,5 cm, Innenmaß 39,5 / 39,5cm, Grundfläche 0,416m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und nicht körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	nicht möglich	nicht möglich	231,28
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 4-seitig, Schachtwand aus Metallständerwerk d =8,4 cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 38,3 / 38,3 cm, Innenmaß 19,5 / 19,5cm, Grundfläche 0,147m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und nicht körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	nicht möglich	nicht möglich	142,53
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 4-seitig, Schachtwand aus Metallständerwerk d =8,4 cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 44,8 / 44,8 cm, Innenmaß 26,0 / 26,0cm, Grundfläche 0,201m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und nicht körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	nicht möglich	nicht möglich	173,15
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 4-seitig, Schachtwand aus Metallständerwerk d =8,4 cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 58,3 / 58,3 cm, Innenmaß 39,5 / 39,5cm, Grundfläche 0,340m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und nicht körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	nicht möglich	nicht möglich	236,75
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 2-seitig an Massivwand mit <math>m' \geq 220\text{kg/m}^2</math> angeschlossen, Schachtwand aus Mauerwerk d =11,5 cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 32,0 / 32,0 cm, Innenmaß 19,5 / 19,5cm, Grundfläche 0,102m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	möglich	möglich	96,16
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 2-seitig an Massivwand mit <math>m' \geq 220\text{kg/m}^2</math> angeschlossen, Schachtwand aus Mauerwerk d =11,5 cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 38,5 / 38,5 cm, Innenmaß 26,0 / 26,0cm, Grundfläche 0,148m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	möglich	möglich	112,18
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 2-seitig an Massivwand mit <math>m' \geq 220\text{kg/m}^2</math> angeschlossen, Schachtwand aus Mauerwerk d =11,5 cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 52,0 / 52,0 cm, Innenmaß 39,5 / 39,5cm, Grundfläche 0,270m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	möglich	möglich	202,76

## Anhang B-31

<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 2-seitig an Massivwand mit <math>m' \geq 220\text{kg/m}^2</math> angeschlossen, Schachtwand aus Metallständerwerk <math>d = 8,4</math> cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 28,9 / 28,9 cm, Innenmaß 19,5 / 19,5cm, Grundfläche 0,084m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	möglich	möglich	98,60
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 2-seitig an Massivwand mit <math>m' \geq 220\text{kg/m}^2</math> angeschlossen, Schachtwand aus Metallständerwerk <math>d = 8,4</math> cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 35,4 / 35,4 cm, Innenmaß 26,0 / 26,0cm, Grundfläche 0,125m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	möglich	möglich	139,11
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 2-seitig an Massivwand mit <math>m' \geq 220\text{kg/m}^2</math> angeschlossen, Schachtwand aus Metallständerwerk <math>d = 8,4</math> cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 48,9 / 48,9 cm, Innenmaß 39,5 / 39,5cm, Grundfläche 0,239m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	möglich	möglich	208,91
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 3-seitig an Massivwand mit <math>m' \geq 220\text{kg/m}^2</math> angeschlossen, Schachtwand aus Mauerwerk <math>d = 11,5</math> cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 32,0 / 44,5 cm, Innenmaß 19,5 / 19,5cm, Grundfläche 0,142m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	möglich	möglich	133,44
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 3-seitig an Massivwand mit <math>m' \geq 220\text{kg/m}^2</math> angeschlossen, Schachtwand aus Mauerwerk <math>d = 11,5</math> cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 38,5 / 51,0 cm, Innenmaß 26,0 / 26,0cm, Grundfläche 0,196m<sup>2</sup>, Leitungen nicht körperschallentkoppelt aufgelagert und nicht körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	möglich	möglich	180,31
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 3-seitig an Massivwand mit <math>m' \geq 220\text{kg/m}^2</math> angeschlossen, Schachtwand aus Mauerwerk <math>d = 11,5</math> cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 52,0 / 64,5 cm, Innenmaß 39,5 / 39,5cm, Grundfläche 0,335m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	möglich	möglich	260,74
<p>Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 3-seitig an Massivwand mit <math>m' \geq 220\text{kg/m}^2</math> angeschlossen, Schachtwand aus Metallständerwerk <math>d = 8,4</math> cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 28,9 / 38,3 cm, Innenmaß 19,5 / 19,5cm, Grundfläche 0,111m<sup>2</sup>, Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt</p>	möglich	möglich	möglich	132,22

Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 3-seitig an Massivwand mit $m' \geq 220\text{kg/m}^2$ angeschlossen, Schachtwand aus Metallständerwerk $d=8,4$ cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 34,4 / 44,8 cm, Innenmaß 26,0 / 26,0cm, Grundfläche 0,159m <sup>2</sup> , Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt	möglich	möglich	möglich	182,66
Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 3-seitig an Massivwand mit $m' \geq 220\text{kg/m}^2$ angeschlossen, Schachtwand aus Metallständerwerk $d=8,4$ cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 48,9 / 58,3 cm, Innenmaß 39,5 / 39,5cm, Grundfläche 0,285m <sup>2</sup> , Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt	möglich	möglich	möglich	268,08
Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 4-seitig, Schachtwand aus Mauerwerk $d=11,5$ cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 44,5 / 44,5 cm, Innenmaß 19,5 / 19,5cm, Grundfläche 0,198m <sup>2</sup> , Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt	möglich	möglich	möglich	186,98
Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 4-seitig, Schachtwand aus Mauerwerk $d=11,5$ cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 51,0 / 51,0 cm, Innenmaß 26,0 / 26,0cm, Grundfläche 0,260m <sup>2</sup> , Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt	möglich	möglich	möglich	241,09
Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 4-seitig, Schachtwand aus Mauerwerk $d=11,5$ cm, Rohdichteklasse 2,0 , 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 64,5 / 64,5 cm, Innenmaß 39,5 / 39,5cm, Grundfläche 0,416m <sup>2</sup> , Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt	möglich	möglich	möglich	334,98
Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 4-seitig, Schachtwand aus Metallständerwerk $d=8,4$ cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 38,3 / 38,3 cm, Innenmaß 19,5 / 19,5cm, Grundfläche 0,147m <sup>2</sup> , Leitungen nicht körperschallentkoppelt aufgelagert und nicht körperschallgedämmt verlegt	möglich	möglich	möglich	181,03
Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 4-seitig, Schachtwand aus Metallständerwerk $d=8,4$ cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 44,8 / 44,8 cm, Innenmaß 26,0 / 26,0cm, Grundfläche 0,201m <sup>2</sup> , Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt	möglich	möglich	möglich	238,85
Wasser- und Abwasserleitungen führender Schacht 4-seitig, Schachtwand aus Metallständerwerk $d=8,4$ cm, doppelt beplankt, 50mm Mineralfaserdämmung, 10 mm Kalkgipsputz, Aussenmaß 58,3 / 58,3 cm, Innenmaß 39,5 / 39,5cm, Grundfläche 0,340m <sup>2</sup> , Leitungen körperschallentkoppelt aufgelagert und körperschallgedämmt verlegt	möglich	möglich	möglich	340,45

<b>Tabelle 9 Wasser-/ Abwasserinstallstion, Sanitär</b>				
<b>Anmerkung:</b>				
Alle Kosten sind ohne Sanitärelemente und deren Montage. Die Kosten für Armaturen sind ohne Montage, die bei allen Armaturengruppen gleich hohe Kosten verursacht. Bei der Leitungsverlegung werden 2Ø18mm für die Wasserversorgung, sowie 1Ø100mm für Abwasser berücksichtigt.				
<b>Aufbau</b>	<b>DIN 4109 VDI 4100 SSt I</b>	<b>VDI 4100 SSt II</b>	<b>VDI 4100 SSt III</b>	<b>Kosten</b>
WC ohne Körperschallentkoppelung, ohne Vorwandelement (Schienensystem)	möglich	nicht möglich	nicht möglich	0,00 DM/Stck
WC mit Körperschallentkoppelung, ohne Vorwandelement (Schienensystem)	möglich	möglich	nicht möglich	10,00 DM/Stck
WC körperschallentkoppelt, mit Vorwandelement (Schienensystem), Unterputzpülkasten körperschallentkoppelt	möglich	möglich	möglich	299,73 DM/Stck
Waschtisch ohne Körperschallentkoppelung, ohne Vorwandelement (Schienensystem), Armatur der Armaturengruppe II.	bedingt möglich	nicht möglich	nicht möglich	95,00 DM/Stck
Waschtisch ohne Körperschallentkoppelung, ohne Vorwandelement (Schienensystem), Armatur der Armaturengruppe I.	möglich	nicht möglich	nicht möglich	150,00 DM/Stck
Waschtisch mit Körperschallentkoppelung, ohne Vorwandelement (Schienensystem), Armatur der Armaturengruppe I.	möglich	möglich	nicht möglich	155,00 DM/Stck
Waschtisch körperschallentkoppelt, mit Vorwandelement (Schienensystem), Armatur der Armaturengruppe I.	möglich	möglich	möglich	528,50 DM/Stck
Dusche ohne körperschallentkoppelter Auflagerung, Armatur der Armaturengruppe II	bedingt möglich	nicht möglich	nicht möglich	95,00 DM/Stck
Dusche ohne körperschallentkoppelter Auflagerung, Armatur der Armaturengruppe I	möglich	nicht möglich	nicht möglich	150,00 DM/Stck
Dusche körperschallentkoppelt aufgelagert, Armatur der Armaturengruppe I	möglich	möglich	bedingt möglich	305,00 DM/Stck
Dusche, mit Vorwandelement (Schienensystem), Armatur der Armaturengruppe I	möglich	nicht möglich	nicht möglich	621,03 DM/Stck
Dusche körperschallentkoppelt aufgelagert, mit Vorwandelement (Schienensystem), Armatur der Armaturengruppe I	möglich	möglich	möglich	776,03 DM/Stck
Badewanne ohne körperschallentkoppelter Auflagerung, Armatur der Armaturengruppe II	bedingt möglich	nicht möglich	nicht möglich	95,00 DM/Stck
Badewanne ohne körperschallentkoppelter Auflagerung, Armatur der Armaturengruppe I	möglich	nicht möglich	nicht möglich	150,00 DM/Stck
Badewanne körperschallentkoppelt aufgelagert, Armatur der Armaturengruppe I	möglich	möglich	bedingt möglich	365,00 DM/Stck

## Anhang B-34

Badewanne, mit Vorwandelement (Schienensystem), Armatur der Armaturengruppe I	möglich	nicht möglich	nicht möglich	739,36 DM/Stck
Badewanne körperschallentkoppelt aufgelagert, mit Vorwandelement (Schienensystem), Armatur der Armaturengruppe I	möglich	möglich	möglich	954,36 DM/Stck
Bidet ohne körperschallentkoppelter Auflagerung, ohne Vorwandelement, Armatur der Armaturengruppe II	bedingt möglich	nicht möglich	nicht möglich	95,00 DM/Stck
Bidet ohne körperschallentkoppelter Auflagerung, ohne Vorwandelement, Armatur der Armaturengruppe I	möglich	nicht möglich	nicht möglich	150,00 DM/Stck
Bidet mit körperschallentkoppelter Auflagerung, ohne Vorwandelement, Armatur der Armaturengruppe I	möglich	möglich	nicht möglich	160,00 DM/Stck
Bidet mit körperschallentkoppelter Auflagerung, mit Vorwandelement (Schienensystem), Armatur der Armaturengruppe I	möglich	möglich	möglich	589,02 DM/Stck
Urinal ohne körperschallentkoppelter Auflagerung, ohne Vorwandelement	möglich	nicht möglich	nicht möglich	0,00 DM/Stck
Urinal mit körperschallentkoppelter Auflagerung, ohne Vorwandelement	möglich	möglich	nicht möglich	10,00 DM/Stck
Urinal mit körperschallentkoppelter Auflagerung, mit Vorwandelement (Schienensystem)	möglich	möglich	möglich	543,02 DM/Stck
Küchenspülbecken mit Armatur der Armaturengruppe II	bedingt möglich	nicht möglich	nicht möglich	95,00 DM/Stck
Küchenspülbecken mit Armatur der Armaturengruppe I	möglich	möglich	möglich	150,00 DM/Stck
Wasseranschluß für Waschmaschinen/ Trockner körperschallentkoppelt, Armatur der Armaturengruppe II,	bedingt möglich	nicht möglich	nicht möglich	45,00 DM/Stck
Wasseranschluß für Waschmaschinen/ Trockner körperschallentkoppelt, Armatur der Armaturengruppe I	möglich	möglich	möglich	70,00 DM/Stck
Wasseranschluß für Geschirrspüler körperschallentkoppelt, Armatur der Armaturengruppe II	bedingt möglich	nicht möglich	nicht möglich	45,00 DM/Stck
Wasseranschluß für Geschirrspüler körperschallentkoppelt, Armatur der Armaturengruppe I	möglich	möglich	möglich	70,00 DM/Stck
Leitungsverlegung Trinkwasser unter Putz körperschallentkoppelt und -gedämmt, Abwasser auf Putz ohne Körperschalldämmung der Leitungen, mit Körperschallentkoppelung der Aufhängung	möglich	nicht möglich	nicht möglich	39,20 DM/m
Leitungsverlegung Trinkwasser unter Putz körperschallentkoppelt und -gedämmt, Abwasser auf Putz mit Körperschalldämmung der Leitungen, mit Körperschallentkoppelung der Aufhängung	möglich	möglich	möglich	58,70 DM/m
Leitungsverlegung (Abwasser und Trinkwasser) auf Putz bzw. im Vorwandelement ohne Körperschalldämmung der Leitungen, mit Körperschallentkoppelung der Aufhängung	möglich	nicht möglich	nicht möglich	0,00 DM/m

Leitungsverlegung (Abwasser und Trinkwasser) auf Putz bzw. im Vorwandelement mit Körperschalldämmung der Leitungen, mit Körperschallentkoppelung der Aufhängung	möglich	möglich	möglich	33,70 DM/m
Leitungsverlegung Trinkwasser auf der Rohdecke mit Körperschalldämmung der Leitungen und Körperschallentkoppelung der Auflagerung, Abwasserleitungen auf Putz verlegt, mit Körperschalldämmung der Leitungen und Körperschallentkoppelung der Auflagerung	möglich	möglich	möglich	76,60 DM/m

Tabelle 11

**Elektroinstallation****Anmerkung:**

In den Werten sind die Kosten für Leitungen, Steckdosen und Lichtschalter sowie deren Montage in kompletter Leistung enthalten.

<b>Aufbau</b>	<b>DIN 4109 VDI 4100 SSt I</b>	<b>VDI 4100 SSt II</b>	<b>VDI 4100 SSt III</b>	<b>Kosten</b>
Konventionelle Leitungsverlegung unter Putz	möglich	möglich	möglich	8,40 DM/m
Steckdose/ Lichtschalter konventionell unter Putz verlegt	möglich	möglich	möglich	22,00 DM/Stck
Leitungsverlegung auf Putz mit Kabelkanal	möglich	möglich	möglich	20,80 DM/m
Steckdose/ Lichtschalter auf Putz mit Kabelkanal	möglich	möglich	möglich	41,00 DM/Stck

<b>Tabelle 12</b>		<b>Gemeinschaftswaschanlagen</b>		
<b>Anmerkung:</b> Die Kosten für den Wasseranschluß sind ohne Montage, die bei allen Armaturengruppen gleich hohe Kosten verursacht.				
<b>Aufbau</b>	<b>DIN 4109 VDI 4100 SSt I</b>	<b>VDI 4100 SSt II</b>	<b>VDI 4100 SSt III</b>	<b>Kosten</b>
Aufstellort für Waschmaschinen und Trockner ohne schwimmenden Estrich	möglich	bedingt möglich	nicht möglich	0,00 DM/m <sup>2</sup>
Aufstellort für Waschmaschinen und Trockner mit schwimmenden Estrich, Trittschalldämmung d = 20/15mm s' = 10 MN/m <sup>3</sup>	möglich	möglich	möglich	25,90 DM/m <sup>2</sup>
Wasseranschluß für Waschmaschinen/ Trockner körperschallentkoppelt, Armatur der Armaturengruppe II, Abwasseranschluß körperschallentkoppelt	bedingt möglich	nicht möglich	nicht möglich	45,00 DM/Stck
Wasseranschluß für Waschmaschinen/ Trockner körperschallentkoppelt, Armatur der Armaturengruppe I, Abwasseranschluß körperschallentkoppelt	möglich	möglich	möglich	70,00 DM/Stck

<b>Tabelle 13</b>		<b>Restliche Baukosten</b>
<b>Anmerkung:</b> Die Kostenwerte stellen die ungefähren restlichen Baukosten des Gebäudes ohne Grundstückskosten dar. Für eine Ausführung, die die Anforderungen der DIN 4109 erfüllt, stellen sie 100% der Gebäudekosten dar.		
<b>Ausstattung des Gebäudes</b>	<b>Kosten [DM/m<sup>2</sup>Wfl.]</b>	
geringer Standart	1600	
üblicher Standart	2000	
hoher Standart	2500	
luxuriöse Ausstattung	3000	

<b>Kostenvergleich verschiedener Wandtypen einschließlich Wohnflächengewinn /- verlust</b>								
Anforderung [dB]	Normalbetonwand Ortbeton (Abschnitt 4.1.4)		Normalbetonwand Fertigteil (Abschnitt 4.1.4)		Mauerwerkwand hohe Rohdichte (Abschnitt 4.1.7)		Mauerwerkwand mittlere Rohdichte (Abschnitt 4.1.7)	
	einschalig	zweischalig	einschalig	zweischalig	einschalig	zweischalig	einschalig	zweischalig
42 nicht tragend	<i>169,85 DM</i>	<i>236,14 DM</i>	<i>137,09 DM</i>	<i>178,28 DM</i>	<i>147,60 DM</i>	<i>228,41 DM</i>	<i>121,00 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	215,4 %	299,5 %	173,9 %	226,1 %	187,2 %	289,7 %	153,5 %	241,1 %
	<b>263,82 DM</b>	<b>411,41 DM</b>	<b>231,87 DM</b>	<b>353,55 DM</b>	<b>253,15 DM</b>	<b>426,71 DM</b>	<b>278,66 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	150,8 %	235,2 %	132,5 %	202,1 %	144,7 %	243,9 %	159,3 %	308,2 %
42 tragend	<i>187,90 DM</i>	<i>296,45 DM</i>	<i>149,62 DM</i>	<i>216,78 DM</i>	<i>127,50 DM</i>	<i>207,61 DM</i>	<i>121,00 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	155,3 %	245,0 %	123,7 %	179,2 %	105,4 %	171,6 %	100,0 %	157,1 %
	<b>328,98 DM</b>	<b>613,04 DM</b>	<b>267,14 DM</b>	<b>486,27 DM</b>	<b>285,70 DM</b>	<b>558,01 DM</b>	<b>278,66 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	123,1 %	229,5 %	100,0 %	182,0 %	106,9 %	208,9 %	104,3 %	201,8 %
52 nicht tragend	<i>198,70 DM</i>	<i>236,14 DM</i>	<i>184,71 DM</i>	<i>178,28 DM</i>	<i>146,85 DM</i>	<i>228,41 DM</i>	<i>168,56 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	161,6 %	192,1 %	150,3 %	145,0 %	119,5 %	185,8 %	137,1 %	154,7 %
	<b>410,44 DM</b>	<b>411,41 DM</b>	<b>396,45 DM</b>	<b>353,55 DM</b>	<b>375,76 DM</b>	<b>426,71 DM</b>	<b>542,33 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	134,2 %	134,6 %	129,7 %	115,6 %	122,9 %	177,4 %	139,6 %	176,4 %
52 tragend	<i>198,70 DM</i>	<i>296,45 DM</i>	<i>184,71 DM</i>	<i>216,78 DM</i>	<i>146,85 DM</i>	<i>207,61 DM</i>	<i>168,56 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	135,3 %	201,9 %	125,8 %	147,6 %	100,0 %	141,7 %	114,8 %	129,5 %
	<b>410,44 DM</b>	<b>613,04 DM</b>	<b>396,45 DM</b>	<b>486,27 DM</b>	<b>375,76 DM</b>	<b>558,01 DM</b>	<b>542,33 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	109,2 %	163,1 %	105,5 %	129,4 %	100,0 %	148,5 %	144,3 %	143,4 %
53 nicht tragend	<i>202,34 DM</i>	<i>236,14 DM</i>	<i>189,33 DM</i>	<i>178,28 DM</i>	<i>150,40 DM</i>	<i>228,41 DM</i>	<i>168,56 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	164,6 %	192,1 %	154,0 %	145,0 %	122,4 %	185,8 %	137,1 %	154,7 %
	<b>425,86 DM</b>	<b>411,41 DM</b>	<b>412,85 DM</b>	<b>353,55 DM</b>	<b>408,30 DM</b>	<b>426,71 DM</b>	<b>542,33 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	139,3 %	134,6 %	135,0 %	115,6 %	133,5 %	139,6 %	177,4 %	176,4 %
53 tragend	<i>202,34 DM</i>	<i>296,45 DM</i>	<i>189,33 DM</i>	<i>216,78 DM</i>	<i>150,40 DM</i>	<i>207,61 DM</i>	<i>168,56 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	134,5 %	197,1 %	125,9 %	144,1 %	100,0 %	138,0 %	112,1 %	126,4 %
	<b>425,86 DM</b>	<b>613,04 DM</b>	<b>412,85 DM</b>	<b>486,27 DM</b>	<b>408,30 DM</b>	<b>558,01 DM</b>	<b>542,33 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	104,3 %	150,1 %	101,1 %	119,1 %	100,0 %	136,7 %	132,8 %	132,1 %
55 nicht tragend	<i>214,25 DM</i>	<i>236,14 DM</i>	<i>206,51 DM</i>	<i>178,28 DM</i>	<i>168,10 DM</i>	<i>228,41 DM</i>	<i>182,10 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	154,1 %	169,9 %	148,6 %	128,3 %	120,9 %	164,3 %	131,0 %	136,8 %
	<b>484,87 DM</b>	<b>411,41 DM</b>	<b>477,13 DM</b>	<b>353,55 DM</b>	<b>472,92 DM</b>	<b>426,71 DM</b>	<b>631,81 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	137,1 %	116,4 %	135,0 %	100,0 %	133,8 %	120,7 %	178,7 %	152,5 %
55 tragend	<i>214,25 DM</i>	<i>296,45 DM</i>	<i>206,51 DM</i>	<i>216,78 DM</i>	<i>168,10 DM</i>	<i>207,61 DM</i>	<i>182,10 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	127,5 %	176,4 %	122,8 %	129,0 %	100,0 %	123,5 %	108,3 %	113,1 %
	<b>484,87 DM</b>	<b>613,04 DM</b>	<b>477,13 DM</b>	<b>486,27 DM</b>	<b>472,92 DM</b>	<b>558,01 DM</b>	<b>631,81 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	102,5 %	129,6 %	100,9 %	102,8 %	100,0 %	118,0 %	133,6 %	114,0 %
56 nicht tragend	<i>216,36 DM</i>	<i>236,14 DM</i>	<i>209,84 DM</i>	<i>178,28 DM</i>	<i>172,61 DM</i>	<i>228,41 DM</i>	<i>249,40 DM</i>	<i>231,41 DM</i>
	125,3 %	136,8 %	121,6 %	103,3 %	100,0 %	132,3 %	144,5 %	134,1 %
	<b>498,76 DM</b>	<b>411,41 DM</b>	<b>492,24 DM</b>	<b>353,55 DM</b>	<b>477,88 DM</b>	<b>426,71 DM</b>	<b>844,67 DM</b>	<b>476,02 DM</b>
	141,1 %	116,4 %	139,2 %	100,0 %	135,2 %	120,7 %	238,9 %	134,6 %
56 tragend	<i>216,36 DM</i>	<i>296,45 DM</i>	<i>209,84 DM</i>	<i>216,78 DM</i>	<i>172,61 DM</i>	<i>207,61 DM</i>	<i>249,40 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	125,3 %	171,7 %	121,6 %	125,6 %	100,0 %	120,3 %	144,5 %	110,1 %
	<b>498,76 DM</b>	<b>613,04 DM</b>	<b>492,24 DM</b>	<b>486,27 DM</b>	<b>477,88 DM</b>	<b>558,01 DM</b>	<b>844,67 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	104,4 %	128,3 %	103,0 %	101,8 %	100,0 %	116,8 %	176,8 %	112,8 %
59 nicht tragend	<i>236,65 DM</i>	<i>244,78 DM</i>	<i>242,51 DM</i>	<i>185,73 DM</i>	<i>193,65 DM</i>	<i>231,41 DM</i>	<i>249,40 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	127,4 %	131,8 %	130,6 %	100,0 %	104,3 %	124,6 %	134,3 %	102,4 %
	<b>601,49 DM</b>	<b>443,60 DM</b>	<b>607,35 DM</b>	<b>384,55 DM</b>	<b>645,09 DM</b>	<b>476,41 DM</b>	<b>845,14 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	156,4 %	115,4 %	157,9 %	100,0 %	167,8 %	123,9 %	219,8 %	140,2 %
59 tragend	<i>236,65 DM</i>	<i>296,45 DM</i>	<i>242,51 DM</i>	<i>216,78 DM</i>	<i>193,65 DM</i>	<i>207,61 DM</i>	<i>249,40 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	124,5 %	155,9 %	127,6 %	114,0 %	101,9 %	109,2 %	131,2 %	100,0 %
	<b>601,49 DM</b>	<b>613,04 DM</b>	<b>607,35 DM</b>	<b>486,27 DM</b>	<b>645,09 DM</b>	<b>558,01 DM</b>	<b>845,14 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	123,7 %	126,1 %	124,9 %	100,0 %	132,7 %	114,8 %	173,8 %	110,9 %

**Anmerkung:** *Kursiv* gedruckte Werte = Bauteilkosten ohne Berücksichtigung von Gebäudehöhengewinn /-verlußt und Mehr- / Minderlast  
**Fett** gedruckte Werte = Bauteilkosten mit Berücksichtigung von Wohnflächengewinn /-verlust und Mehr- / Minderlast



## Anhang C-2

Anforderung [dB]	Mauerwerkwand geringer Rohdichte (Abschnitt 4.1.7)		Massivwand mit Vorsatzschale (Abschnitt 4.1.8)	Ständerwerkwand (Abschnitt 4.1.9.3)
	einschalig	zweischalig		
42 nicht tragend	entfällt	190,11 DM 241,1 % <b>538,77 DM</b> <b>308,0 %</b>	154,87 DM 196,4 % <b>328,21 DM</b> <b>187,6 %</b>	78,84 DM 100,0 % <b>174,95 DM</b> <b>100,0 %</b>
42 tragend	entfällt	190,11 DM 157,1 % <b>538,77 DM</b> <b>201,7 %</b>	177,70 DM 146,9 % <b>398,15 DM</b> <b>149,0 %</b>	entfällt
52 nicht tragend	entfällt	190,11 DM 154,7 % <b>538,77 DM</b> <b>176,2 %</b>	193,22 DM 157,2 % <b>431,81 DM</b> <b>141,2 %</b>	122,92 DM 100,0 % <b>305,73 DM</b> <b>100,0 %</b>
52 tragend	entfällt	190,11 DM 129,5 % <b>538,77 DM</b> <b>143,4 %</b>	193,22 DM 131,6 % <b>431,81 DM</b> <b>114,9 %</b>	entfällt
53 nicht tragend	entfällt	190,11 DM 154,7 % <b>538,77 DM</b> <b>176,2 %</b>	197,64 DM 160,8 % <b>448,01 DM</b> <b>146,5 %</b>	122,92 DM 100,0 % <b>305,73 DM</b> <b>100,0 %</b>
53 tragend	entfällt	190,11 DM 126,4 % <b>538,77 DM</b> <b>132,0 DM</b>	197,64 DM 131,4 % <b>448,01 DM</b> <b>109,7 %</b>	entfällt
55 nicht tragend	entfällt	190,11 DM 136,8 % <b>538,77 DM</b> <b>152,4 %</b>	202,04 DM 145,5 % <b>487,27 DM</b> <b>137,8 %</b>	138,99 DM 100,0 % <b>442,97 DM</b> <b>125,3 %</b>
55 tragend	entfällt	190,11 DM 113,1 % <b>538,77 DM</b> <b>113,9 %</b>	202,04 DM 120,2 % <b>487,27 DM</b> <b>103,0 %</b>	entfällt
56 nicht tragend	entfällt	190,11 DM 110,1 % <b>538,77 DM</b> <b>152,4 %</b>	174,93 DM 101,3 % <b>507,26 DM</b> <b>143,5 %</b>	entfällt
56 tragend	entfällt	190,11 DM 110,1 % <b>538,77 DM</b> <b>112,7 %</b>	174,93 DM 101,3 % <b>507,26 DM</b> <b>106,1 %</b>	entfällt
59 nicht tragend	entfällt	190,11 DM 102,4 % <b>538,77 DM</b> <b>140,1 %</b>	200,69 DM 108,1 % <b>608,89 DM</b> <b>158,3 %</b>	entfällt
59 tragend	entfällt	190,11 DM 100,0 % <b>538,77 DM</b> <b>110,8 %</b>	200,69 DM 105,6 % <b>608,89 DM</b> <b>125,2 %</b>	entfällt

Abbildung C1: Kostenvergleich von Wänden je Schallschutzanforderung

<b>Kostenvergleich verschiedener Wandtypen einschließlich Wohnflächengewinn /- verlust</b>								
Anforderung [dB]	Normalbetonwand Ortbeton (Abschnitt 4.1.4)		Normalbetonwand Fertigteil (Abschnitt 4.1.4)		Mauerwerkwand hohe Rohdichte (Abschnitt 4.1.7)		Mauerwerkwand mittlere Rohdichte (Abschnitt 4.1.7)	
	einschalig	zweischalig	einschalig	zweischalig	einschalig	zweischalig	einschalig	zweischalig
42 nicht tragend	<i>169,85 DM</i>	<i>236,14 DM</i>	<i>137,09 DM</i>	<i>178,28 DM</i>	<i>147,60 DM</i>	<i>228,41 DM</i>	<i>121,00 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	100,0 %	139 %	100,0 %	130,0 %	115,8 %	179,1 %	100,0 %	157,1 %
	<b>263,82 DM</b>	<b>411,41 DM</b>	<b>231,87 DM</b>	<b>353,55 DM</b>	<b>253,15 DM</b>	<b>426,71 DM</b>	<b>278,66 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	100,0 %	155,9 %	100,0 %	152,5 %	100,0 %	168,6 %	100,0 %	193,5 %
42 tragend	<i>187,90 DM</i>	<i>296,45 DM</i>	<i>149,62 DM</i>	<i>216,78 DM</i>	<i>127,50 DM</i>	<i>207,61 DM</i>	<i>121,00 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	110,6 %	174,5 %	109,1 %	158,1 %	100,0 %	162,8 %	100,0 %	157,1 %
	<b>328,98 DM</b>	<b>613,04 DM</b>	<b>267,14 DM</b>	<b>486,27 DM</b>	<b>285,70 DM</b>	<b>558,01 DM</b>	<b>278,66 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	124,7 %	232,4 %	115,2 %	209,7 %	112,9 %	220,4 %	100,0 %	193,5 %
52 nicht tragend	<i>198,70 DM</i>	<i>236,14 DM</i>	<i>184,71 DM</i>	<i>178,28 DM</i>	<i>146,85 DM</i>	<i>228,41 DM</i>	<i>168,56 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	117,0 %	139,0 %	134,7 %	130,0 %	115,2 %	179,1 %	139,3 %	157,1 %
	<b>410,44 DM</b>	<b>411,41 DM</b>	<b>396,45 DM</b>	<b>353,55 DM</b>	<b>375,76 DM</b>	<b>426,71 DM</b>	<b>542,33 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	155,6 %	155,9 %	171,0 %	152,5 %	148,4 %	168,6 %	194,6 %	193,5 %
52 tragend	<i>198,70 DM</i>	<i>296,45 DM</i>	<i>184,71 DM</i>	<i>216,78 DM</i>	<i>146,85 DM</i>	<i>207,61 DM</i>	<i>168,56 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	117,0 %	174,5 %	134,7 %	158,1 %	115,2 %	162,8 %	139,3 %	157,1 %
	<b>410,44 DM</b>	<b>613,04 DM</b>	<b>396,45 DM</b>	<b>486,27 DM</b>	<b>375,76 DM</b>	<b>558,01 DM</b>	<b>542,33 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	155,6 %	232,4 %	171,0 %	209,7 %	148,4 %	220,4 %	194,6 %	193,5 %
53 nicht tragend	<i>202,34 DM</i>	<i>236,14 DM</i>	<i>189,33 DM</i>	<i>178,28 DM</i>	<i>150,40 DM</i>	<i>228,41 DM</i>	<i>168,56 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	119,1 %	139,0 %	138,1 %	130,0 %	118,0 %	179,1 %	139,3 %	157,1 %
	<b>425,86 DM</b>	<b>411,41 DM</b>	<b>412,85 DM</b>	<b>353,55 DM</b>	<b>408,30 DM</b>	<b>426,71 DM</b>	<b>542,33 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	161,4 %	155,9 %	178,1 %	152,5 %	161,3 %	168,6 %	194,6 %	193,5 %
53 tragend	<i>202,34 DM</i>	<i>296,45 DM</i>	<i>189,33 DM</i>	<i>216,78 DM</i>	<i>150,40 DM</i>	<i>207,61 DM</i>	<i>168,56 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	119,1 %	174,5 %	138,1 %	158,1 %	118,0 %	162,8 %	139,3 %	157,1 %
	<b>425,86 DM</b>	<b>613,04 DM</b>	<b>412,85 DM</b>	<b>486,27 DM</b>	<b>408,30 DM</b>	<b>558,01 DM</b>	<b>542,33 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	161,4 %	232,4 %	178,1 %	209,7 %	161,3 %	220,4 %	194,6 %	193,5 %
55 nicht tragend	<i>214,25 DM</i>	<i>236,14 DM</i>	<i>206,51 DM</i>	<i>178,28 DM</i>	<i>168,10 DM</i>	<i>228,41 DM</i>	<i>182,10 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	126,1 %	139,0 %	150,6 %	130,0 %	131,8 %	179,1 %	150,5 %	157,1 %
	<b>484,87 DM</b>	<b>411,41 DM</b>	<b>477,13 DM</b>	<b>353,55 DM</b>	<b>472,92 DM</b>	<b>426,71 DM</b>	<b>631,81 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	183,8 %	155,9 %	205,8 %	152,5 %	186,8 %	168,6 %	226,7 %	193,5 %
55 tragend	<i>214,25 DM</i>	<i>296,45 DM</i>	<i>206,51 DM</i>	<i>216,78 DM</i>	<i>168,10 DM</i>	<i>207,61 DM</i>	<i>182,10 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	126,1 %	174,5 %	150,6 %	158,1 %	131,8 %	162,8 %	150,5 %	157,1 %
	<b>484,87 DM</b>	<b>613,04 DM</b>	<b>477,13 DM</b>	<b>486,27 DM</b>	<b>472,92 DM</b>	<b>558,01 DM</b>	<b>631,81 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	183,8 %	232,4 %	205,8 %	209,7 %	186,8 %	220,4 %	226,7 %	193,5 %
56 nicht tragend	<i>216,36 DM</i>	<i>236,14 DM</i>	<i>209,84 DM</i>	<i>178,28 DM</i>	<i>172,61 DM</i>	<i>228,41 DM</i>	<i>249,40 DM</i>	<i>231,41 DM</i>
	127,4 %	139,0 %	153,1 %	130,0 %	135,4 %	179,1 %	206,1 %	191,2 %
	<b>498,76 DM</b>	<b>411,41 DM</b>	<b>492,24 DM</b>	<b>353,55 DM</b>	<b>477,88 DM</b>	<b>426,71 DM</b>	<b>844,67 DM</b>	<b>476,02 DM</b>
	189,1 %	155,9 %	212,3 %	152,5 %	188,8 %	168,6 %	303,1 %	170,8 %
56 tragend	<i>216,36 DM</i>	<i>296,45 DM</i>	<i>209,84 DM</i>	<i>216,78 DM</i>	<i>172,61 DM</i>	<i>207,61 DM</i>	<i>249,40 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	127,4 %	174,5 %	153,1 %	158,1 %	135,4 %	162,8 %	206,1 %	157,1 %
	<b>498,76 DM</b>	<b>613,04 DM</b>	<b>492,24 DM</b>	<b>486,27 DM</b>	<b>477,88 DM</b>	<b>558,01 DM</b>	<b>844,67 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	189,1 %	232,4 %	212,3 %	209,7 %	188,8 %	220,4 %	303,1 %	193,5 %
59 nicht tragend	<i>236,65 DM</i>	<i>244,78 DM</i>	<i>242,51 DM</i>	<i>185,73 DM</i>	<i>193,65 DM</i>	<i>231,41 DM</i>	<i>249,40 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	139,3 %	144,1 %	176,9 %	135,5 %	151,9 %	181,5 %	206,1 %	157,1 %
	<b>601,49 DM</b>	<b>443,60 DM</b>	<b>607,35 DM</b>	<b>384,55 DM</b>	<b>645,09 DM</b>	<b>476,41 DM</b>	<b>845,14 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	228,0 %	168,1 %	261,9 %	165,8 %	254,8 %	188,2 %	303,3 %	193,5 %
59 tragend	<i>236,65 DM</i>	<i>296,45 DM</i>	<i>242,51 DM</i>	<i>216,78 DM</i>	<i>193,65 DM</i>	<i>207,61 DM</i>	<i>249,40 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	139,3 %	174,5 %	176,9 %	158,1 %	151,9 %	162,8 %	206,1 %	157,1 %
	<b>601,49 DM</b>	<b>613,04 DM</b>	<b>607,35 DM</b>	<b>486,27 DM</b>	<b>645,09 DM</b>	<b>558,01 DM</b>	<b>845,14 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
	228,0 %	232,4 %	261,9 %	209,7 %	254,8 %	220,4 %	303,3 %	193,5 %

Anmerkung: *Kursiv* gedruckte Werte = Bauteilkosten ohne Berücksichtigung von Gebäudehöhengewinn /-verlußt und Mehr- / Minderlast  
**Fett** gedruckte Werte = Bauteilkosten mit Berücksichtigung von Wohnflächengewinn /-verlust und Mehr- / Minderlast

Anforderung [dB]	Mauerwerkwand geringer Rohdichte (Abschnitt 4.1.7)		Massivwand mit Vorsatzschale (Abschnitt 4.1.8)	Ständerwerkwand (Abschnitt 4.1.9.3)
	einschalig	zweischalig		
42 nicht tragend	entfällt	190,11 DM 100,0 % <b>538,77 DM</b> <b>100,0 %</b>	154,87 DM 100,0 % <b>328,21 DM</b> <b>100,0 %</b>	78,84 DM 100,0 % <b>174,95 DM</b> <b>100,0%</b>
42 tragend	entfällt	190,11 DM 100,0 % <b>538,77 DM</b> <b>100,0 %</b>	177,70 DM 114,7 % <b>398,15 DM</b> <b>121,3 %</b>	entfällt
52 nicht tragend	entfällt	190,11 DM 100,0 % <b>538,77 DM</b> <b>100,0 %</b>	193,22 DM 124,8 % <b>431,81 DM</b> <b>131,6 %</b>	122,92 DM 155,9 % <b>305,73 DM</b> <b>174,8 %</b>
52 tragend	entfällt	190,11 DM 100,0 % <b>538,77 DM</b> <b>100,0 %</b>	193,22 DM 124,8 % <b>431,81 DM</b> <b>131,6 %</b>	entfällt
53 nicht tragend	entfällt	190,11 DM 100,0 % <b>538,77 DM</b> <b>100,0 %</b>	197,64 DM 127,6 % <b>448,01 DM</b> <b>136,5%</b>	122,92 DM 155,9 % <b>305,73 DM</b> <b>174,8 %</b>
53 tragend	entfällt	190,11 DM 100,0 % <b>538,77 DM</b> <b>100,0 %</b>	197,64 DM 127,6 % <b>448,01 DM</b> <b>136,5 %</b>	entfällt
55 nicht tragend	entfällt	190,11 DM 100,0 % <b>538,77 DM</b> <b>100,0 %</b>	202,04 DM 130,5 % <b>487,27 DM</b> <b>148,5 %</b>	138,99 DM 176,3 % <b>442,97 DM</b> <b>253,2 %</b>
55 tragend	entfällt	190,11 DM 100,0 % <b>538,77 DM</b> <b>100,0 %</b>	202,04 DM 130,5 % <b>487,27 DM</b> <b>148,5 %</b>	entfällt
56 nicht tragend	entfällt	190,11 DM 100,0 % <b>538,77 DM</b> <b>100,0 %</b>	174,93 DM 113,0 % <b>507,26 DM</b> <b>154,6 %</b>	entfällt
56 tragend	entfällt	190,11 DM 100,0 % <b>538,77 DM</b> <b>100,0 %</b>	174,93 DM 113,0 % <b>507,26 DM</b> <b>154,6 %</b>	entfällt
59 nicht tragend	entfällt	190,11 DM 100,0 % <b>538,77 DM</b> <b>100,0 %</b>	200,69 DM 129,6 % <b>608,89 DM</b> <b>185,5 %</b>	entfällt
59 tragend	entfällt	190,11 DM 100,0 % <b>538,77 DM</b> <b>100,0 %</b>	200,69 DM 129,6 % <b>608,89 DM</b> <b>185,5 %</b>	entfällt

Abbildung C2: Kostenvergleich von Wänden nach Ausführungsart

<b>Kostenvergleich verschiedener Wandtypen einschließlich Wohnflächengewinn /- verlust</b>								
Anforderung [dB]	Normalbetonwand Ortbeton (Abschnitt 4.1.4)		Normalbetonwand Fertigteil (Abschnitt 4.1.4)		Mauerwerkwand hohe Rohdichte (Abschnitt 4.1.7)		Mauerwerkwand mittlere Rohdichte (Abschnitt 4.1.7)	
	einschalig	zweischalig	einschalig	zweischalig	einschalig	zweischalig	einschalig	zweischalig
42 nicht tragend	<i>169,85 DM</i>	<i>236,14 DM</i>	<i>137,09 DM</i>	<i>178,28 DM</i>	<i>147,60 DM</i>	<i>228,41 DM</i>	<i>121,00 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	<i>215,4 %</i>	<i>299,5 %</i>	<i>173,9 %</i>	<i>226,1 %</i>	<i>187,2 %</i>	<i>289,7 %</i>	<i>153,5 %</i>	<i>241,1 %</i>
	<b>263,82 DM</b>	<b>411,41 DM</b>	<b>231,87 DM</b>	<b>353,55 DM</b>	<b>253,15 DM</b>	<b>426,71 DM</b>	<b>278,66 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
42 tragend	<i>187,90 DM</i>	<i>296,45 DM</i>	<i>149,62 DM</i>	<i>216,78 DM</i>	<i>127,50 DM</i>	<i>207,61 DM</i>	<i>121,00 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	<i>238,3 %</i>	<i>376,0 %</i>	<i>189,8 %</i>	<i>275,0 %</i>	<i>161,7 %</i>	<i>263,3 %</i>	<i>153,5 %</i>	<i>241,1 %</i>
	<b>328,98 DM</b>	<b>613,04 DM</b>	<b>267,14 DM</b>	<b>486,27 DM</b>	<b>285,70 DM</b>	<b>558,01 DM</b>	<b>278,66 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
52 nicht tragend	<i>198,70 DM</i>	<i>236,14 DM</i>	<i>184,71 DM</i>	<i>178,28 DM</i>	<i>146,85 DM</i>	<i>228,41 DM</i>	<i>168,56 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	<i>252,0 %</i>	<i>299,5 %</i>	<i>234,3 %</i>	<i>226,1 %</i>	<i>186,3 %</i>	<i>289,7 %</i>	<i>213,8 %</i>	<i>241,1 %</i>
	<b>410,44 DM</b>	<b>411,41 DM</b>	<b>396,45 DM</b>	<b>353,55 DM</b>	<b>375,76 DM</b>	<b>426,71 DM</b>	<b>542,33 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
52 tragend	<i>198,70 DM</i>	<i>296,45 DM</i>	<i>184,71 DM</i>	<i>216,78 DM</i>	<i>146,85 DM</i>	<i>207,61 DM</i>	<i>168,56 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	<i>252,0 %</i>	<i>376,0 %</i>	<i>234,3 %</i>	<i>275,0 %</i>	<i>186,3 %</i>	<i>263,3 %</i>	<i>213,8 %</i>	<i>241,1 %</i>
	<b>410,44 DM</b>	<b>613,04 DM</b>	<b>396,45 DM</b>	<b>486,27 DM</b>	<b>375,76 DM</b>	<b>558,01 DM</b>	<b>542,33 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
53 nicht tragend	<i>202,34 DM</i>	<i>236,14 DM</i>	<i>189,33 DM</i>	<i>178,28 DM</i>	<i>150,40 DM</i>	<i>228,41 DM</i>	<i>168,56 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	<i>256,6 %</i>	<i>299,5 %</i>	<i>240,1 %</i>	<i>226,1 %</i>	<i>190,8 %</i>	<i>289,7 %</i>	<i>213,8 %</i>	<i>241,1 %</i>
	<b>425,86 DM</b>	<b>411,41 DM</b>	<b>412,85 DM</b>	<b>353,55 DM</b>	<b>408,30 DM</b>	<b>426,71 DM</b>	<b>542,33 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
53 tragend	<i>202,34 DM</i>	<i>296,45 DM</i>	<i>189,33 DM</i>	<i>216,78 DM</i>	<i>150,40 DM</i>	<i>207,61 DM</i>	<i>168,56 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	<i>256,6 %</i>	<i>376,0 %</i>	<i>240,1 %</i>	<i>275,0 %</i>	<i>190,8 %</i>	<i>263,3 %</i>	<i>213,8 %</i>	<i>241,1 %</i>
	<b>425,86 DM</b>	<b>613,04 DM</b>	<b>412,85 DM</b>	<b>486,27 DM</b>	<b>408,30 DM</b>	<b>558,01 DM</b>	<b>542,33 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
55 nicht tragend	<i>214,25 DM</i>	<i>236,14 DM</i>	<i>206,51 DM</i>	<i>178,28 DM</i>	<i>168,10 DM</i>	<i>228,41 DM</i>	<i>182,10 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	<i>271,8 %</i>	<i>299,5 %</i>	<i>261,9 %</i>	<i>226,1 %</i>	<i>213,2 %</i>	<i>289,7 %</i>	<i>231,0 %</i>	<i>241,1 %</i>
	<b>484,87 DM</b>	<b>411,41 DM</b>	<b>477,13 DM</b>	<b>353,55 DM</b>	<b>472,92 DM</b>	<b>426,71 DM</b>	<b>631,81 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
55 tragend	<i>214,25 DM</i>	<i>296,45 DM</i>	<i>206,51 DM</i>	<i>216,78 DM</i>	<i>168,10 DM</i>	<i>207,61 DM</i>	<i>182,10 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	<i>271,8 %</i>	<i>376,0 %</i>	<i>261,9 %</i>	<i>275,0 %</i>	<i>213,2 %</i>	<i>263,3 %</i>	<i>231,0 %</i>	<i>241,1 %</i>
	<b>484,87 DM</b>	<b>613,04 DM</b>	<b>477,13 DM</b>	<b>486,27 DM</b>	<b>472,92 DM</b>	<b>558,01 DM</b>	<b>631,81 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
56 nicht tragend	<i>216,36 DM</i>	<i>236,14 DM</i>	<i>209,84 DM</i>	<i>178,28 DM</i>	<i>172,61 DM</i>	<i>228,41 DM</i>	<i>249,40 DM</i>	<i>231,41 DM</i>
	<i>274,4 %</i>	<i>299,5 %</i>	<i>266,2 %</i>	<i>226,1 %</i>	<i>218,9 %</i>	<i>289,7 %</i>	<i>316,3 %</i>	<i>293,5 %</i>
	<b>498,76 DM</b>	<b>411,41 DM</b>	<b>492,24 DM</b>	<b>353,55 DM</b>	<b>477,88 DM</b>	<b>426,71 DM</b>	<b>844,67 DM</b>	<b>476,02 DM</b>
56 tragend	<i>216,36 DM</i>	<i>296,45 DM</i>	<i>209,84 DM</i>	<i>216,78 DM</i>	<i>172,61 DM</i>	<i>207,61 DM</i>	<i>249,40 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	<i>274,4 %</i>	<i>376,0 %</i>	<i>266,2 %</i>	<i>275,0 %</i>	<i>218,9 %</i>	<i>263,3 %</i>	<i>316,3 %</i>	<i>241,1 %</i>
	<b>498,76 DM</b>	<b>613,04 DM</b>	<b>492,24 DM</b>	<b>486,27 DM</b>	<b>477,88 DM</b>	<b>558,01 DM</b>	<b>844,67 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
59 nicht tragend	<i>236,65 DM</i>	<i>244,78 DM</i>	<i>242,51 DM</i>	<i>185,73 DM</i>	<i>193,65 DM</i>	<i>231,41 DM</i>	<i>249,40 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	<i>300,2 %</i>	<i>310,5 %</i>	<i>307,6 %</i>	<i>235,6 %</i>	<i>245,6 %</i>	<i>293,5 %</i>	<i>316,3 %</i>	<i>241,1 %</i>
	<b>601,49 DM</b>	<b>443,60 DM</b>	<b>607,35 DM</b>	<b>384,55 DM</b>	<b>645,09 DM</b>	<b>476,41 DM</b>	<b>845,14 DM</b>	<b>539,20 DM</b>
59 tragend	<i>236,65 DM</i>	<i>296,45 DM</i>	<i>242,51 DM</i>	<i>216,78 DM</i>	<i>193,65 DM</i>	<i>207,61 DM</i>	<i>249,40 DM</i>	<i>190,11 DM</i>
	<i>300,2 %</i>	<i>376,0 %</i>	<i>307,6 %</i>	<i>275,0 %</i>	<i>245,6 %</i>	<i>263,3 %</i>	<i>316,3 %</i>	<i>241,1 %</i>
	<b>601,49 DM</b>	<b>613,04 DM</b>	<b>607,35 DM</b>	<b>486,27 DM</b>	<b>645,09 DM</b>	<b>558,01 DM</b>	<b>845,14 DM</b>	<b>539,20 DM</b>

Anmerkung: *Kursiv* gedruckte Werte = Bauteilkosten ohne Berücksichtigung von Gebäudehöhengewinn /-verlußt und Mehr- / Minderlast  
**Fett** gedruckte Werte = Bauteilkosten mit Berücksichtigung von Wohnflächengewinn /-verlust und Mehr- / Minderlast

Anforderung [dB]	Mauerwerkwand geringer Rohdichte (Abschnitt 4.1.7)		Massivwand mit Vorsatzschale (Abschnitt 4.1.8)	Ständerwerkwand (Abschnitt 4.1.9.3)
	einschalig	zweischalig		
42 nicht tragend	entfällt	190,11 DM 241,1 % <b>538,77 DM</b> <b>308,0 %</b>	154,87 DM 196,4 % <b>328,21 DM</b> <b>187,6 %</b>	78,84 DM 100,0 % <b>174,95 DM</b> <b>100,0 %</b>
42 tragend	entfällt	190,11 DM 241,1 % <b>538,77 DM</b> <b>308,0 %</b>	177,70 DM 225,4 % <b>398,15 DM</b> <b>227,6 %</b>	entfällt
52 nicht tragend	entfällt	190,11 DM 241,1 % <b>538,77 DM</b> <b>308,0 %</b>	193,22 DM 245,1 % <b>431,81 DM</b> <b>246,8 %</b>	122,92 DM 155,9 % <b>305,73 DM</b> <b>174,8 %</b>
52 tragend	entfällt	190,11 DM 241,1 % <b>538,77 DM</b> <b>308,0 %</b>	193,22 DM 245,1 % <b>431,81 DM</b> <b>246,8 %</b>	entfällt
53 nicht tragend	entfällt	190,11 DM 241,1 % <b>538,77 DM</b> <b>308,0 %</b>	197,64 DM 250,7 % <b>448,01 DM</b> <b>256,1 %</b>	122,92 DM 155,9 % <b>305,73 DM</b> <b>174,8 %</b>
53 tragend	entfällt	190,11 DM 241,1 % <b>538,77 DM</b> <b>308,0 %</b>	197,64 DM 250,7 % <b>448,01 DM</b> <b>256,1 %</b>	entfällt
55 nicht tragend	entfällt	190,11 DM 241,1 % <b>538,77 DM</b> <b>308,0 %</b>	202,04 DM 256,3 % <b>487,27 DM</b> <b>278,5 %</b>	138,99 DM 176,3 % <b>442,97 DM</b> <b>253,2 %</b>
55 tragend	entfällt	190,11 DM 241,1 % <b>538,77 DM</b> <b>308,0 %</b>	202,04 DM 256,3 % <b>487,27 DM</b> <b>278,5 %</b>	entfällt
56 nicht tragend	entfällt	190,11 DM 241,1 % <b>538,77 DM</b> <b>308,0 %</b>	174,93 DM 221,9 % <b>507,26 DM</b> <b>289,9 %</b>	entfällt
56 tragend	entfällt	190,11 DM 241,1 % <b>538,77 DM</b> <b>308,0 %</b>	174,93 DM 221,9 % <b>507,26 DM</b> <b>289,9 %</b>	entfällt
59 nicht tragend	entfällt	190,11 DM 241,1 % <b>538,77 DM</b> <b>308,0 %</b>	200,69 DM 254,6 % <b>608,89 DM</b> <b>348,0 %</b>	entfällt
59 tragend	entfällt	190,11 DM 241,1 % <b>538,77 DM</b> <b>308,0 %</b>	200,69 DM 254,6 % <b>608,89 DM</b> <b>348,0 %</b>	entfällt

Abbildung C3: Kostenvergleich von Wänden

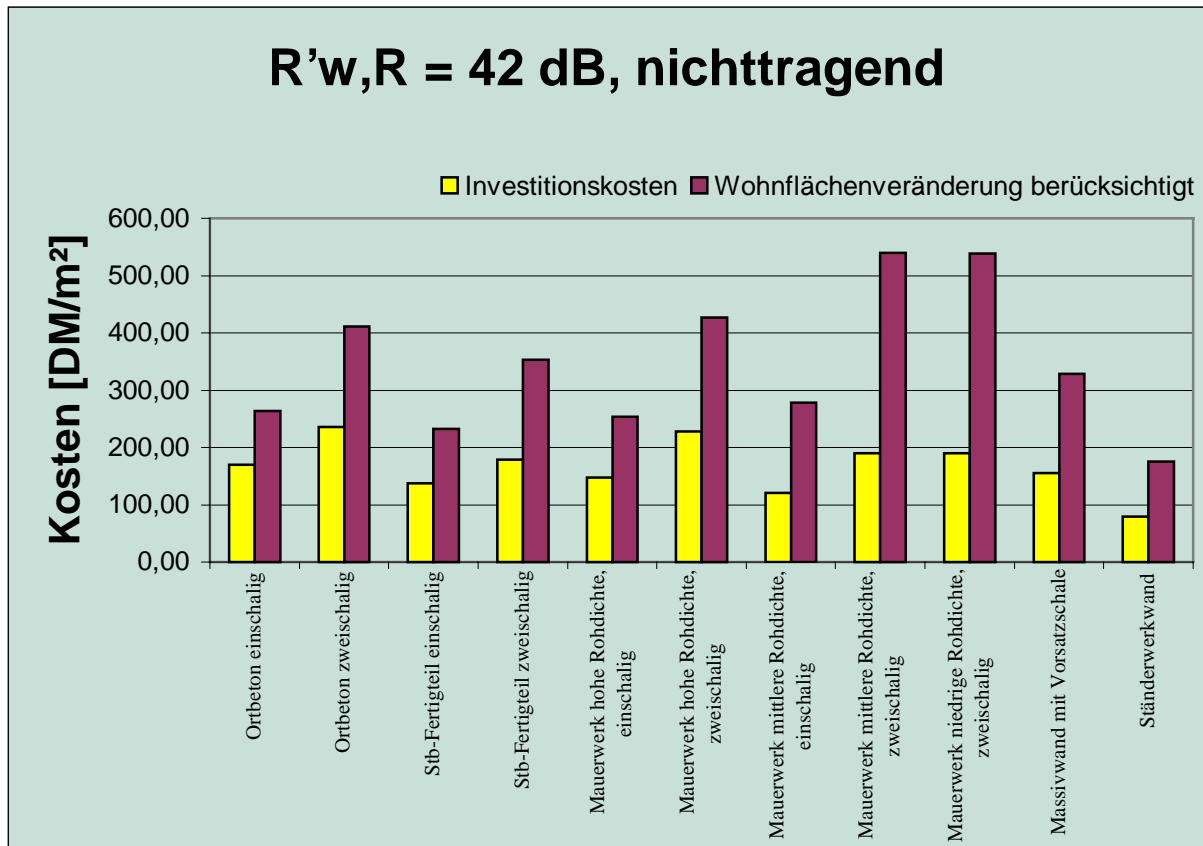


Abbildung C4: Kosten verschiedener nichttragender Innenwände mit  $R'_{w,R} = 42\text{dB}$

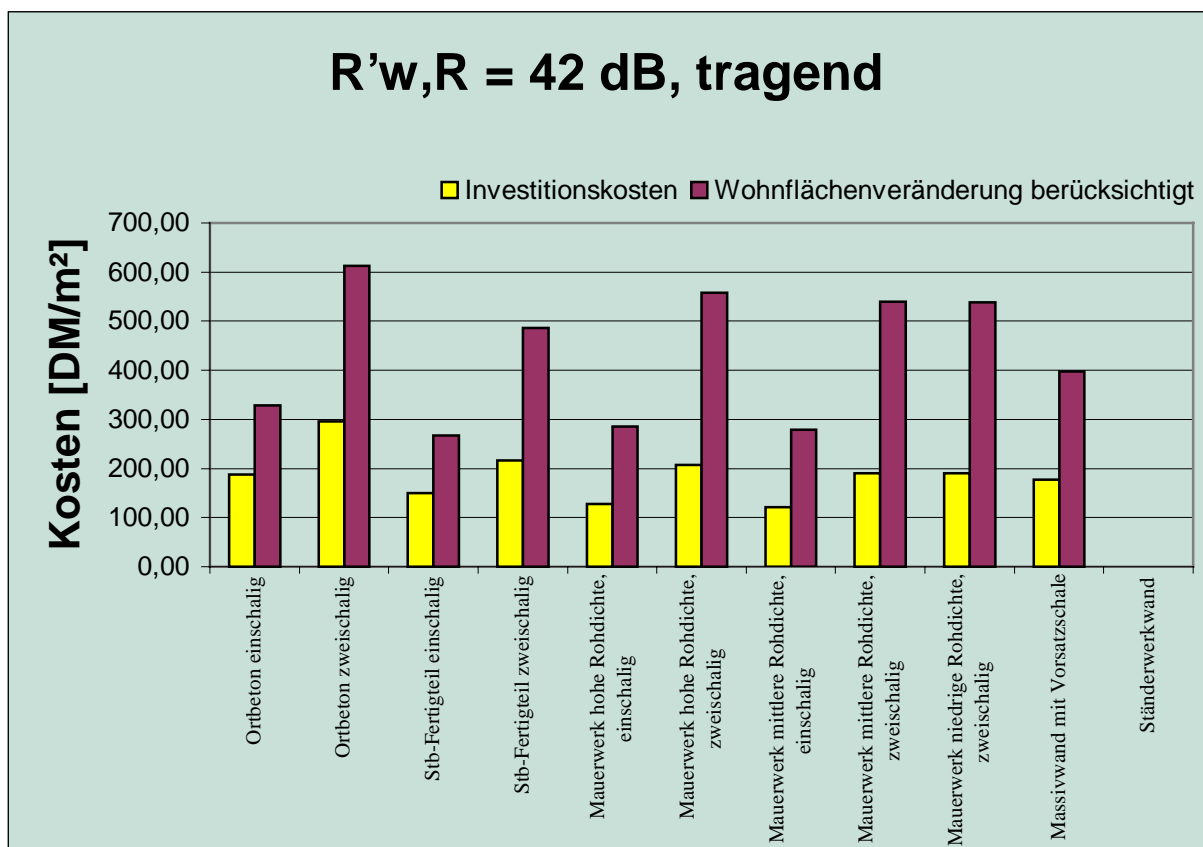


Abbildung C5: Kosten verschiedener tragender Innenwände mit  $R'_{w,R} = 42\text{dB}$

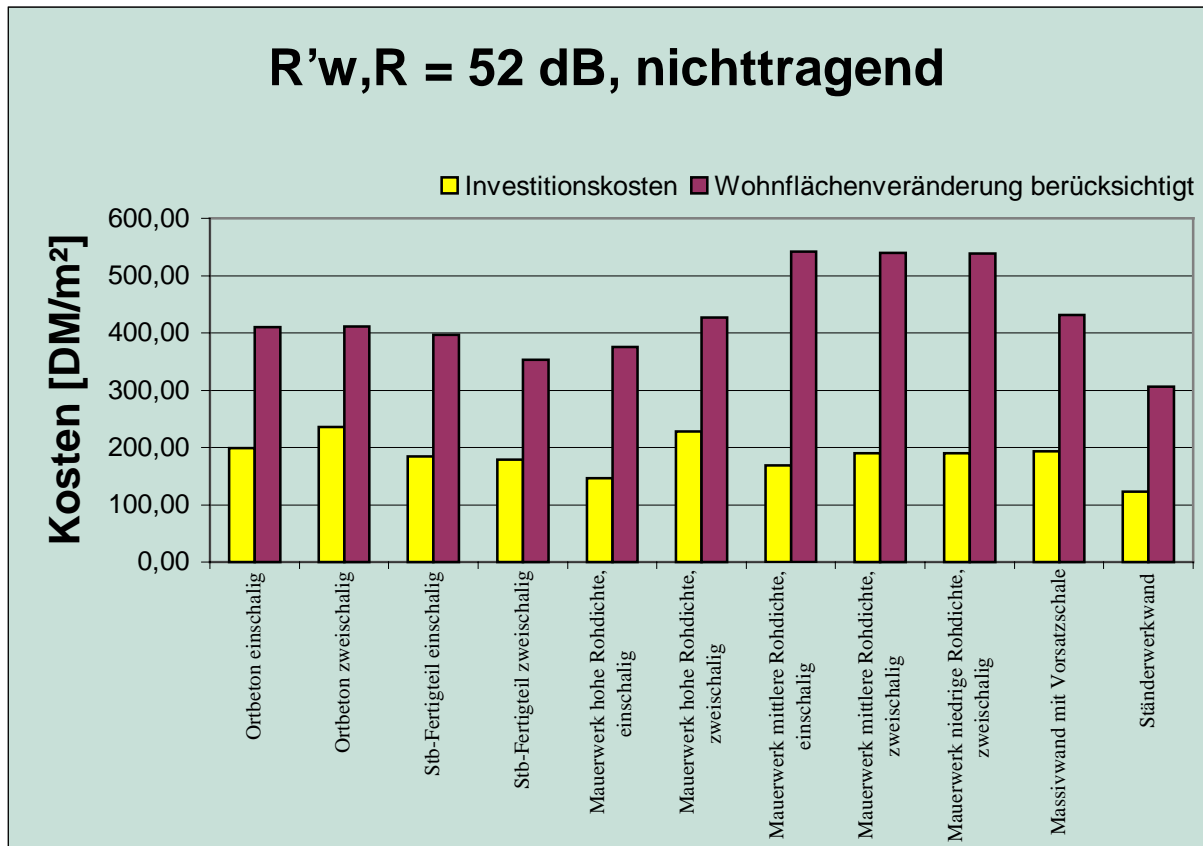


Abbildung C6: Kosten verschiedener nichttragender Innenwände mit R'<sub>w,R</sub> = 52dB

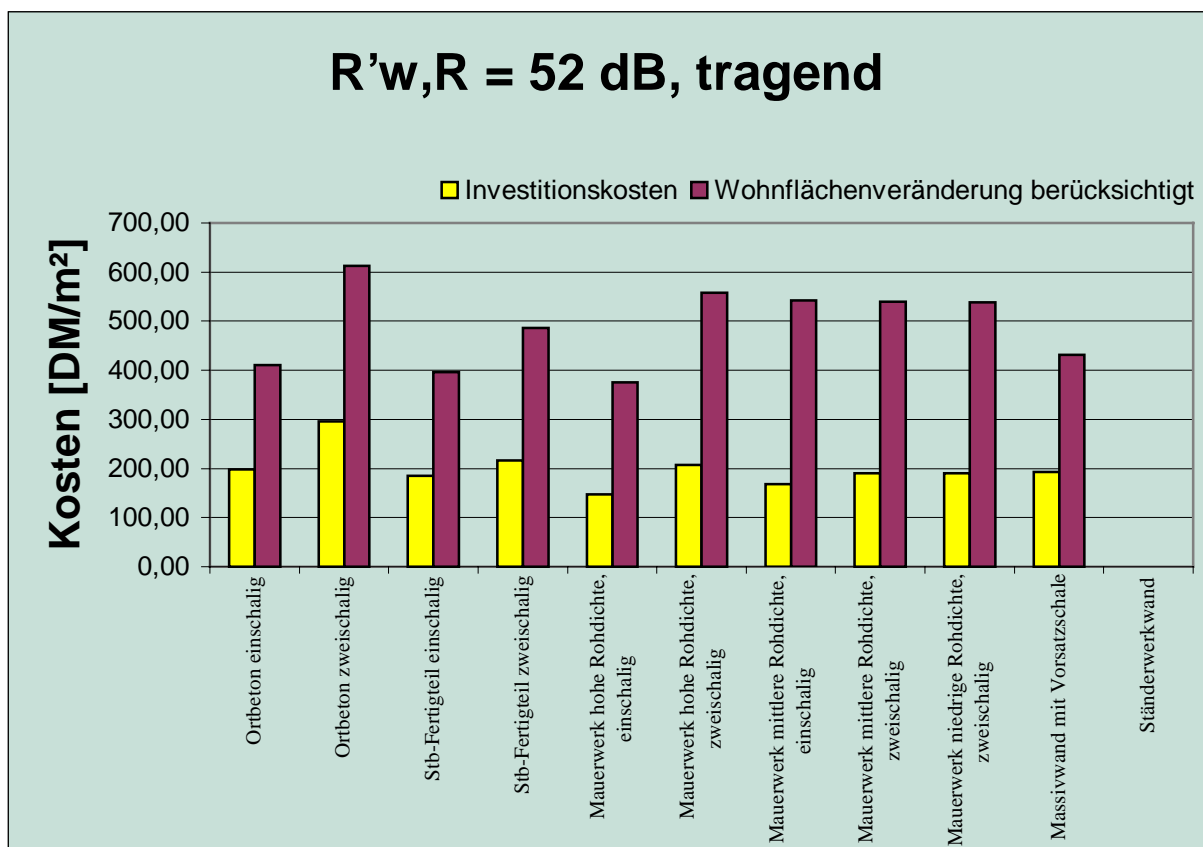


Abbildung C7: Kosten verschiedener tragender Innenwände mit R'<sub>w,R</sub> = 52dB

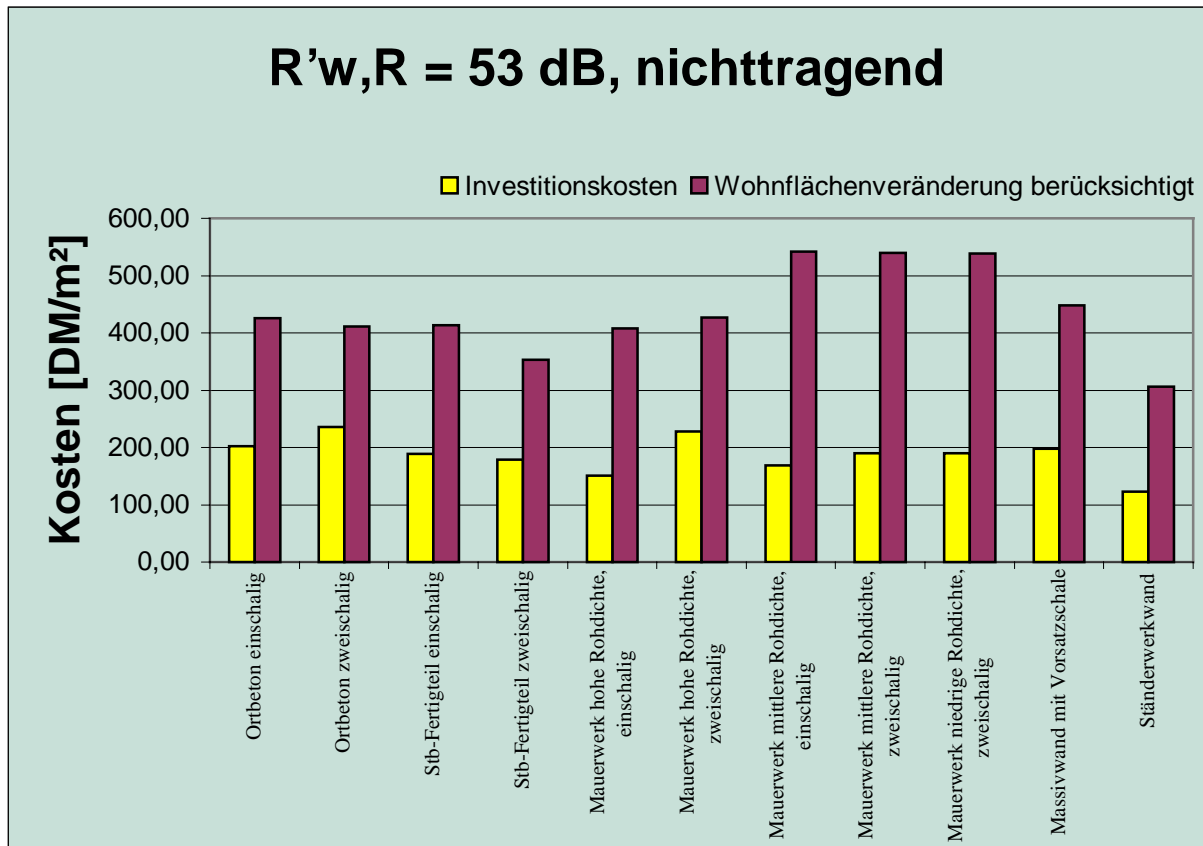


Abbildung C8: Kosten verschiedener nichttragender Innenwände mit  $R'_{w,R} = 53\text{dB}$

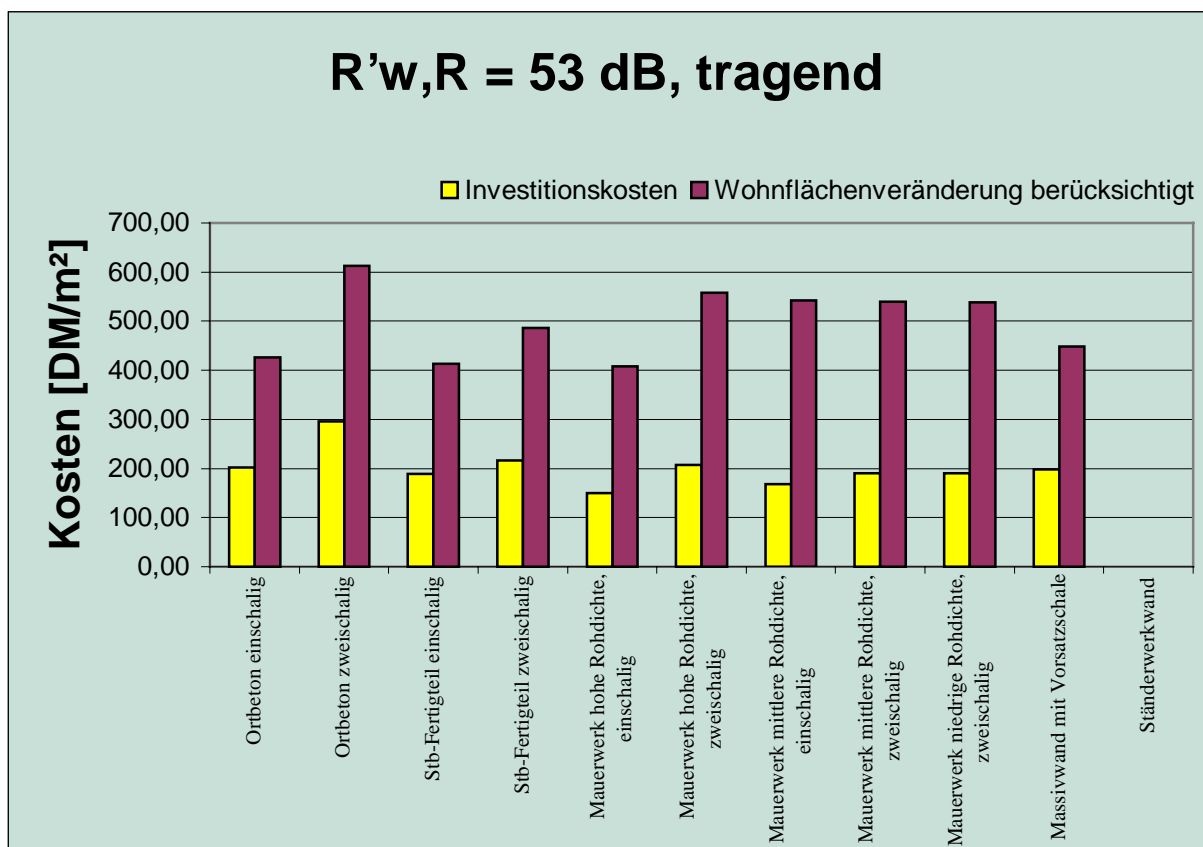


Abbildung C9: Kosten verschiedener tragender Innenwände mit  $R'_{w,R} = 53\text{dB}$



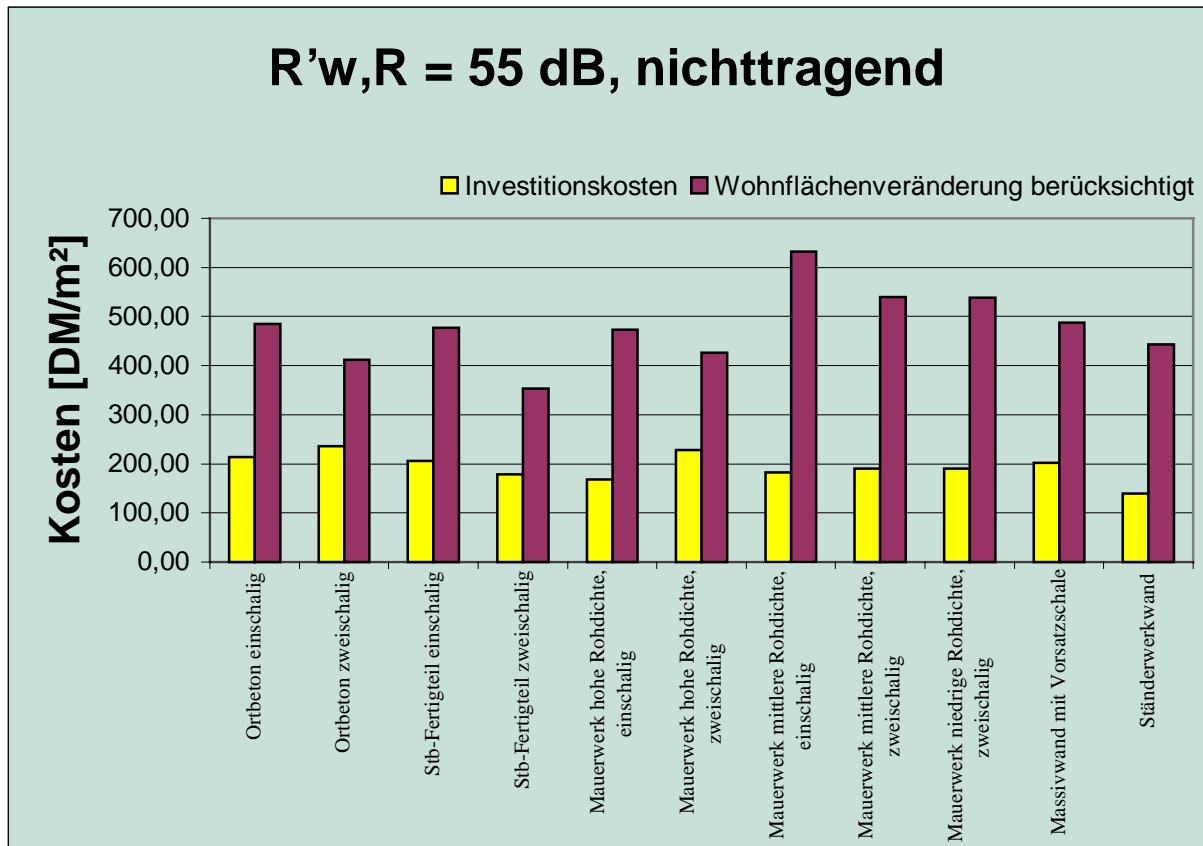


Abbildung C10: Kosten verschiedener nichttragender Innenwände mit R'<sub>w,R</sub> = 55dB

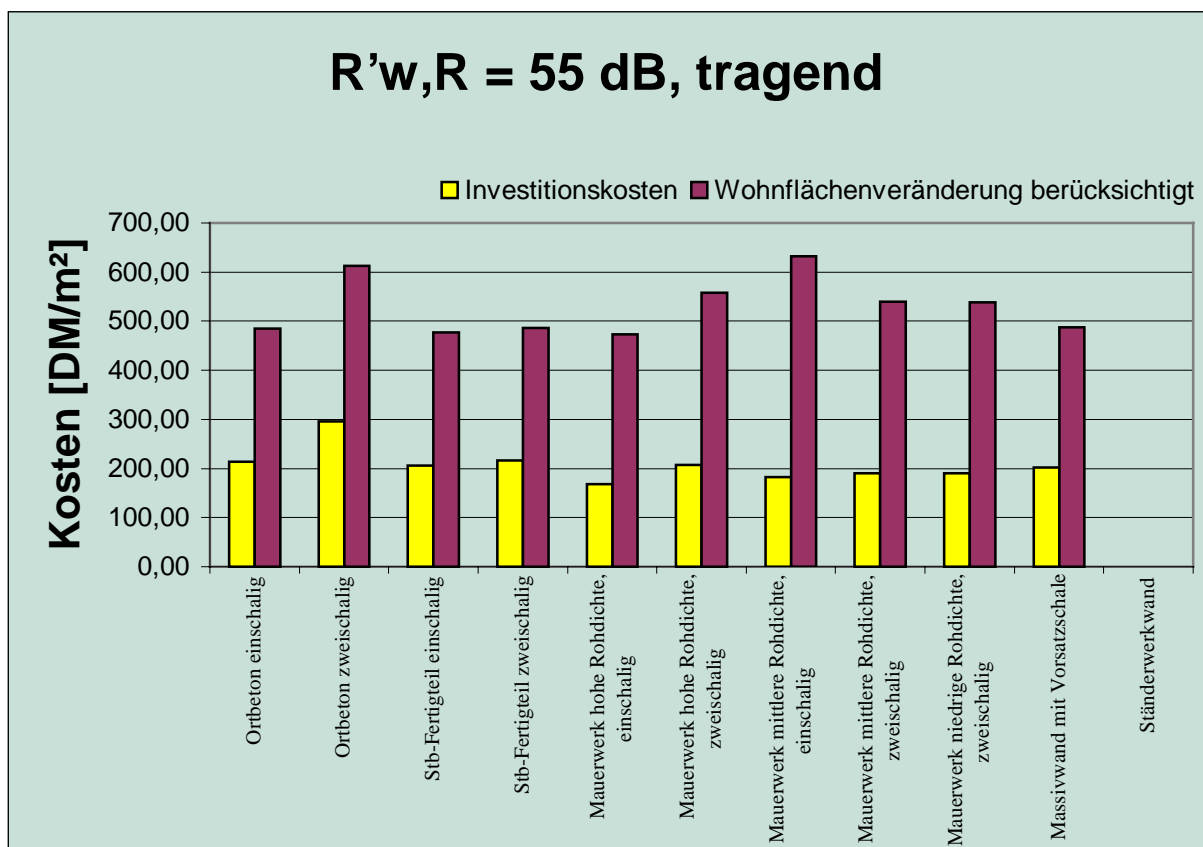


Abbildung C11: Kosten verschiedener tragender Innenwände mit R'<sub>w,R</sub> = 55dB

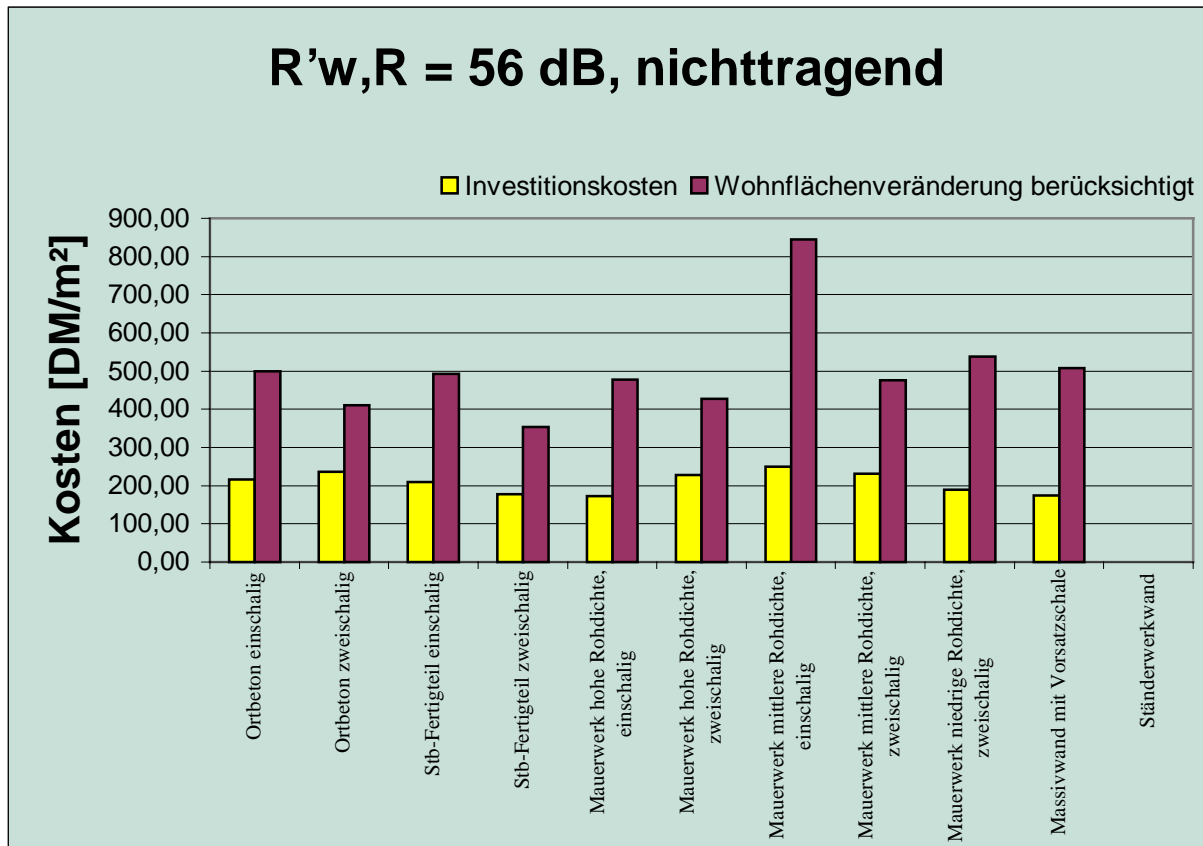


Abbildung C12: Kosten verschiedener nichttragender Innenwände mit R'<sub>w,R</sub> = 56dB

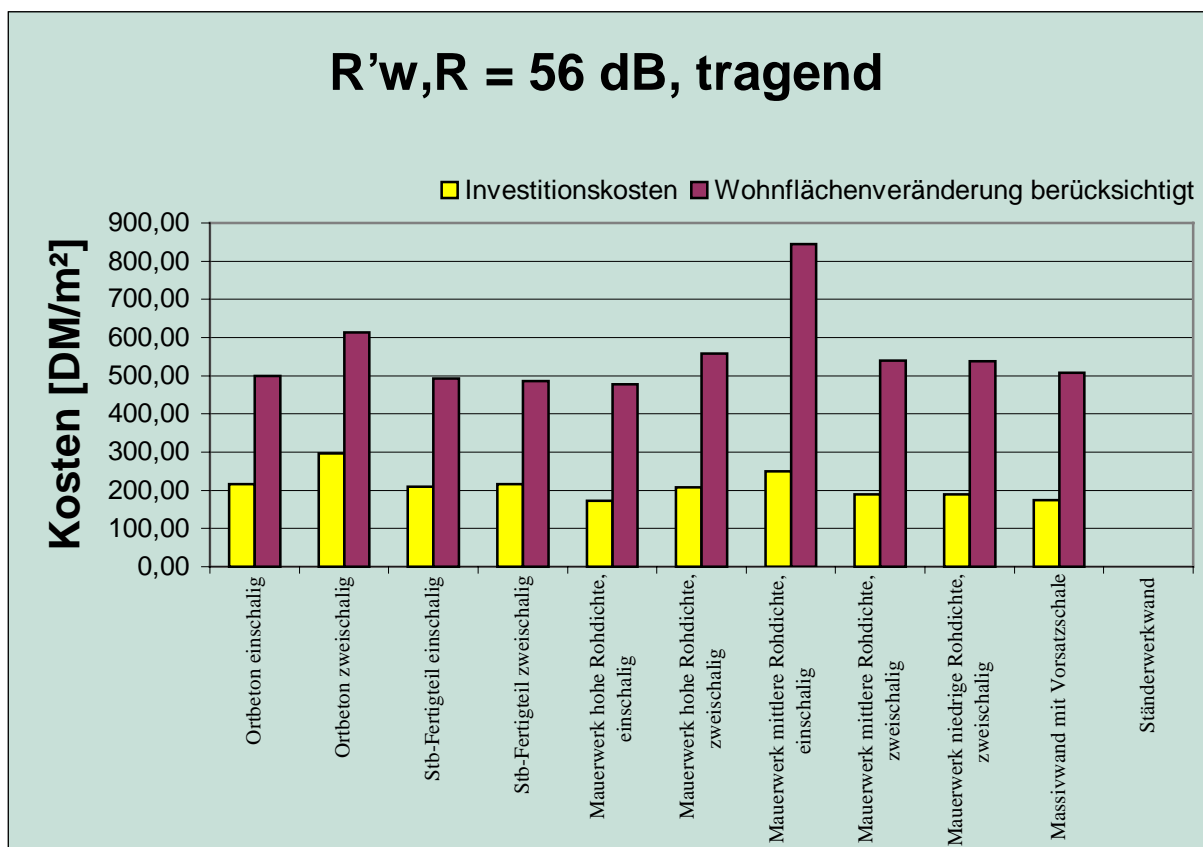


Abbildung C13: Kosten verschiedener tragender Innenwände mit R'<sub>w,R</sub> = 56dB

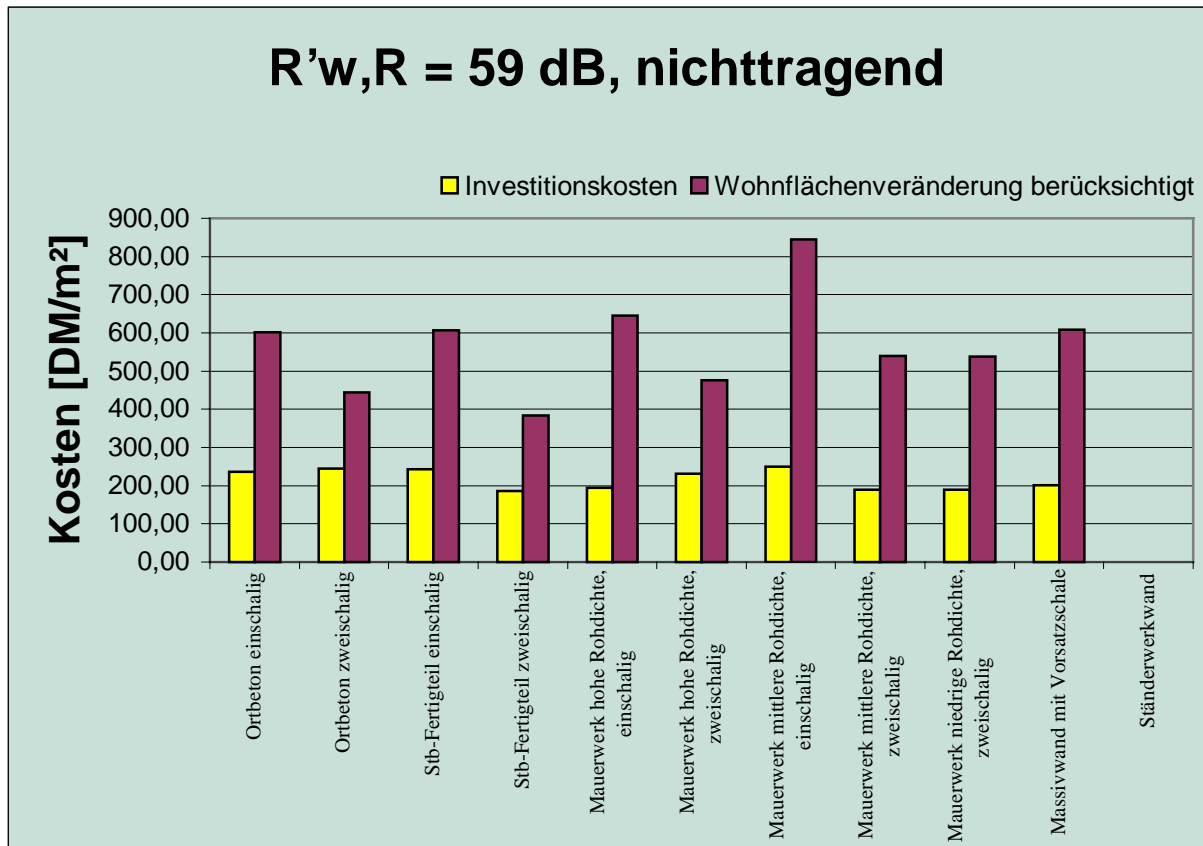


Abbildung C14: Kosten verschiedener nichttragender Innenwände mit R'<sub>w,R</sub> = 59dB

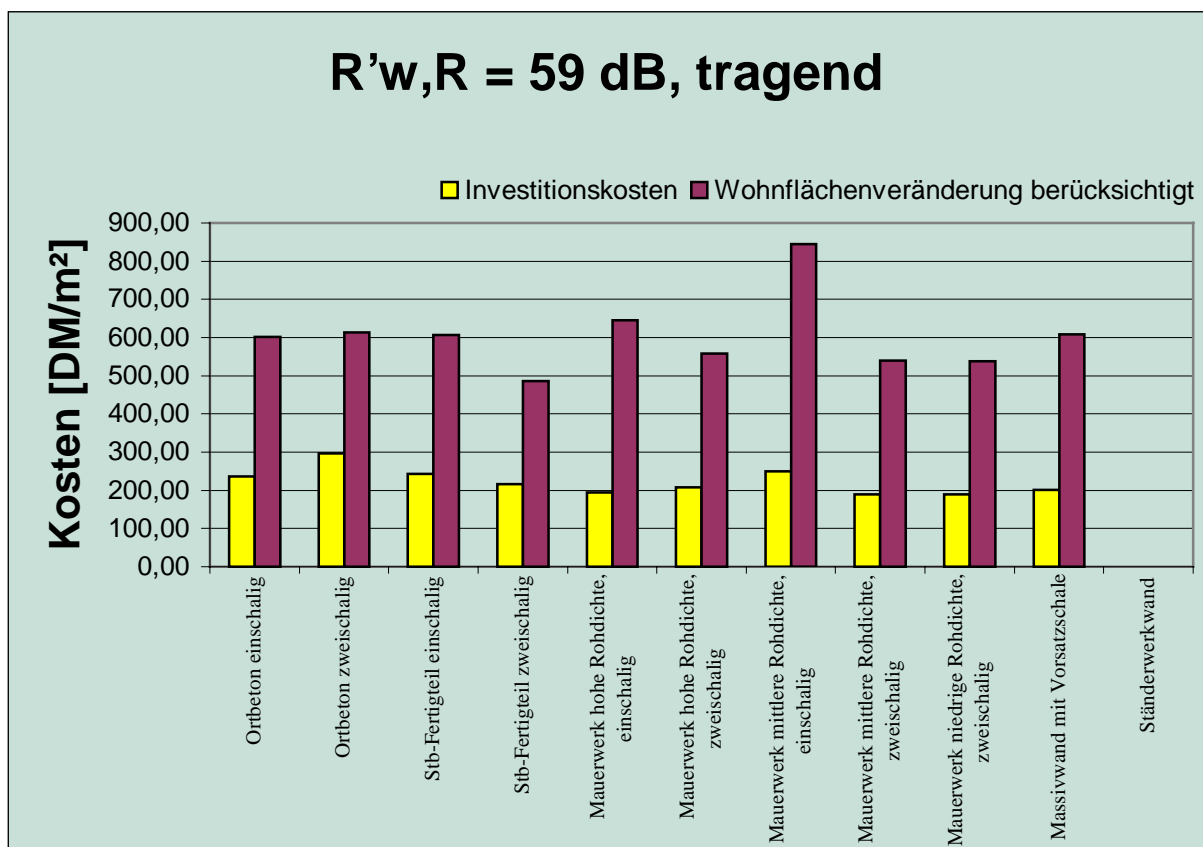


Abbildung C15: Kosten verschiedener tragender Innenwände mit R'<sub>w,R</sub> = 59dB

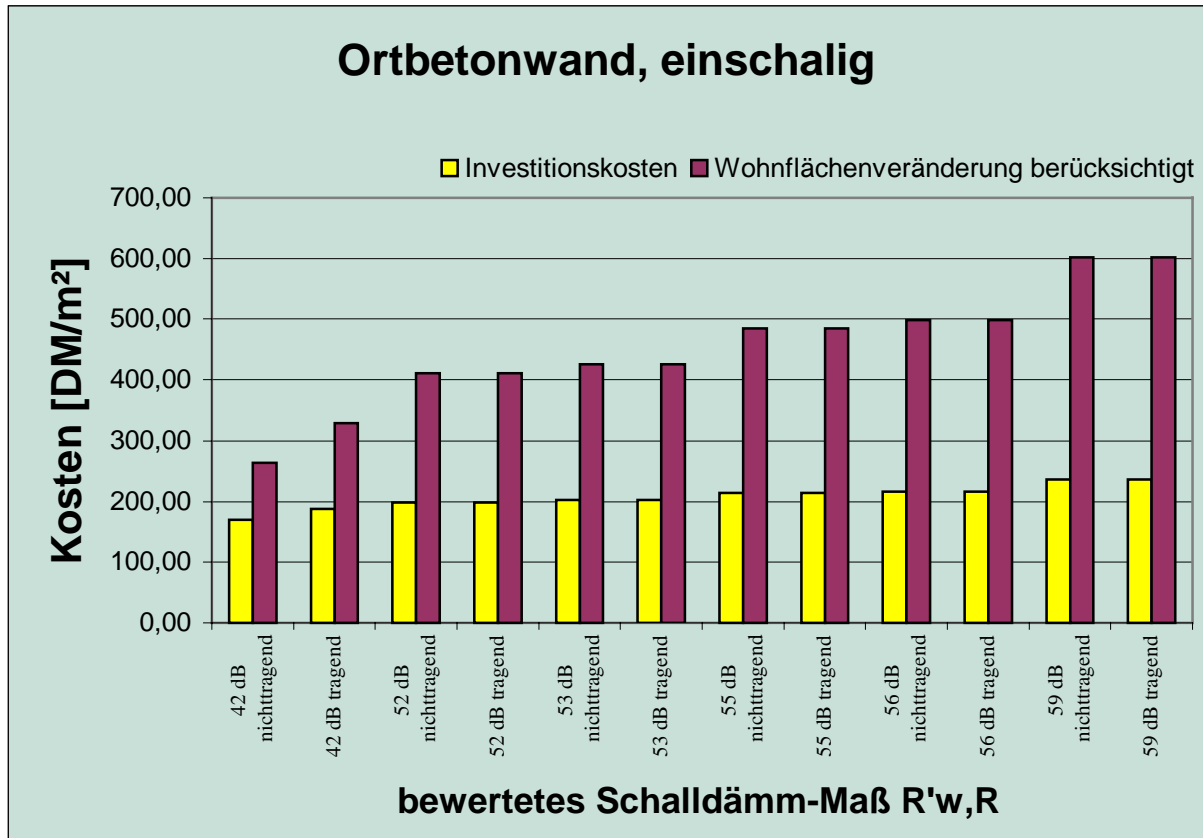


Abbildung C16: Kosten einschaliger Ortbetonwände mit verschiedenen Schalldämm-Maßen

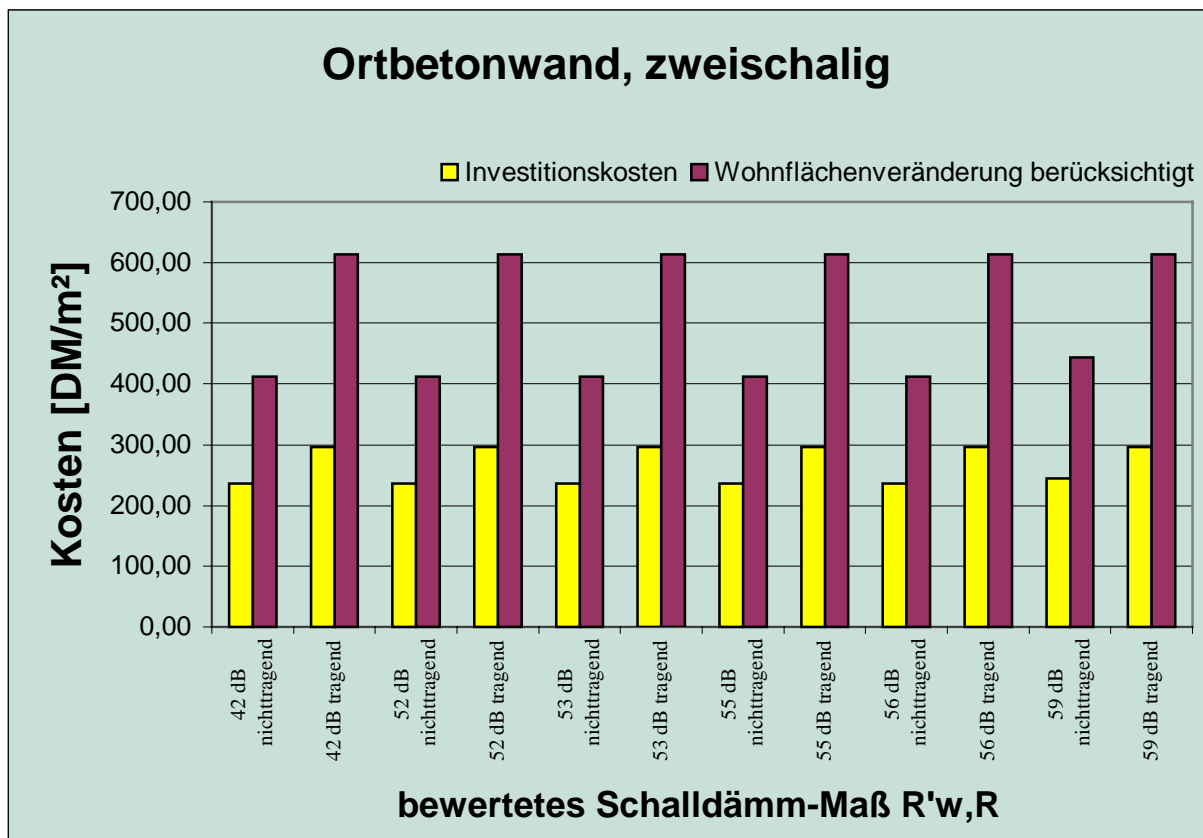


Abbildung C17: Kosten zweischaliger Ortbetonwände mit verschiedenen Schalldämm-Maßen

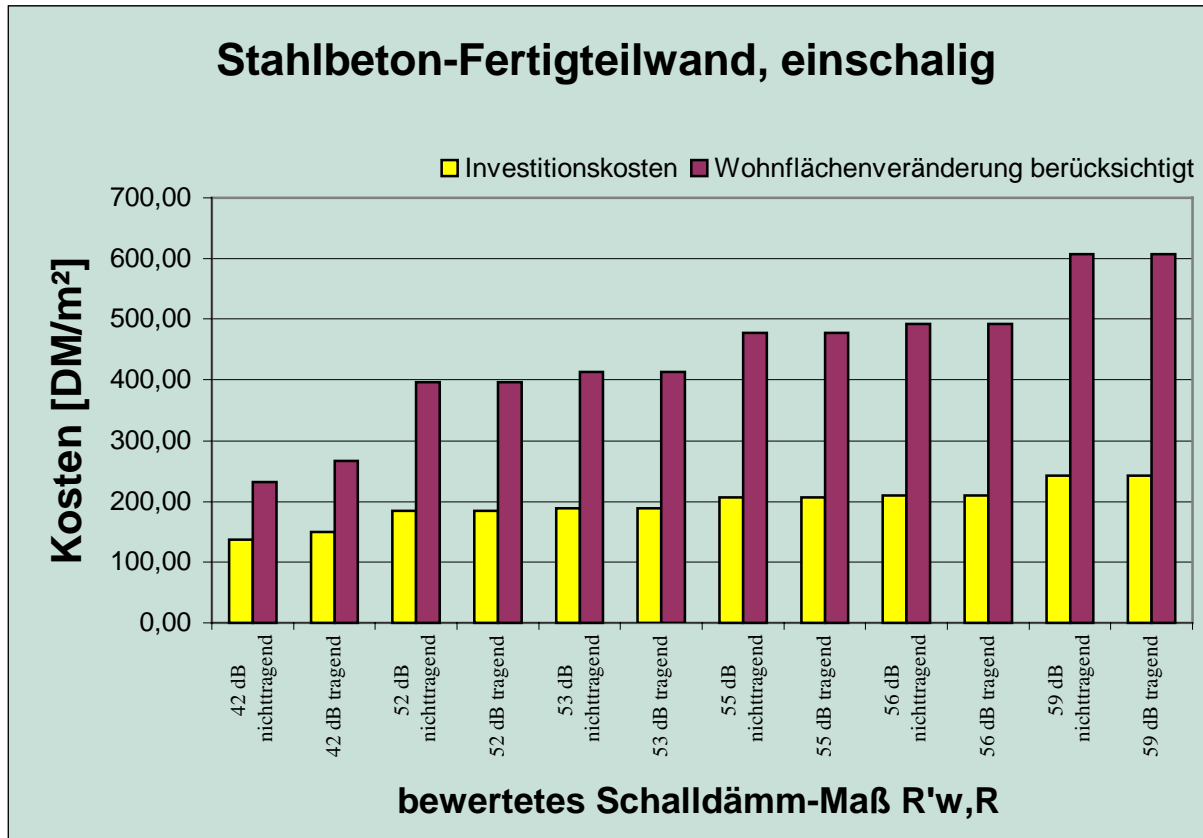


Abbildung C18: Kosten einschaliger Stb-FT-Wände mit verschiedenen Schalldämm-Maßen

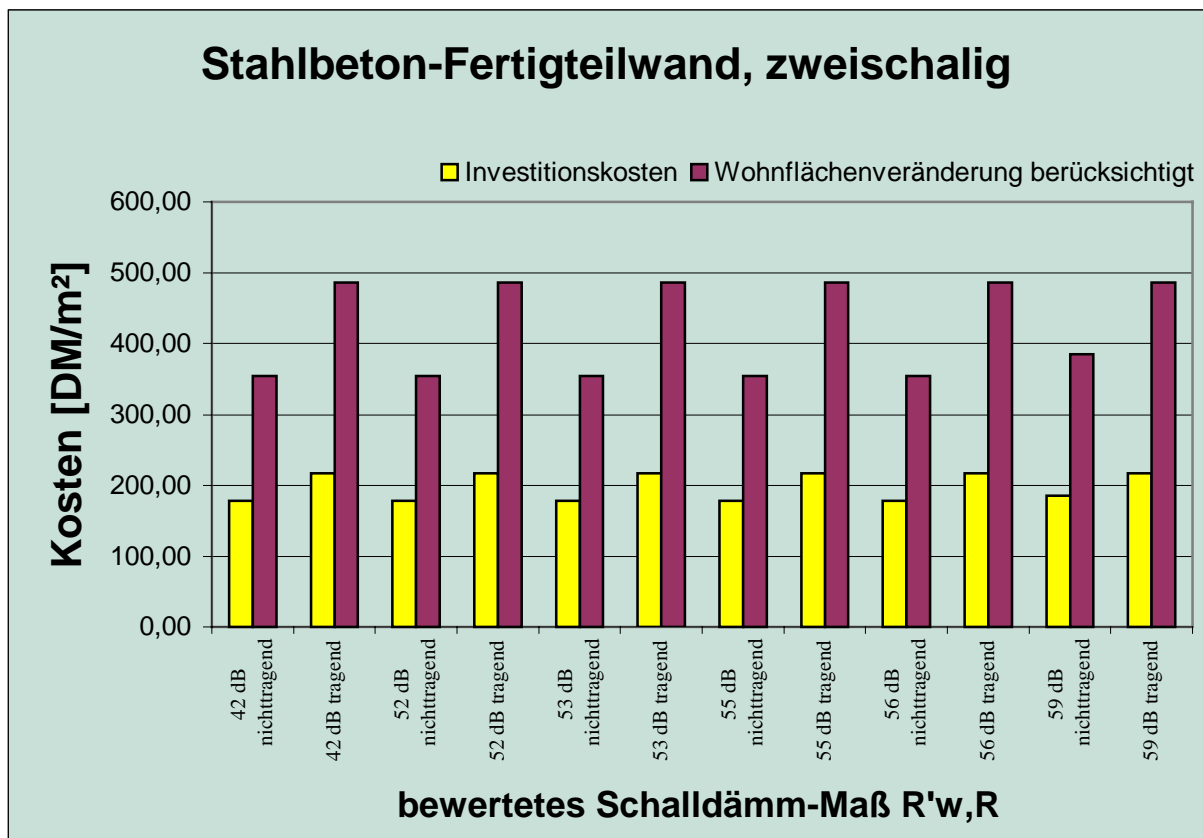


Abbildung C19: Kosten zweischaliger Stb-FT-Wände mit verschiedenen Schalldämm-Maßen

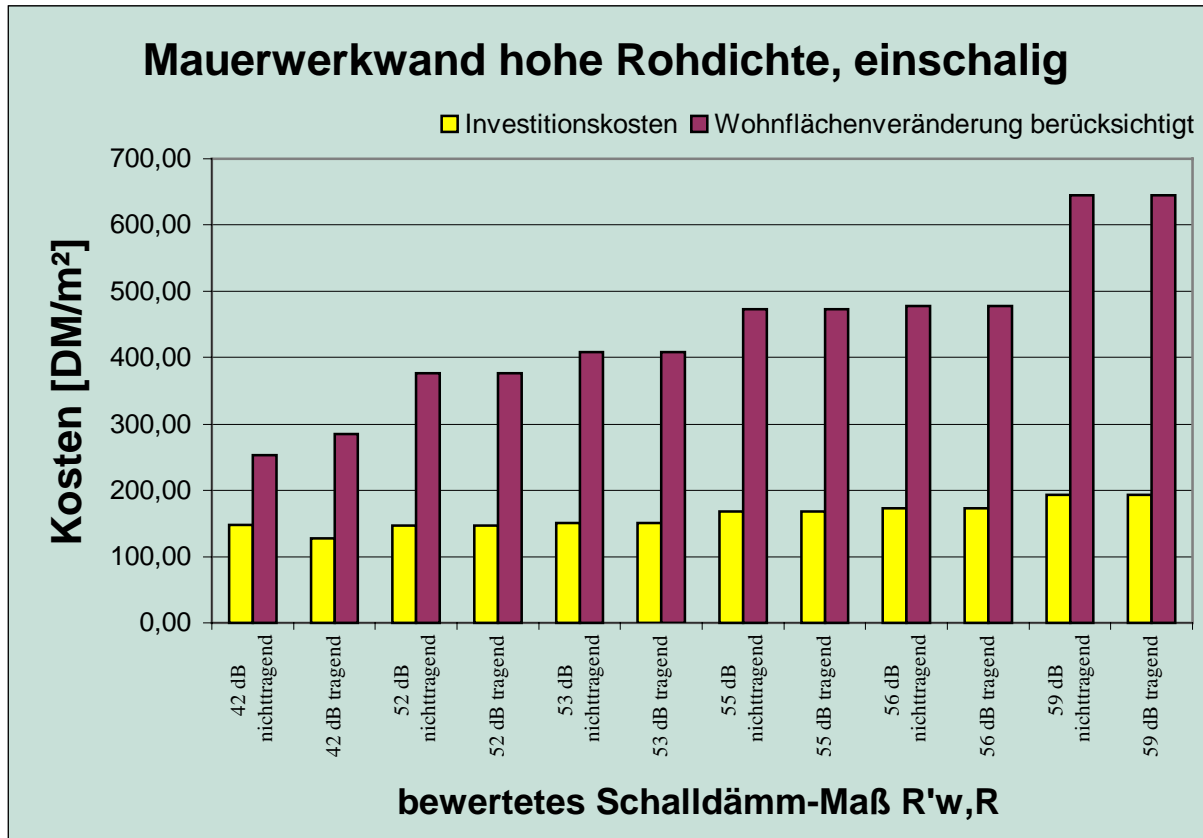


Abbildung C20: Kosten einschaliger Mauerwerkinnenwände mit versch. Schalldämm-Maßen

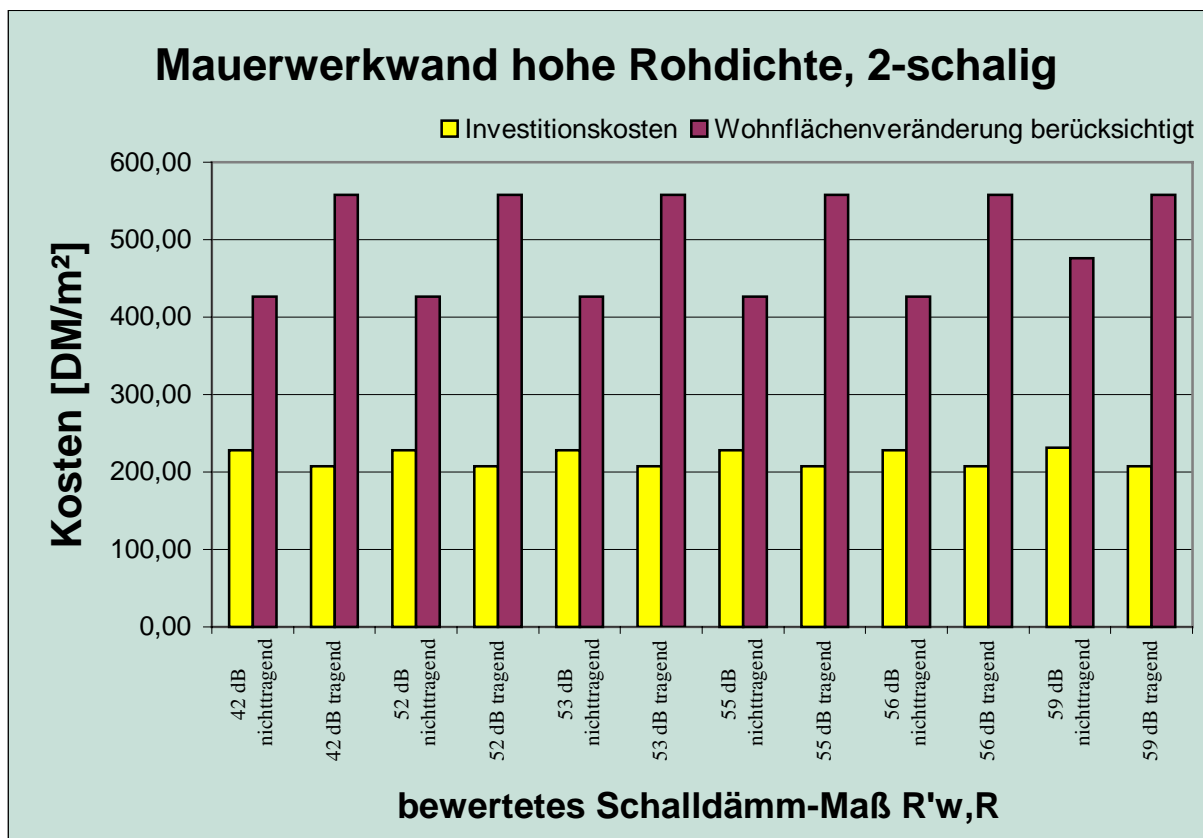


Abbildung C21: Kosten zweischaliger Mauerwerkinnenwände mit versch. Schalldämm-Maßen

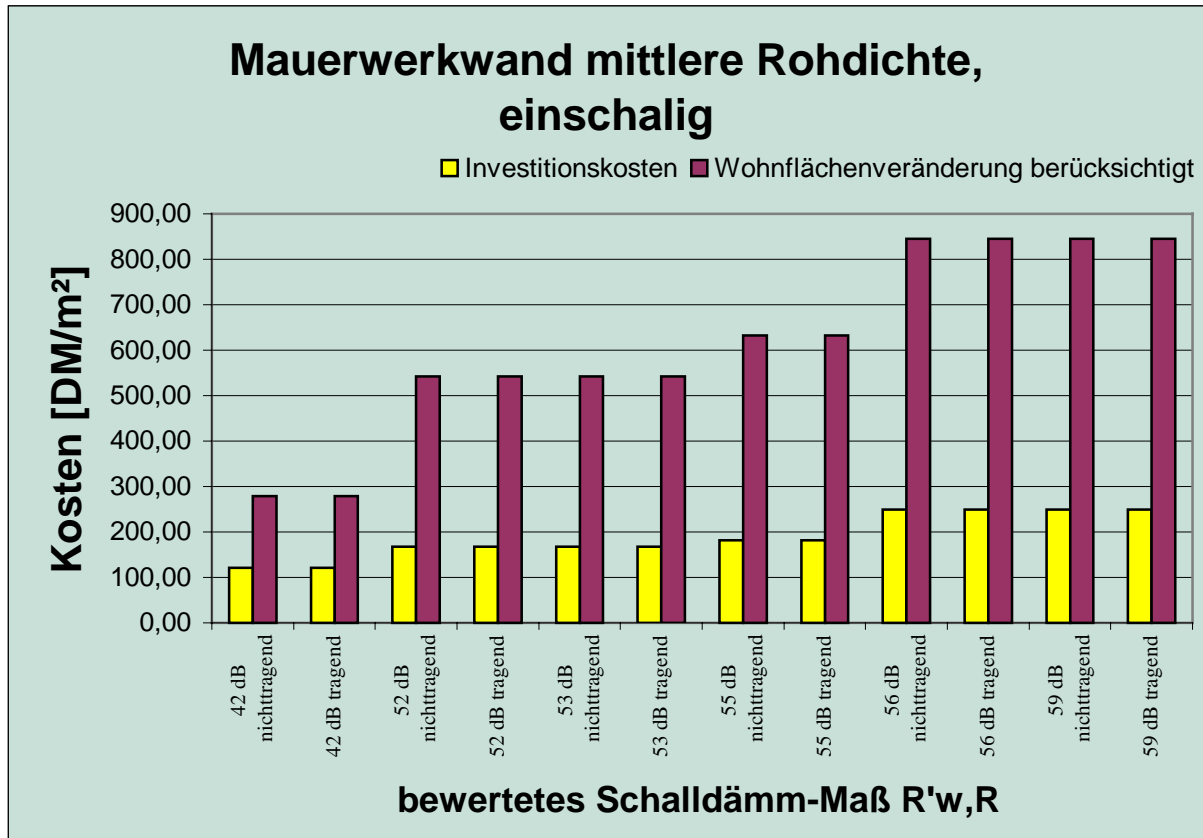


Abbildung C22: Kosten einschaliger Mauerwerkinnenwände mit versch. Schalldämm-Maßen

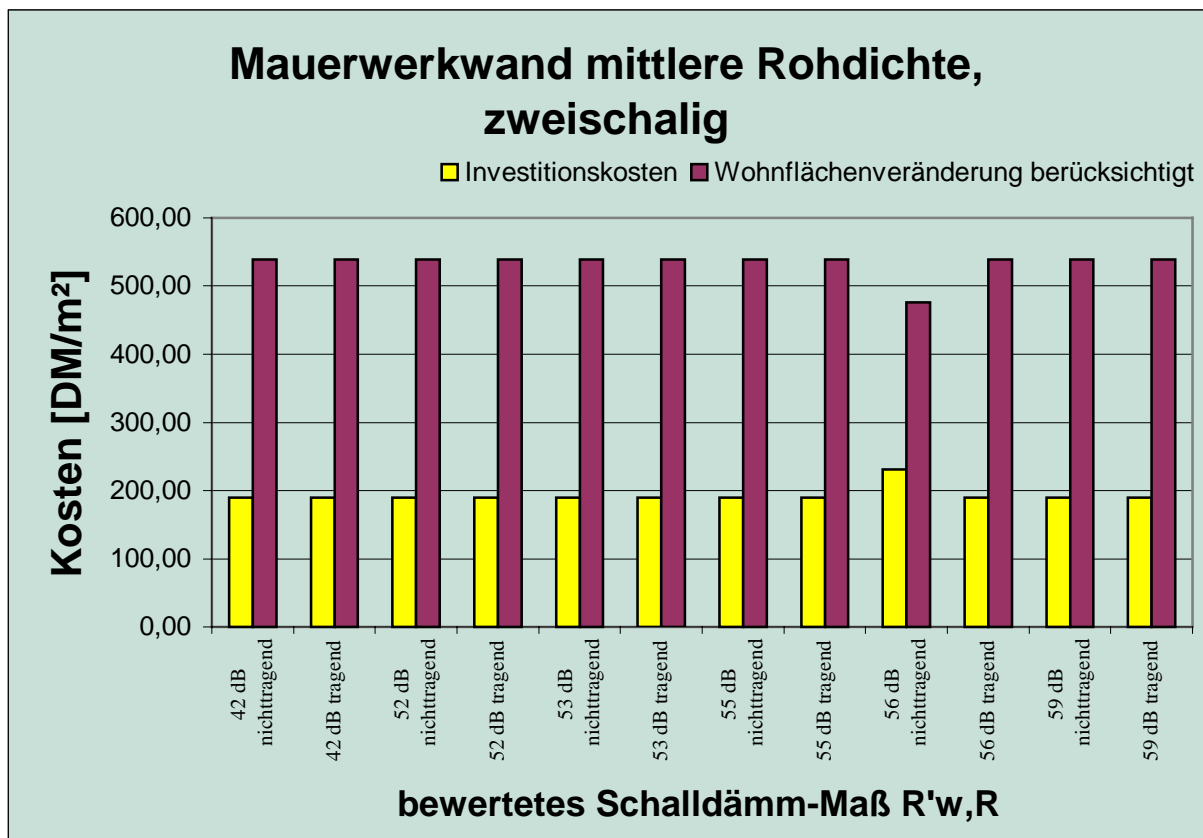


Abbildung C23: Kosten zweischaliger Mauerwerkinnenwände mit versch. Schalldämm-Maßen

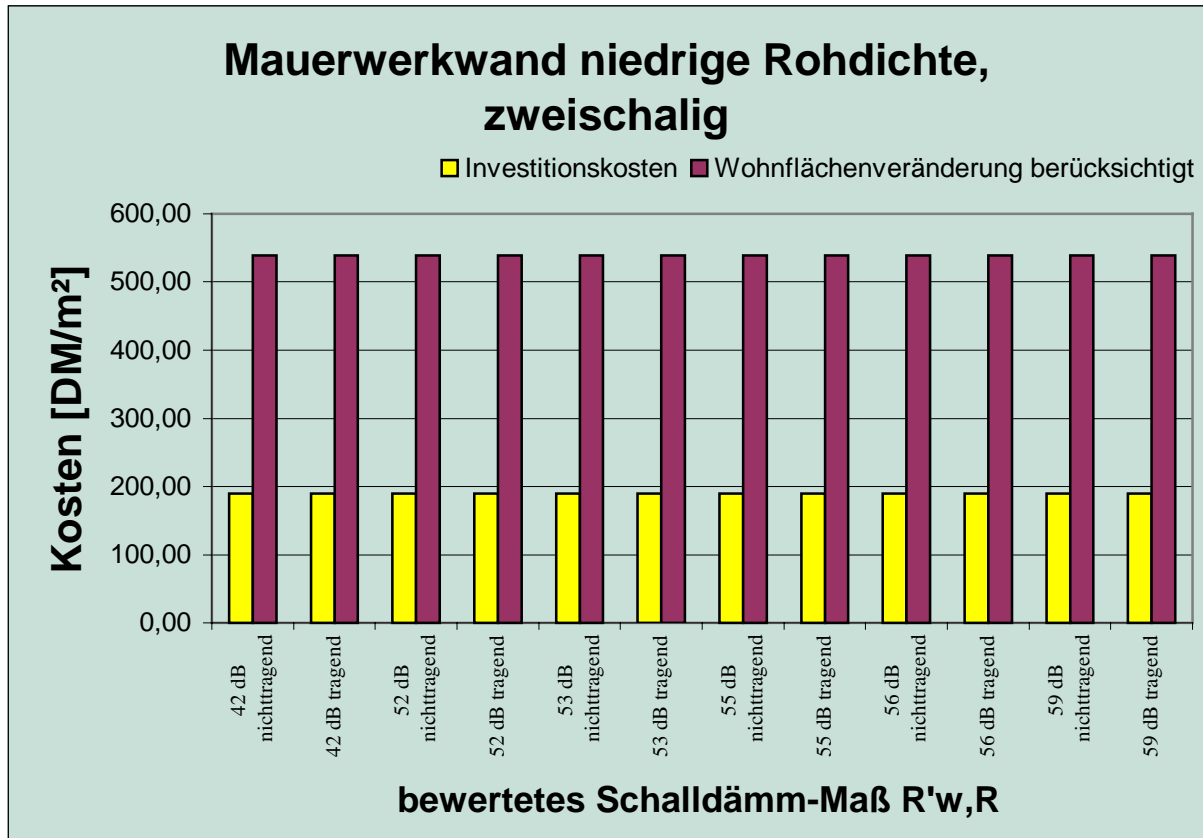


Abbildung C24: Kosten zweischaliger Mauerwerkwände mit versch. Schalldämm-Maßen

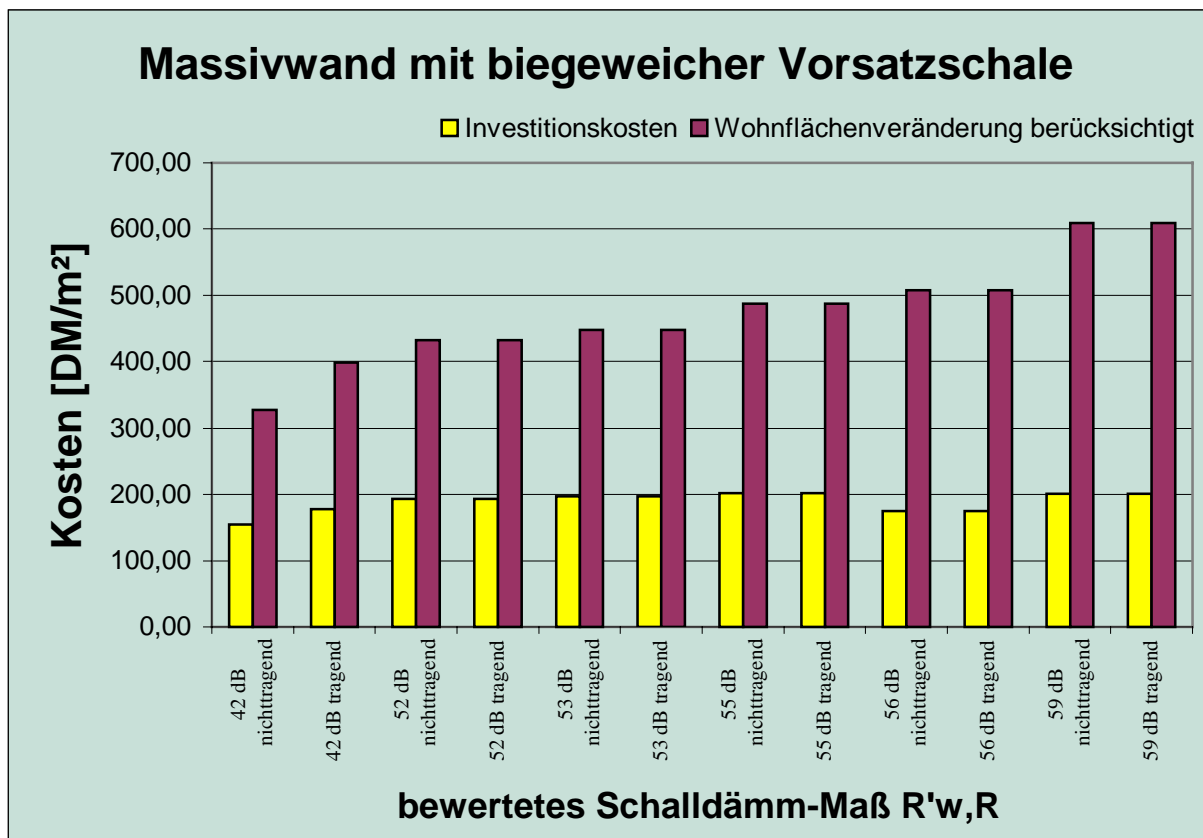


Abbildung C25: Kosten Mauerwerkwände mit Vorsatzschale, versch. Schalldämm-Maße



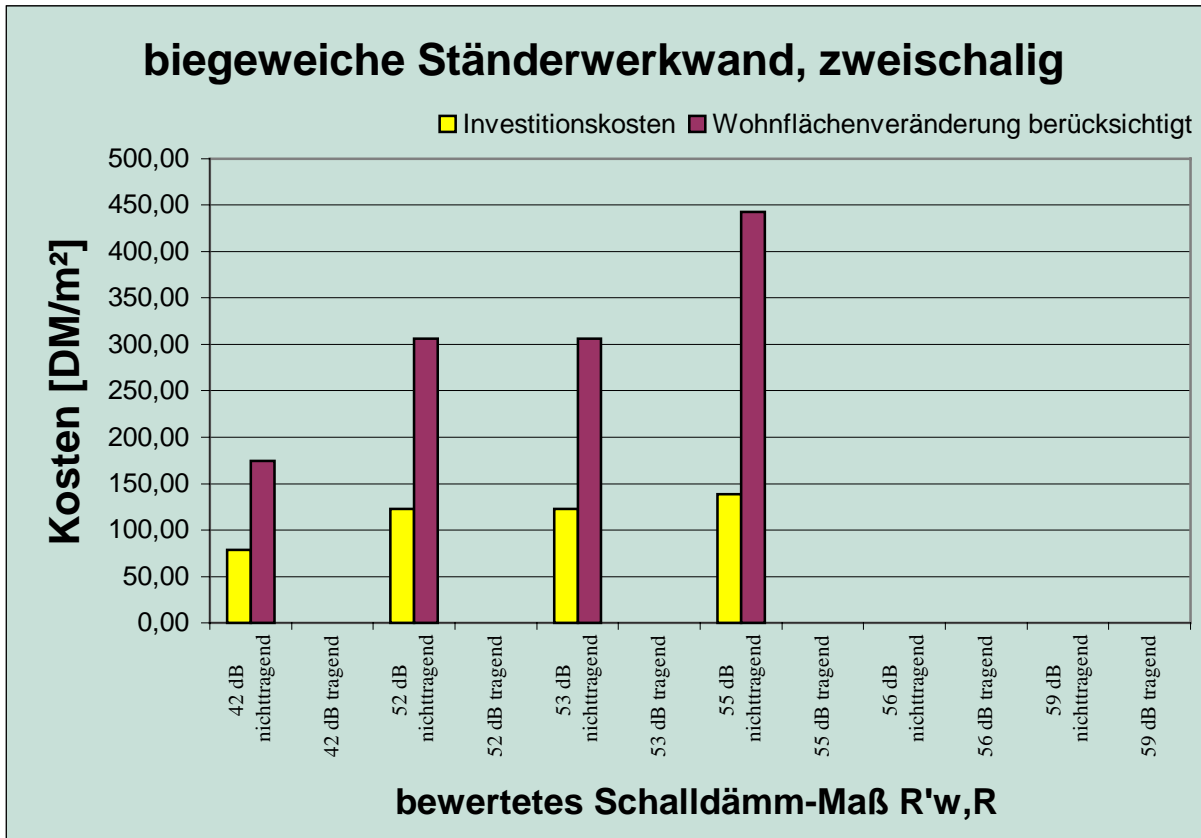


Abbildung C26: Kosten zweischaliger biegeweicher Wände mit versch. Schalldämm-Maßen

<b>Kostenvergleich verschiedener Massivdeckentypen einschließlich Gebäudehöhengewinn /- verlust und Mehr- / minderlasten</b>							
Anforderung [dB]		Massivdecke aus Normalbeton mit schwimmenden Estrich		Spannbetonhohlplatten-decke mit schwimmenden Estrich		Massivdecke aus Normalbeton mit schwimmenden Estrich und biegeweicher Unterdecke	
R'w,R	L'n,w						
52	53	159,27 DM	101,3%	157,26 DM	100,0%	195,66 DM	124,4%
		<b>172,17 DM</b>	<b>100,4%</b>	<b>171,47 DM</b>	<b>100,0%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>124,7%</b>
53	53	159,27 DM	101,3%	157,26 DM	100,0%	195,66 DM	124,4%
		<b>172,17 DM</b>	<b>100,4%</b>	<b>171,47 DM</b>	<b>100,0%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>124,7%</b>
54	53	159,27 DM	101,3%	157,26 DM	100,0%	195,66 DM	124,4%
		<b>172,17 DM</b>	<b>100,4%</b>	<b>171,47 DM</b>	<b>100,0%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>124,7%</b>
55	53	161,66 DM	100,0%	164,91 DM	102,0%	195,66 DM	121,0%
		<b>175,19 DM</b>	<b>100,0%</b>	<b>180,73 DM</b>	<b>103,2%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>122,0%</b>
56	53	163,76 DM	100,0%	182,98 DM	111,7%	195,66 DM	119,5%
		<b>178,57 DM</b>	<b>100,0%</b>	<b>202,76 DM</b>	<b>113,5%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>119,7%</b>
55	46	171,40 DM	100,0%	182,98 DM	106,8%	195,66 DM	114,2%
		<b>188,12 DM</b>	<b>100,0%</b>	<b>202,76 DM</b>	<b>107,8%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>113,7%</b>
56	46	171,40 DM	100,0%	182,98 DM	106,8%	195,66 DM	114,2%
		<b>188,12 DM</b>	<b>100,0%</b>	<b>202,76 DM</b>	<b>107,8%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>113,7%</b>
57	46	171,40 DM	100,0%	182,98 DM	106,8%	195,66 DM	114,2%
		<b>188,12 DM</b>	<b>100,0%</b>	<b>202,76 DM</b>	<b>107,8%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>113,7%</b>
59	46	180,86 DM	100,0%	200,68 DM	111,0%	200,15 DM	110,7%
		<b>200,13 DM</b>	<b>100,0%</b>	<b>226,93 DM</b>	<b>113,4%</b>	<b>220,20 DM</b>	<b>110,0%</b>
59	39	206,94 DM	100,0%	<b>entfällt</b>		220,58 DM	106,6%
		<b>232,58 DM</b>	<b>100,0%</b>			<b>246,05 DM</b>	<b>105,8%</b>
60	39	206,94 DM	100,0%	<b>entfällt</b>		220,58 DM	106,6%
		<b>232,58 DM</b>	<b>100,0%</b>			<b>246,05 DM</b>	<b>105,8%</b>

Anmerkung: *Kursiv* gedruckte Werte = Bauteilkosten ohne Berücksichtigung von Gebäudehöhengewinn /- verlust und Mehr- / Minderlast  
**Fett** gedruckte Werte = Bauteilkosten mit Berücksichtigung von Gebäudehöhengewinn /-verlust und Mehr- / Minderlast  
Berücksichtigte Differenzkosten:  
9,48 DM je 10kN Lastunterschied  
0,40 DM/ m<sup>2</sup> je cm Mehrstärke infolge höherer Deckenstärke  
0,80 DM/ m<sup>2</sup> je cm Mehrstärke infolge höheren Fußboden-  
aufbaus/ abgehängter Decke

Abbildung D1: Kostenvergleich verschiedener Massivdecken je Schallschutzanforderung

<b>Kostenvergleich verschiedener Massivdeckentypen einschließlich Gebäudehöhengewinn /- verlust und Mehr- / minderlasten</b>							
Anforderung [dB]		Massivdecke aus Normalbeton mit schwimmenden Estrich		Spannbetonhohlplatten-decke mit schwimmenden Estrich		Massivdecke aus Normalbeton mit schwimmenden Estrich und biegeweicher Unterdecke	
R'w,R	L'n,w						
52	53	<i>159,27 DM</i>	<i>100,0%</i>	<i>157,26 DM</i>	<i>100,0%</i>	<i>195,66 DM</i>	<i>100,0%</i>
		<b>172,17 DM</b>	<b>100,0%</b>	<b>171,47 DM</b>	<b>100,0%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>100,0%</b>
53	53	<i>159,27 DM</i>	<i>100,0%</i>	<i>157,26 DM</i>	<i>100,0%</i>	<i>195,66 DM</i>	<i>100,0%</i>
		<b>172,17 DM</b>	<b>100,0%</b>	<b>171,47 DM</b>	<b>100,0%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>100,0%</b>
54	53	<i>159,27 DM</i>	<i>100,0%</i>	<i>157,26 DM</i>	<i>100,0%</i>	<i>195,66 DM</i>	<i>100,0%</i>
		<b>172,17 DM</b>	<b>100,0%</b>	<b>171,47 DM</b>	<b>100,0%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>100,0%</b>
55	53	<i>161,66 DM</i>	<i>101,5%</i>	<i>164,91 DM</i>	<i>104,9%</i>	<i>195,66 DM</i>	<i>100,0%</i>
		<b>175,19 DM</b>	<b>101,8%</b>	<b>180,73 DM</b>	<b>105,4%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>100,0%</b>
56	53	<i>163,76 DM</i>	<i>102,8%</i>	<i>182,98 DM</i>	<i>116,4%</i>	<i>195,66 DM</i>	<i>100,0%</i>
		<b>178,57 DM</b>	<b>103,7%</b>	<b>202,76 DM</b>	<b>118,2%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>100,0%</b>
55	46	<i>171,40 DM</i>	<i>107,6%</i>	<i>182,98 DM</i>	<i>116,4%</i>	<i>195,66 DM</i>	<i>100,0%</i>
		<b>188,12 DM</b>	<b>109,3%</b>	<b>202,76 DM</b>	<b>118,2%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>100,0%</b>
56	46	<i>171,40 DM</i>	<i>107,6%</i>	<i>182,98 DM</i>	<i>116,4%</i>	<i>195,66 DM</i>	<i>100,0%</i>
		<b>188,12 DM</b>	<b>109,3%</b>	<b>202,76 DM</b>	<b>118,2%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>100,0%</b>
57	46	<i>171,40 DM</i>	<i>107,6%</i>	<i>182,98 DM</i>	<i>116,4%</i>	<i>195,66 DM</i>	<i>100,0%</i>
		<b>188,12 DM</b>	<b>109,3%</b>	<b>202,76 DM</b>	<b>118,2%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>100,0%</b>
59	46	<i>180,86 DM</i>	<i>113,6%</i>	<i>200,68 DM</i>	<i>127,6%</i>	<i>200,15 DM</i>	<i>102,3%</i>
		<b>200,13 DM</b>	<b>116,2%</b>	<b>226,93 DM</b>	<b>132,3%</b>	<b>220,20 DM</b>	<b>103,0%</b>
59	39	<i>206,94 DM</i>	<i>129,9%</i>	<b>entfällt</b>		<i>220,58 DM</i>	<i>112,7%</i>
		<b>232,58 DM</b>	<b>135,1%</b>			<b>246,05 DM</b>	<b>115,1%</b>
60	39	<i>206,94 DM</i>	<i>129,9%</i>	<b>entfällt</b>		<i>220,58 DM</i>	<i>112,7%</i>
		<b>232,58 DM</b>	<b>135,1%</b>			<b>246,05 DM</b>	<b>115,1%</b>

**Anmerkung:** *Kursiv* gedruckte Werte = Bauteilkosten ohne Berücksichtigung von Gebäudehöhengewinn /- verlust und Mehr- / Minderlast  
**Fett** gedruckte Werte = Bauteilkosten mit Berücksichtigung von Gebäudehöhengewinn /-verlust und Mehr- / Minderlast  
Berücksichtigte Differenzkosten:  
9,48 DM je 10kN Lastunterschied  
0,40 DM/ m<sup>2</sup> je cm Mehrstärke infolge höherer Deckenstärke  
0,80 DM/ m<sup>2</sup> je cm Mehrstärke infolge höheren Fußboden-  
aufbaus/ abgehängter Decke

Abbildung D2: Kostenvergleich verschiedener Massivdecken nach Ausführungsart

<b>Kostenvergleich verschiedener Massivdeckentypen einschließlich Gebäudehöhengewinn /- verlust und Mehr- / minderlasten</b>							
Anforderung [dB]		Massivdecke aus Normalbeton mit schwimmenden Estrich		Spannbetonhohlplatten-decke mit schwimmenden Estrich		Massivdecke aus Normalbeton mit schwimmenden Estrich und biegeweicher Unterdecke	
R'w,R	L'n,w						
52	53	<i>159,27 DM</i>	<i>101,3%</i>	<i>157,26 DM</i>	<i>100,0%</i>	<i>195,66 DM</i>	<i>124,4%</i>
		<b>172,17 DM</b>	<b>100,4%</b>	<b>171,47 DM</b>	<b>100,0%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>124,7%</b>
53	53	<i>159,27 DM</i>	<i>101,3%</i>	<i>157,26 DM</i>	<i>100,0%</i>	<i>195,66 DM</i>	<i>124,4%</i>
		<b>172,17 DM</b>	<b>100,4%</b>	<b>171,47 DM</b>	<b>100,0%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>124,7%</b>
54	53	<i>159,27 DM</i>	<i>101,3%</i>	<i>157,26 DM</i>	<i>100,0%</i>	<i>195,66 DM</i>	<i>124,4%</i>
		<b>172,17 DM</b>	<b>100,4%</b>	<b>171,47 DM</b>	<b>100,0%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>124,7%</b>
55	53	<i>161,66 DM</i>	<i>102,8%</i>	<i>164,91 DM</i>	<i>104,9%</i>	<i>195,66 DM</i>	<i>124,4%</i>
		<b>175,19 DM</b>	<b>102,2%</b>	<b>180,73 DM</b>	<b>105,4%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>124,7%</b>
56	53	<i>163,76 DM</i>	<i>104,1%</i>	<i>182,98 DM</i>	<i>116,4%</i>	<i>195,66 DM</i>	<i>124,4%</i>
		<b>178,57 DM</b>	<b>104,1%</b>	<b>202,76 DM</b>	<b>118,2%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>124,7%</b>
55	46	<i>171,40 DM</i>	<i>109,0%</i>	<i>182,98 DM</i>	<i>116,4%</i>	<i>195,66 DM</i>	<i>124,4%</i>
		<b>188,12 DM</b>	<b>109,7%</b>	<b>202,76 DM</b>	<b>118,2%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>124,7%</b>
56	46	<i>171,40 DM</i>	<i>109,0%</i>	<i>182,98 DM</i>	<i>116,4%</i>	<i>195,66 DM</i>	<i>124,4%</i>
		<b>188,12 DM</b>	<b>109,7%</b>	<b>202,76 DM</b>	<b>118,2%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>124,7%</b>
57	46	<i>171,40 DM</i>	<i>109,0%</i>	<i>182,98 DM</i>	<i>116,4%</i>	<i>195,66 DM</i>	<i>124,4%</i>
		<b>188,12 DM</b>	<b>109,7%</b>	<b>202,76 DM</b>	<b>118,2%</b>	<b>213,80 DM</b>	<b>124,7%</b>
59	46	<i>180,86 DM</i>	<i>113,6%</i>	<i>200,68 DM</i>	<i>127,6%</i>	<i>200,15 DM</i>	<i>127,3%</i>
		<b>200,13 DM</b>	<b>116,7%</b>	<b>226,93 DM</b>	<b>132,3%</b>	<b>220,20 DM</b>	<b>128,4%</b>
59	39	<i>206,94 DM</i>	<i>129,9%</i>	<b>entfällt</b>		<i>220,58 DM</i>	<i>140,3%</i>
		<b>232,58 DM</b>	<b>135,6%</b>			<b>246,05 DM</b>	<b>143,5%</b>
60	39	<i>206,94 DM</i>	<i>129,9%</i>	<b>entfällt</b>		<i>220,58 DM</i>	<i>140,3%</i>
		<b>232,58 DM</b>	<b>135,6%</b>			<b>246,05 DM</b>	<b>143,5%</b>

Anmerkung: *Kursiv* gedruckte Werte = Bauteilkosten ohne Berücksichtigung von Gebäudehöhengewinn /- verlust und Mehr- / Minderlast  
**Fett** gedruckte Werte = Bauteilkosten mit Berücksichtigung von Gebäudehöhengewinn /-verlust und Mehr- / Minderlast  
Berücksichtigte Differenzkosten: 9,48 DM je 10kN Lastunterschied  
0,40 DM/ m<sup>2</sup> je cm Mehrstärke infolge höherer Deckenstärke  
0,80 DM/ m<sup>2</sup> je cm Mehrstärke infolge höheren Fußbodenaufbaus/ abgehängter Decke

Abbildung D3: Kostenvergleich verschiedener Massivdecken

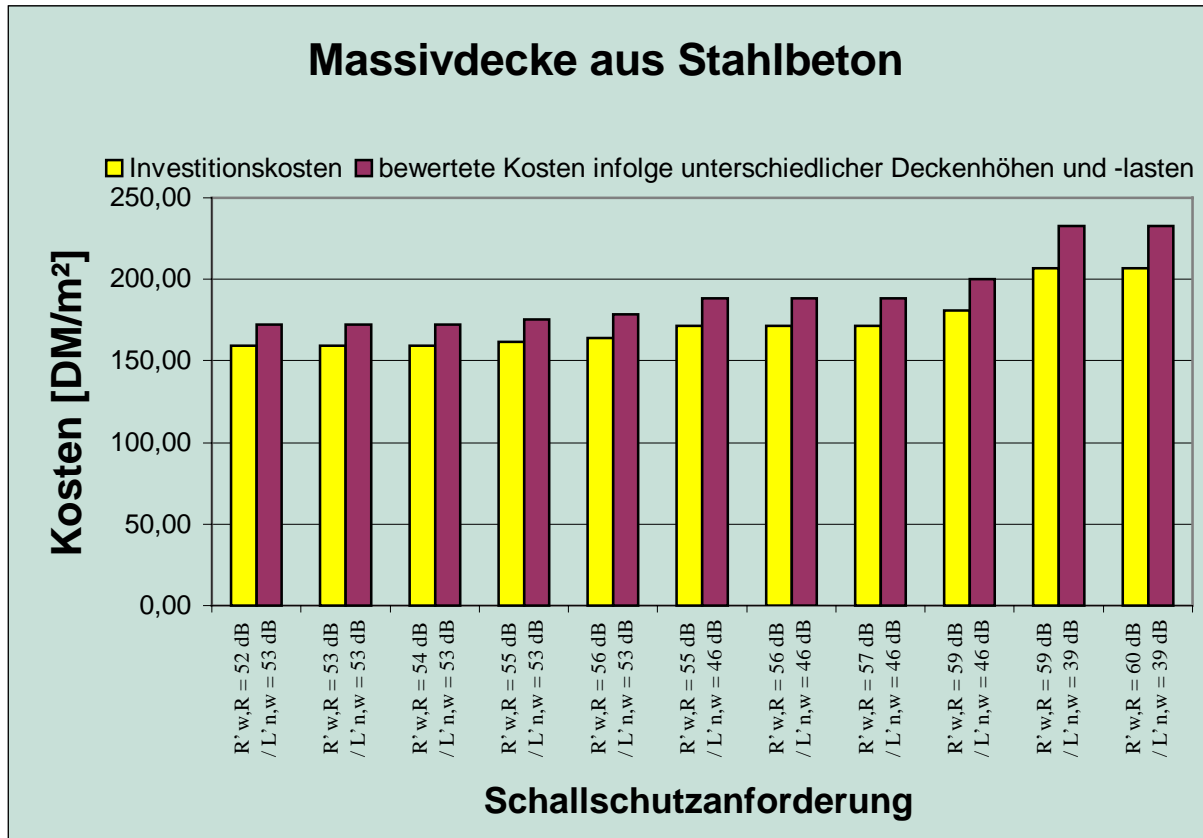


Abbildung D4: Kosten verschiedener Stahlbetondecken mit verschiedenem Schallschutz

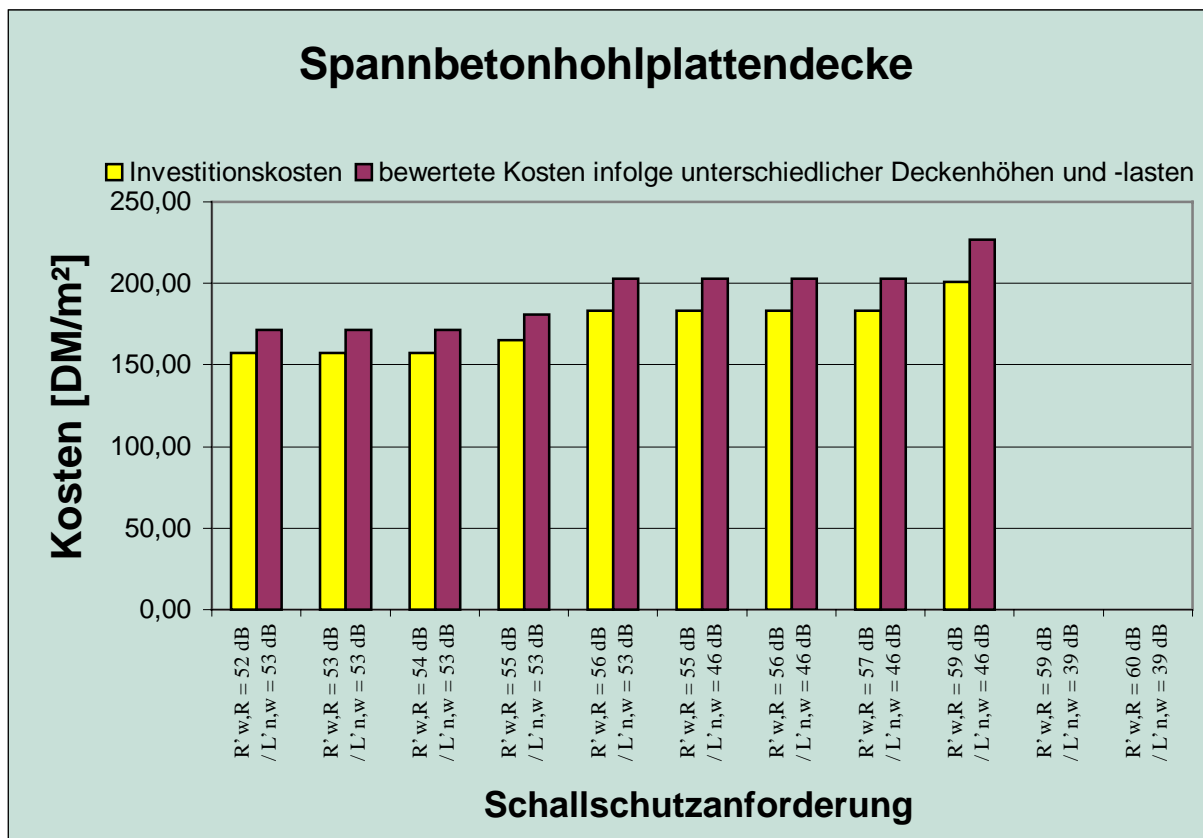


Abbildung D5: Kosten verschiedener Spannbetonhohlplattendecken mit versch. Schallschutz

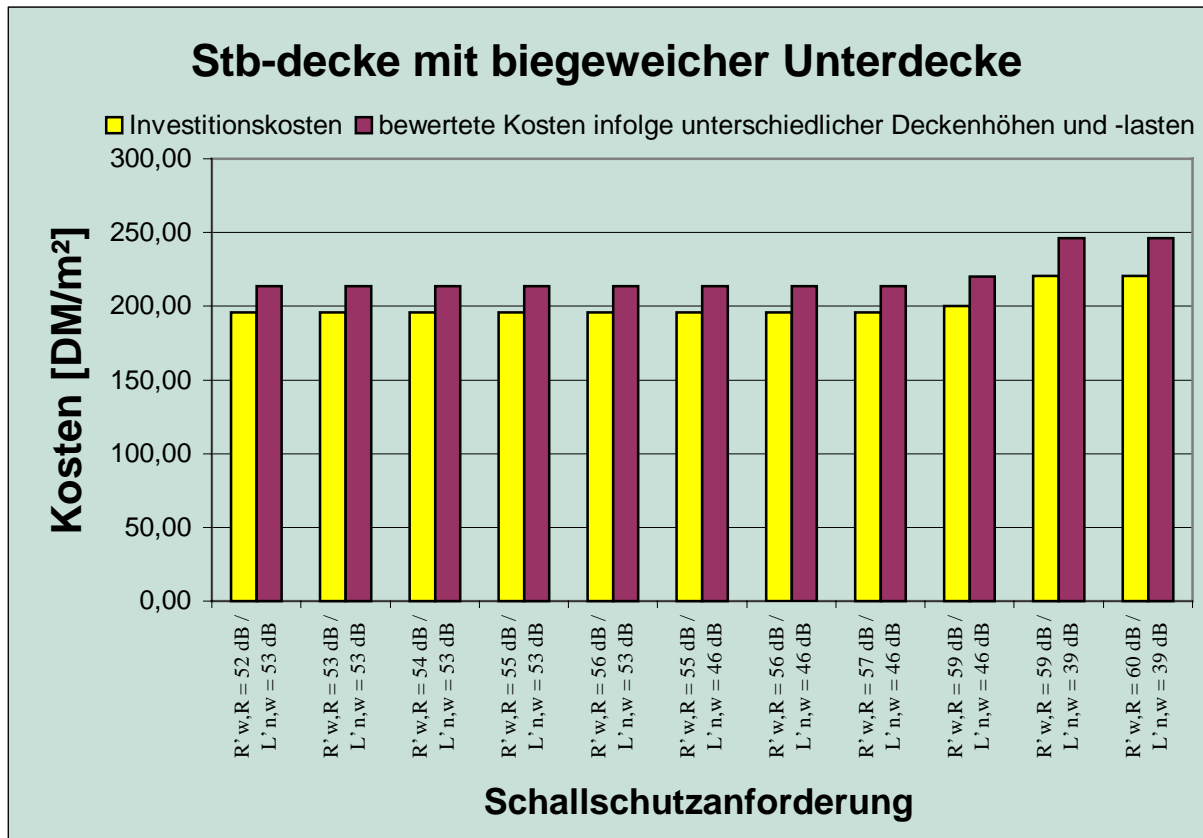


Abbildung D6: Kosten verschiedener Stahlbetondecken mit Unterdecke bei verschiedenem Schallschutz

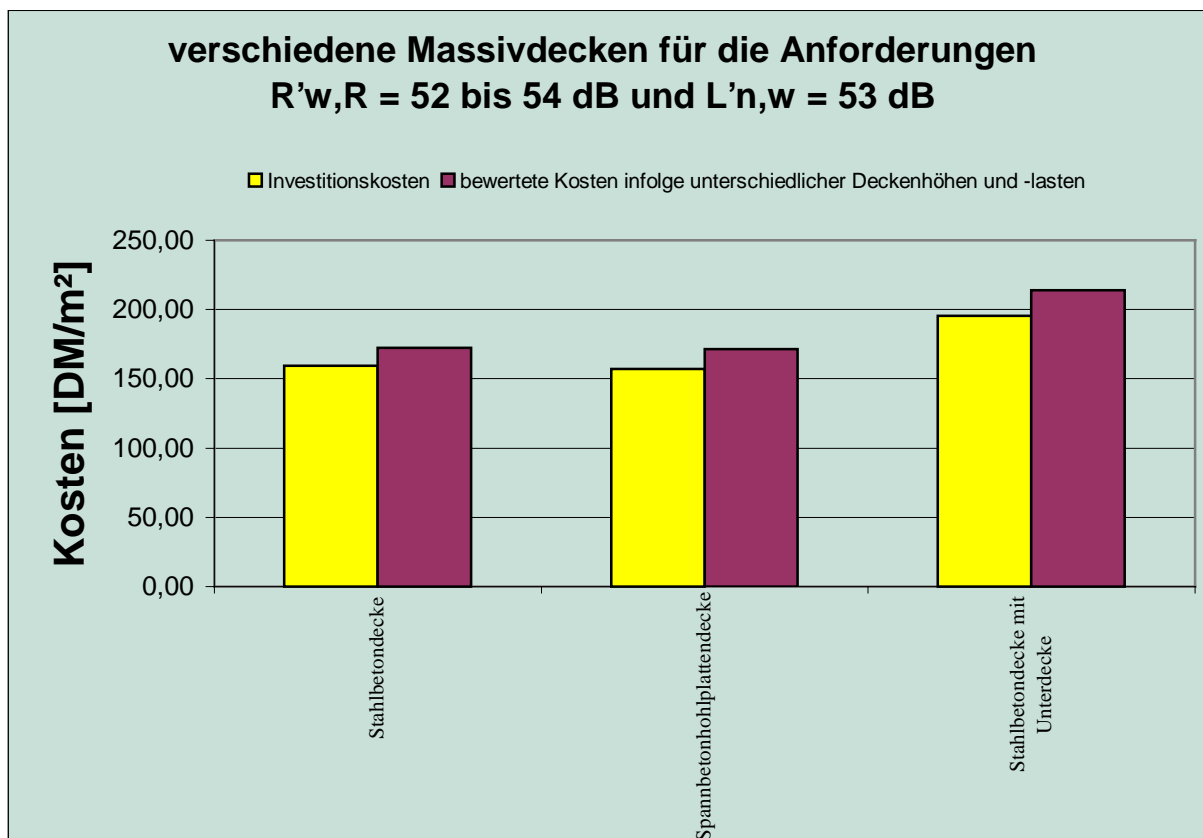


Abbildung D7: Kosten verschiedener Massivdecken mit niedrigem Schallschutz

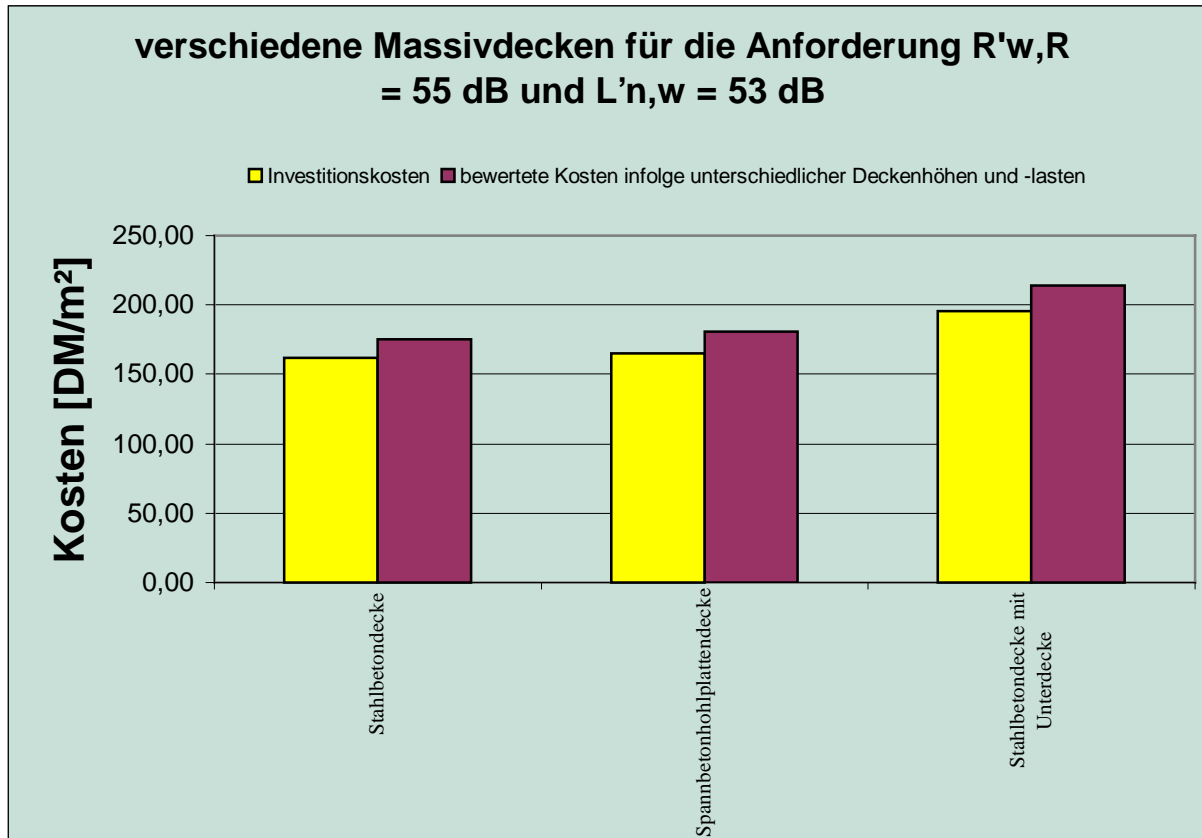


Abbildung D8: Kosten verschiedener Massivdecken mit niedrigem Schallschutz

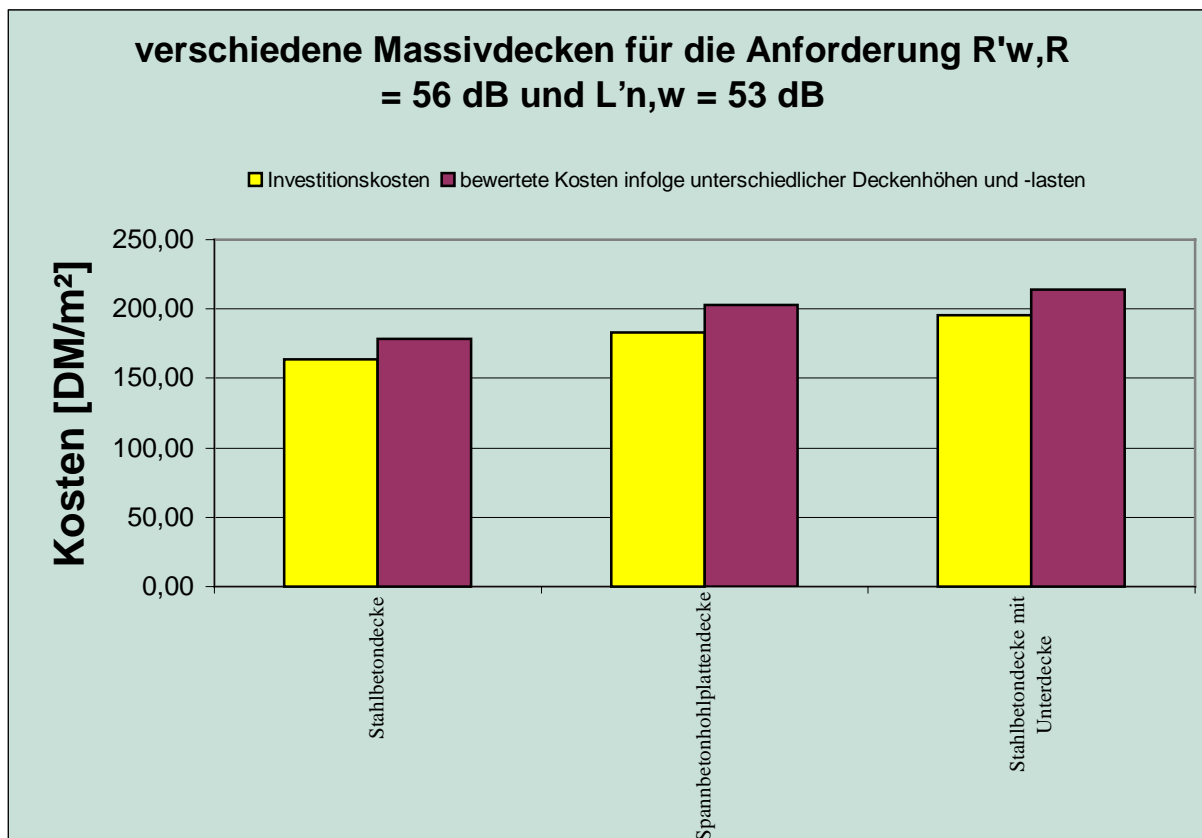


Abbildung D9: Kosten verschiedener Massivdecken mit mittlerem Schallschutz

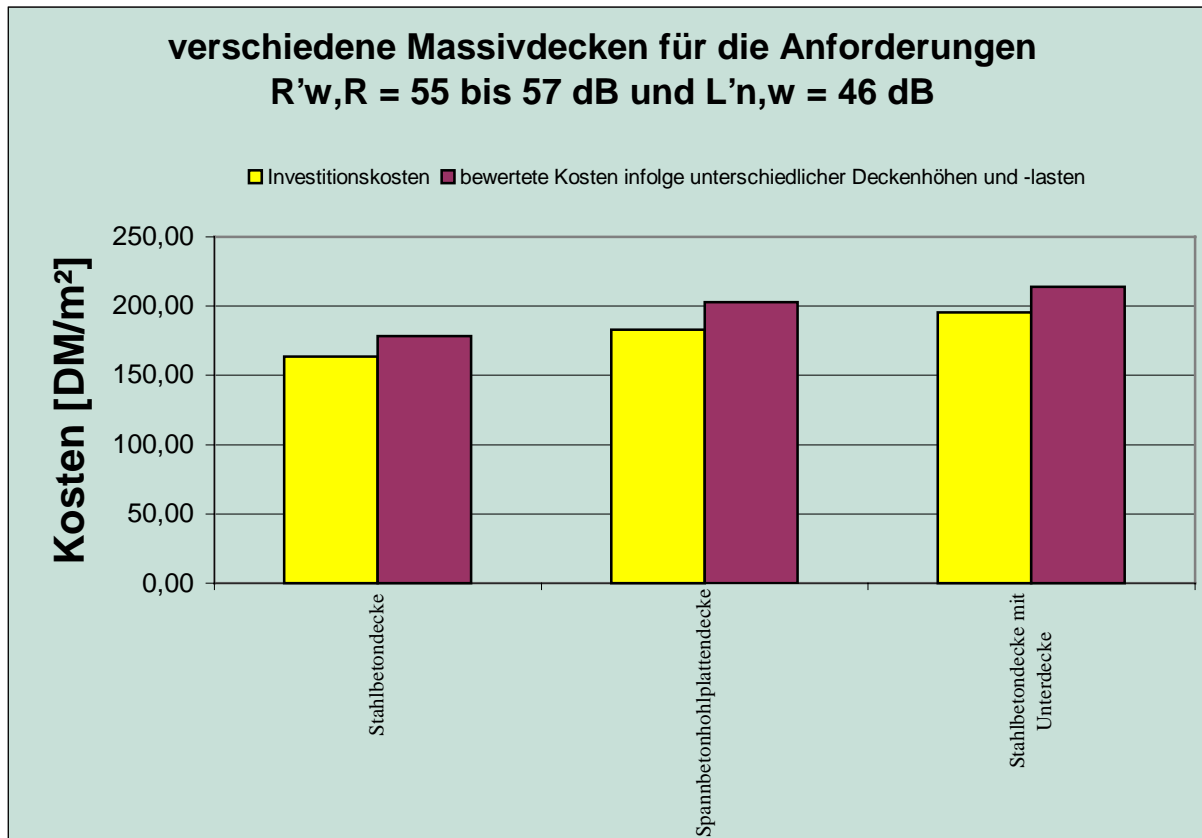


Abbildung D10: Kosten verschiedener Massivdecken mit mittlerem Schallschutz

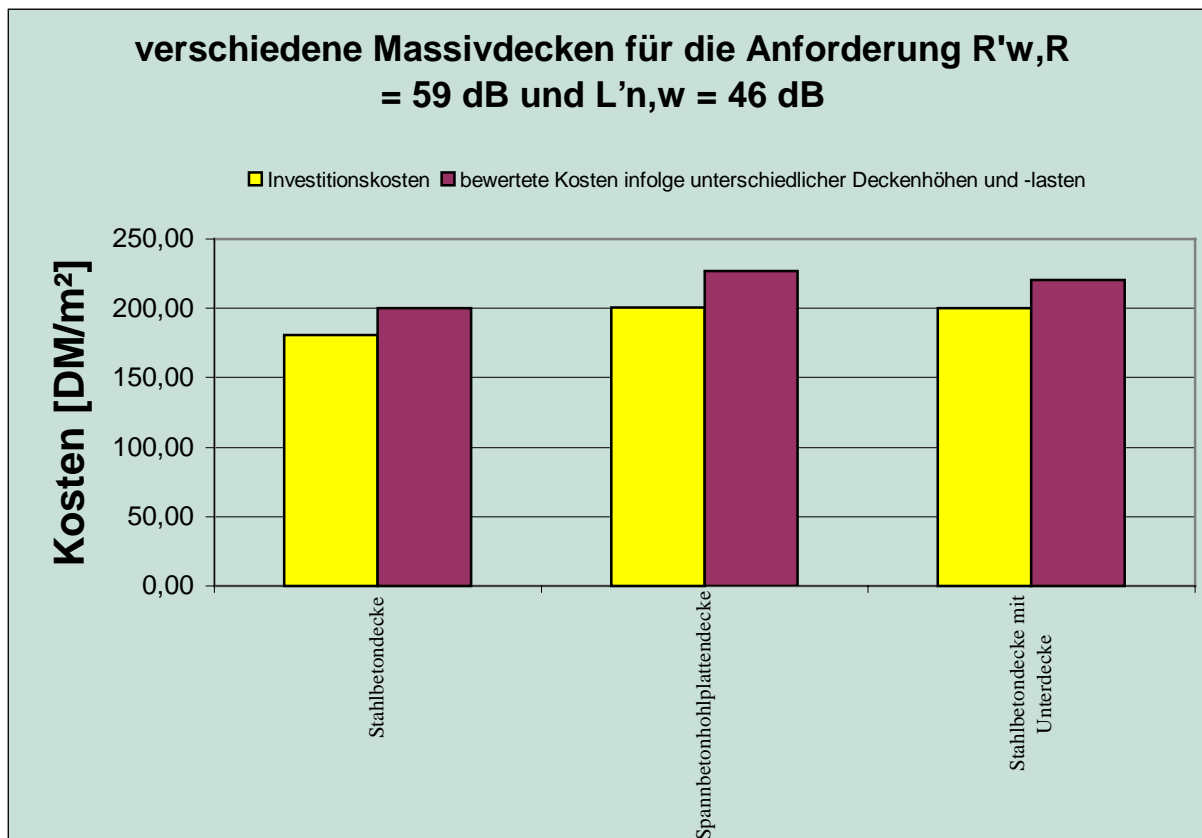


Abbildung D11: Kosten verschiedener Massivdecken mit hohem Schallschutz



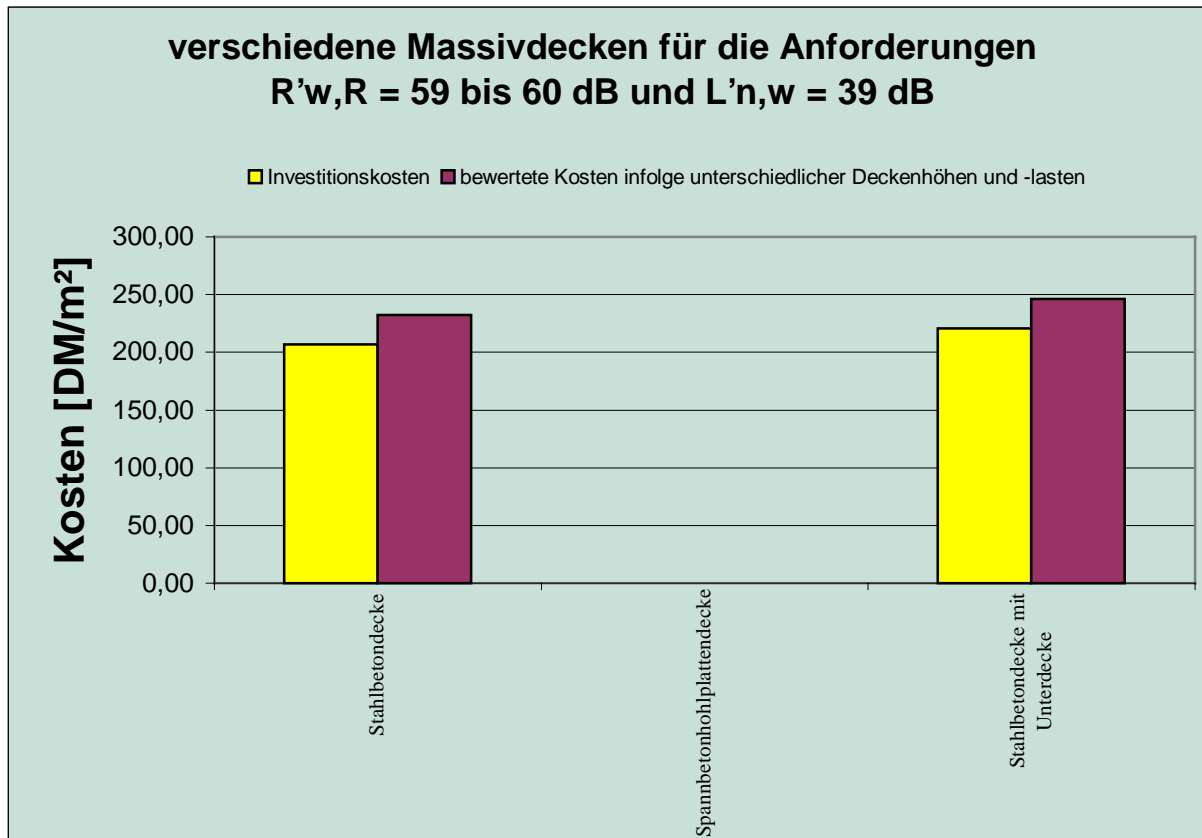


Abbildung D12: Kosten verschiedener Massivdecken mit hohem Schallschutz

Tabelle E1: Ergebnisse Umfrage Planungsbüros					
Planer Nr.	Antworten zu Frage 1	Antworten zu Frage 2	Antworten zu Frage 3	Antworten zu Frage 4	Antworten zu Frage 5
1	DIN	JA	NEIN	NEIN	5
2	DIN	NEIN	JA	JA	1
3	VDI	NEIN	JA	JA	4
4	DIN	NEIN	NEIN	NEIN	23
5	DIN	NEIN	NEIN	NEIN	14
6	DIN	JA	JA	NEIN	4
7	VDI	NEIN	JA	JA	19
8	DIN	JA	JA	NEIN	20
9	DIN	NEIN	JA	JA	6
10	DIN	NEIN	NEIN	NEIN	20
11	DIN	JA	NEIN	NEIN	10
12	DIN	NEIN	JA	NEIN	8
13	DIN	JA	JA	NEIN	140
14	DIN	JA	JA	NEIN	15
15	DIN		JA	JA	16
16	DIN	JA	NEIN	NEIN	12
17	DIN	JA			3
18	DIN	NEIN	NEIN	NEIN	20
19	DIN	NEIN	JA	JA	8
20	DIN	JA	NEIN	NEIN	360
21	VDI	NEIN	JA	JA	5
22	DIN	JA	NEIN	NEIN	30
23	DIN	JA	JA	NEIN	350
24	DIN	JA	NEIN	NEIN	4
25		NEIN	JA	JA	1
26	DIN	NEIN	JA	JA	7
27	DIN	JA	NEIN	NEIN	3
28	DIN	NEIN	NEIN	NEIN	45
29	DIN	NEIN	JA	NEIN	10
30	DIN	JA	JA	NEIN	25
31	DIN	JA	NEIN	NEIN	7
32	DIN		JA	NEIN	150
33	DIN	JA	JA	NEIN	60
34	DIN	JA	NEIN	NEIN	120
35	DIN	NEIN	JA	NEIN	50
36	DIN		NEIN	NEIN	30
37	DIN	JA	NEIN	NEIN	4
38	DIN	JA	JA	NEIN	10
39		NEIN	JA	NEIN	5
40	DIN	JA	JA	NEIN	80
41	VDI	NEIN	JA	JA	10
42	DIN	NEIN	JA	JA	110
43	VDI	NEIN	JA	JA	2
44	DIN	JA	NEIN	NEIN	3
45	DIN	JA	JA	NEIN	10
46	DIN	NEIN	NEIN	NEIN	3
47			JA	NEIN	7
48	DIN	JA	NEIN	NEIN	40
49	DIN	JA	NEIN	NEIN	3
50	DIN	JA	JA	NEIN	25
51	DIN		JA	JA	5
52	DIN	JA	NEIN	NEIN	65
53	DIN	JA	NEIN	NEIN	5
54	DIN	JA	JA	NEIN	6
	DIN = 41 (89,1 %) VDI = 5 (10,9 %)	JA = 27 (58,7 %) NEIN = 19 (41,3 %)	JA = 25 (54,3 %) NEIN = 21 (45,7 %)	JA = 10 (21,7 %) NEIN = 36 (78,3 %)	1 Mit. = 1 (2,2 %) bis 5 Mit. = 12 (26,1%) bis 10 Mit.=12 (26,1%) bis 20 Mit. = 6 (13,0%) bis 50 Mit. = 7 (15,2%) ü. 50 Mit. =8 (17,4%)

Anmerkung: Die Antworten der Planer Nr. 15, 17, 25, 32, 36, 39, 47 und 51 wurden aufgrund fehlender Angaben nicht berücksichtigt.

## Anhang F: Kostenunterschied durch verschiedene Berechnungsverfahren:

Beispielhaft werden Wände der DIN 4109 bzw. VDI 4100 SSt I, SSt II und SSt III nach dem Beiblatt 1 der DIN 4109 und der EN 12354-1 berechnet, um festzustellen welchen Kosteneinfluß der Wechsel des Berechnungsverfahrens mit sich bringt. Dazu wird folgende Bauteilanordnung gewählt, die der EN 12354-1 Anhang H entnommen wurde:

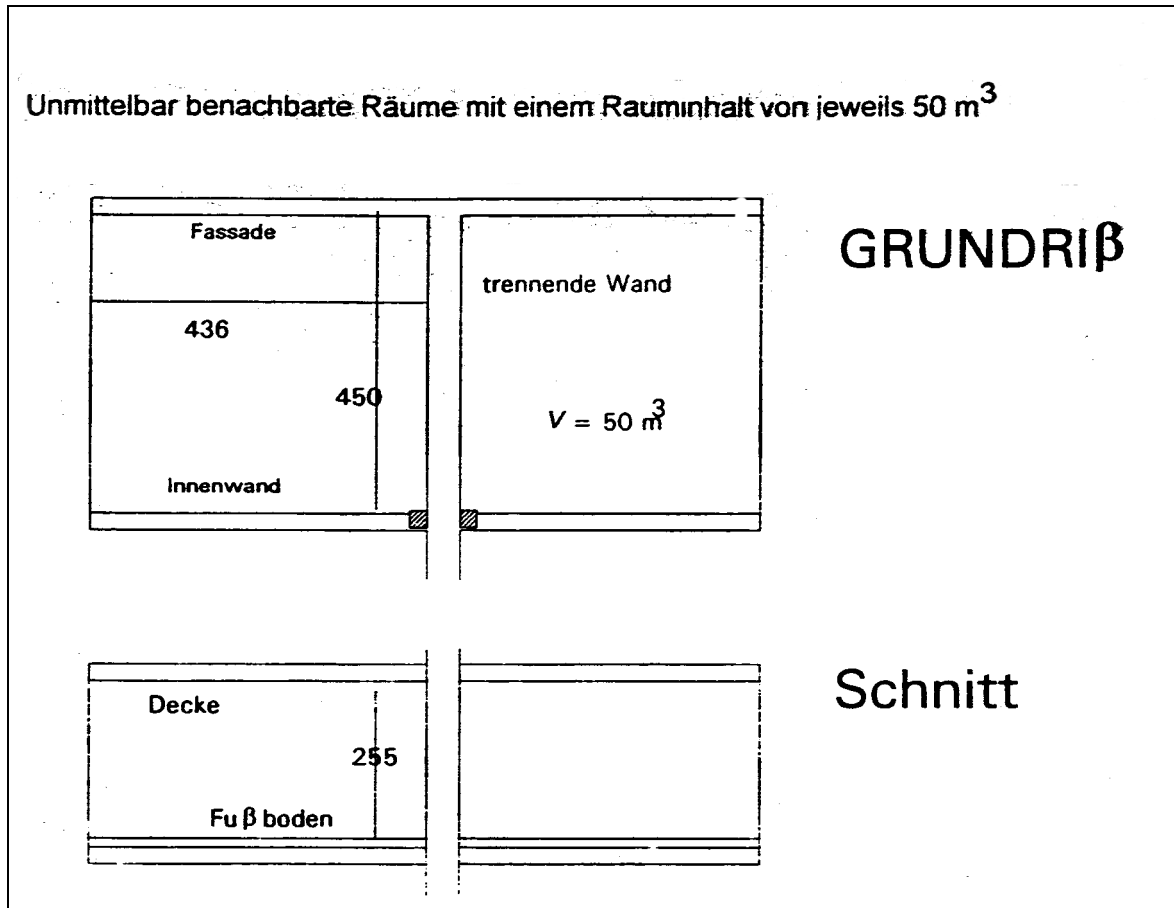


Abbildung E1: Bauteilanordnung Beispiel 1 bis 3<sup>1</sup>

Die Berechnungen nach DIN 4109 wurden analog zur üblichen Vorgehensweise innerhalb dieser Arbeit durchgeführt. Das erste Beispiel, das nach EN 12354-1 berechnet wurde, ist aus dem Anhang H übernommen. Bei der Anwendung des Berechnungsverfahrens der EN 12354-1 wurde festgestellt, daß die dortige Vorgehensweise in der Praxis kaum bzw. nur mit sehr viel Aufwand anwendbar ist. Die Berechnungen sind zu komplex, es fehlen Tabellen mit den Baustoffkennwerten üblicher Bauteile und ebenso fehlt ein durchgängiges Beispiel. Die Berechnungen wurden mit Unterstützung einer Softwareanwendung durchgeführt, die nach diesem Verfahren arbeitet.

<sup>1</sup> aus [99], S. 69

**Beispiel 1: Anforderung  $R'_{w,R} = 52$  dB (Treppenraumwand DIN 4109/ VDI 4100 SSt I)**

**Bemessung nach DIN 4109 Beiblatt 1:**

**Bauteil:** Treppenraumwand

**Konstruktion:**

Mauerwerk  $d=24,0$ cm, Rohdichteklasse 1,8, 8DF, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz,  $m' = 432$  kg/m<sup>2</sup>,  $g = 4,56$  kN/m<sup>2</sup>, 162,35 DM/m<sup>2</sup>

**Flankierende Bauteile:**

- |  |   |
|--|---|
| 1. Aussenwand (siehe dort)                               | $m' = 185$ kg/m <sup>2</sup>  |
| 2. Innenwand (siehe dort)                                | $m' = 67$ kg/m <sup>2</sup>   |
| 3. Boden, schwimmender Estrich => keine Berücksichtigung |   |
| 4. Decke (siehe dort)                                    | $m' = 286$ kg/m <sup>2</sup><br>$m'_{L,Mittel} = 179$ kg/m <sup>2</sup> |

**Schallschutz gemäß DIN 4109, Beiblatt 1:**

$$R'_{w,R} = 52 \text{ dB}$$

**Bauteil:** Aussenwand als flankierendes Bauteil

**Konstruktion:**

Zweischaliges Mauerwerk, Vormauerschale aus Klinker, Tragschale aus Mauerwerk  $d=17,5$ cm, Rohdichteklasse 1,0, 7,5DF, 10mm Kalkgipsputz,  $m' = 185$  kg/m<sup>2</sup>,  $g = 2,34$  kN/m<sup>2</sup>, 131,51 DM/m<sup>2</sup>

**Bauteil:** Innenwand

**Konstruktion:**

Mauer aus Gipsdielen  $d=7,0$ cm, Großformat, einschalig, rundherum elastische Zwischenschicht,  $m' = 67$  kg/m<sup>2</sup>,  $g = 0,84$  kN/m<sup>2</sup>, 120,00 DM/m<sup>2</sup>

**Bauteil:** Decke und Boden

**Konstruktion:**

Stahlbeton  $d=12,0$  cm, Rohdichte 2500 kg/m<sup>3</sup>, Trittschalldämmung  $d = 13/10$ mm  $s' = 20$  MN/m<sup>3</sup>, Estrich  $d=35$ mm, Kalkgipsputz 10mm,  $m' = 286$  kg/m<sup>2</sup>,  $g = 3,90$  kN/m<sup>2</sup>, 159,27 DM/m<sup>2</sup>

**Bemessung nach EN 12354-1:**

**Bauteil:** Treppenraumwand

**Konstruktion:**

Mauerwerk  $d=24,0$ cm, Rohdichteklasse 2,0, 8DF, einschalig, 2 x 10mm Kalkgipsputz,  $m' = 470$  kg/m<sup>2</sup>,  $g = 5,04$  kN/m<sup>2</sup>, 168,10 DM/m<sup>2</sup>

**Flankierende Bauteile:**

- |                            |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| 1. Aussenwand (siehe dort) | $m' = 185$ kg/m <sup>2</sup> |
| 2. Innenwand (siehe dort)  | $m' = 67$ kg/m <sup>2</sup>  |
| 3. Boden (siehe dort)      | $m' = 286$ kg/m <sup>2</sup> |
| 4. Decke (siehe dort)      | $m' = 286$ kg/m <sup>2</sup> |

**Schallschutz gemäß EN 12354-1:**

$$R'_{w,R} = 52 \text{ dB}$$

**Bauteil:** Aussenwand als flankierendes Bauteil

**Konstruktion:**

Zweischaliges Mauerwerk, Vormauerschale aus Klinker, Tragschale aus Mauerwerk  
d=17,5cm, Rohdichteklasse 1,0, 7,5DF, 10mm Kalkgipsputz,  $m' = 185 \text{ kg/m}^2$ ,  $g = 2,34 \text{ kN/m}^2$ ,  
131,51 DM/m<sup>2</sup>

**Bauteil:** Innenwand

**Konstruktion:**

Mauer aus Gipsdielen d=7,0cm, Großformat, einschalig, rundherum elastische  
Zwischenschicht,  $m' = 67 \text{ kg/m}^2$ ,  $g = 0,84 \text{ kN/m}^2$ , 120,00 DM/m<sup>2</sup>

**Bauteil:** Decke und Boden

**Konstruktion:**

Stahlbeton d=12,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m<sup>3</sup>, Trittschalldämmung d = 13/10mm  $s' = 20$   
MN/m<sup>3</sup>, Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm,  $m' = 286 \text{ kg/m}^2$ ,  $g = 3,90 \text{ kN/m}^2$ , 159,27  
DM/m<sup>2</sup>

**Beispiel 2: Empfehlung  $R'_{w,R} = 56 \text{ dB}$  (Wohnungstrennwand VDI 4100 SSt II)**

**Bemessung nach DIN 4109 Beiblatt 1:**

**Bauteil:** Wohnungstrennwand

**Konstruktion:**

Mauerwerk d=24,0cm, Rohdichteklasse 2,2, 8DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz,  $m' = 519$   
kg/m<sup>2</sup>,  $g = 5,52 \text{ kN/m}^2$ , 172,61 DM/m<sup>2</sup>

**Flankierende Bauteile:**

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| 1. Aussenwand (siehe dort)                               | $m' = 311 \text{ kg/m}^2$            |
| 2. Innenwand (siehe dort)                                | $m' = 321 \text{ kg/m}^2$            |
| 3. Boden, schwimmender Estrich => keine Berücksichtigung |                                      |
| 4. Decke (siehe dort)                                    | $m' = 424 \text{ kg/m}^2$            |
|  | $m'_{L,Mittel} = 352 \text{ kg/m}^2$ |
|  | $R'_{w,R} = 56 \text{ dB}$           |

**Schallschutz gemäß DIN 4109, Beiblatt 1:**

**Bauteil:** Aussenwand als flankierendes Bauteil

**Konstruktion:**

Zweischaliges Mauerwerk, Vormauerschale aus Klinker, Tragschale aus Mauerwerk  
d=17,5cm, Rohdichteklasse 1,8, 7,5DF, 10mm Kalkgipsputz,  $m' = 311 \text{ kg/m}^2$ ,  $g = 3,27 \text{ kN/m}^2$ ,  
113,00 DM/m<sup>2</sup>

**Bauteil:** Innenwand

**Konstruktion:**

Mauerwerk d=17,5cm, Rohdichteklasse 1,8, 7,5DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz,  $m' = 321$   
kg/m<sup>2</sup>,  $g = 3,39 \text{ kN/m}^2$ , 141,00 DM/m<sup>2</sup>

**Bauteil:** Decke und Boden

**Konstruktion:**

Stahlbeton d=18,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m<sup>3</sup>, Trittschalldämmung d = 13/10mm  $s' = 20$   
MN/m<sup>3</sup>, Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm,  $m' = 424 \text{ kg/m}^2$ ,  $g = 5,40 \text{ kN/m}^2$ , 171,40  
DM/m<sup>2</sup>

**Bemessung nach EN 12354-1:**

**Bauteil:** Wohnungstrennwand

**Konstruktion:**

Mauerwerk d=24,0cm, Rohdichteklasse 2,2, 8DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz,  $m' = 519 \text{ kg/m}^2$ ,  $g = 5,52 \text{ kN/m}^2$ ,  $172,61 \text{ DM/m}^2$

**Flankierende Bauteile:**

- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| 1. Aussenwand (siehe dort) | $m' = 311 \text{ kg/m}^2$ |
| 2. Innenwand (siehe dort)  | $m' = 384 \text{ kg/m}^2$ |
| 3. Boden (siehe dort)      | $m' = 470 \text{ kg/m}^2$ |
| 4. Decke (siehe dort)      | $m' = 470 \text{ kg/m}^2$ |

**Schallschutz gemäß EN 12354-1:**

$$R'_{w,R} = 56 \text{ dB}$$

**Bauteil:** Aussenwand als flankierendes Bauteil

**Konstruktion:**

Zweischaliges Mauerwerk, Vormauerschale aus Klinker, Tragschale aus Mauerwerk d=17,5cm, Rohdichteklasse 1,8, 7,5DF, 10mm Kalkgipsputz,  $m' = 311 \text{ kg/m}^2$ ,  $g = 3,27 \text{ kN/m}^2$ ,  $113,00 \text{ DM/m}^2$

**Bauteil:** Innenwand

**Konstruktion:**

Mauerwerk d=17,5cm, Rohdichteklasse 2,2, 7,5DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz,  $m' = 384 \text{ kg/m}^2$ ,  $g = 4,09 \text{ kN/m}^2$ ,  $146,85 \text{ DM/m}^2$

**Bauteil:** Decke und Boden

**Konstruktion:**

Stahlbeton d=20,0 cm, Rohdichte  $2500 \text{ kg/m}^3$ , Trittschalldämmung d = 13/10mm  $s' = 20 \text{ MN/m}^3$ , Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm,  $m' = 470 \text{ kg/m}^2$ ,  $g = 5,90 \text{ kN/m}^2$ ,  $176,13 \text{ DM/m}^2$

**Beispiel 3: Empfehlung  $R'_{w,R} = 59 \text{ dB}$  (Wohnungstrennwand VDI 4100 SSt III)**

**Bemessung nach DIN 4109 Beiblatt 1:**

**Bauteil:** Wohnungstrennwand

**Konstruktion:**

Mauerwerk d=36,5cm, Rohdichteklasse 2,0, 12DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz,  $m' = 714 \text{ kg/m}^2$ ,  $g = 7,54 \text{ kN/m}^2$ ,  $193,65 \text{ DM/m}^2$

**Flankierende Bauteile:**

- |  |   |
|--|---|
| 1. Aussenwand (siehe dort)                               | $m' = 311 \text{ kg/m}^2$   |
| 2. Innenwand (siehe dort)                                | $m' = 321 \text{ kg/m}^2$   |
| 3. Boden, schwimmender Estrich => keine Berücksichtigung |   |
| 4. Decke (siehe dort)                                    | $m' = 746 \text{ kg/m}^2$<br>$m'_{L,Mittel} = 459 \text{ kg/m}^2$ |

**Schallschutz gemäß Fachliteratur:**

$$R'_{w,R} = 59 \text{ dB}$$

**Bauteil:** Aussenwand als flankierendes Bauteil

**Konstruktion:**

Zweischaliges Mauerwerk, Vormauerschale aus Klinker, Tragschale aus Mauerwerk  
d=17,5cm, Rohdichteklasse 1,8, 7,5DF, 10mm Kalkgipsputz,  $m' = 311 \text{ kg/m}^2$ ,  $g = 3,27 \text{ kN/m}^2$ ,  
113,00 DM/m<sup>2</sup>

**Bauteil:** Innenwand

**Konstruktion:**

Mauerwerk d=17,5cm, Rohdichteklasse 1,8, 7,5DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz,  $m' = 321 \text{ kg/m}^2$ ,  
 $g = 3,39 \text{ kN/m}^2$ , 141,00 DM/m<sup>2</sup>

**Bauteil:** Decke und Boden

**Konstruktion:**

Stahlbeton d=32,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m<sup>3</sup>, Trittschalldämmung d = 13/10mm  $s' = 20 \text{ MN/m}^3$ ,  
Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm,  $m' = 746 \text{ kg/m}^2$ ,  $g = 8,90 \text{ kN/m}^2$ , 206,94  
DM/m<sup>2</sup>

**Bemessung nach EN 12354-1:**

**Bauteil:** Wohnungstrennwand

**Konstruktion:**

Mauerwerk d=36,5cm, Rohdichteklasse 2,0, 12DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz,  $m' = 714 \text{ kg/m}^2$ ,  
 $g = 7,54 \text{ kN/m}^2$ , 193,65 DM/m<sup>2</sup>

**Flankierende Bauteile:**

- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| 1. Aussenwand (siehe dort) | $m' = 436 \text{ kg/m}^2$ |
| 2. Innenwand (siehe dort)  | $m' = 394 \text{ kg/m}^2$ |
| 3. Boden (siehe dort)      | $m' = 746 \text{ kg/m}^2$ |
| 4. Decke (siehe dort)      | $m' = 746 \text{ kg/m}^2$ |

**Schallschutz gemäß EN 12354-1:**

$$R'_{w,R} = 59 \text{ dB}$$

**Bauteil:** Aussenwand als flankierendes Bauteil

**Konstruktion:**

Zweischaliges Mauerwerk, Vormauerschale aus Klinker, Tragschale aus Mauerwerk  
d=20,0cm, Rohdichteklasse 2,2, 14 DF, 10mm Kalkgipsputz,  $m' = 436 \text{ kg/m}^2$ ,  $g = 4,64 \text{ kN/m}^2$ ,  
159,44 DM/m<sup>2</sup>

**Bauteil:** Innenwand

**Konstruktion:**

Mauerwerk d=20,0cm, Rohdichteklasse 2,0, 14 DF, einschalig, 2x10mm Gipsputz,  $m' = 394 \text{ kg/m}^2$ ,  
 $g = 4,24 \text{ kN/m}^2$ , 150,40 DM/m<sup>2</sup>

**Bauteil:** Decke und Boden

**Konstruktion:**

Stahlbeton d=28,0 cm, Rohdichte 2500 kg/m<sup>3</sup>, Trittschalldämmung d = 13/10mm  $s' = 20 \text{ MN/m}^3$ ,  
Estrich d=35mm, Kalkgipsputz 10mm,  $m' = 654 \text{ kg/m}^2$ ,  $g = 7,90 \text{ kN/m}^2$ , 196,51  
DM/m<sup>2</sup>

## Kostenvergleich der Ausführung infolge der verschiedenen Bemessungsverfahren gemäß DIN 4109 Beiblatt 1 und EN 12354-1

### Randbedingungen:

Die Bauteilkosten ergeben sich aus den Kosten je m<sup>2</sup> Wand bzw. Decke und den obigen Massen.

Kosten durch beanspruchte Konstruktionsfläche: 3000,-- DM/m<sup>2</sup>

Die Kosten für Wände und Decken entsprechen etwa 25 % der gesamten Rohbaukosten (siehe [35]), d.h. die Differenzkosten sind entsprechend mit dem Faktor 0,25 bewertet, um die Kostenänderungen der Bauteile bei den beiden Berechnungsverfahren ermitteln zu können.

z.B.  $66,13 \text{ DM} * 0,25 / 8422,60 \text{ DM} = 100,196 \%$

	Berechnung nach DIN 4109 Beiblatt 1	Berechnung nach EN 12354-1	Differenzkosten zu Ungunsten der EN 12354-1
<b>Beispiel 1: SSt I</b>			
Bauteilkosten	8422,60 DM	8488,73 DM	66,13 DM
Kosten Konstruktionsfläche	6845,40 DM	6845,40 DM	0,00 DM
Kostenunterschied <b>ohne</b> und <i>mit</i> Wohnflächenunterschied	100,0% Baukosten	100,2% Baukosten	=> + <b>0,2 %</b> => + 0,2 %
<b>Beispiel 2: SSt II</b>			
Bauteilkosten	8848,22 DM	9024,28 DM	176,06 DM
Kosten Konstruktionsfläche	8480,40 DM	8480,40 DM	0,00 DM
Kostenunterschied <b>ohne</b> und <i>mit</i> Wohnflächenunterschied	100,0% Baukosten	100,5% Baukosten	=> + <b>0,5 %</b> => + 0,5 %
<b>Beispiel 3: SSt III</b>			
Bauteilkosten	9907,60 DM	10310,33 DM	402,73 DM
Kosten Konstruktionsfläche	10167,90 DM	10821,90 DM	654,00 DM
Kostenunterschied <b>ohne</b> und <i>mit</i> Wohnflächenunterschied	100,0% Baukosten	101,0% Baukosten	=> + <b>1,0 %</b> => + 2,7 %



## **Lebenslauf:**

### **zur Person:**

Name: Michael Jablonski  
Geburtstag: 31. Mai 1970  
Geburtsort: Dortmund  
Familienstand: ledig

### **Ausbildung und Beruf:**

1976 - 1980 Aplerbecker-Mark-Grundschule in Dortmund

1980 - 1981 Phönix Gymnasium in Dortmund

1981 - 1987 Albrecht-Dürer-Realschule in Dortmund, Abschluß:  
Mittlere Reife

1987 - 1990 Aufbau Gymnasium in Dortmund, Abschluß: Abitur

Okt. 1990 - März 1995 Bauingenieurstudium an der Universität Dortmund,  
Studienrichtung: Bauproduktion und Bauwirtschaft,  
Abschluß: Diplom-Ingenieur

Apr. 1995 - Nov. 1996 Angestellter bei der Bilfinger + Berger Bauaktien-  
gesellschaft, Niederlassung Dortmund und Niederlassung  
Warenhausbau, Tätigkeiten in der Arbeitsvorbereitung,  
Kalkulation und Bauleitung

Dez. 1996 – August 1999 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität  
Dortmund, Fakultät Bauwesen, Lehrstuhl für Baubetrieb

ab September 1999 Angestellter bei der Karstadt AG, Hauptverwaltung,  
Abteilung Bau-Technik-Einrichtung