

# Dachgeschoßausbauten mit Brettsperrholz

D-4-03/2010



**Regina DELLA PIETRA**  
Institut für Holzbau und Holztechnologie  
Technische Universität Graz

# Dachgeschossausbauten mit Brettsperrholz

Masterarbeit von

**Regina della Pietra**

Eingereicht am

Institut für Holzbau und Holztechnologie

Technische Universität Graz

Begutachtung:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Gerhard Schickhofer

Betreuer:

Dipl.-Ing. Manfred Augustin

Graz, Juni 2010

---



*meiner Mutter*



Eigensinn ist nicht mutwillige Aufsässigkeit oder störrische Rechthaberei,  
sondern Eigensinn ist eine Antwort auf die Anpassungszwänge,  
welche die individuelle Freiheit bedrohen.

Nichts ist der Evolution der Menschwerdung abträglicher als Stillstand  
und eine allzu frühe Rollenfixierung auf Kosten der Selbstverwirklichung.

*Hermann Hesse*



## Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit vollständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt, und die in den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche deutlich kenntlich gemacht habe.

Regina della Pietra

Graz, Juni 2010

---



## Danksagung

Nachfolgend erwähnten Personen möchte ich meine Dankbarkeit widmen.

Mein außerordentlicher Dank gilt meiner Mutter und Reinhard, die mir eine große Stütze in den vergangenen Jahren waren, mich in jeder Phase meiner Selbstfindung unterstützten und mir mein Studium ermöglicht haben; für das jederzeit vorhandene Vertrauen und die Unterstützung in kritischen Situationen, die immer an mich geglaubt haben und mich so ansportelten heikle Situationen durchzustehen.

Ein spezieller Dank gilt meinen Freunden und Studienkollegen, denen ich eine großartige und unvergessliche Studienzeit zuverdanken habe: Bliefert Kathi, Bodner Christian, Ebner Helene, Gratzner Andrea, Haßbacher Annelies, Hepp Manuel, Mandl Lisa, Sachsenhofer Michael, Scheifflinger Pia, Spitzer Hermann, Thiel Ali, Vidacak Tjasa, Walter Stefan, Wiednig Chris und das gesamte Team der FvBau.

Meinen Betreuer Dipl.Ing. Manfred Augustin gebührt an dieser Stelle ein großer Dank, einerseits für die interessante Aufgabenstellung und andererseits für seine ausgezeichnete Betreuung.

Weiters möchte ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Gerhard Schickhofer, Leiter des Institutes für Holzbau und Holztechnologie der Technischen Universität Graz, bedanken für die zu Verfügungstellung eines Arbeitsplatzes. Aus fachlicher und auch aus menschlicher Sicht gebührt ihm mein größter Respekt.

„Last but not least“: alle anderen, die sich an dieser Stelle angesprochen fühlen und die ich vergessen habe zu erwähnen - DANKE!

---



## Kurzfassung

Das Holzprodukt Brettsperrholz (BSP) gewinnt im Bereich des konstruktiven Ingenieurholzbaus immer mehr an Bedeutung. Bei einem Einsatz im Wohnbau übernimmt die Brettsperrholzplatte die Funktion als Scheibe bei Wandkonstruktionen, als Platte bei Deckenkonstruktionen oder in zusammengesetzter Form als Falwerke bei komplexeren Tragstrukturen.

Im Zuge dieser Masterarbeit wurden die städtebaulichen Aspekte des Dachgeschossausbaus erläutert. Im Besonderen wurden hier eine Umfeldanalyse in den Städten Wien und Graz durchgeführt und die, im Bezug auf den Dachgeschossausbau, relevanten rechtlichen Passagen aufgearbeitet. Ein besonderes Augenmerk wurde auf den Denkmalschutz und auf die UNESCO - Weltkulturerbekonvention gelegt.

Ein weiterer Bearbeitungspunkt war eine Analyse des Gründerzeithauses, aus hochbaulicher und statisch-konstruktiver Sicht. Nach einem Überblick über die wichtigsten Decken- und Dachkonstruktionen wurde, aufbauend auf die erarbeiteten Randbedingungen, eine Übersicht über mögliche Verstärkungsmaßnahmen dieser Konstruktionen gegeben. Als Ergänzung erfolgte eine Darstellung der wichtigsten bauphysikalischen Grundsätze. In diesem Zusammenhang wurden die grundlegenden Aspekte für einen Dachgeschossausbau erläutert. Beispielhaft wurden im Zuge dieser Bearbeitung Decken- und Wandaufbauten im Hinblick auf ihr bauphysikalisches Verhalten berechnet. Abschließend wurde ein Überblick über das Holzbauprodukt Brettsperrholz (BSP) und seine Bemessung gegeben. Aufbauend auf den erarbeiteten Grundlagen wurde ein praktisches Beispiel eines Dachgeschossausbaus aus statisch-konstruktiver und bauphysikalischer Sicht berechnet und dargestellt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich der Einsatz von Brettsperrholz (BSP) für Dachgeschossausbauten in bester Weise eignet, jedoch ist eine detaillierte spezifische Betrachtung der jeweiligen Situation unumgänglich.

---



## Abstract

The timber product cross-laminated timber (CLT) gains more and more attraction in the field of timber engineering. Applied in residential building CLT can be used as panel for walls, plates for floors or as folded plates for in case of complex supporting bearing structures.

In the frame of this masterthesis urbanistic aspects are analysed in detail. In particular environment analysis of Vienna and Graz are made under consideration of relevant laws and ordes for attic extensions, especially preservation order and the convention of the UNESCO are treated in detail.

Further more a building erected in the time period of rapid industrial expansion is studied concerning engeieering and design aspects. After a gernal summary of the most important floor and roof structures, an overview of possible reinforcements of these structures are given, based on the considerations gained within this work. Additional, the most important building physic aspects are listed which are discussed together with basic aspects concerning attic extensions. Exemplary the building physic properties of floor and wall structures are calculated. Concluding an overview of the timber product CLT and design aspects are given. Based on the sofar gained knowledge a practical example of an attic extansion is presented and designed.

To sum up can be concluded that the utilisation of CLT for attic extensions can be proposed. Nevertheless a detail and specific consideration of each individual situation is necessary.

---



---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Status Quo des Dachgeschossausbaus</b>	
1	Einleitung .....	1
<b>2</b>	<b>Dachgeschossausbauten.....</b>	<b>3</b>
2.1	Begriff und Bedeutung.....	3
2.2	Dachgeschossausbauten im städtebaulichen Kontext .....	7
2.3	Mögliche Formen des Ausbaus .....	11
2.3.1	Die konstruktiven Typen .....	11
2.3.2	Die formalen Typen .....	13
2.4	Baustoffe für Dachgeschossausbauten .....	17
2.4.1	Stahl .....	17
2.4.2	Beton .....	18
2.4.3	Holz .....	19
<b>3</b>	<b>Umfeldanalyse in den Städten Wien und Graz .....</b>	<b>22</b>
3.1	Stadt Wien .....	22
3.1.1	Stadtbild .....	22
3.1.2	Stadt- und Bevölkerungsentwicklung .....	24
3.1.3	Stadtentwicklungsplan Wien - STEPO5 .....	27
3.2	Stadt Graz .....	35
3.2.1	Stadtbild .....	35
3.2.2	Die Grazer Stadtentwicklung .....	36
3.2.3	Die Grazer Bevölkerungsentwicklung .....	40
3.2.4	Stadtentwicklungsplan .....	41

<b>4</b>	<b>Probleme mit Dachausbauten .....</b>	<b>51</b>
4.1	Mängel bei Wärme- und Feuchteschutz .....	51
4.2	Denkmalschutzrechtliche Kriterien .....	52
4.3	Probleme aus statisch-konstruktiver Sicht.....	53
<b>5</b>	<b>Realisierte Projekte.....</b>	<b>54</b>
5.1	Ausgeführte Beispiele - Stadt Wien .....	54
5.1.1	Projekt Magaretenplatz - Squid Architecture Wien .....	54
5.1.2	Projekt Spitalgasse - Architekt Heinz Lutter .....	56
5.2	Ausgeführte Beispiele - Stadt Graz .....	57
5.2.1	Projekt Kastner & Öhler - Nieto Sobejana arquitectos .....	57
5.2.2	Projekt Neutorgasse - Architekt Michael Homann .....	59
<b>2</b>	<b>Rechtliche Rahmenbedingungen</b>	
<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>61</b>
<b>2</b>	<b>Wiener Bauordnung.....</b>	<b>63</b>
2.1	Bauplanungsrecht.....	64
2.2	Bauordnungsrecht .....	65
2.3	Gestalterische Vorgaben der Wr BauO.....	65
<b>3</b>	<b>Merkblatt zur statischen Vorbemessung der Stadt Wien.....</b>	<b>67</b>
<b>4</b>	<b>Bauvorschriften für das Land Steiermark.....</b>	<b>70</b>
4.1	Steiermärkisches Baugesetz 1995 .....	71
4.1.1	I. Hauptstück - Allgemeine Grundsätze und verfahrensrechtliche Vorschriften .....	72
4.1.2	II. Hauptstück - Bautechnische Vorschriften .....	76
<b>5</b>	<b>Grazer Altstadterhaltungsgesetz samt Durchführungsverordnungen.....</b>	<b>82</b>
5.1	Grazer Altstadterhaltungsgesetz 2008 (GAEG) .....	82
5.1.1	1. Abschnitt: Allgemeine Bestimmungen .....	83
5.1.2	2. Abschnitt: Schutzbestimmungen für die Altstadt von Graz .....	84
5.2	Durchführungsverordnungen des GAEG .....	86
5.2.1	Dachlandschafferhaltungsverordnung 1986 .....	86
5.2.2	Richtlinie für die Dachdeckung in der Grazer Altstadt .....	88

<b>6</b>	<b>Internationale Charta zur Denkmalpflege in historischen Städten</b>	<b>89</b>
<b>7</b>	<b>UNESCO Welterbekonvention</b>	<b>91</b>
7.1	Allgemeines	91
7.2	Monitoring-Instrumente der Welterbekonvention	93
7.3	Welterbestädteprogramm	93
7.4	Welterbe in Österreich	95
7.5	UNESCO Managementplan am Beispiel der Stadt Graz	95
<b>8</b>	<b>Exkurs: Denkmalschutzrecht</b>	<b>100</b>
8.1	Allgemeines zum Denkmalschutz in Österreich	100
8.2	Unterschutzstellungen	101
8.3	Zerstörungen und Veränderungen	102
8.4	Haager Konvention	103
<b>3</b>	<b>Bestandsanalyse eines Gründerzeithauses</b>	
<b>1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>105</b>
1.1	Arbeitermiethaus	105
1.2	Bürgerliches Miethaus	106
1.3	Nobelmiethäuser	106
1.4	Mischtypen	106
<b>2</b>	<b>Fundierung und Kellermauerwerk</b>	<b>107</b>
2.1	Fundamentkonstruktionen	107
2.1.1	Normalfundament	107
2.1.2	Pfeilerfundament	108
2.1.3	umgekehrtes Gewölbe	109
2.2	Kellerwände	109
2.3	Dimensionierung	109
<b>3</b>	<b>Wände</b>	<b>110</b>
3.1	Außenwände - Fassaden	110
3.1.1	Materialien	110
3.1.2	Wandstärken	111
3.2	Mittelmauern - Kaminwände	111
3.3	Zwischenwände	112

3.4	Dimensionierung .....	112
3.5	Bauphysikalische Aspekte .....	113
<b>4</b>	<b>Deckenkonstruktionen .....</b>	<b>114</b>
4.1	Massive Deckenkonstruktionen .....	114
4.1.1	Kellereindeckungen .....	114
4.1.2	Massive Deckenkonstruktionen in allen Geschossen .....	115
4.2	Hölzerne Deckenkonstruktionen .....	115
4.2.1	Doppelbaumdecke .....	115
4.2.2	Einfache Tramdecke .....	116
4.2.3	Fehltramdecke .....	117
4.2.4	Tramdecke mit versenkter Sturzschalung .....	118
4.2.5	Windelböden .....	118
4.2.6	Tramtraversendecke .....	119
4.3	Andere mögliche Konstruktionen.....	119
4.4	Beschüttung .....	120
4.5	Dimensionierung hölzerner Deckenkonstruktionen .....	120
<b>5</b>	<b>Haustechnik .....</b>	<b>122</b>
5.1	Sanitärinstallationen.....	122
5.2	Elektroinstallationen.....	122
5.3	Heizungsinstallationen .....	122
<b>6</b>	<b>Stiegenkonstruktionen .....</b>	<b>123</b>
6.1	massive Treppenkonstruktionen.....	123
6.1.1	Kragstufen – Treppen .....	123
6.1.2	beidseitig unterstützte Stufenenden .....	124
6.1.3	Querschnittsformen .....	125
6.2	hölzerne Treppenkonstruktionen.....	125
6.3	eiserne Treppenkonstruktionen.....	125
<b>7</b>	<b>Dachkonstruktionen .....</b>	<b>126</b>
7.1	Sparrendach .....	127
7.2	Kehlbalkendach.....	129
7.3	Pfettendach.....	131
7.3.1	Pfettendach mit doppelten Stuhl .....	133
7.3.2	Pfettendach mit liegendem Stuhl .....	134
7.4	weitere Dachtragwerke.....	134

---

---

<b>4</b>	<b>Bauen im Bestand</b>	
1	Einleitung .....	135
<b>2</b>	<b>Statisch-konstruktive Aspekte .....</b>	<b>137</b>
2.1	Fundamentverstärkungen und Bodenverbesserungsmaßnahmen .....	137
2.2	Verstärkungsmöglichkeiten von Bestandsdecken .....	138
2.2.1	Deckenkonstruktionen ohne Tragwirkung der Doppelbaumdecke .....	139
2.2.2	Deckenkonstruktionen mit Mitwirkung der Doppelbaumdecken .....	142
<b>3</b>	<b>Baudynamische Aspekte.....</b>	<b>143</b>
3.1	Berechnungsverfahren.....	143
3.1.1	quasi-statische Methode .....	144
3.1.2	Anwortspektrenmethode .....	144
3.1.3	Methoden im Zeitbereich - Zeitverlaufsmethoden .....	144
3.1.4	Methoden im Frequenzbereich .....	145
3.1.5	statistische Verfahren .....	145
3.2	Erdbebensicheres Planen und Bauen .....	145
3.3	Baudynamisches Verhalten von Altbauten – Reparatur- und Verstärkungsmaßnahmen	147
<b>4</b>	<b>bauphysikalische Aspekte .....</b>	<b>149</b>
4.1	Wärmeschutz .....	150
4.1.1	Kennwerte zum Wärmeschutz .....	151
4.1.2	Wärmebrücken .....	157
4.1.3	Wärmespeicherung .....	158
4.1.4	Energieausweis .....	159
4.2	Feuchtigkeitsschutz.....	162
4.2.1	Kennwerte zum Feuchtigkeitsschutz .....	162
4.2.2	Glaserverfahren .....	162
4.2.3	Dampfsperre .....	164
4.2.4	Vermeidung von Kondensatbildung an Oberflächen .....	164
4.2.5	Warmdach .....	165
4.2.6	Kaltdach .....	165
4.3	Schallschutz .....	166
4.3.1	Luftschalldämmung .....	166
4.3.2	Trittschalldämmung .....	167
4.3.3	schalltechnische Anforderungen .....	167
4.3.4	Maßnahmen zur Erfüllung des Schallschutzes .....	168

---

4.3.5	schalltechnische Eigenschaften von Brettsperrholz .....	169
4.4	Brandschutz .....	170
4.4.1	Brandverhalten von Bauteilen .....	170
4.4.2	Brandverhalten von Holz .....	170
4.5	Photovoltaik- oder Solaranlagen .....	172
4.5.1	bauliche Anforderungen bei der Errichtung von Photovoltaikanlagen .....	174
4.6	Heizungsmöglichkeiten .....	175
4.6.1	Heizung mittels Heizkörper .....	175
4.6.2	Fußbodenheizung .....	175
4.6.3	Wandheizung .....	175
4.7	Wohnungstrennwände aus Holz.....	176
4.7.1	Wohnungstrennwände in Holzständerbauweise .....	176
4.7.2	Wohnungstrennwände in Holzmassivbauweise .....	177
4.8	Berechnungsbeispiele .....	178
4.8.1	Trenndecke - Holzmassivbauweise .....	178
4.8.2	Trenndecke - Holzrahmenbau .....	183
4.8.3	Steildach - Holzrahmenbau, hinterlüftet .....	188
4.8.4	Außenwand - Holzrahmenbau, hinterlüftet .....	195
4.8.5	Außenwand - Holzmassivbau, hinterlüftet .....	204
4.8.6	U-Wert Berechnung eines Fensters .....	212
<b>5</b>	<b>Wirtschaftliche Aspekte.....</b>	<b>213</b>
5.1	Kostenunsicherheiten bei der Altbaumodernisierung .....	213
5.2	Kostenberechnung bei der Altbaumodernisierung .....	214
5.3	Modernisierungsstandards.....	215
5.4	Baubetriebliche Aspekte .....	216
<b>5</b>	<b>Brettsperrholz</b>	
<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>217</b>
<b>2</b>	<b>Bemessung von Brettsperrholz.....</b>	<b>217</b>
2.1	Ermittlung der Querschnittswerte.....	218
2.1.1	effektive Querschnittsfläche $A_{\text{eff}}$ .....	218
2.1.2	effektives Trägheitsmoments $J_{\text{eff}}$ .....	218
2.1.3	effektives statisches Moment $S_{\text{eff}}$ .....	219
2.2	Ermittlung der Spannungen .....	222
2.3	Berechnung der Verformung.....	223

---

2.4	Nachweisführung im ULS.....	223
2.4.1	Biegebeanspruchung (als Platte) .....	223
2.4.2	Normalkraftbeanspruchung (als Scheibe) .....	226
2.4.3	Stabilitätsnachweis einer BSP – Scheibe .....	229
2.5	Nachweisführung im SLS .....	231
2.6	Nachweisführung im Brandfall .....	232
2.6.1	Nachweis der Tragfähigkeit .....	232
2.6.2	Ermittlung von $R_{d,fi}$ .....	232
2.6.3	Ermittlung des reduzierten Querschnittes .....	232
<b>6</b>	<b>Projekt Dachgeschossausbau</b>	
<b>1</b>	<b>Allgemeines .....</b>	<b>235</b>
<b>2</b>	<b>Übersichtspläne .....</b>	<b>236</b>
<b>3</b>	<b>Aufstellung der berücksichtigten Einwirkungen .....</b>	<b>241</b>
3.1	ständige Einwirkungen .....	241
3.1.1	Dachkonstruktion .....	241
3.1.2	Trenndeckenaufbau .....	242
3.2	veränderliche Einwirkungen .....	243
3.2.1	Nutzlasten .....	243
3.2.2	Einwirkungen aus Schnee .....	244
3.2.3	Einwirkungen aus Wind .....	245
<b>4</b>	<b>Lastfallkombinationen der Einwirkungen .....</b>	<b>257</b>
4.1	Lastfallkombinationen für das Dach.....	258
4.1.1	Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit - Grundkombination .....	258
4.1.2	Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit - außergewöhnliche Lastfallkombination .....	258
4.1.3	Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit - charakteristische Lastfallkombination .....	259
4.1.4	Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit - quasi ständige Lastfallkombination .....	259
4.2	Lastfallkombinationen für die Geschossdecke.....	259
4.2.1	Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit - ständige Lastfallkombination .....	259
4.2.2	Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit - außergewöhnliche Lastfallkombination .....	259
4.2.3	Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit - charakteristische Lastfallkombination .....	260

4.2.4	Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit - quasi ständige Lastfallkombination .....	260
<b>5</b>	<b>Bemessung der BSP-Dachelemente .....</b>	<b>261</b>
5.1	Baustoffeigenschaften .....	262
5.2	Ermittlung der Querschnittswerte .....	263
5.2.1	Querschnittswerte um die y-Achse (starke Achse) .....	263
5.2.2	Querschnittswerte um die x-Achse (schwache Achse) .....	264
5.2.3	Ermittlung der Orthotropiedicken .....	264
5.3	Bemessung Dach 1 .....	265
5.3.1	Nachweisführung in Längsrichtung (Richtung der Decklagen) .....	265
5.3.2	Nachweisführung in Querrichtung (normal zu den Decklagen) .....	267
5.3.3	Nachweisführung auf Schub .....	269
5.3.4	Nachweisführung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit .....	272
5.4	Bemessung Dach 2 .....	273
5.4.1	Nachweisführung in Längsrichtung (in Richtung der Decklagen) .....	273
5.4.2	Nachweisführung in Querrichtung (normal zu den Decklagen) .....	275
5.4.3	Nachweisführung auf Schub .....	276
5.4.4	Nachweisführung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit .....	279
<b>6</b>	<b>Bemessung der Geschossdecke .....</b>	<b>281</b>
6.1	Bemessung mittels CLTdesigner .....	282
<b>7</b>	<b>Detailbemessung .....</b>	<b>288</b>
7.1	Detail 1: Aussparung .....	288
7.2	Detail 2: Kantenstoß .....	289
7.2.1	Übertragung der Normalkraftkomponente $R_N$ .....	290
7.2.2	Übertragung der Schubkraftkomponente $R_{II}$ und der Schubkraft $n_{xy}$ .....	290
7.2.3	Mindestabstände .....	291
7.3	Detail 3: Anschluss Feuermauer .....	292
7.4	Detail 4: Anschluss Hauptgesimse .....	296
<b>7</b>	<b>Conclusio</b>	
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	
1	Literatur- und Quellenverzeichnis .....	299
2	Abbildungsverzeichnis .....	307

---

2.1	Kapitel 1 – Status Quo des Dachgeschossausbaus .....	307
2.2	Kapitel 2 – Rechtliche Rahmenbedingungen .....	308
2.3	Kapitel 3 – Bestandsanalyse eines Gründerzeithauses .....	309
2.4	Kapitel 4 – Bauen im Bestand .....	310
2.5	Kapitel 5 – Brettsperrholz.....	311
2.6	Kapitel 6 – Projekt Dachgeschossausbau .....	311
<b>3</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>312</b>
3.1	Kapitel 1 – Status Quo des Dachgeschossausbaus .....	312
3.2	Kapitel 2 – Rechtliche Rahmenbedingungen .....	312
3.3	Kapitel 3 – Bestandsanalyse eines Gründerzeithauses .....	312
3.4	Kapitel 4 – Bauen im Bestand .....	312
3.5	Kapitel 5 – Brettsperrholz.....	313
3.6	Kapitel 6 – Projekt Dachgeschossausbau .....	313
<b>4</b>	<b>dataholz.com Angaben.....</b>	<b>315</b>
4.1	Trenndecke - Holzmassivbauweise .....	315
4.2	Trenndecke - Holzrahmenbau .....	316
4.3	Steildach - Holzrahmenbau, hinterlüftet .....	317
4.4	Außenwand - Holzrahmenbau, hinterlüftet .....	318
4.5	Außenwand - Holzmassivbau, hinterlüftet .....	319
<b>5</b>	<b>Objekt Nibelungengasse/Katzianergasse.....</b>	<b>320</b>
5.1	Grundriss 3. Obergeschoss .....	320
5.2	Grundriss Dachgeschoss .....	321
5.3	Schnitt .....	322
5.4	Schnitt durch das Dach .....	323
<b>6</b>	<b>RFEM - Eingabedaten .....</b>	<b>324</b>



# Status Quo des Dachgeschossausbaus

## 1 Einleitung

Der Dachgeschossausbau ist in den vergangenen Jahren zu einem der meist diskutierten kulturhistorischen Themen geworden. Die historisch gewachsenen Dachlandschaften stehen hier den Anforderungen zeitgenössischer und moderner Architektur gegenüber. Ein wichtiger Diskussionspunkt in diesem Zusammenhang ist, ob und in welcher Form ein Dachgeschossausbau möglich ist. Vor allem das Thema „Denkmalschutz“ tritt hier verstärkt in den Vordergrund. Ein unumstrittenes Ziel jeder Stadtplanung ist es, die historisch wertvolle Bausubstanz zu erhalten. Das bedeutet, dass im Umgang mit der bestehenden Bausubstanz die heute gültigen Normen und Gesetze der Denkmalpflege, die in der Charta von Venedig (1964) festgelegt sind, angewandt und befolgt werden müssen.

Vor allem für jüngere Menschen stellen die Dachgeschossausbauten eine Alternative im breitgefächerten Spektrum des Angebotes an Immobilien dar. Der Ausbau von Dächern leistet so einen Beitrag zur Schaffung von Wohnraum und zur Attraktivierung von Wohngebieten. Zu den positiven Nebeneffekten des Dachbodenausbaus zählen unter anderem die Aufwertung der Gebäudesubstanz und die ökonomisch, ökologisch und soziale Nachhaltigkeit.

Durch die Einführung der Erdbebennormen EN 1998 wird es zukünftig nicht mehr so einfach möglich sein, Dachgeschossausbauten konventionell, z.B. mit einer „Sargdeckelkonstruktion“ aus Beton, auszuführen. Das Produkt Brettsperrholz (BSP) kann den Anforderungen, Erdbebensicherheit und des Brandschutzes, gerecht werden und bietet damit eine optimale Lösung in diesem Bereich des konstruktiven Ingenieurbaus.

Ziel dieser Diplomarbeit soll es sein, den Dachgeschossausbau mit Brettsperrholz in den Focus der Planer zu rücken um damit zu zeigen, dass sich die Verwendung von BSP-Holz für einen Ausbau anbietet. Die wesentlichen Schwerpunkte dieser Arbeit sind eine Umfeldanalyse in den Städten Wien und Graz, das Aufzeigen der rechtlichen Rahmenbedingungen, eine genaue Bestandsanalyse der gründerzeitlichen Bausubstanz sowie die Darstellung der grundlegenden bauphysikalischen, wirtschaftlichen und statisch-kon-

struktiven Aspekte im Dachgeschossausbau. Abschließend erfolgt eine exemplarische bauphysikalische und statisch-konstruktive Durchbildung eines Dachgeschossausbaus mit dem Produkt Brettsperrholz.

## 2 Dachgeschossausbauten

### 2.1 Begriff und Bedeutung

[1],[2],[8],[13],[14],[25],[36]

Unter dem Begriff „Dachgeschossausbau“ versteht man die Nutzung von Dachböden für Wohn-, Büro- und Hotelzwecke. Vorrangig geschieht dies in den Gründerzeitvierteln größerer Städte, wo Wohnraum knapp und teuer ist. Die Schaffung von neuen, qualitativ hochwertigen Wohnraum stellt ein unumstrittenes Ziel der Stadtplanung dar und wird deshalb in vielen Städten auch gefördert. Jedoch kann die Umsetzung, vor allem aus gestalterischen Gründen und Denkmalschutzaspekten, zu Konflikten führen. Die vorhandene technische und soziale Infrastruktur kann durch eine Verdichtung der Stadtkerne, wie sie durch einen Dachgeschossausbau hervorgerufen wird, optimal genutzt werden.



Abb. 2.1 Dachgeschossausbau [Arch. Leitner]

Der Duden schlägt folgende Definitionen vor [13]:

Altbau:

- älteres, vor einem bestimmten Zeitpunkt fertiggestelltes Gebäude

Ausbau:

- Vergrößern, Erweitern von etwas Vorhandenem
- z.B. Planung des Ausbaues
- Umbauen, [Aus]gestalten von etw. zu etw. anderem
- z.B. der Ausbau einer Scheune zu einem Wohngebäude.

## Ausbauen:

- Umbauen, Umgestalten
- Das Dachgeschoss zu einer Wohnung ausbauen.

## Instandsetzung:

- Wiederherstellung, Ausbesserung

## Neubau:

- Bauen, Errichten (eines neuen Bauwerks), im Bau befindliches Gebäude
- neu gebautes oder verhältnismäßig neues Gebäude

## Umbau:

- etwas um ein Bauwerk, Möbelstück o. Ä. Herumgebautes;
- Umkleidung: ein Umbau aus Holz, Kunststoff.

## Zubau: österr. für Anbau

- Anbauen (eines Gebäudes od. Gebäudeteils an ein Hauptgebäude)
- Gebäude, das angebaut ist; angebauter Gebäudeteil

In der Wiener Bauordnung findet sich keine exakte Definition für den Begriff „Ausbau“, lediglich finden sich dort die Begriffe „Neu-, Um- und Zubau“ sowie „Änderung und Instandsetzung“. Von einer „Änderung“ spricht man, wenn die Dachform unverändert bleibt und nur Gaupen hinzugefügt werden. Ein Dachausbau gilt nur dann als „Umbau“, wenn der entstandene Raum nicht für Wohnzwecke verwendet wird. Von „Zubauten“ spricht man, wenn Aufstockungen und andere Dachausbauformen vorgenommen werden.

In den Bauvorschriften für das Land Steiermark [25] finden sich folgende Definitionen:

## Dachboden:

- unausgebauter Dachraum

## Dachgeschoss:

- für Aufenthalts-, Lagerräume und dgl. ganz oder teilweise ausgebauter Dachraum

### Neubau:

- die Herstellung einer neuen baulichen Anlage, die keinen Zu- oder Umbau darstellt. Ein Neubau liegt auch dann vor, wenn nach Abtragung bestehender baulicher Anlagen alte Fundamente oder Kellermauern ganz oder teilweise wieder verwendet werden;

### Umbau:

- die Umgestaltung des Inneren oder Äußeren einer bestehenden baulichen Anlage, die die äußeren Abmessungen nicht verändert, jedoch geeignet ist, die öffentlichen Interessen zu berühren (z.B. Brandschutz, Standsicherheit, äußeres Erscheinungsbild), bei überwiegender Erhaltung des Bausubstanz;

### Umfassende Sanierung:

- zeitlich zusammenhängende Renovierungsarbeiten an Gebäuden mit einer Gesamtnutzfläche von mehr als 1000 m<sup>2</sup>, wenn deren Gesamtbaukosten (Bauwerkskosten, Honorare und Nebenkosten) 25% des Bauwertes (ohne Berücksichtigung des Bodenwertes und der Außenanlagen) übersteigen, oder wenn zumindest 25% der Gebäudehülle und haustechnischen Gewerke gemeinsam erneuert oder zum überwiegenden Teil instand gesetzt werden: Fensterflächen, Dach oder oberste Geschossdecke, Fassadenfläche, Haustechniksystem. Der Bauwert ist die Summe der Werte der baulichen Anlagen. Bei seiner Ermittlung ist in der Regel von den Gesamtkosten auszugehen und von diesen die technische und wirtschaftliche Wertminderung abzuziehen. Sonstige Wertänderungen und wertbeeinflussende Umstände, wie etwa Lage der Liegenschaft, baurechtliche oder andere öffentlich-rechtliche Beschränkungen sowie erhebliche Abweichungen von den üblichen Baukosten, sind nicht zu berücksichtigen;

### Zubau:

- die Vergrößerung einer bestehenden baulichen Anlage der Höhe, Länge und Breite nach bis zur Verdoppelung der bisherigen Geschossflächen;

In der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI, [36]) finden sich im § 2 folgende Definitionen:

### Objekte:

- sind Gebäude, raumbildende Ausbauten, Freianlagen, Ingenieurbauwerke, Verkehrsanlagen, Tragwerke und Anlagen der technischen Ausrüstung;

## Gebäude:

- sind selbstständig benutzbare, überdeckte bauliche Anlagen, die von Menschen betreten werden können und geeignet oder bestimmt sind, dem Schutz von Menschen, Tieren oder Sachen zu dienen;

## Neubauten und Neuanlagen:

- sind Objekte, die neu errichtet oder neu hergestellt werden

## Wiederaufbauten:

- sind vormals zerstörte Objekte, die auf vorhandenen Bau- oder Anlagenteilen wiederhergestellt werden, sie gelten als Neubauten, sofern eine neue Planung erforderlich ist

## Erweiterungsbauten:

- sind Ergänzungen eines vorhandenen Objektes

## Umbauten:

- sind Umgestaltungen eines vorhandenen Objektes mit Eingriffen in Konstruktion oder Bestand

## Modernisierungen:

- sind bauliche Maßnahmen zur nachhaltigen Erhöhung des Gebrauchswertes eines Objektes, soweit sie nicht unter die „Erweiterungsbauten“, „Umbauten“ oder „Instandsetzungen“ fallen

## räumliche Ausbauten:

- sind die innere Gestaltung oder Erstellung von Innenräumen ohne wesentliche Eingriffe in Bestand oder Konstruktion, sie können im Zusammenhang mit Leistungen nach den oben genannten Definitionen fallen

## Instandsetzungen:

- sind Maßnahmen zur Wiederherstellung des zum bestimmungsgemäßen Gebrauch geeigneten Zustandes (Soll-Zustandes) eines Objektes, soweit sie nicht unter „Wiederaufbauten“ oder durch Maßnahmen von „Modernisierungen“ verursacht sind

## Instandhaltungen:

- sind Maßnahmen zur Erhaltung des Soll-Zustandes eines Objektes

## 2.2 Dachgeschossausbauten im städtebaulichen Kontext

Die Stadtstruktur vieler mitteleuropäischer Städte wird von den gründerzeitlichen Bebauungen geprägt. Die bestehende Substanz bildet ein dominierendes Qualitätsmerkmal vieler Städte. Die im frühen 20. Jahrhundert großteils abgelehnte „Stadt des 19. Jahrhunderts“, hat heute wieder an Bedeutung gewonnen. Aus stadtplanerischer Sicht ist die gründerzeitliche Bausubstanz ein Mittel um die Innenstädte zu verdichten.



Abb. 2.2 Gründerzeithaus - der Altbau der Zukunft [Arch. Bauer; heilemann; SFB-Gruppe]

Mit Hilfe von Dachgeschossausbauten kann die bestehende Stadtstruktur nachverdichtet werden. „Wohnen in der Stadt“ muss an Attraktivität zunehmen. Die Vorteile, die die Innenstädte bieten, sind klar: durch eine dichte Versorgung an technischer und sozialer Infrastruktur, werden Wegzeiten eingespart und die Umweltbelastung durch den Einzelnen wird stark verringert. Weiters wird ein Ausbau von bestehender Substanz angestrebt, dieser soll eine Verbesserung des Bestandes und damit der Anreiz geschaffen werden, den Wohnungsbestand zu erhalten und zu modernisieren. Durch Sanierung und Entkernung in den 70er und 80er Jahren sowie durch die steigende Wohnfläche pro Einwohner nimmt die Wohnraumdichte kontinuierlich ab. Aus stadtplanerischen Perspektiven spricht also nichts gegen Dachgeschossausbauten, sie können in einem geringen Ausmaß dem „Sterben der Stadtkerne“ entgegenwirken.

Für übliche gründerzeitliche Häuser können im Durchschnitt bei einem Dachgeschossausbau zwei Wohnungen untergebracht werden. In Wien beispielsweise würde dies eine Wohnraumverdichtung von ca. 7 bis 10 Prozent mitsichbringen. Da jedoch nicht jeder Dachboden und die darunterliegende Substanz für einen Ausbau geeignet ist, kann somit maximal die Hälfte bis zwei Drittel dieses Wertes erreicht werden. In Wien existieren rund 32.000 Gründerzeithäuser, davon sind rund 4.400 Dächer bereits ausgebaut. Realistisch gesehen kann rund die Hälfte der Dachböden ausgebaut werden und bei 2-3 Wohnungen pro Ausbau ergibt dies ein Potenzial von ca. 30.000 bis 40.000 Wohnungen. Dies bedeutet eine Steigerung des Wohnungsbestandes um rund 3 bis 5 Prozent.

Die Stadt Wien führt eine Gebäudedatenbank, in der die Wiener Bausubstanz katalogisiert und bewertet wird. Die Erstellung einer solchen Datenbank wäre auch für die Stadt Graz empfehlenswert, mit ihr könnte man eine genaue Bestandsanalyse durchführen und so das Stadtentwicklungspotenzial von Graz aufzeigen. Das nachstehende Diagramm zeigt den Wiener Wohnungsbestand. Es ist deutlich zu erkennen, dass ein Großteil der vorhandenen Bausubstanz aus der Gründerzeit (vor 1918) stammt.

### Wiener Wohnungsbestand

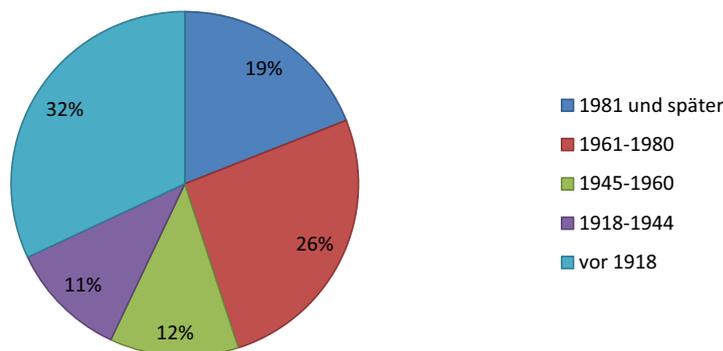


Abb. 2.3 Wiener Wohnungsbestand 2004 [4]

Einen positiven Aspekt stellt die Wertsteigerung des Bestandes durch einen Ausbau dar. Bei Sanierungen und Umbauten am bestehenden Gebäude sollte das Dach miteinbezogen werden, dadurch wird das Objekt zusätzlich aufgewertet und bringt den gewünschten Zuzug in die Bezirke. Die Attraktivität der inneren, sowie sozial und architektonisch schwächeren Stadtbezirke kann durch Schaffung von qualitativem Wohnraum stark gesteigert werden. Durch gezielten Einsatz von Dachgeschossausbauten werden diese Bezirke aufgewertet und führt so unweigerlich zu einer Änderung in der Bevölkerungsstruktur. Der Dachausbau ist somit ein Mittel um die Abwanderung vermöglicher Schichten aus dem Innenstadtbereich in die Randzonen zu reduzieren, da die meist luxuriös ausgeführte Dachgeschosswohnung ein positives Image hat. Die Wohnwünsche des einzelnen richten sich nach Standortkriterien und wohnlagentypischen Besonderheiten. Zu den Standortkriterien zählen die vorhandene Infrastruktur, Erreichbarkeit und die Naherholung. All diese Eigenschaften bieten die inneren Bezirke. Die wohnlagentypischen Besonderheiten, wie Grundriss, Freiräume, Belichtung, positives Raumklima und vorhandene Abstellplätze, können durch einen architektonisch qualitativ gelöstem Dachgeschossausbau verwirklicht werden. Während früher der erste Stock, die Belétage, der hochwertigste Wohnungstyp war, ist dies nun das Dachgeschoss. Im letzten Geschoss gibt es einen Rund-um-Blick und freie Sicht auf die Dächer der Stadt.



Abb. 2.4 Blick über die Stadt [www.staedtereisen-blog.com; www.staedteforum.at]

All diese Vorteile bringen natürlich auch Nachteile mit sich. Dachwohnungen zählen zu den beliebtesten und damit auch zu den teuren Immobilien. Die Räume sind oft verwinkelt und durch die vielen schrägen Flächen entstehen nicht nutzbare Flächen. Fehlerhafte bauphysikalische Planungen und Ausführungen führen in den Sommer- bzw. Wintermonaten zu Temperaturen, die nicht den bauphysikalischen Behaglichkeitskriterien entsprechen. In den meisten Fällen wird die Wohnqualität für die Bewohner im bestehenden Haus selbst und für Bewohner in direkter Nähe negativ beeinflusst, es tritt oft eine Verschlechterung der Belichtung, Verkehrssituation und der Grünraumversorgung ein.

Eine bereits existierende Lösung sieht vor, dass der Ausbau von Dachgeschossen zu Wohnzwecken eine Verbesserung der Wohn- und Lebensqualität für die benachbarten Bewohner mit sich bringen muss. Dies bedeutet, dass bei Dachausbauten, die das nähere Umfeld stark negativ beeinflussen, Ausgleichsmaßnahmen eingefordert werden. Als Beispiele dafür gelten etwa die Entsiegelung von Hofflächen, die Beseitigung von Garagen und Abstellflächen in Höfen, Errichtung von Grünanlagen und Kinderspielplätzen, etc. Weiters kommt noch hinzu, dass für jede neu errichtete Wohnung ein Stellplatz zur Verfügung stehen muss (Wiener Garagengesetz von 1957 und die dazugehörige Durchführungsverordnung von 2001). Bei einem Einbau von Wohnungen in das Dachgeschoss müssen neue Stellplätze errichtet werden. Häufig führt das dazu, dass im Erdgeschoss Garageneinfahrten eingebaut werden. Mit diesem Einbau entsteht in diesen Zonen ein Verlust an Stadtleben, die Straßenebene verödet dadurch.

Im Weiteren bestehen große Probleme im Stadtbild und in der Stadtgestaltung. Da Dachgeschossausbauten mit größerer Kubatur (z.B. Wien: Ausbau Hotel Ambassador; Graz: Ausbau Kastner & Öhler) das Stadtbild wesentlich beeinflussen, stellen die kleineren Ausbauten kein Problem dar. Blickachsen können durch Bauvorhaben mit größerer Dimension beeinträchtigt bzw. „verunstaltet“ werden. In öffentlichen Blickfeld stehen vor allem die Veränderungen in der Dachregion, nicht jedoch die meist gravierenderen Umbauten im Erdgeschoss durch Geschäftslokale, welche für den Fußgänger noch stärker sichtbar sind, als die Dachausbauten. Weiters ist anzumerken, dass sich die öffentlichen Diskussionen häufig über große Objekte, die sich an gut sichtbaren Stellen befinden,

drehen und das viele „unsichtbare“ Ausbauten nicht umstritten sind.



Abb. 2.5 Umstrittener Dachgeschossausbau: Kastner & Öhler (Graz) [Nieto Sobejano arquitectos]

Der Eingriff in die Dachlandschaft durch Ausbauten ändert zweifelsohne das Erscheinungsbild der Stadt. Ein Wandel in der Stadtgestalt und im Stadtbild ist ein nicht aufzuhaltender Prozess. Vor allem das Stadtbild ist geprägt von konstanten Elementen und beinhaltet genauso veränderbare und flüchtige Elemente. Wie Hans Stimmann in „Die Textur der Stadt“ (Stadtentwicklung 3/2000, Berlin) schrieb:

„Die Textur einer Stadt spiegelt die Summe komplementärer Orte wider, die nebeneinander existieren, sich überlagern oder andere miteinander verketteten. Jeder Ort hat eine eigene Charakteristik, ohne den Anspruch auf Veränderlichkeit zu erheben. Die Stadt kann daher als Collage gelesen werden, in der sich städtebauliche Haltungen, gesellschaftliche Kritik und der Umgang mit Geschichte baulich manifestiert haben.“

## 2.3 Mögliche Formen des Ausbaus

In diesem Abschnitt wird ein kurzer Überblick über die möglichen typischen Ausbauformen des Dachgeschosses gegeben. Es ist jedoch auch eine Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten der einzelnen Typen möglich.

Um einheitliche Begriffsdefinitionen zu schaffen, wurden hier die Bezeichnungen aus [1] und [2] übernommen.

### 2.3.1 Die konstruktiven Typen

[1]

Diese Typen lassen sich nach ihrer Form gruppieren in:

#### Der 45°-Steildach Typ

Der Standard-Dachausbau besteht aus Satteldachflächen mit einer Neigung von 45°, die durch eine Reihe von Gauben durchstoßen werden.

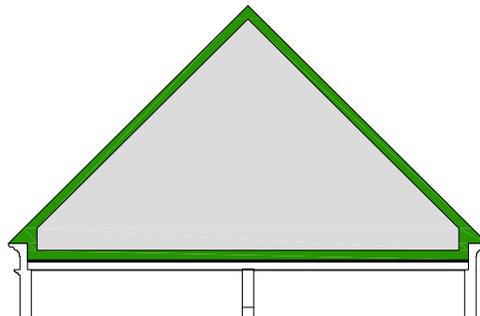


Abb. 2.6 Der 45°-Steildach Typ

#### Der Steiler-als-45° Typ

Dieser Dachtyp, die Mansardendachform, beginnt mit einem sehr steilen, in der Regel  $>45^\circ$ , Dach und knickt dann nach einigen Metern in ein flacheres Dach um. Häufig kommt ein Flachdach zur Ausführung, dieses ermöglicht zusätzlich eine Dachterrasse.

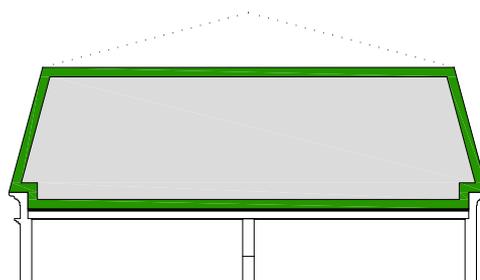


Abb. 2.7 Der Steiler-als-45° Typ

### Kiste-Schachtel-Box Typ

Umgangssprachlich wird dieser Typ auch als Staffelgeschoss bezeichnet. Auf das bestehende letzte Geschoss wird ein weiteres aufgesetzt, allerdings springt dieses um ein paar Meter nach innen zurück, um innerhalb des 45° Winkels zu bleiben, wodurch sich auch eine Rund-um-Terrasse ergibt.

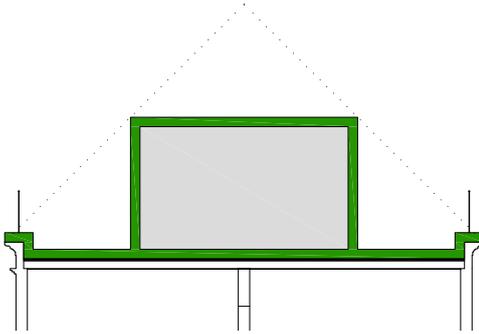


Abb. 2.8 Der Kiste-Schachtel-Box Typ

### Der moderne Typ

Diese Form passt sich weder der bereits bestehenden Struktur noch an die vorgegebene Dachneigung an. Sie ist zumeist ein System aus komplexen Geometrien und Strukturen.

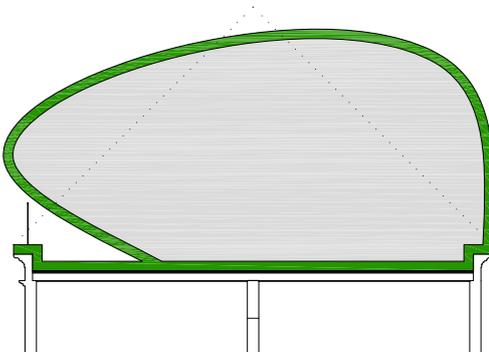


Abb. 2.9 Der unbeschreiblich-amorphe Typ

### Der kombinierte Typ

Dieser Typ kombiniert die oben genannten Formen miteinander.

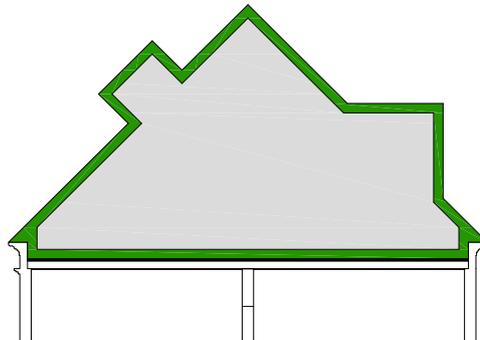


Abb. 2.10 Der kombinierte Typ

### 2. 3. 2 Die formalen Typen

[2]

Diese Typen lassen sich gruppieren in:

#### Camouflage

Diese Form des Dachausbaus kommt häufig bei denkmalgeschützten Gebäuden zum Einsatz. Zur Straße hin ist dieser Typ der Unauffälligste, verbunden mit den geringsten Veränderungen am bestehenden Gebäude. Auf Gauben oder ähnliche Aufbauten wird verzichtet, stattdessen kommen Dachflächenfenster als Belichtungsmöglichkeiten zum Einsatz. Das Auffälligste an diesem Typus sind die eingeschnittenen Terrassen. Zum Hof hin sind die Camouflage-Dachausbauten deutlich sichtbar, hier integriert man Bandgauben oder ähnliches in die Dachflächen. Allerdings sollte bei diesem Typus der Dachraum eine ausreichende Größe besitzen, um brauchbare Räume zu schaffen.



Abb. 2.11 Beispiele für Camouflage [2]

## Mimikry

Der Begriff „Mimikry“ bedeutet „Tarnung, Nachahmung“. Sie ist eine der häufigsten Formen des Dachausbaus und ahmt imaginiert historische oder reale Formen nach. Ein gutes Beispiel dafür ist der Einsatz einer Reihe von Einzelgauben, zusätzlich werden diese Gauben noch mit einem Walmdach oder Satteldach versehen.



Abb. 2.12 Beispiele für Mimikry-Häuser [2]

Im 19. Jahrhundert wurden zwar Gauben an den Dächern angebracht, jedoch kamen diese nur vereinzelt zum Einsatz und dienten vorrangig zur Belüftung des Dachraumes. Architektonisch wirkt diese Gaubenreihe eher unruhig und unurban.

## Solitär

In der Architektur bezeichnet man als „Solitär“ ein freistehendes Gebäude. Bei dieser Ausbauform wird dem bestehenden Gebäude ein modernes, einzigartiges Dach aufgesetzt. Der Einsatz von Türmen und Kuppeln bei der Eckgestaltung ist durchaus keine Seltenheit. Die Dachzone wird somit zum Zentrum des Gebäudes und rückt das Haus selbst in den Hintergrund.



Abb. 2.13 Solitär [2]

### Kontrastierung

In diesem Fall wird dem historischen Haus das Dach in seiner ursprünglichen Form gelassen. In dieses werden jedoch architektonisch zeitgemäße „neue“ Elemente integriert. Häufig kommen hier Gauben aus Glas mit ungewöhnlichen Formen oder großzügige Dachflächenfenster zum Einsatz.



Abb. 2.14 Kontrastierung [2]

### Tarnkappe

Bei dieser Form wird auf das bestehende Gebäude ein neues Dach aufgesetzt. Der Aufbau wird so als Ausbau getarnt. Das ursprüngliche (Sattel-)Dach wird abgetragen und stattdessen ein Mansardendach errichtet, das wesentlich mehr Raum bietet, als z.B. ein Camouflage-Dachausbau. Die Dachflächen werden hier nahezu senkrecht ausgeführt und unterscheiden sich nur durch das Material von der darunter liegenden Fassade. Häufig geht das Mansardendach in ein Flachdach über und lässt so auch noch die Anordnung einer großzügigen Dachterrasse zu.



Abb. 2.15 Tarnkappenhäuser [2]

### Antithese

Der Bestand bleibt hier bis aufs Dach unverändert. Der neue Dachaufbau dient nicht als abschließende Zone sondern bildet grundsätzlich einen Widerspruch zum darunter liegenden Gebäude. Der Bestand wird quasi als Abstandhalter zwischen Straße und dem neu errichteten Gebäude interpretiert und steht nicht im direkten Zusammenhang mit den oben dargestellten Gestaltungsprinzipien



Abb. 2.16 Die Antithese [2]

### Staffelgeschoss

Vor allem in den 50er und 60er Jahren des 20. Jahrhunderts wurden Gebäude errichtet, die meist zurück gestaffelte Dachgeschosse aufwiesen. Sie ist die logischste Form des Dachgeschossausbaus und bietet Platz für Verglasungen, großzügige Terrassen und ermöglicht einen horizontalen Ausblick über die Dächer der Stadt.



Abb. 2.17 Das Staffelgeschoss [2]

## 2. 4 Baustoffe für Dachgeschossausbauten

[10]

Im Dachgeschossausbau kamen grundsätzlich jene Baumaterialien zum Einsatz, die dem Stand der Technik, der Wirtschaftlichkeit entsprachen und im ausreichendem Maße vorhanden waren. Die vorhandene lastabtragende Dachkonstruktion ist ausschlaggebend dafür, welches Material im Ausbau verwendet wird. Es kann sogar soweit führen, dass der bestehende Dachstuhl, auf Grund des schlechten Ist-Zustandes, vollkommen geschliffen wird und stattdessen ein neues Tragwerk an seiner Stelle errichtet wird.

Während in früheren Zeiten der Dachstuhl als eine reine Holzkonstruktion ausgeführt wurde, werden heute in fast allen Fällen Verbindungsmittel aus Metall verwendet. Die Baumaterialien Stahl und Stahlbeton haben seit den 50-er Jahren in diesem Bereich des konstruktiven Ingenieurbaus stark an Bedeutung gewonnen. Ein wichtiger Grund dafür war die steigende Qualität der Materialeigenschaften, sowie eine kostengünstigere Fertigung bzw. Herstellung dieser Materialien.

Folgend wird ein kurzer Überblick über die oben erwähnten Materialien gegeben.

### 2. 4. 1 Stahl

Eine reine Stahlkonstruktion kommt im Dachgeschossausbau selten vor, sie wird häufig in Kombination mit anderen Materialien, wie Holzplatten oder Gipskarton verwendet. Da Stahl bei einer Temperatur von ca. 500°C die Hälfte seiner Festigkeit verliert, müssen aus brandschutztechnischen Gründen Verkleidungen oder Anstriche verwendet werden.

Stahldachstühle finden am häufigsten im Industriebau ihre Anwendung, da der Brandschutz hier, leichter als im Wohnungsdachgeschossausbau, erfüllt werden kann. In den meisten Fällen werden Stahldachstühle als ebene oder räumliche Fachwerke ausgeführt.

Wesentliche Vorteile von Stahldachstühlen sind die leichte Verarbeitbarkeit, wodurch fast jede Konstruktionsart durch Verwendung von verschiedenen Profilen herstellbar ist, weiters können große Spannweiten erreicht werden. Nachteilig wirkt sich jedoch das unvorhersehbare Brandverhalten, und damit auch der Brandschutz, sowie das hohe Eigengewicht aus.

## 2. 4. 2 Beton

Der Baustoff Beton kann durch die Änderung seiner Bestandteile, seine Eigenschaften stark verändern und kann so ideal seinen Anforderungen angepasst werden.



Abb. 2.18 Sargdeckelkonstruktion [wohnbeton.at]

Der Dachstuhl aus Beton, auch unter dem Begriff „Sargdeckel“ bekannt, wird häufig in der Form eines Mansardendaches ausgeführt. Die tragenden Teile der Konstruktion bestehen aus Beton. Eine Sargdeckelkonstruktion ist erstrebenswert, da sie viele Vorteile im Brand-, sowie Wärmeschutz mit sich bringt. Ein großer Nachteil des Betondachstuhles ist sein hohes Eigengewicht, welches bis in die Fundamente abgeleitet werden muss.

Nachstehende Abbildung zeigt mögliche Ausführungsvarianten der Sargdeckelkonstruktion.

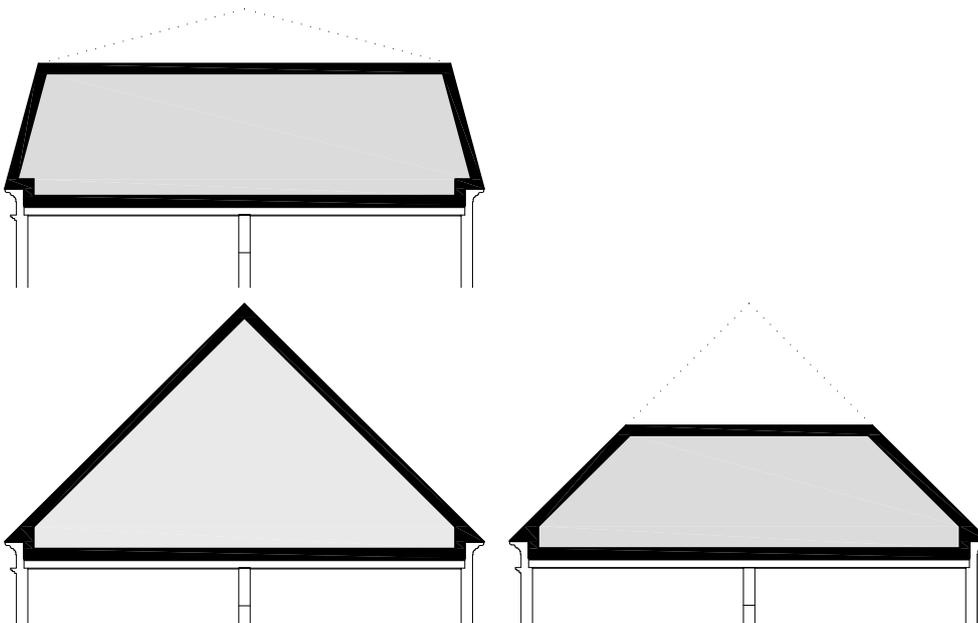


Abb. 2.19 Varianten „Sargdeckelkonstruktion“

## 2. 4. 3 Holz

Holz ist der, seit Jahrhunderten am häufigsten eingesetzte Baustoff im Dachgeschossbau und kann in Form von Vollholz, Brettschichtholz oder Holzwerkstoffen eingesetzt werden. Die nachstehenden Dachstuhlarten kommen häufig zur Anwendung:

- Sparrendach
- Pfettendach
- Mansardendach
- Walmdach

Das Sparrendach hat den Vorteil eines stützenfreien Dachraumes, wodurch die Grundrissanordnung uneingeschränkt erfolgen kann. Jeder Sparrenrahmen bildet in sich ein geschlossenes, von den anderen unabhängiges statisches System, da jeder Sparren auf den Deckenbalken und auf der Fußpfette aufliegt und mit diesem fest verbunden ist. Nachteilig wirkt sich jedoch die geringe-mögliche Spannweite der Sparren, sowie Probleme bei Sparrenauswechslungen (nötig bei Kaminen) etc. aus. Diese Konstruktionsart ist somit für den Dachgeschossausbau nur bedingt oder nicht geeignet.

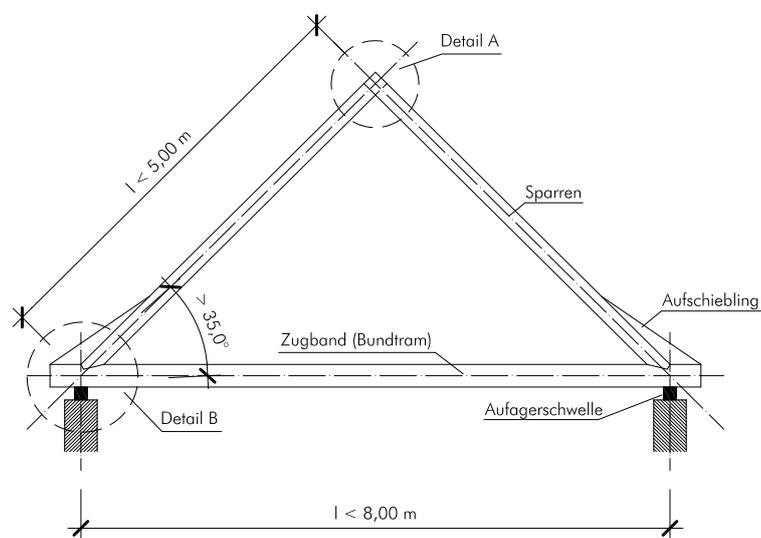


Abb. 2.20 Sparrendach

Das Pfettendach besteht aus Sparren, welche auf Pfetten aufliegen. Bei dieser Konstruktion treten kleiner Horizontalkräfte als beim Sparrendach auf. Beim Pfettendach wird die Grundrissanordnung durch die Konstruktion behindert, da sich im Dachraum Kopfbänder und Stützen befinden.

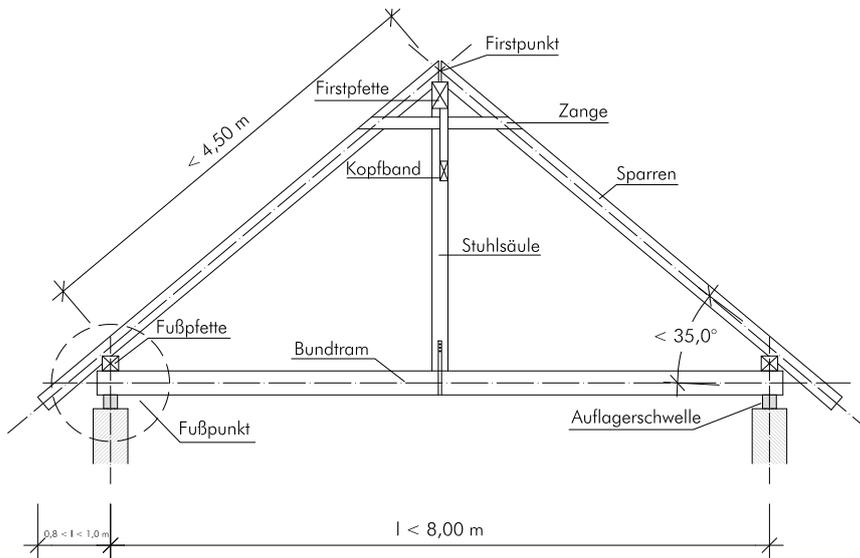


Abb. 2.21 Pfettendach

Beim Mansardendach sind die unteren Sparren stärker geneigt als die oberen, wodurch eine bessere Ausnutzung des Dachraumes ermöglicht wird. Durch die Änderung der Neigung in den Sparren ist eine komplizierte Konstruktion erforderlich.



Abb. 2.22 Mansardendach [www.proholz.de]

Das Walmdach ist auf allen vier Seiten abgeschrägt, was zu einer Erschwerung von Aus- bzw. Umbau führt. Durch die Abschrägung entfällt viel Wohnraum.

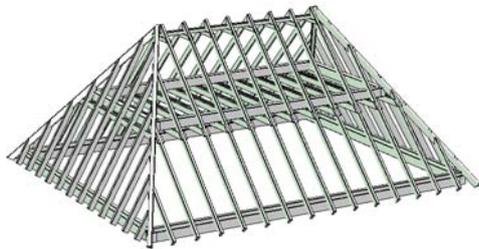


Abb. 2.23 Walmdach [www.zimmerer.de]

Holz bietet in physikalischer Sicht große Vorteile, bringt aber durch seinen Aufbau auch Nachteile mit sich.

Wesentliche Vorteile des Holzes sind:

- kontrolliertes Brandverhalten
- leichte Bearbeitbarkeit
- geringes Gewicht
- gute Biege-, Druck- und Zugeigenschaften

## 3 Umfeldanalyse in den Städten Wien und Graz

Im Folgenden wird das Potenzial für die Städte Wien und Graz in Bezug auf den Dachgeschossausbau erläutert. Die einzigartige Stadtgestalt dieser beiden Städte gilt es zu bewahren und fordert so einen maßvollen Dachgeschossausbau in Bezug auf Architektur und Bewahrung des städtebaulichen Gesamtbildes. Bedeutsam sind hier die vorgründer- und gründerzeitlichen Blockrandbebauungen, welche das Stadtbild und die Stadtgestalt prägen. In den Umfeldanalysen wird besonders dieser Bereich betrachtet, um so das Potenzial für Dachgeschossausbauten aufzuzeigen. Die vergangene und zukünftige, bauliche und soziale Entwicklung der Städte ist ein Bestandteil dieses Kapitels. Unter Zuhilfenahme der Stadtentwicklungspläne lässt sich das Potenzial und die Entwicklungstendenz der Städte bestmöglich beschreiben. Ein Stadtentwicklungsplan (STEP) ist ein Instrument einer vorausschauenden Stadtplanung und -entwicklung und legt den Ausbau der Stadt in groben Zügen fest. Er beinhaltet die Verteilung von Grün- und Bauland, mögliche Entwicklungsgebiete in der Stadt und verbindet diese mit der übergeordneten Infrastrukturplanung.

### 3.1 Stadt Wien

[3],[4],[11],[14]

Wien ist die Bundeshauptstadt der Republik Österreich und mit 1.677.867 Einwohnern (Stand 2007; [4]) die bevölkerungsreichste Stadt Österreichs. Im Großraum Wien leben knapp 2.4 Millionen Menschen, mehr als ein Viertel aller Österreicher. Wien hat eine Fläche von 414.65 km<sup>2</sup>. Die Entwicklung zu einer der bedeutendsten Städte Mitteleuropas verdankt Wien unter anderem seiner günstigen Lage. Die Stadt liegt zwischen den nordöstlichen Ausläufern der Alpen und im nordwestlichen Bereich des Wiener Beckens. Das historische Wien entstand südlich der Donau, heute erstreckt sich das Wiener Stadtgebiet auf beiden Seiten des Flusses.

#### 3.1.1 Stadtbild

Das Wiener Stadtbild ist geprägt von Bauwerken aller Epochen der Architektur, von dem gotischen Stephansdom über der romanischen Ruprechtskirche, sowie die barocke Karlskirche und die Bauten des Klassizismus bis hin zur Moderne. Die Bauten der Gründerzeit sind jedoch besonders hervorzuheben, da sie Wien einen einzigartigen Charakter verleihen.



Abb. 3.1 Blick über Wien

Im Vergleich zu anderen Metropolen hat Wien eine geringe Anzahl von Hochhäusern. Es gibt derzeit um die 100 Bauwerke über 40 m Höhe. Ein Grund dafür ist, dass die Stadtverwaltung besonderen Wert auf Qualität legt und das Ziel hat, die Naturräume Wiens, sowie die 2001 zum UNESCO Weltkulturerbe anerkannten historischen städtebaulichen Elemente zu erhalten. In Wien gelten besonders strenge Richtlinien für die Planung, Genehmigung und den Bau von Hochhäusern. In weiten Teilen Wiens, insbesondere in den inneren Bezirken und in den sogenannten Schutzzonen, dürfen keine Hochhäuser errichtet werden. Um- und Zubauten müssen auch dem städtebaulichen Leitbild entsprechen, eine Reihe von Auflagen erfüllen und dürfen keine bedeutenden Sichtachsen beeinträchtigen.

Die Dachgeschossausbauten sind daher umstritten. Mitte der 90er Jahre entstand in Wien ein Boom rund um den Dachausbau. Die Stadt war in diesen Jahren bemüht die inneren Bezirke wieder zu beleben. Mit der Novelle der Wiener Bauordnung (1996/97) wurde der Ausbau von Dächern durch den §69 (Unwesentliche Abweichungen von Bebauungsvorschriften) erleichtert. Hier konnten die Wiener Bezirke, wenn eine „unwesentliche Abweichung von Baubestimmungen“ vorlag, den Planungswünschen nachgeben. Durch diesen Paragraphen konnten Abweichungen von den Fluchtlinien, sowie Höhenlagen jeder Art von Baulichkeit, welche im Bebauungsplan der Stadt Wien festgelegt ist, gestattet werden. Die Definition einer „unwesentlichen Abweichung“ konnte man in der Bauordnung jedoch nicht finden. Mit einer weiteren Novelle im Juni 2006 ist dies nun nicht mehr möglich. Das Wiener Altstadterhaltungsgesetz (1972) setzt zusätzlich Grenzen, die das Erscheinungsbild Wiens schützen sollen.

### 3. 1. 2 Stadt- und Bevölkerungsentwicklung

[15],[17]

Die wichtigste bauliche Entwicklungsphase in Wien erfolgte in der Gründerzeit (1848-1918). Ihre Bebauung prägt bis heute das Stadtbild. In dieser Zeit wurden fast 70% der bestehenden Bausubstanz abgebrochen und durch eine dichte Bebauung ersetzt. 1850 kam es zur Entfestigung und zur ersten Stadterweiterung. Die Donau wurde 1870-76 reguliert, um die Überschwemmungsgefahr des Wiener Beckens zu minimieren. Die Stadt wurde geprägt von einem dichten Straßenbahnnetz und einem Geschäftsstraßensystem, die bis heute Qualitätsmerkmale der Stadt sind. Wien wird heute in 23 Gemeindebezirke unterteilt, die historische Altstadt, heute der 1. Bezirk, war noch im Revolutionsjahr 1848 deckungsgleich mit dem Stadtgebiet. Unter Kaiser Franz Joseph kam es 1850, 1890/1892 und 1904 zu drei großen Stadterweiterungen. Seit 1954 sind die Stadtgrenzen unverändert.



Abb. 3.2 Wien um 1900 [A. Stauda]

Die Stadt erstellte in ihrer Vergangenheit selten durchgehende Planungskonzepte, jedoch kam es immer wieder zu Beschlüssen, die die Zielrichtung der Stadt vorgaben.

- 1893 wurde erstmals ein räumliches Leitbild, der „vorläufige Bauzonenplan“ verabschiedet. Er wurde durch die Änderung der Bauordnung im Jahr 1893 und durch die erfolgreiche Eingemeindung einiger Vororte, erstellt. Er beinhaltet eine Gliederung der Stadt nach Wohn- und Industriegebieten. Weiters wurde eine Staffelung der Gebäudehöhen eingeführt, welche von innen nach außen hin abnehmen sollte
- 1905 wurde der „Wald- und Wiesengürtel“ festgelegt. Dieser schützt die westlichen Landschaften von Wien.
- 1961 wurde dem Gemeinderat das „Planungskonzept Wien“ vorgestellt, es beinhaltet einen Vorschlag zum Flächenwidmungsplan, sowie eine Gliederung des gesamten Stadtgebietes. Dieses Konzept bildete die Grundlage für die weiteren Leitbilder.
- 1972/73 entstanden erstmals Vorstellungen zur räumlichen Entwicklung von Wien.

Zu Beginn des Ersten Weltkrieges war Wien die viertgrößte Stadt der Welt und zählte rund 2,1 Millionen Einwohner. Nach dem Ersten Weltkrieg hatte die Stadt etwa 200.000 Einwohner weniger. In den 50er-Jahren war die gesamte Region von großen Geburtendefiziten geplagt, jedoch durch großen Zuzug aus anderen Bundesländern, sowie aus dem Ausland konnte Wien vor einem Rückgang der Einwohnerzahl bewahrt werden. Im Jahr 1987 erlitt Wien einen Einwohnertiefstand mit 1.484.885 Personen, seither steigt die Einwohneranzahl stetig an und soll bis etwa 2050 die Zwei-Millionen-Einwohner-Grenze erreichen. Verantwortlich für den Wachstum der Stadt ist der große Zuzug aus dem In- und Ausland.

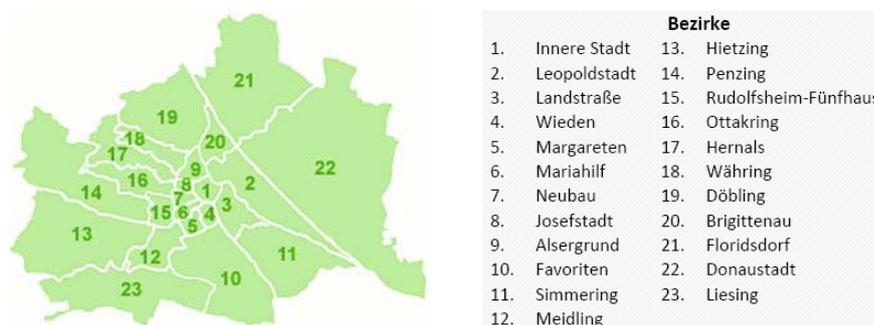


Abb. 3.3 Wiener Gemeindebezirke

Wie die unten stehende Abbildung zeigt, war ein deutlicher Rückgang der Bevölkerung in den inneren Bezirken in den Jahren 1991 bis 2001 zu verzeichnen. Dieser betraf insbesondere die innerhalb des sogenannten „Gürtels“ liegenden Stadtbezirke, also jenen Stadtbereichen in denen besonders viele Gründerzeitbauten liegen. Die Stadtplanung ist daher bemüht den Stadtkern wieder zu beleben.

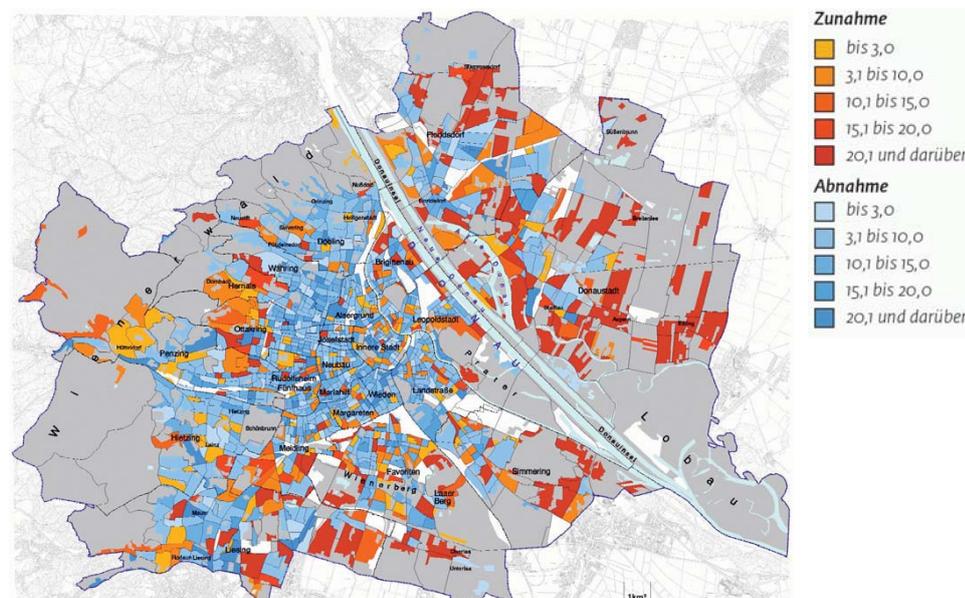


Abb. 3.4 Bevölkerungsentwicklung 1991 - 2001 [17]

Im Hauptszenario laut Statistik Austria steigt, welches mittlere Prognoseannahmen für Fertilität, Migration und Mortalität annimmt, die Einwohnerzahl Wiens stetig an und wird im Jahr 2038 die Zwei-Millionen Grenze übersteigen. In andere Szenarien steigt bis 2050 die Bevölkerungszahl auf etwa 1,9 und 2,5 Millionen an. Im nachstehenden Diagramm lassen sich die verschiedenen Entwicklungsszenarien ablesen.

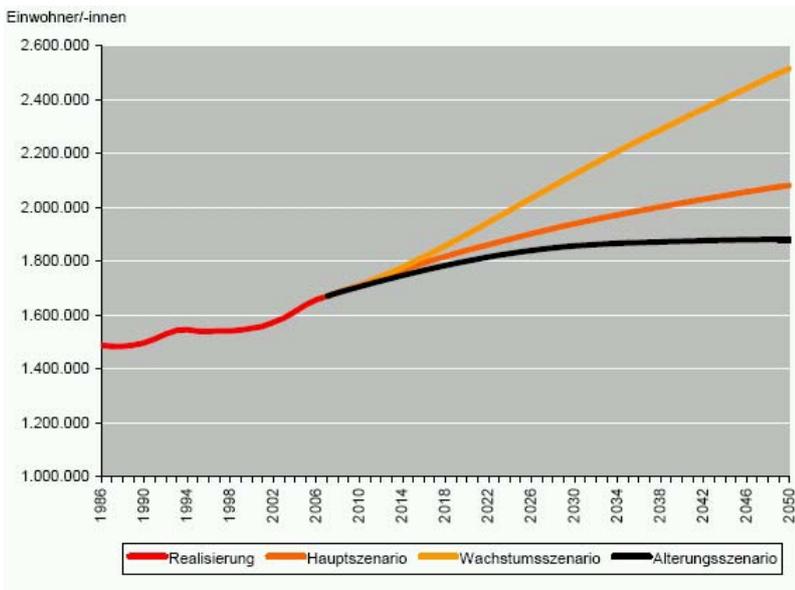


Abb. 3.5 ausgewählte Szenarien der Bevölkerungsprognose [4]

Neben dem Hauptszenario entstehen durch Kombination bestimmter Annahmevarianten verschiedene Alternativszenarien, die den Rahmen einer denkbaren Bevölkerungsentwicklung abdecken. Das Wachstumsszenario nimmt eine hohe Fertilitäts-, Migrations- und Mortalitätsrate an. Das Alterungsszenario beschreibt hingegen den Fall, bei dem eine hohe Lebenserwartung, niedrige Fertilität und niedrige Zuwanderung zu erwarten sind.

In der oben erwähnten Prognose behält Wien die Stellung als das Bundesland mit dem stärksten Bevölkerungswachstum und entwickelt sich zum demographisch jüngsten Bundesland. Im Hauptszenario wird in Wien bis 2050 eine Bevölkerungszunahme um fast ein Viertel erwartet, während der Zuwachs im restlichen Österreich nur bei 14,5% liegen dürfte.

### 3. 1. 3 Stadtentwicklungsplan Wien - STEP05

[16],[17]

Der Stadtentwicklungsplan Wien (STEP05, 2005) baut auf den Stadtentwicklungsberichten und -plänen aus den vorangegangenen Jahren auf. Das räumliche Leitbild der Stadt Wien befasst sich dabei mit zwei Leitvorstellungen, die aufzeigen, wo es gilt den Bestand zu bewahren und wo städtebauliche Entwicklung möglich und erwünscht ist [17].

Vorrangig dabei sind die Sicherung und der Ausbau von Lebensqualität in der Stadt, um dadurch eine kompakte Entwicklung der Stadtstruktur zu erzielen. Die wichtigsten Ziele des STEP05 sind es, die bauliche Entwicklung entlang bestehender und leistungsfähiger Infrastruktur zu konzentrieren, mit der Ressource „Boden“ sparsam umzugehen und die soziale Durchmischung zu fördern.

Die Handlungsfelder der Stadtentwicklung umfassen mehrere Betätigungsfelder, wobei in der Folge lediglich auf den Bereich „Wohnen“ eingegangen wird.

Ende des 20. Jahrhunderts kam es aufgrund der hohen Bevölkerungsentwicklung vermehrt zu Wohnbautätigkeiten. Die Wohnbauleistung (geförderte und frei finanzierte Wohnungen) betrug in den Jahren 1989 bis 1993 rund 6.000 Wohnungen/Jahr, 1994 bis 2000 wurde die Wohnbauleistung fast verdoppelt und betrug damit rund 12.000 Wohnungen/Jahr. In diesen Jahren konnte die Stadt Wien auch einen Rückgang von mehr als 2.300 Wohnungen/Jahr verzeichnen, davon rund ein 1/4 in den inneren Stadtbezirken. Zurückzuführen ist dies auf die Änderung der Wohnbedürfnisse (Änderung der Haushaltsstruktur und die steigende Wohnfläche pro Kopf), sowie eine bauliche Veränderung bzw. Nutzungsänderung im Bestand (Abbruch von Wohnungen oder Wohnungszusammenlegungen). Bis 2011 wird in den inneren Bezirken der Stadt Wien ein Rückgang von mehr als 30.000 Bewohnern erwartet. In den Jahren 2001 bis 2004 konnte eine Wohnbauleistung von 6.000 Wohnungen/Jahr erreicht werden. Die Schwerpunkte der Bautätigkeiten lagen vor allem im Nordosten (21. und 22. Bezirk) und im Süden (10., 11. und 23. Bezirk). Ab 1997 kam es in den inneren Stadtteilen wieder vermehrt zu Bautätigkeiten.



Abb. 3.6 Wohnfläche in m² pro Kopf [17]

Die Wohnungsqualität verbesserte sich seit 1980 in den vorgründer- und gründerzeitlichen Wohngebieten (besonders in den Bezirken 5., 10., 12., 15., 16. und 17.). In diesen Gebiete lag der Anteil an Substandardwohnungen (Wohnungskategorie D: keine Wasserinstallationen oder WC) bei rund 20% des Gesamtwohnungsbestandes.



Abb. 3.7 Abbau an Substandardwohnungen [17]

Im Durchschnitt werden zukünftig 1,8 bis 2,3 Personen in einem Haushalt leben, dies ergibt bei der in Abschnitt 3. 1. 2 genannten Bevölkerungsentwicklung von Wien einen Wohnungsbedarf von rund 50.000 Wohnungen für den Zeitraum 2000-2020.

Die Veränderung der Wohnbedürfnisse stellt bestimmte Anforderungen an den Wohnraum, hier werden einige davon genannt [17]:

- steigende Nachfrage nach Klein- und Mittelwohnungen (60 - 80m<sup>2</sup>)
- hohe qualitative Erwartungen an die Wohnungsmerkmale,
- Infrastruktur und Dienstleistungsangebote im Wohnbereich und im Wohnumfeld

Der STEP05 geht auf diese Anforderungen ein und versucht mit einer Wohnbauleistung von 6.000 geförderten Wohnungen/Jahr den zukünftigen Wohnungsbedarf zu decken. Diese Wohnbauleistung soll vor allem in den Gründerzeitvierteln der Stadt umgesetzt werden, attraktiviert wird dies durch Zuschüsse und Förderungen. Bis 2010 sollen im 5., 10., 12., 15., 16. und 17. Bezirk insgesamt 28.000 Wohnungen saniert werden.

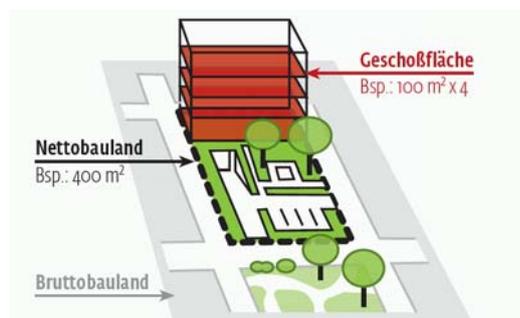


Abb. 3.8 Gründerzeitliche Blockrandbebauung [17]

In den vergangenen Jahren entstand, vor allem in den Gründerzeitvierteln, ein Trend zu Objektsanierung. Dabei kam es oft zu Wohnungszusammenlegungen, die zu einer Verringerung der Wohndichte in den inneren Bezirken führte. Die Abwanderung der Bevölkerung soll durch Schaffung von neuen attraktiven Wohnraum verringert werden. Um eine nachhaltige Stadtentwicklung umzusetzen, ist es daher ein primäres Ziel eine ausgewogene Stadtstruktur zu schaffen, in der eine gleichmäßige Verteilung von „Arbeit“ und „Wohnen“ im Bestand herrscht. Nur so können die vorhandene Ressourcen geschont und die vorhandenen Infrastrukturen besser genutzt werden.

Das STEP05 enthält ein Leitbild der baulichen Entwicklung Wiens. Primäres Ziel dieses Leitbildes ist es, die bauliche Entwicklung nach außen hin zu begrenzen und in den inneren Stadtteilen eine hohe Bewohnerdichte und eine Achsenbildung um die öffentlichen Verkehrsmittel zu erzielen.

Die Stadt Wien strebt eine Bebauungsdichte mit einer Mindest-Nettogeschossflächenzahl (NGFZ) von 2,0 an. Die Nettogeschossflächenzahl in einem Gebiet kennzeichnet die erzielbare Geschossfläche. Sie beschreibt das Verhältnis zwischen der erzielbaren Geschossfläche und den für Bauzwecke gewidmeten Grundstücksflächen (Nettobauland). [17] In dicht bebauten Gebieten, wie in den Gründerzeitvierteln, ist eine NGFZ von 3,0 vorgesehen. Eine Nettogeschossflächenzahl von 2,0 entspricht dabei einer geschlossenen Bauweise von mindesten 3 bis 4 Geschossen.



$$NGFZ = \frac{\text{Geschossfläche}}{\text{Nettobauland}}$$

Abb. 3.9 Beispiel Nettogeschossflächenzahl [17]

Die nachfolgende Abbildung zeigt das angestrebte Dichtemodell des STEP05 für die Stadt Wien.

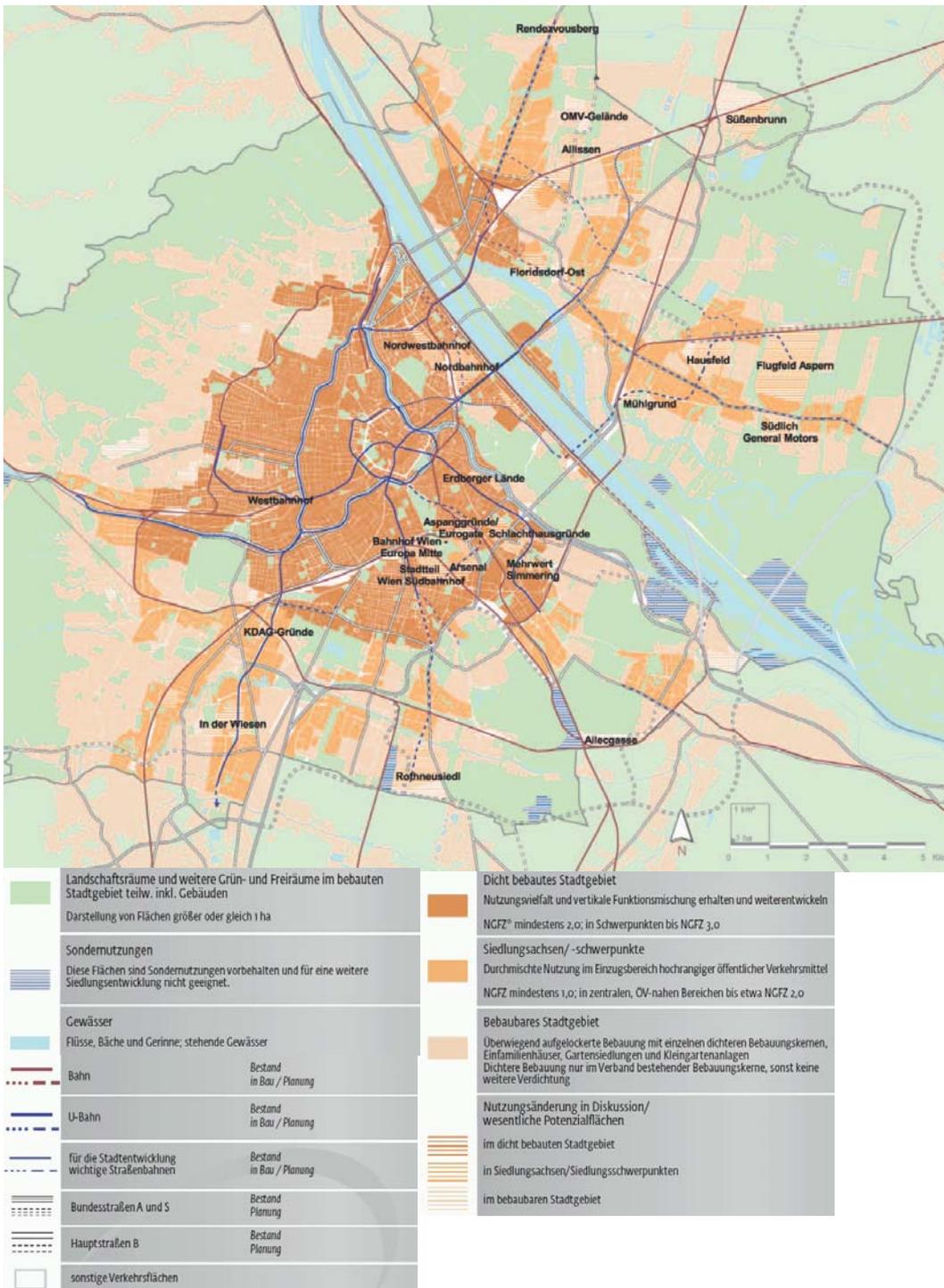


Abb. 3.10 Leitbild - bauliche Entwicklung [17]

Die städtebauliche Struktur Wiens ist durch verschiedene Bebauungstypen charakterisiert. Diese bieten unterschiedliche Attraktivitäten und Gestaltungsmöglichkeiten in Bezug auf architektonische Gestaltung der Gebäude und Umsetzung der Ziele des STEP05. Vorrangig wird im Weiteren auf die inneren Bezirke eingegangen.

- **Innere Stadt (1. Bezirk), die City**

Der Erste Wiener Gemeindebezirk ist das kulturelle und historische Zentrum der Stadt. 20% der Arbeitsplätze und 1,1% der Wiener Bevölkerung wohnen in der Innere Stadt.



Abb. 3.11 typische Bebauung in der Inneren Stadt

Ein Rückgang der Hauptwohnsitze im 1. Bezirk ist auf Grund der gegebenen Wohnsituation zu verzeichnen. Die Nachnutzung der leer stehenden Gebäude ist eine Herausforderung für die Stadtverwaltung, da die gesamte Innenstadt unter Denkmalschutz steht. Die bauliche Tätigkeit befasst sich, auf Grund der Rahmenbedingungen (Denkmalschutz und dem Weltkulturerbe) großteils mit Sanierungen, Um- und Zubauten. Neubauten werden dagegen nur sehr wenige umgesetzt. In den vergangenen Jahren stieg die Qualität des Wohnungsbestandes deutlich an und forcierte so einen hochwertigen Wohnungsmarkt. Die Steigerung der Wohnungsqualität resultierte dabei vorwiegend aus Dachgeschossausbauten und Wohnungszusammenlegungen.

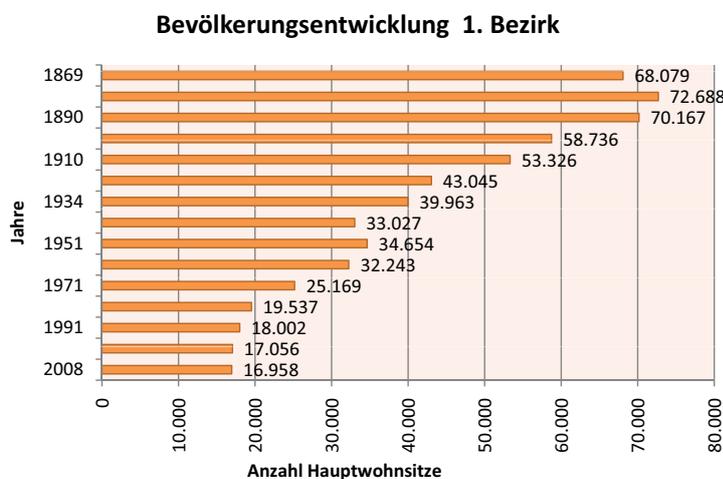


Abb. 3.12 Bevölkerungsentwicklung im 1. Bezirk [5]

Als primäre Ziele für diesen Stadtteil gilt es die historische Altstadt zu erhalten, die Dachlandschaft vor Eingriffen zu schützen, die Innenstadt durch attraktives Angebot zu beleben, und damit auch den Wohnstandort an sich zu attraktivieren. Die Wiener Dachlandschaft wurde wie oben schon erwähnt in den vergangenen Jahren durch Dachgeschossausbauten beeinflusst. Die Schaffung rechtlicher Voraussetzung für einen maßvollen Ausbau von Dachgeschosswohnungen [17] gilt als eine der wichtigsten Maßnahmen im STEPO5, nur dadurch kann das Stadtbild geschützt und die Steigerung der Wohndichte erzielt werden.

- **Wohngelände im dicht bebauten Gebiet, Gründerzeitviertel**  
(5., 10., 12., 15., 16. und 17. Bezirk)

Diese Stadtgebiete gewährleisten die Funktion des Wohnens, des Handels und der Nahversorgung, Dienstleistungen und sichern ein dichtes Netz von sozialen Einrichtungen [17]. Ziel des Stadtentwicklungsplanes ist es, diese Gebiete zu erhalten und sie an die modernen Anforderungen anzupassen. In den vergangenen Jahren kam es zu einer Aufwertung dieser Viertel auf Grund von Sanierungen des Bestandes sowie zu einer Attraktivierung des Wohnungsangebotes. Eine weitere Intention der Stadt ist es, jüngere Bevölkerungsschichten in diesen Stadtteilen anzusiedeln und die Abwanderung vermöglicher Schichten zu verhindern.

Die Stärken des Gründerzeitbestandes werden in [17] erläutert und lassen sich durch eine

- weit gehend nutzungsneutrale konstruktive Primärstruktur, ein großes Nutzungs- und Anpassungspotenzial (d.h. für Eignung für unterschiedliche Wohnformen, Büros, Ordinationen, Dienstleistungsbetriebe, Kleingewerbe, etc.),
- öffentliche Nutzbarkeit der Erdgeschosszonen und
- teilweise große Ausbau- und Gestaltungspotenziale in den Dachgeschossbereichen, die auch durch gezielte Förderungen schwerpunktmäßig entwickelt werden sollen

charakterisieren.

Diesen Stärken stehen folgenden Nachteile gegenüber: [17]

- hohe Dichten, die vor allem durch die schlechte Nutzbarkeit der Flächen in den Höfen verschärft wirken,
- wenig öffentliche Grünflächen,
- ungünstige Belichtungsverhältnisse in den unteren Stockwerken,
- nur auf Dachgeschossbereiche eingeschränkte Möglichkeit Terrassen, Loggien oder kleiner private Räume im Grünen zu schaffen,

- bei Umstrukturierungen teilweise hohe Abstimmungs- und Verhandlungsaufwand durch die große Anzahl der einzubeziehenden Nutzer, Nachbarn und Vertragspartner, sowie einem
- Mangel an PKW-Stellplätzen.



Abb. 3.13 Erdgeschosszonen des Gründerzeithauses [17]

Um eine Erhöhung der Wohndichte in den Gründerzeitvierteln zu erreichen muss ein moderner Wohn- und Wohnumfeldstandard geschaffen werden. Zusätzlich ist die Schaffung und Erhaltung von Grünflächen, die Ansiedlung von Betrieben und Dienstleistungsunternehmen zu forcieren. Um optimale Lösungen für die Erhaltung der historischen Bausubstanz zu finden, sollten die Bewohner und die angesiedelten Betriebe bei Baumaßnahmen miteinbezogen werden, dadurch bleiben die urbanen Qualitäten und unterschiedliche Sozialstrukturen der Gründerzeitviertel erhalten.

Die Berücksichtigung folgender Maßnahmen sollte erfolgen [17]:

- Schwerpunktprojekte mit Ausstrahlungs- und Impulswirkung im Nahbereich,
- zur Qualitätssicherung sollen Regeln zur baulichen Weiterentwicklung des dicht bebauten Stadtgebietes entwickelt werden, die im Falle eines Neubaus bzw. der Sanierung zur Anwendung kommen sollen und eine adäquate Weiterentwicklung sicherstellen und
- im Falle von Sanierung/Dachgeschossausbauten sollte der Attraktivierung der Erdgeschosszonen gegenüber zusätzlichen Pkw-Stellplätzen bzw. sonstigen Abstellräumen der Vorzug gegeben werden.



Abb. 3.14 Hofseite eines Gründerzeithauses nach einer Sanierung [17]

In den vergangenen Jahren wurden Studien durchgeführt, deren Ziel es war, die vorhandenen Vor- bzw. Nachteile stärker hervorzuheben.

Die gründerzeitliche Bausubstanz ist ein maßgebendes Element der Wiener Stadtgestalt und prägt die Dachlandschaft. Dachgeschossausbauten rückten in den vergangenen Jahren vermehrt ins Blickfeld, da sie einschneidende Veränderungen im Stadtbild bewirken können. Wie in [17] beschrieben: „Dachausbauten sind Veränderungen in einer manchmal sehr sensiblen Zone des Stadtbildes, der Ebene über den Gesimsen, weshalb die Gestaltung und Dimensionierung dieser Bauform von großer Bedeutung ist“. Im STEPO5 wird vermehrt auf die Problematik Dachlandschaft - Dachgeschossausbau eingegangen und versucht Regelungen zu finden, die einen maßvollen Dachausbau zulassen.

## 3. 2 Stadt Graz

[4],[5],[6],[7],[8],[9],[14]

Die Murmetropole Graz liegt rund um den Grazer Schloßberg und besticht mit hoher Lebensqualität, als Zentrum von Wissenschaft und Forschung, beruflichen Entfaltungsmöglichkeiten und mit etlichen Kultur- und Erholungsmöglichkeiten. Mit 01.10.2009 zählt Graz 256.586 Einwohner (Hauptwohnsitze, [4]) und ist damit die zweitgrößte Stadt Österreichs. Mit einer Fläche von 127,58 km<sup>2</sup>, davon sind rund 40 Prozent Grünflächen, kann man die steirische Landeshauptstadt als eine der grünsten Städte Österreichs bezeichnen.

### 3. 2. 1 Stadtbild

Am Grazer Stadtbild lassen sich die Einflüsse aus verschiedensten europäischen Kulturepochen ablesen, hier haben sich romanische und slawische und natürlich germanisch-alpine Einflüsse zu einem unverwechselbaren Charakter verbunden. In den vergangenen Jahrhunderten prägten unter anderem viele italienische Baumeister die Stadt mit ihrem unverwechselbaren Baustil. Wer die Innenstadt durchwandert, kann diesen Charakter an den Gebäuden der Gotik, der Renaissance, des Barock, des Historismus bis hin zum Jugendstil ablesen. Franz Grillparzer beschrieb die steirische Landeshauptstadt 1819: „Grätz, herrlich umgeben, macht wenn man aus den Bergen kommt, den Eindruck, als ob man zum Frieden komme aus dem Krieg. Der Schlossberg überragt es wie ein Beschützer. Die Stadt ist groß, die Gassen eng, das Pflaster schlecht. „ [8]



Abb. 3.15 Blick über die Grazer Altstadt

Die Grazer Altstadt bildet eines der größten geschlossenen Ensembles des deutschen Sprachraumes und wurde 1999 von der UNESCO in die Liste der Weltkulturerbe aufgenommen.

### 3. 2. 2 Die Grazer Stadtentwicklung

[4],[5],[7],[8]

Anhand der Grazer Stadtgeschichte lassen sich die maßgeblichen Schritte der Stadtentwicklung chronologisch einfach und übersichtlich darstellen. Die städtebauliche Umgestaltung und Erweiterung von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis zum Ende des Ersten Weltkrieges erfolgte planmäßig und ist im Vergleich zu anderen europäischen Städten als vorbildlich anzusehen.

Erstmals wurde Graz im Jahr 1128 urkundlich erwähnt und rund 250 Jahre später zur Hauptstadt von Innerösterreich (die heutige Steiermark und Kärnten, sowie Teile des heutigen Italien und Sloweniens) ernannt und damit zum Sitz der Habsburger bis in das 17. Jahrhundert. In Napoleonischer Zeit musste die Befestigung des Schloßberges abgetragen werden, jedoch konnte der Uhrturm und Glockenturm dank einer Bürgerinitiative vom Abbruch verschont werden. In diesen Zeiten war Graz von vielen Basteien umgeben, die Murtore und das Innere Paulustor wurden auf Grund des stark anwachsenden Verkehrs abgetragen. Mehrere Brücken überspannten die damals noch nicht regulierte Mur und verbanden Stadtkern mit der Murvorstadt, die die heutigen Bezirke Lend und Gries umfassten. Ein tiefer Stadtgraben, der Glacis, umschloss die Basteien im Stadttinneren, er trennte die Kernstadt von den Vorstädten.

In Zeiten des Vormärz (1815 - 1849) hatte sich die innere Stadt bedeutend geändert. Im Stadttinneren befanden sich alle öffentlichen Gebäude und die bedeutendste moderne Platzanlage, der Franzensplatz (heute Freiheitsplatz). Im Süden bildeten, die an das Joanneum angeschlossenen Gartenanlagen und der Kleine Glacis den Rand der Kernstadt.

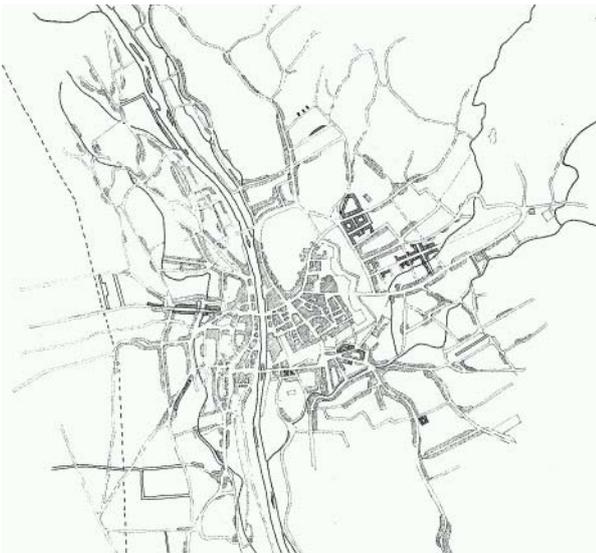


Abb. 3.16 Stadterweiterung von Graz 1843 bis 1852 [7]  
Die Stadterweiterung ist in stärkeren Druck hervorgehoben.

Durch Initiative einiger Grundbesitzer und Bauunternehmer hatte in den östlich gelegenen Stadtgebieten eine einheitliche Bebauung mit urbanem Charakter begonnen, welche die alte, legere Form der Bebauung mit Landsitzen, ausgedehnten Gärten und meist nur eingeschossigen Häuser, abzulösen. Die ersten Bauten dieses Typs entstanden am Rand des Glacis und bildeten regelmäßige, gleich hohe, drei- bis viergeschossige Straßenzüge mit zeilenförmiger Randbebauung und Grünflächen im Hofinneren. Städtebauliche Maßnahmen wurden zur dieser Zeit von der Stadthalterei angeordnet. Zum Zeitpunkt der Erlassung der ersten Bauordnung (1856), erhielt die Stadtverwaltung die Möglichkeit direkt in die städtebaulichen Maßnahmen einzugreifen und konnte so unmittelbar auf die Stadtentwicklung und -erweiterung Einfluss nehmen. In dieser Bauordnung griff man die Architektur des oben erwähnten neuen Baustils auf.

Wie aus dem Inhalt von [6] zu entnehmen ist:

„Mittelst hoher Gubernialverordnung angeordnet: dass sich im Pomorio von Grätz keine Häuser mit bloßem Erdgeschosse erbaut werden dürfen, dass sie in geschlossenen Reihen ohne Unterbrechung aneinander gebaut, die Fußboden der ebenerdigen Wohnungen um 1-1 1/2 Schuh über den höchsten Punkt des Trottoirniveaus erhöht, vor den Häusern Trottoirs gelegt, und Dachrinnen und Abzugschläuche an ihnen angebracht, die Zimmer nicht unter 10 Fuß hoch, die Wirtschafts- von den Wohngebäuden getrennt sein sollten. ...“

Mit dem Neoabsolutismus (1851-1867) entwickelte sich Graz nach den Prinzipien des Vormärz, jedoch unter der Anwendung der neuen Bauordnung. In diesen Zeitabschnitt konzentrierte sich die Bautätigkeit auf die östlichen Vorstädte Geidorf und St. Leonhard. An den bedeutendsten städtebaulichen Maßnahmen und an der Stadtentwicklung hatte der 1853 ernannte Landesbaudirektor Martin Ritter von Kink einen wesentlichen Anteil. Kinks Hauptanliegen war es, einen Anschluss des alten Stadtkerns an das damalige Stadterweiterungsgebiet im Osten und im Süden der Stadt herzustellen. Die Höhepunkte der baulichen Entwicklung der Stadt Graz sind im Zeitraum von 1853-1867 anzusiedeln, hier ereignete sich eine umfassende und einschneidende Veränderung des Stadtbildes.

Die Industrialisierung und der allgemeine wirtschaftliche Aufschwung hatten einen starke Bevölkerungsentwicklung zu Folge, der unmittelbarer Anlass für die bauliche Entwicklung war. In den Jahren 1840 bis 1869, wuchs die Bevölkerungszahl von rund 46.900 auf rund 81.200. Die Anzahl der bewohnten Häuser stieg in diesem Zeitraum von 3038 auf 3535, in den folgenden 30 Jahren steigerte sich die Bevölkerungsanzahl nochmals um rund 35.000 Personen, die Anzahl der Gebäude nahm um 500 Häuser zu.

Als frühe Gründerzeit bezeichnet man die zwei Jahrzehnte von 1850 bis 1870, in diesen Jahren nehmen der soziale Aufbau und die Funktion der Grazer Stadtbezirke bleibende Formen an. In den Jahren 1869 und 1890 kommt es, entsprechend dem wirtschaftlichen Aufschwung, zu einer stärkeren Neubautätigkeit und Zuwanderung.



Abb. 3.17 Stadterweiterung von Graz 1872 bis 1894 [7]  
Die Stadterweiterung ist in stärkeren Druck hervorgehoben

Die neue Bauordnung des Jahres 1867 erweiterte die Kompetenzen der Stadtverwaltung. Seither konnte die Stadt selbst über ihre Gestaltung entscheiden. Die Bebauung und Ausführung der Häuser werden durch detaillierte formulierte Vorschriften reglementiert.

Ein Auszug aus [7] gibt davon einen Eindruck:

„Die Höhe der Wohnhäuser darf von dem Strassenniveau bis zum Dachsaume 13 Klafter (1 Klafter entspricht 1,8965 m) nicht überschreiten. Bei abfallendem Terrain hat diese Höhe für den obersten Punkt desselben zu gelten. Gewölbte Localitäten müssen im Lichten wenigstens 10 Schuh, Localitäten mit gerader Decke aber mindestens 9 Schuh hoch sein. Die Zahl der Stockwerke bleibt bei Einhaltung obriger Normalhöhen der Wahl des Bauherrn überlassen, doch dürfen die Häuser in keinem Falle über dem Erdgeschoss mehr als vier Stockwerke besitzen, wobei Mezzaninen auch als Stockwerke gerechnet werden.“ (§ 36)

„Die Wahl des Baustyles für das Gebäude bleibt dem Bauherrn überlassen, jedoch ist sich bei Verfassung der Projekte der Gassenfacaden wenigstens im Allgemeinen an die Regeln des gewählten Baustyles zu halten und jede geschmacklose Verzierung zu vermeiden. Es steht in dieser Beziehung der Baubehörde das Recht zu, auffallende architektonische Fehler in den Plänen der Facaden dem Bauherrn zu bezeichnen und auf deren Beseitigung zu dringen. Greller Farbenanstrich der Facaden ist ausdrücklich verboten.“ (§ 56)

„Der Stadtmagistrat prüft bei allen seiner Competenz überwiesenen Bauten die Bauplä-

ne, wobei der sich genau an die Vorschriften dieser Bauordnung zuhalten und die Anforderungen des guten Geschmackes insoweit zu berücksichtigen hat, daß kein Bau gestattet werde, der für sich oder in Verbindung mit den umliegenden Gebäuden der Strasse oder mit dem platze, wo er geführt wird, ein verunstaltendes Aussehen geben würde.“ (§64)

Im Vergleich zu der vorhergegangenen Bauordnung des Jahres 1856 ist ein gewisser Rückschritt hinsichtlich der Herstellung möglichst vorteilhafter Wohnbedingungen festzustellen. Der Ausbau von Dächern zu Dachwohnungen und Kellerwohnungen werden gestattet. Durch eine Vielzahl von Paragraphen wird es ermöglicht Substandardwohnungen zu errichten.

In der sogenannten „Hohen Gründerzeit“ (um 1880) kommt es zu einer Zunahme von Industrie Gründungen. Die Einwohnerzahl erhöht sich in diesem Zeitabschnitt um etwa 30.000 und die Anzahl der bewohnten Häuser nimmt um rund 1000 zu. Die Stadtverwaltung plant technische Eingriffe, welche die Stadt vor Naturgewalten schützen und die hygienischen Bedingungen verbessern sollte. Darunter fallen die Regulierung der Mur und die Errichtung eines Kanalnetzes. Die Zeitspanne von 1885 bis 1914 kann als die letzte Phase der gründerzeitlichen Entwicklung der Stadt Graz angesehen werden, in ihr steigt die Bevölkerung auf knapp 151.180 Personen an. Um 1910 betrug die Zahl der Wohnhäuser 5864. Die Bautätigkeiten der Stadt Graz erstrecken sich in dieser Zeit auf die ganze Stadt und es entstehen zahlreiche öffentliche Bauten. Die Stadt errichtet am rechten Murufer den Zentralfriedhof und etliche Bildungseinrichtungen, vor allem Volksschulen. Das Landeskrankenhaus in St. Leonhard kann als die bedeutendste Bauleistung betrachtet werden. Durch den Bau der Technischen Hochschule (1884 bis 1889) und der Universität (1890 bis 1894) wird Graz zur Bildungs- und Universitätsstadt.



Abb. 3.18 Stadterweiterung von Graz 1894 bis 1911 [7]  
Die Stadterweiterung ist in stärkeren Druck hervorgehoben

### 3. 2. 3 Die Grazer Bevölkerungsentwicklung

[4],[5],[7],[8]

In der Gründerzeit erfolgte die Entwicklung von Graz aufgrund des großen Einzugsgebietes und durch erfolgte Eingemeindung von Nachbarorten relativ rasch. 1869 bewohnten rund 81.120 Menschen, damit rund doppelt soviel wie ein Jahrhundert zuvor, die Stadt. 1910 war Graz hinter Wien, Prag, Triest und Kemberg, die viertgrößte Stadt des nördlichen und östlichen Teils der Österreichischen-Ungarischen Monarchie. Die Grazer Stadterweiterung ist um 1910 großteils abgeschlossen. Die Grazer Stadtentwicklung zeichnet sich durch eine ständige Integration von Ideen aus dem Vormärz, die Grünflächenpolitik und die Bauordnungen aus.

Das unten stehende Diagramm zeigt die Grazer Bevölkerungsentwicklung seit 1470.

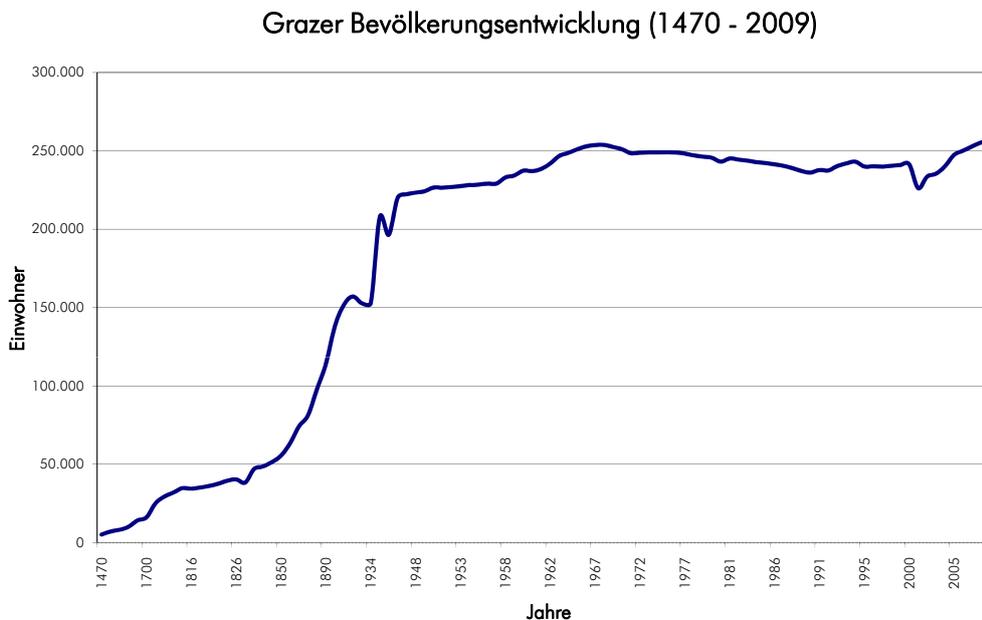


Abb. 3.19 Bevölkerungsentwicklung der Stadt Graz von 1470 bis 2009 [5]

Die ersten Bevölkerungsschätzungen stammen aus dem Jahr 1470. Die damalige Einwohneranzahl von Graz betrug rund 5.000 Personen. In Laufe der Jahrzehnte stieg die Zahl kontinuierlich an und erreichte im Jahr 1880 knapp die 100.000-Einwohnergrenze. Am 31.12.1880 wurde die Erste Volkszählung in der Geschichte von Graz beendet, die Stadt schrieb damals eine Einwohnerzahl von 97.791 Personen. Die Volkszählungen wurden in den kommenden Jahren nicht regelmäßig durchgeführt. Erst ab 1945 fanden diese kontinuierlich statt. Durch natürlichen Zuwachs, aber auch durch die Eingemeindung von Nachbarorten im Jahre 1938 nahm die Grazer Bevölkerung stetig zu. Von den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts bis 2001 verzeichnete Graz einen geringen Rückgang der Einwohnerzahl. Ein Grund dafür war die Abwanderung von Bewohner in die angrenzenden Umlandgemeinden. Obwohl in diesen Jahrzehnten die Einwohnerzahl abnahm,

verzeichnete die Stadt Graz eine Zunahme der Bevölkerung durch Zweitwohnsitze. Erst seit 2001 gibt es wieder eine Steigerung der Hauptwohnsitze. Seit 01.10.2009 zählt Graz 256.586 Personen (Hauptwohnsitze, [4]) und ist damit die zweitgrößte Stadt Österreichs.

### 3. 2. 4 Stadtentwicklungsplan

[8],[9]

Wie jede andere Stadt ist auch Graz bemüht seinen Bewohnern ein angenehmes und komfortables Leben zu ermöglichen. Ein wichtiges Instrument der Grazer Stadtpolitik zur Steuerung der Stadtentwicklung stellt das räumliche Leitbild (RLB) dar. Dieses wurde im Zuge einer Revision des Flächenwidmungsplanes und des Stadtentwicklungskonzeptes (STEK) erarbeitet. Das räumliche Leitbild legt

- die Rahmenbedingungen für die baulich-räumliche Entwicklung des Stadtraumes [8]

und

- die gebietsbezogene Leitlinie für diese Entwicklung auf der Basis von Bereichstypen [8]

fest.

Mit der Fertigstellung des räumlichen Leitbildes wurde dieses in das neue Stadtentwicklungskonzept (3.0 STEK) und im neuen Flächenwidmungsplan (3.0 Flächenwidmungsplan) integriert.

Ein erklärtes Ziel der Grazer Stadtentwicklungspolitik ist es, das Aussterben des Stadtkernes zu verhindern bzw. dieses zu beleben. Weiters soll die Anzahl der Hauptwohnsitze gesteigert werden. Die Innenstadt dient als Zentrum für Arbeit, Versorgung, Ausbildung, kulturelle Aktivitäten und Unterhaltung. Als Wohnort wird mittlerweile jedoch das stadtnahe Umland bevorzugt. Eine große Problematik besteht in diesem Zusammenhang in der Ausdünnung der Infrastruktur. Das Stadtentwicklungskonzept 3.0 STEK (2001) wirkt dieser Dynamik entgegen. Im Sachprogramm „Wohnen“ (vom 04.07.1996) werden erstmals konkrete wohnbaupolitische und städtebauliche Zielsetzungen und Strategien erwähnt und definiert.

Wesentliche Zielsetzungen des 3.0 STEK sind: [9]

- die Abstimmung und Lenkung des Wohnbaues mit den vorhandenen Infrastrukturen,
- die Abstimmung mit der Verkehrsplanung und die Minimierung der Auswirkungen des motorisierten Individualverkehrs und
- das forcieren flächensparender Bauweisen.

Die Stadtplanung legt ein großes Augenmerk auf die Infrastruktur. Vor allem im Stadtkern ist diese flächendeckend vorhanden. Durch eine Belebung des Stadtkernes infolge Zuzuges, wie es z.B. durch Dachgeschossausbauten entsteht, könnte die vorhandene soziale und technische Infrastruktur optimal genutzt werden. Durch den gezielten Einsatz von Wohnbauförderungen kann die Siedlungstätigkeit durchaus gelenkt werden. Weiters ist eine Verbesserung im Bereich „Wohnen“ unumgänglich. Dies bedeutet eine Verbesserung in der Gestaltung des Wohnumfeldes. Folgende Punkte sieht das 3.0 STEK vor [9], dazu z.B. :

- das Anlegen zusätzlicher Grünbereiche in dicht bebauten Stadtgebieten,
- die Schaffung weiterer Wohnbereichsparks auch durch Förderung privater Interessensgemeinschaften und
- der verstärkte Abstimmung der Verkehrsplanung und der benötigten sozialen Infrastruktur.

Im Jahr 2008 wurde das 3.0 STEK überarbeitet. Die oben genannten Ziele bleiben auch im neuen Stadtentwicklungskonzept 4.0 STEK erhalten. Die Grazer Stadtplanung strebt auch zukünftig verstärkt ein Wachstum in infrastrukturell gut versorgten Gebieten an. Durch den starken Zuzug aus dem Umland ist die Stadtplanung verpflichtet neuen Wohnraum zu schaffen. Vorrangig soll dies durch Nachverdichtung in bebauten Gebieten umgesetzt werden, wie es durch den Dachgeschossausbau ermöglicht wird. Dadurch verdichtet sich das Stadtgebiet, wodurch eine Zersiedelung der Stadtlandschaft vermieden wird.

Die Grazer Stadtpolitik ist sich durchaus bewusst, dass sie Trends, wie es zur Zeit der Dachausbau ist, nicht verhindern kann, jedoch kann sie durch definierte Rahmenbedingungen das Stadtbild erhalten. Das räumliche Leitbild versucht auf solche Trends bestmöglich zu reagieren. Die Erhaltung bestehender räumlicher und inhaltlicher Strukturen steht im Vordergrund und ist erklärtes Ziel der Stadt. Wie schon im Stadterhaltungskonzept STEK 90 (1990) erkenntlich ist, soll die vorhandene Stadtstruktur bewahrt und weitergeführt werden, denn nur so kann Graz seinen unverwechselbaren Charakter bewahren. Der Einfluss des räumlichen Leitbildes auf das Stadtentwicklungskonzept 3.0 STEK (2001) ist deutlich sichtbar. Damit wird auch ein Schritt in Richtung „Dachausbau“ gesetzt.

Im räumlichen Leitbild wird die Stadt systematisch in 15 Bereichstypen zerlegt. Diese Gliederung soll Handlungsspielräume, die zwischen Erhalten und Bewahren gegeben sind, aufzeigen. Zielsetzung dieser Gliederung ist es die 15 Bereichstypen vom IST-Zustand (Bestandstypen) in einem SOLL-Zustand überzuführen. Der IST-Zustand wurde durch eine Gliederung auf Basis von Baustruktur und Gebietsnutzung ermittelt. Der SOLL-Zustand stellt die zukünftige Stadtstruktur dar.

Folgende Bereichstypen IST wurden festgelegt: [8]

- Historische Altstadt,
- Vorstadtbereiche im Anschluss an die Altstadt,
- Vororte und dörfliche Strukturen,
- Bereiche mit Blockrandbebauung (weitgehend im Straßenraster),
- Villenviertel und offene mehrgeschossige Bebauung im Straßenraster,
- Wohnanlagen der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts: 1914 - 1945,
- Wohnanlagen der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts: 1945 - 2000,
- Uneinheitliche Wohnbebauung,
- Verdichtete Einfamilienhausgebiete,
- Gebiete mit frei stehenden Einfamilienhäusern des 20. Jahrhunderts,
- Großflächige Sondernutzungen,
- Gebiete für Handel, Dienstleistungen und Freizeitaktivitäten/Einkaufszentren,
- Gewerbe- und Industriegebiete,
- Mischgebiete mit Nutzungsdifferenzierung und
- Büro- und Dienstleistungskomplexe.

Nachfolgend werden nur die Bereichstypen näher erläutert, die für die Thematik „Dachgeschossausbauten“ relevant sind. Weiters wird auf den IST-, sowie auch den SOLL-Zustand eingegangen.

## Historische Altstadt

Dieser Bereich erstreckt sich innerhalb der ehemaligen bzw. bestehenden Festungsmauern mit mittelalterlicher bis vorgründerzeitlicher Baustruktur. Sie ist weitgehend ident mit der Schutzzone 1 des Grazer Altstadterhaltungsgesetzes (GAEG). Es findet sich ein einheitlicher Gebietscharakter und hohe Gestaltungsqualität. Das primäre Ziel ist es diesen Bereich zu erhalten.



Abb. 3.20 Historische Altstadt [8]

## Vorstadtgebiete im Anschluss an die Altstadt

Die historischen Vorstädte befinden sich direkt im Umkreis der historischen Altstadt. Diese Bereiche sind geprägt von einer mittelalterlichen Grundstruktur (vor allem die Straßennetze). Die Bausubstanz wurde in den vergangenen Jahren stark vernachlässigt, wodurch ein erhöhter Sanierungsbedarf, der ganze Blöcke betrifft, entstand.



Abb. 3.21 Vorstadtgebiete [8]

### Bereiche mit Blockrandbebauung (weitgehend im Straßenraster)

Es sind Vorgründer- und gründerzeitliche Bebauung vor 1914 anzutreffen, die meist direkt an die Altstadt und an die Vorstadtbereiche anschließen. In diesen Bereichen findet man auch Überschneidungen mit dem Grazer Altstadterhaltungsgesetz (GAEG).



Abb. 3.22 Blockrandbebauung [8]

### Villenviertel und offene mehrgeschossige Bebauung im Straßenraster

Die Stadtvillen stammen aus der Gründerzeit und sind direkt mit der Blockrandbebauung verflochten. Die Nutzung dieser Gebiete ist stark unterschiedlich.



Abb. 3.23 Villenviertel [8]

Die Bereichstypen SOLL beschäftigen sich mit der Frage, welche Gliederung die Stadt Graz in der Zukunft haben soll. Der Charakter dieser Gebiete wird definiert und durch festgelegte Zielsetzungen werden Maßnahmen zur Erhaltung gelegt. Weiters ist es wichtig die erforderlichen Aktivitäten und Strategien zur Umsetzung näher zu erläutern. Die Maßnahmen, welche für die Umsetzung vom „IST zum SOLL“ notwendig sind, gliedern sich in folgende Aktivitäten:

<p><b>Bewahren</b></p>	<p>Die Bestandssicherung der Bau- und Raumstruktur steht hier im Vordergrund. Es wird unterschieden zwischen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereichen in Schutzgebieten</li> </ul> <p>und</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereichen mit veränderbaren Nutzungen in funktionstüchtigen Baustrukturen mit gutem Bauzustand</li> </ul>
<p><b>Verändern</b></p>	<p>Bei Beachtung der Bau- und Raumstruktur kommt es zur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdichtung von Bereichen unter Beibehaltung des bisherigen Nutzung</li> </ul> <p>oder</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zur Veränderung der Nutzung innerhalb einer bestehenden Baustruktur</li> </ul>
<p><b>Entwickeln</b></p>	<p>Ein Neubeginn auf bisher</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• durch abbruchfreien</li> </ul> <p>oder</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• unbebauten Flächen</li> </ul>

Tab. 3.1 Umsetzungsstrategie: Bewahren - Verändern - Entwickeln [8]

Für die einzelnen Bereichstypen bedeutet dies im Detail:

### **Historische Altstadt und Vorstädte mit weitgehend geschlossener raumbegrenzender dichter Bebauung**

Der Charakter ist geprägt von einer weitgehend geschlossenen Bebauung. Straßen und Plätze werden durch die Objekte begrenzt. Die Zielsetzungen und die dazugehörigen Maßnahmen (nach [8]) sollen nachstehende Punkte bewahren und verändern/ergänzen:

- die Straßen- und Platzräume wie auch der Struktur und Dimension der historischen Bebauung
- Freihalten von Höfen; Erhöhung des Grünanteils; Neuordnung der Plätze
- Anpassung der Dimension von Neubebauung an das Umfeld
- mögliche Überschreitungen der Bebauungsdichte zur Wahrung des Stadtbildes
- Bauungsweise: geschlossen

Folgende Maßnahmen sollen den IST-Zustand in einen SOLL-Zustand überführen:

Die Erhaltung der Altstadt erfolgt nach den Vorgaben des GEAG. In diesem Fall ist besonderes Augenmerk auf die Dachlandschaft zu legen. Einschränkungen von Öffnungen in den geschlossenen Dachflächen sollen dies sicherstellen. Bei Tiefen- oder Höhenstaffelungen sind mit besonderen Gestaltungsmaßnahmen die sichtbaren Feuermauern miteinzubeziehen. Die bestehenden Höfe sind zu entkernen und dürfen nicht verbaut werden. Im Neubaufall sind die Gestaltungsprinzipien des jeweiligen Bereiches zu übernehmen. Zu beachten ist, dass die gegebenen Proportionen, Gebäudehöhen und die Baufluchten einzuhalten sind. Weiters soll im Bedarfsfall eine Aufwertung der bestehenden Gestaltqualität und der Straßenraumcharakteristik erfolgen. Das Nachahmen historischer Stile ist abzulehnen, da es zu einer Abwertung der Bausubstanz führt. Die neue Baugestalt soll sich in das bestehende Ensemble durch moderne und zeitgemäße Architektur schonend einfügen.

Die historischen Vorstädte sind weitgehend durch das GAEG geschützt. In der vorgründer- und gründerzeitlichen Substanz sollen die gegebenen Baufluchten und Gebäudehöhen eingehalten und fortgesetzt werden. Im Erhaltungsfall eines Objektes ist die Entwicklungsgeschichte des Ensembles sichtbar zu machen. Im Neubaufall ist eine Aufwertung des Ensembles unerlässlich und die Gestaltungsmerkmale sind zu übernehmen.

## Blockrandbebauung der Vorgründerzeit, der Gründerzeit und des 20. Jahrhunderts

Die Blockrandbebauung der Vorgründer- bis Gründerzeit und des 20. Jahrhunderts sind straßenraumbildend, besitzen begrünte Höfe oder Vorgärten. Das Straßenbild kann Alleen umfassen.

Die Zielsetzung der Stadtplanung ist es, dieses Bild zu bewahren und verändern bzw. zu ergänzen. Folgende Maßnahmen werden (nach [8]) getroffen:

- das städtebauliche Konzept mit der klaren Anordnung straßenbegleitender Bebauung und umschlossenen grünen Innenhöfen wird beibehalten,
- Hofentkernung, gegebenenfalls Auslagerung gebietsfremder Nutzungen,
- Beibehaltung der weitgehend einheitlichen Trauflinie; generelle Anpassung an das Umfeld,
- Erhalten des Grünbestandes und Wiedererrichtung von Vorgärten,
- mögliche Überschreitungen der Bebauungsdichte bei Baulückenbebauung,
- Versiegelungsgrad unbebauter Flächen max. 40%, sowie
- geschlossene Bauweise.

In den gründerzeitlichen Bereichen gilt Erhaltungsvorrang auf Grund der einheitlichen Charakteristik und Gestaltungsqualität. Bauliche Maßnahmen an der bestehenden Substanz sollen vorrangig Instandhaltung und Instandsetzung beinhalten. Bei Baulückenbebauungen (Neubau) sollen die wichtigsten Gestaltungs- und Gliederungsmerkmale übernommen werden. Die Gebäudefluchten sind dem Bestand anzupassen.

## Villenviertel und offene mehrgeschossige Bebauung

Diese Stadtbereiche sollen vorrangig Wohnzwecken dienen und einen urbanen Charakter aufweisen. Die Gebiete sollen entwickelt, verändert und umgestaltet werden. Dies geschieht vorrangig mit folgenden Zielsetzungen und Maßnahmen [8]:

- der Bebauung von Baulandreserven und Verdichtung von Beständen in Vorzugslagen,
- Ausnutzung bestehender oder geplanter hochwertiger technischer und sozialer Infrastruktur, insbesondere die Erschließung mit öffentlichen Verkehrsmitteln,
- Versiegelungsgrad max. 40%,
- Bauweise unter Einbeziehung des Umfeldes,

- Geschosszahl: max. 4 Geschosse, Dachgeschosse sind in die Geschosszahl einzurechnen und
- Bebauungsweise: offen in Gruppen.

Die Erhaltung der Villenviertel bezieht sich vor allem auf die Instandhaltung des Baubestandes, sowie die Erhaltung der festgelegten offenen Bebauungsweise.

Wie oben dargestellt, geben die Berichtstypen einen Überblick über das Veränderungspotenzial in den Grazer Stadtregionen und setzen der Stadtplanung eine Zielrichtung.

Im Folgenden wird kurz auf laufende Veränderungsprozesse in Graz eingegangen. Die Altstadt von Graz steht unter mehrfachem Schutz (GEAG, Weltkulturerbe, Denkmalschutz, etc.). Dennoch findet man auch hier laufende Veränderungen. Tiefgaragen werden unter Gebäuden und Plätzen (TG Pfauegarten, Kamelietterplatz 4d) errichtet und intensivieren und erzwingen so zukünftige Verkehrsströme. Räumliche Veränderungen sind auch im Bereich der Universitäten zu erwarten. Die Karl-Franzens-Universität (Bezirk Geidorf) erweitert ständig ihren Campus. Durch den Zubau des ReSoWi - Zentrums erfolgte eine z.B. großflächige Expansion. Ein weiterer wichtiger Bereich, der in den letzten Jahren eine prägende Veränderung erfahren hat ist der zentrale Murraum. Nennenswerte Bauvorhaben sind das Kunsthaus, die Murinsel und die Umgestaltung des Mariahilferplatzes.



Abb. 3.24 Veränderung Innenstadt (1992, 1996, 2004) [8]



Abb. 3.25 Entwicklung der Karl-Franzens-Universität (1992, 1996, 2004) [8]



Abb. 3.26 Veränderung Zentraler Murraum (1992, 1996, 2004) [8]

Die Umsetzung der Ziele des räumlichen Leitbildes und des Stadtentwicklungskonzeptes führen unweigerlich zu einer Veränderung im Stadtbild und in der Stadtstruktur. Der Dachgeschossausbau greift ebenfalls in das Stadtbild ein. Jedoch lässt sich der Grad der Veränderung von Seiten der Stadtplanung (Eingriffe und Steuerung im Planungsprozess) steuern und bringt Vorteile für die Stadt und ihre Bewohner mit sich. Der Dachgeschossausbau kann so zu einem Instrument der Stadtplanung werden, um die oben genannten Vorhaben bestmöglich umzusetzen.

## 4 Probleme mit Dachausbauten

[10],[11],[12],[23]

Eine exakte Aufstellung aller Mängel und Probleme ist nicht möglich, jedoch lassen sich die Problematiken gruppieren und so leichter beschreiben. Weiters gibt es keine Statistiken, welche dieser Problemgruppen am häufigsten präsent sind. Es wird bewusst nur ein Überblick über mögliche Probleme beim Dachgeschossausbau gegeben. Folgende Schadensschwerpunkte werden im Dachgeschossausbau unterschieden:

- Mängel bei Wärme- und Feuchteschutz
- denkmalschutzrechtliche Kriterien
- Probleme aus statisch-konstruktiver Sicht
- Mängel beim Innenausbau

Diesen Mängeln kann man bereits in der Bauphase durch eine fachgerechte und ordentliche Verarbeitung der Materialien entgegenwirken. Um zukünftige Probleme zu vermeiden und zu minimieren, ist eine Wartung des Bestandes zu empfehlen.

### 4.1 Mängel bei Wärme- und Feuchteschutz

Viele Dachgeschossbewohner klagen über hohe Heizungskosten, Zugluft, hohe bzw. niedrige Temperaturen in den Sommer- bzw. Wintermonaten und Feuchtigkeitsschäden im Innenbereich. Mögliche Auslöser solcher Probleme sind Luft- und Winddurchlässigkeit, fehlerhafte Hinterlüftung, sowie eine beschädigte Wärmedämmung der Dachkonstruktion.

Luft- und Winddurchlässigkeit ist besonders bei Dachstühlen mit Trockenbauplatten oder Holzverschalungen ein Thema. Eine Folge sind hohe Heizkosten, Zugluft sowie Innentemperaturen, die nicht der bauphysikalischen Optimaltemperatur von 20°C entsprechen. Die Undichtheit tritt häufig bei Kontaktstößen der Massivwand oder Fenster mit den Trennwänden auf, sowie bei Anschlüssen der Giebelwände an die Dachschrägen. An diesen Stellen entsteht Tauwasser, welches in die Wärmedämmung und das Holz eindringt, dieses durchfeuchtet und das Holz zum Faulen bringt. Eine Feuchtigkeitsisolierung, welche durchgängig über die gesamte Dachhaut geführt wird, lässt sich dieses Problem umgehen. Sollten jedoch Durchdringungen der Dachhaut unumgänglich sein, muss eine zusätzliche Isolierung angebracht werden.

Ein großes Manko bei Dachgeschosswohnungen ist die oft unbehagliche Innentemperatur in den Sommer- und Wintermonaten. Ein Grund für diese Problematik stellt oft eine unzureichende oder schadhafte Wärmedämmung dar. Es kommt zu einer Abkühlung bzw. Erhitzung des Luftraumes, eine weitere Folge dieser Problematik können Feuchtigkeitsschäden, welche durch Taubildung entstehen, sein. Solche Mängel lassen sich nur

durch eine durchgängige und fachgerechte Verlegung der Wärmedämmung beheben. Wichtig dabei ist, dass man Kältebrücken weitgehend minimiert, jedoch kann man bei Bedarf zwei Schichten der Wärmedämmung anbringen bzw. das ganze Bauteil mit Wärmedämmung ummanteln.

Wie auch bei den anderen beiden Fehlerquellen entsteht bei einer fehlerhaften Hinterlüftung eine Verfaulung des Holzes auf Grund von Feuchtigkeit, welche durch den behinderten Abtransport der diffundierenden Feuchtigkeit aus dem Innenbereich entsteht. Ein geneigtes Dach kann zwei Belüftungsebenen aufweisen. Die erste befindet sich oberhalb der Unterspannbahn, die zweite sitzt zwischen der Unterspannbahn und Wärmedämmung. Die erste Hinterlüftungsebene sichert den Abtransport von Feuchtigkeit von außen und hält damit die Dachziegel und Dachlatten trocken. Die zweite Ebene gewährleistet einen Abtransport von Feuchtigkeit von innen aus Wasserdampf. In den meisten Fällen kommt es zu einer fehlerhaften Ausführung der zweiten Ebene, dadurch kommt es zu einer Durchfeuchtung der Wärmedämmung und zu einer Verfaulung des Holzes auf Grund von Feuchtigkeit.

Der Abtransport kann ebenfalls nicht gewährleistet werden, wenn die vorgeschriebenen Mindestmaße der Luftzwischenräume nicht eingehalten werden, wenn Toleranzen von den verwendeten Materialien nicht beachtet werden, sowie wenn die Lüftungsführung durch Dachein- und Dachaufbauten behindert wird. Die Hinterlüftung kann man wiederherstellen, indem man den Abstand von der Wärmedämmung und der Unterspannbahn durch Einbringung eines Kantholzes erhöht.

## 4. 2 Denkmalschutzrechtliche Kriterien

Vor allem in der heutigen Zeit spielt der Denkmalschutz eine wichtige Rolle. Die gründerzeitlichen Strukturen sollten aufrechterhalten werden, um einen einheitlichen Stadtcharakter zu gewährleisten. Im Dachgeschossausbau können sich Einschränkungen durch den Denkmalschutz ergeben. Diese Einschränkungen beziehen sich nicht nur auf den gestalterischen Aspekt, sondern auch auf den Erhalt der Dachstuhlkonstruktion selbst. Hier ist vor allem das Feingefühl des Architekten in der Planung gefragt und eine gute Zusammenarbeit mit dem Statiker. Dieser hat die Aufgabe ein geeignetes Konstruktionssystem zu entwickeln, das den Anforderungen der Normen und denen des Denkmalschutzes entspricht. Folgende Punkte werden meist vom Denkmalschutzamt vorgegeben:

- die Gebäudehöhe muss erhalten bleiben
- der vorhandene Dachstuhl darf nicht verändert werden
- die Dachform muss der Ursprünglichen entsprechen
- nur bestimmte Materialien dürfen beim Ausbau verwendet werden
- die Art der Belichtungsflächen und ihre Ausführung sind vorgeschrieben

### 4.3 Probleme aus statisch-konstruktiver Sicht

[12]

Ein wichtiger Punkt ist die statisch-konstruktive Durchbildung des Dachausbaus. Probleme in der Modellbildung, Annahmen der Materialkennwerte und der Belastungen, die Tragfähigkeit des Bestandes sowie die Kraftableitung bis in das Fundament stellen nur einen geringen Teil der statischen Unsicherheiten dar und ist damit eine wichtige Thematik im Dachgeschossausbau.

Das Hauptgesimse hat den Nutzen, dem Gebäude einen Abschluss zu geben, ihre Ausbildung ist abhängig von Art der Dachrinnenausbildung. Die Modellbildung der Knoten, vor allem im Bereich der Hauptgesimse ist ein wichtiger Punkt bei der Berechnung des Dachstuhls, eventuelle Nachgiebigkeiten der Gesimse sollten berücksichtigt werden.

Die Tragfähigkeit der Gesimse, Wände und Fundamente ist abhängig vom verwendeten Material und der Dicke der tragenden Elemente. Für die Berechnung der aufnehmbaren Belastung spielt neben der Stärke der tragenden Elemente auch der Untergrund eine wichtige Rolle. Sind die einwirkenden Kräfte zu groß, muss der Bestand stabilisiert werden. Tragenden Elemente, wie Außenmauern, Innenmauern, Stützen und Decken, werden hier durch Verstärkungen, z.B. durch Einbau von Stützen und Unterzügen, unterstützt. Fundamente müssen meistens verbreitert oder verstärkt werden, was zu einer erheblichen Kostenerhöhung führt. Das Problem zu großer Kräfte tritt vor allem bei Sargdeckelkonstruktionen auf.

## 5 Realisierte Projekte

Der Dachgeschossausbau stellt eine architektonische Herausforderung dar. Die Einbindung in das Stadtbild, ohne die Regeln der Bauordnungen und des Denkmalschutzes zu verletzen, fordert eine sensible Planung. Ziel der nachfolgenden Darstellung ist es die Vielfältigkeit in der Architektur und Ausführbarkeit aufzuzeigen.

### 5.1 Ausgeführte Beispiele - Stadt Wien

Die Stadt Wien wurde in den letzten Jahren von einer Welle mit Dachausbauten überrollt. Hier werden zwei Projekte vorgestellt. Weitere Dachausbauten sind in [1] angeführt.

#### 5.1.1 Projekt Magaretenplatz - Squid Architecture Wien

[21]

Bei diesem Objekt handelt es sich um einen modernen Neubau, der einem Cockpit ähnelt und sich deutlich von der Wiener Dachlandschaft abhebt.



Abb. 5.1 Blick von der Straße [21]

Wie ursprünglich von der Baupolizei MA37 gefordert, sollte das markante Eckhaus am Magaretenplatz einen Eckturm erhalten. Die Idee einer Gaube, die einen Panoramablick über die gesamte Stadt zulässt, konnte sich schließlich durchsetzen.



Abb. 5.2 Gesamtansicht [21]

Die Architekten liesen sich eindeutig durch die 60iger-Jahre inspirieren, erkennbar nicht nur an der Fassade, sondern auch am Innenausbau.



Abb. 5.3 Innenausbau [21]

### 5. 1. 2 Projekt Spitalgasse - Architekt Heinz Lutter

[22]



Abb. 5.4 Ansichten [22]

Die aufgesetzte Wohnanlage umfasst 13 Wohnungen, mit jeweils einer Fläche von 50 bis 100 m<sup>2</sup> und einer Terrasse.

Alle tragenden Elemente dieses Objektes aus Holz wurden in Holzelementbauweise vorgefertigt. Innerhalb von zwei Wochen wurde der gesamte Komplex auf dem bestehenden Gebäude errichtet.



Abb. 5.5 Einheben der Holzelemente [22]

Die Holzkonstruktion wird von einer Farbschicht aus elastomer Polyester geschützt und gibt dem Aufbau seinen einzigartigen Charakter.



Abb. 5.6 Innen- und Außenansicht [22]

## 5.2 Ausgeführte Beispiele - Stadt Graz

Dachgeschossausbauten sind in der Grazer Innenstadt noch eher selten anzutreffen. Hier werden zwei Beispiele für Ausbauten angeführt, ein eher gewagter und einer, der sich in das Grazer Stadtbildensembel einfügt.

### 5.2.1 Projekt Kastner & Öhler - Nieto Sobejana arquitectos

[19],[20]

Der Dachgeschossausbau des Kaufhauses Kastner & Öhler stellt wohl eines der umstrittensten Bauvorhaben in der Grazer Innenstadt dar.



Abb. 5.7 Haupteingang Kaster & Öhler Sackstrasse [Kastner & Öhler]

Ziel des Architekturwettbewerbes an dem nur eine Handvoll ausgewählter Architekten teilnehmen durften, war es eine Erweiterung der Verkaufsfläche des bekannten Kaufhauses in der Innenstadt von rund 10.000 Quadratmeter zu erzielen. Die einzige Möglichkeit diese Kubatur umzusetzen bestand darin, das Kaufhaus in vertikaler Richtung zu erweitern. Der Ausbau sollte dabei auch ein Aussichtsrestaurant beinhalten. Einen sensiblen Punkt stellte in diesem Zusammenhang die Dachlandschaft der Grazer Altstadt dar, die zum UNESCO Weltkulturerbe zählt. Der Dachgeschossausbau sollte sich einerseits in das Grazer Stadtbild einfügen, andererseits jedoch sollte sich der Dachgeschossausbau als zeitgenössische Architektur deklarieren.

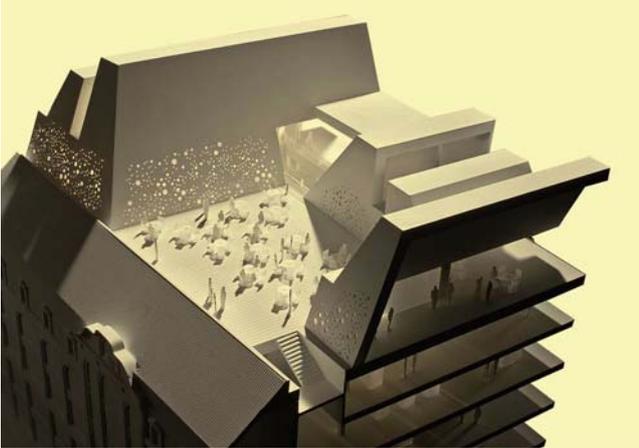


Abb. 5.8 Aufstockung Kastner & Öhler [[Nieto Sobejano arquitectos]

Das Siegerprojekt des spanischen Architektenduos Nieto und Sobejano sieht eine auffällige Aufstockung vor. Die zeilenartigen Aufbauten sollen die historische Grazer Altstadt wieder spiegeln. ICOSMOS, der internationale Rat für Denkmalpflege, hatte jedoch bald nach Wettbewerbsende Bedenken wegen des Erhalts der einzigartigen Dachlandschaft. Die sensible Aufstockung wurde 2006 in Zusammenarbeit mit der UNESCO redimensioniert. Nur so konnte Graz seinen Status als UNESCO - Weltkulturerbestadt behalten. Rund 40 Mio. Euro werden in diesen Umbau investiert, zusätzlich werden 100 Arbeitsplätze geschaffen. 2011 wird das Kaufhaus vollständig fertiggestellt sein.



Abb. 5.9 Blick vom Schlossberg auf die zukünftige Innenstadt [[Nieto Sobejano arquitectos]

### 5. 2. 2 Projekt Neutorgasse - Architekt Michael Homann

[18]

Der zweistöckige Dachbodenausbau am Biedermeierhaus in der Neutorgasse bietet höchste Lebensqualität. Ein Glasatrium bietet Licht und ein Dachgarten schenkt den nötigen Naherholungsraum.

Eine der höchsten Ziele dieses Projektes war es die sensible Dachlandschaft optimal zu schützen, dennoch sollte ein heller Wohnraum entstehen.



Abb. 5.10 Blick auf die Neutorgasse [18]

Der bestehende Dachstuhl war mit einer Höhe von 5,60 m zu niedrig und auch nicht mehr instandsetzungsfähig und wurde komplett geschliffen. Stattdessen wurde eine leichte Stahlfachwerkkonstruktion mit Decken aus Massivholz errichtet. Die Fundamente konnten so geschont werden.



Abb. 5.11 Glasatrium mit Dachterrasse [18]

Durch den Umbau entstand ein 60 m<sup>2</sup> Büro und eine 130 m<sup>2</sup> Wohnung im zweiten Dachgeschoss mit einer Raumhöhe von 3,50 m. Eine großzügige Terrasse schenkt der Wohnung hofseitig Licht. Der Flachdachgarten lässt einen Blick über die Dachlandschaft von Graz zu.



Abb. 5.12 Dachgauben [18]

Die begehbaren Glasgauben fügen sich in das Gesamtbild des Gebäudes schonend ein und bilden mit den Biberschwanzdachflächen ein harmonisches Ganzes. Die Glasflächen lassen sich vollkommen aufklappen und ermöglichen so einen uneingeschränkten und horizontalen Blick auf die Altstadt.

---

# Rechtliche Rahmenbedingungen

## 1 Einleitung

Der Ausgangspunkt der Entwicklung im historischen Baurecht bzw. baupolizeilicher Vorschriften war die Feuerlöschverordnung im 18. Jahrhundert. Grund für die Einführung der Feuerlöschverordnungen in Österreich waren verheerende Brandkatastrophen in den Städten. Später wurden die baupolizeilichen Vorschriften in den Bauordnungen der einzelnen Bundesländer zusammengefasst. Ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden in den einzelnen Kronländern der österreichisch-ungarischen Monarchie eigene Bauordnungen verfasst, deren Inhalt Regelungen für Hygiene, räumliche Ordnung der Bautätigkeiten, die Bausicherheit und Regelungen für die Bau- und Wohnqualität, sowie die oben erwähnten feuerpolizeilichen Vorschriften waren.

Nachstehend wird auf die Wiener Bauordnung, das Steiermärkische Baugesetz, sowie auf das Grazer Altstadterhaltungsgesetz samt Durchführungsverordnungen, die UNESCO Welterbekonvention und anschließend auf das Denkmalschutzrecht eingegangen. Die unten stehende Abbildung zeigt einen Überblick über die Rechtsgrundlage zum Themenbereich „Bauen“ in Österreich.

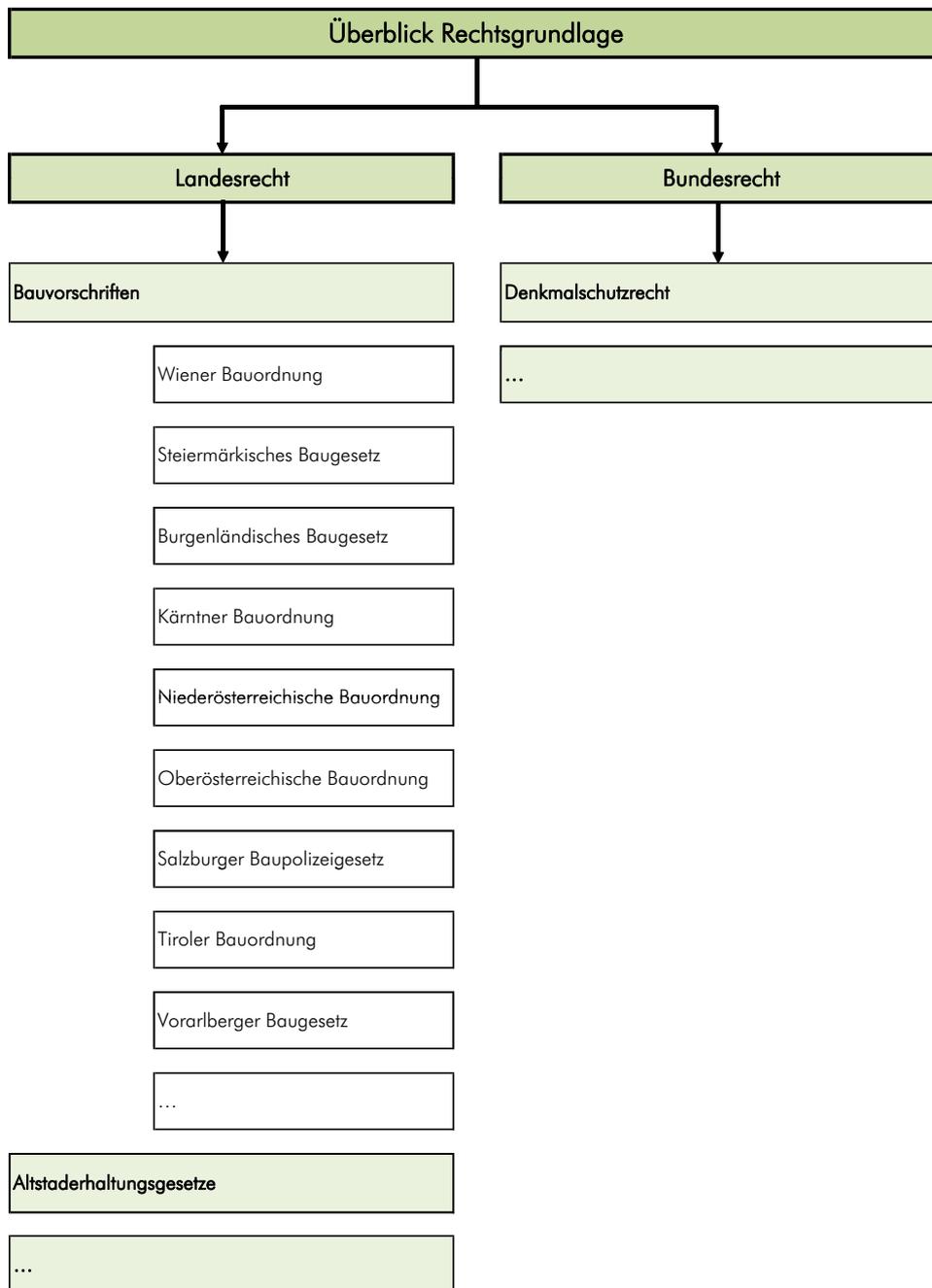


Abb. 1.1 Überblick Rechtsgrundlage

## 2 Wiener Bauordnung

[2],[3],[24]

Die Wiener Bauordnung (Wr BauO) gliedert sich in das Bauplanungsrecht und in das Bauordnungsrecht. Abb. 2.1 zeigt den inhaltlichen Überblick der Wiener Bauordnung.

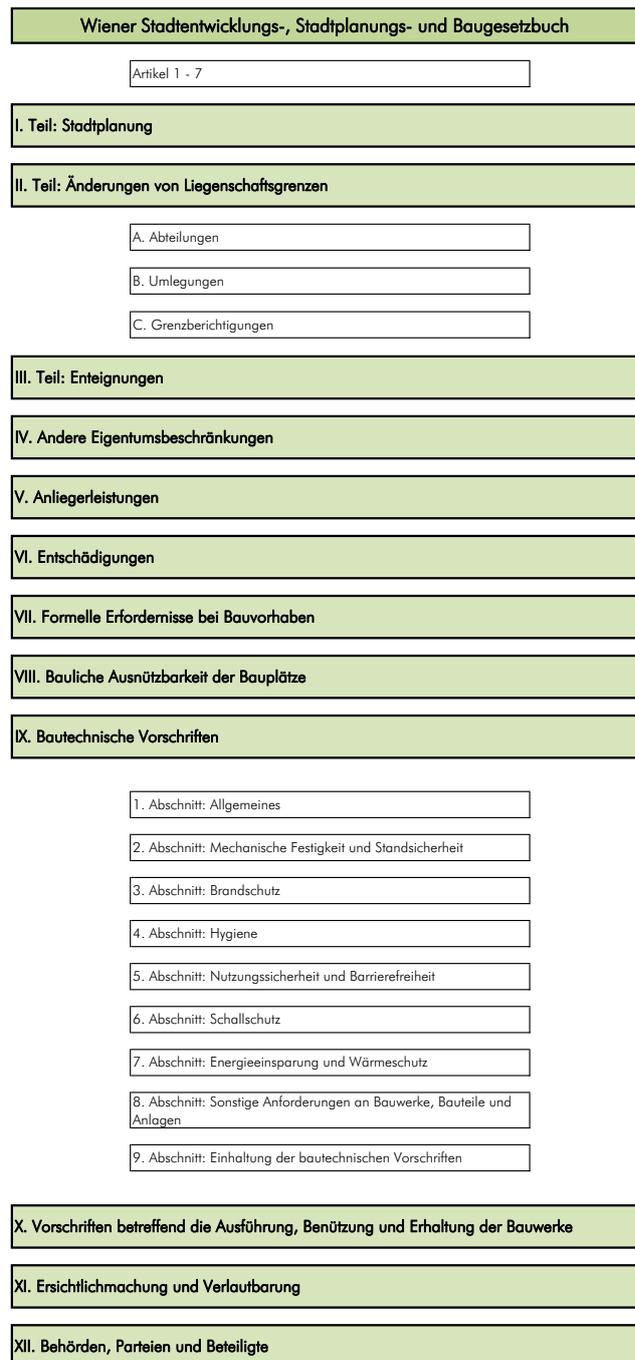


Abb. 2.1 Gliederung der Wiener Bauordnung

## 2.1 Bauplanungsrecht

Das Bauplanungsrecht regelt die Erstellung von Flächenwidmungs- und Bebauungsplänen, welche für Wien flächendeckend vorhanden sind, und ist Sache der zentralen Magistratsabteilung. Seit der Altstadterhaltungsnovelle (1972) kann die Stadt Wien, unabhängig vom Denkmalschutz, Schutzzonen erlassen. Das primäre Ziel der Schutzzonen ist es die charakteristischen Gebäudeensembles zu bewahren.

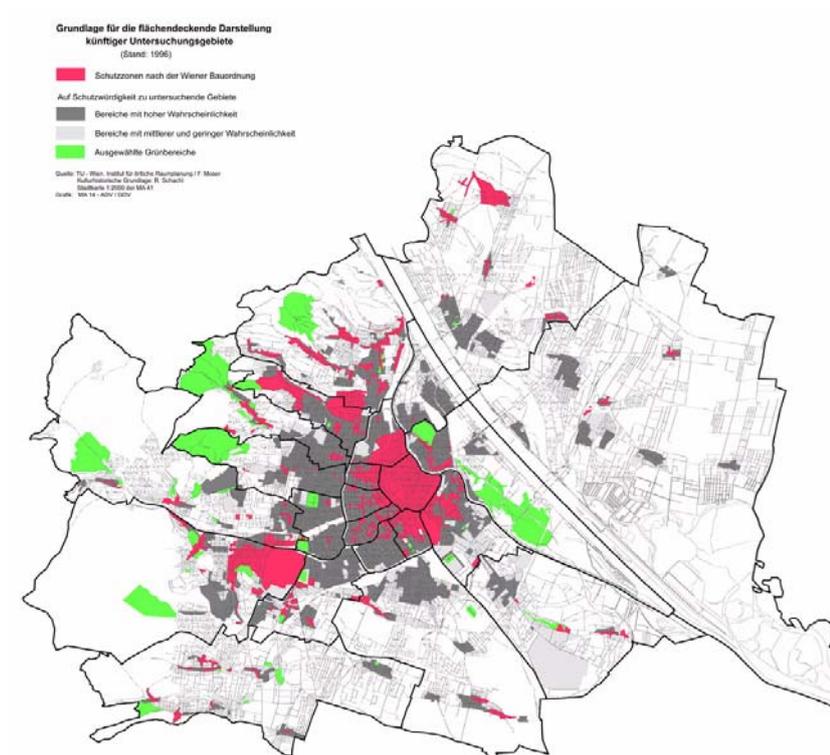


Abb. 2.2 Wiener Schutzzonen [3]

Mit dem Wiener Schutzzonenmodell sollen folgende Ziele erreicht werden [3]:

- Verbesserung der Grundlagenaufbereitung,
- Verbesserung der Auswertung und Analyse,
- Objektivierung der Bewertung und Beurteilung der Objekte,
- Überprüfung der bestehenden Schutzzonen und
- Überprüfung ausgewählter Bereiche auf neu festzusetzende Schutzzonen.

Seit 1997 wird die Wiener Bausubstanz erfasst und auf Basis dieser Informationen werden Schutzzonen festgelegt. In der Wiener Bauordnung sind die Schutzzonen für Wien durch den § 7 definiert und im Bebauungs- und Flächenwidmungsplan verankert.

## 2. 2 Bauordnungsrecht

In der Wiener Bauordnung sind Regelungen für Dachgeschossausbauten nicht sehr umfangreich festgelegt. Wichtig für dieses Thema sind vor allem Regelungen, welche die bauliche Ausnützbarkeit (§ 76) und vor allem die Höhenfestlegungen (§ 75 und § 81), betreffen. In Wien gibt es detaillierte Vorschriften zur Definition der Bauklasse, welche die zulässigen Gebäudehöhen definiert, und Vorschriften, die den Umriss des umzubauenden oder neu zu errichtenden Gebäudes festlegt. Durch diese Vorschriften wird definiert, welche Elemente über den Umriss herausragen dürfen und welchen maximalen Umriss das Dach haben darf.

Im Bauordnungsrecht findet man jedoch auch immer wieder Erleichterungen, die den Dachbodenausbau betreffen. Wenn sich ein Ausbau innerhalb des bestehenden Umrisses befindet, gilt er nicht als Umbau, sondern als Änderung, dadurch werden die Eingriffsmöglichkeiten der Nachbarn erheblich eingeschränkt und durch ergänzende Bestimmungen können höhere und größere Ausbauten ermöglicht werden.

## 2. 3 Gestalterische Vorgaben der Wr BauO

Die Bestimmungen der Wiener Bauordnung in Hinblick auf gestalterische Vorgaben sind in [24] detailliert formuliert. Nachfolgend werden Absätze mit Relevanz für Dachgeschossausbauten ausschnittsweise wiedergegeben.

### 8. Teil: Bauliche Ausnutzbarkeit der Bauplätze

#### § 81 Gebäudehöhe und Gebäudeumrisse; Bemessung

§ 81 Abs. 1:

Bei Gebäuden an der Baulinie, Straßenfluchtlinie oder Verkehrsfluchtlinie gilt bis zu einer Gebäudetiefe von 15 m als Gebäudehöhe der lotrechte Abstand von der festgesetzten Höhenlage der Verkehrsfläche bis zur obersten Schnittlinie der zulässigen Außenwandfläche der Straßenfront ohne Berücksichtigung vorspringender Gebäudeteile wie Gesimse, Erker und dergleichen mit der Oberfläche des Daches; nichtraumbildende Gebäudeteile und raumbildende Dachgauben gemäß Abs. 6 bleiben außer Betracht. [...] Der oberste Abschluss des Daches darf keinesfalls höher als 7,5 m über der zulässigen Gebäudehöhe liegen, sofern der Bebauungsplan nicht anderes bestimmt.

§ 81 Abs. 4:

Durch das Gebäude darf jener Umriss nicht überschritten werden, der sich daraus ergibt, dass in dem nach Abs. 1 bis 3 für die Bemessung der Gebäudehöhe maßgeblichen oberen Anschluss der Gebäudefront ein Winkel von 45° [...], von der Waagrechten gegen das Gebäudeinnere ansteigend angesetzt wird. Dies gilt auch für den Fall, dass im Bebauungsplan eine besondere Bestimmung über die Höhe der Dächer festgesetzt ist. [...]

## § 81 Abs. 6:

Der nach Abs. 1 bis 5 zulässige Gebäudeumriss darf durch einzelne, nicht raumbildende Gebäudeteile untergeordneten Ausmaßes überschritten werden; mit raumbildenden Dachaufbauten darf der Gebäudeumriss nur durch einzelne Dachgauben sowie im unbedingt notwendigen Ausmaß durch Aufzugsschächte und Treppenhäuser überschritten werden. Die einzelnen Dachgauben müssen in ihren Ausmaßen und ihrem Abstand voneinander den Proportionen der Fenster der Hauptgeschosse sowie dem Maßstab des Gebäudes entsprechen. Die Dachgauben dürfen insgesamt höchstens ein Drittel der Länge der betreffenden Gebäudefront in Anspruch nehmen. Auf Antrag ist durch die Behörde (§133) eine Überschreitung dieses Ausmaßes bis höchstens zur Hälfte der betreffenden Gebäudefront zuzulassen, wenn dies eine zweckmäßigere oder zeitgemäße Nutzung des Bauwerkes bewirkt oder der Herbeiführung eines den zeitgemäßen Vorstellungen entsprechenden örtlichen Stadtbildes dient.

**§ 85 Äußere Gestaltung von Bauwerken:**

## § 85 Abs. 1:

Das Äußere der Bauwerke muss nach Bauform, Maßstäblichkeit, Baustoff und Farbeschaffen sein, dass es die einheitliche Gestaltung des örtlichen Stadtbildes nicht stört. Überschreiten bauliche Anlagen die für Gebäude zulässige Höhe, ist unter Berücksichtigung der Art, der Gestaltung und des Zweckes der jeweiligen baulichen Anlage auf ihre Einfügung in das vom Bebauungsplan beabsichtigte örtliche Stadtbild besonders Bedacht zu nehmen. Dauernd sichtbar bleibende Feuermauern sind dem Ortsbild entsprechend zu gestalten.

## § 85 Abs. 2:

Die Errichtung von Bauwerken sowie deren Änderung ist nur zulässig, wenn das mit dem Bebauungsplan beabsichtigte örtliche Stadtbild weder gestört noch beeinträchtigt wird. Darüber hinaus darf das gegebene örtliche Stadtbild weder gestört noch beeinträchtigt werden, sofern es mit dem vom Bebauungsplan beabsichtigten örtlichen Stadtbild vereinbar ist. Im Nahebereich von Schutzzonen ist bei der Beurteilung auf dieses besonders Bedacht zu nehmen.

## § 85 Abs. 3:

Baumaßnahmen an einzelnen Bauwerken von geschichtlicher, kultureller oder künstlerischer Bedeutung, sowie die Errichtung von Bauwerken und Baumaßnahmen in der Umgebung solcher Bauwerke sind unzulässig, wenn deren Eigenart oder künstlerische Wirkung oder das örtliche Stadtbild beeinträchtigt würde. Hierbei bleiben die besonderen, den Denkmalschutz betreffenden gesetzlichen Bestimmungen unberührt.

Teil des Baugenehmigungsverfahrens ist eine gestalterische Begutachtung durch die Fachdienststelle für Architektur und Stadtgestaltung (MA19) der Stadt Wien, welche sich nach den Kriterien der Wr BauO richtet. Durch diese Begutachtung kann die Behörde in die Gestaltung des Stadtbildes eingreifen und diese gezielt lenken. Ein vorrangiges gestalterisches Ziel der MA19 ist es, die gründerzeitliche Struktur aufrecht zu erhalten. Das gründerzeitliche Dach soll durch einen Ausbau erkennbar bleiben, deshalb werden Anhebung und Aufklappungen des Daches, sowie Dachaufbauten zugelassen. Abgelehnt werden Staffelgeschosse und Durchlöcherungen des Daches durch Dachterrassen.

### 3 Merkblatt zur statischen Vorbemessung der Stadt Wien

[3]

Das Merkblatt zur statischen Vorbemessung wurde von der Baupolizei (MA 37) der Stadt Wien 2008 veröffentlicht. Bei bewilligungspflichtigen Bauvorhaben ist eine statische Vorbemessung inklusive eines Fundierungskonzeptes vorzulegen. Die wesentlichen Inhalte der statischen Vorbemessung sind die Lastaufstellung, vertikale und horizontale Lastableitung bis in die Fundamente und ein Fundierungskonzept. Dabei sind die aktuell gültigen Normen einzuhalten und die örtlichen Gegebenheiten zu berücksichtigen.

Bei Änderungen an bestehenden Gebäuden ist zwischen einer unmaßgeblichen und einer maßgeblichen Änderung zu unterscheiden. Zu einer unmaßgeblichen Änderung zählen Umbauten, sowie Dachgeschossausbauten, die in Leichtbauweise ausgeführt werden, ohne eine maßgebliche Lasterhöhung ( $< 720,0 \text{ kg/m}^2$ ) am bestehenden Gebäude hervorzurufen. Weiters darf die gegebene Sicherheit aus statisch-konstruktiver Sicht nicht verschlechtert werden. Allenfalls ist die Sicherheit des Gebäudes durch Kompensationsmaßnahmen wiederherzustellen. Decken, Träger, Stützen und Wände müssen sich in einen gebrauchstauglichen Zustand befinden.

Dachgeschossausbauten gelten nur dann als unmaßgebliche Änderung, wenn

- eine unmaßgebliche Nutzflächen- und Volumsänderung,
- eine unmaßgebliche Lasterhöhung vorliegt und
- sie in Leichtbauweise ausgeführt wird.

Bei Gründerzeithäusern kann der Nachweis entfallen, wenn

- die oberste Geschossdecke als eine Decke mit Scheibenwirkung ausgebildet wird und diese zusätzlich die horizontalen und vertikalen Kräfte in das Bestandsmauerwerk einleiten kann,
- die seismisch beanspruchte Masse  $720,0 \text{ kg/m}^2$  nicht überschreiten (unmaßgebliche Lasterhöhung) und
- eine Mörteldruckfestigkeit des Mauerwerkes von mindestens  $1,0 \text{ N/mm}^2$  vorliegt.

Als Leichtbauweise gilt eine Holz-Stahlkonstruktion bzw. eine Holz-Holz Konstruktion, Feuermauern, Stiegenhauswände und einzelne Säulen dürfen in Stahlbetonbauweise ausgeführt werden. Bei Ausführung in Leichtbauweise können die Nachweise für seismische Einwirkungen entfallen. Es müssen jedoch folgende Bauteile die Gebrauchstauglichkeit und die Tragsicherheit erfüllen:

- vertikal beanspruchte Bauteile bis in den Untergrund,
- oberste Bestandsdecke oder die neu eingebaute Decke,
- Bestandkonstruktion bei Änderungen und
- alle neuen Bauteile.

Die unmaßgebliche Volums- und Nutzflächenvergrößerung ist eingehalten, wenn auf den Bestand maximal ein Geschoss (100 %-Regel) und/oder eine Etage, die vollständig im 45°-Dachrumriss liegt (150 %-Regel), errichtet wird.

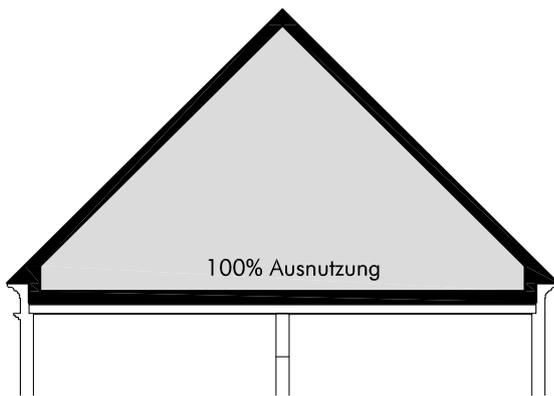


Abb. 3.1 Dachraumnutzung 100 %-Regel

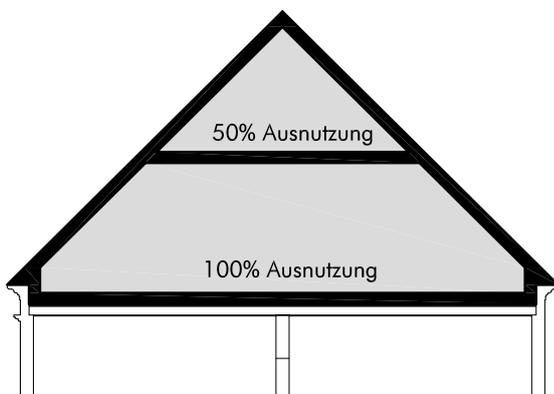


Abb. 3.2 Dachraumnutzung 150 %- Regel

Grundlage der statischen Vorbemessung ist der Ingenieurbefund, welcher den IST-Zustand des Gebäudes erhebt und alle für die Standsicherheit relevanten Bauteile beurteilt. Auf folgende Bauteile hat der Ingenieurbefund einzugehen:

- Fundierung
- Mauerwerk
- Aussteifungssituation
- Querschnittsschwächungen
- Mittelmauer, Kamingruppen, Kaminmauerwerk im Dachgeschoss
- Decken
- Dachstuhl und Gesimse

Weiters hat er eine gutachterliche Feststellung, ob das Gebäude den Kriterien der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit entspricht zu beinhalten.

Eine maßgebliche Änderung beinhaltet eine Lasterhöhung ( $> 720,0 \text{ kg/m}^2$ ), Volums- und Nutzflächenvergrößerung (wie sie im Fall einer Aufstockung auftritt), Nutzungsänderung, sowie eine maßgebliche Änderung der Tragstruktur. Die sicherheitstechnischen Anforderungen im Fall einer maßgeblichen Änderung (z.B. Dachgeschossausbauten in Massivbauweise) entsprechen dem eines Neubaus, d.h. die Anforderungen an die Gebrauchs- und Tragsicherheit, sowie Erdbebensicherheit sind herzustellen und nachzuweisen. Es ist darauf zu achten, dass die bestehenden Zwischenwände nicht geschwächt werden, da sie die horizontale Aussteifung des Bestandes übernehmen. Bei den Gründerzeithäusern ist davon auszugehen, dass die Aussteifungswände keine zusätzlichen Tragreserven aufweisen [3].

## 4 Bauvorschriften für das Land Steiermark

Die Bauvorschriften für das Land Steiermark werden in der unten stehende Abbildung schematisch dargestellt

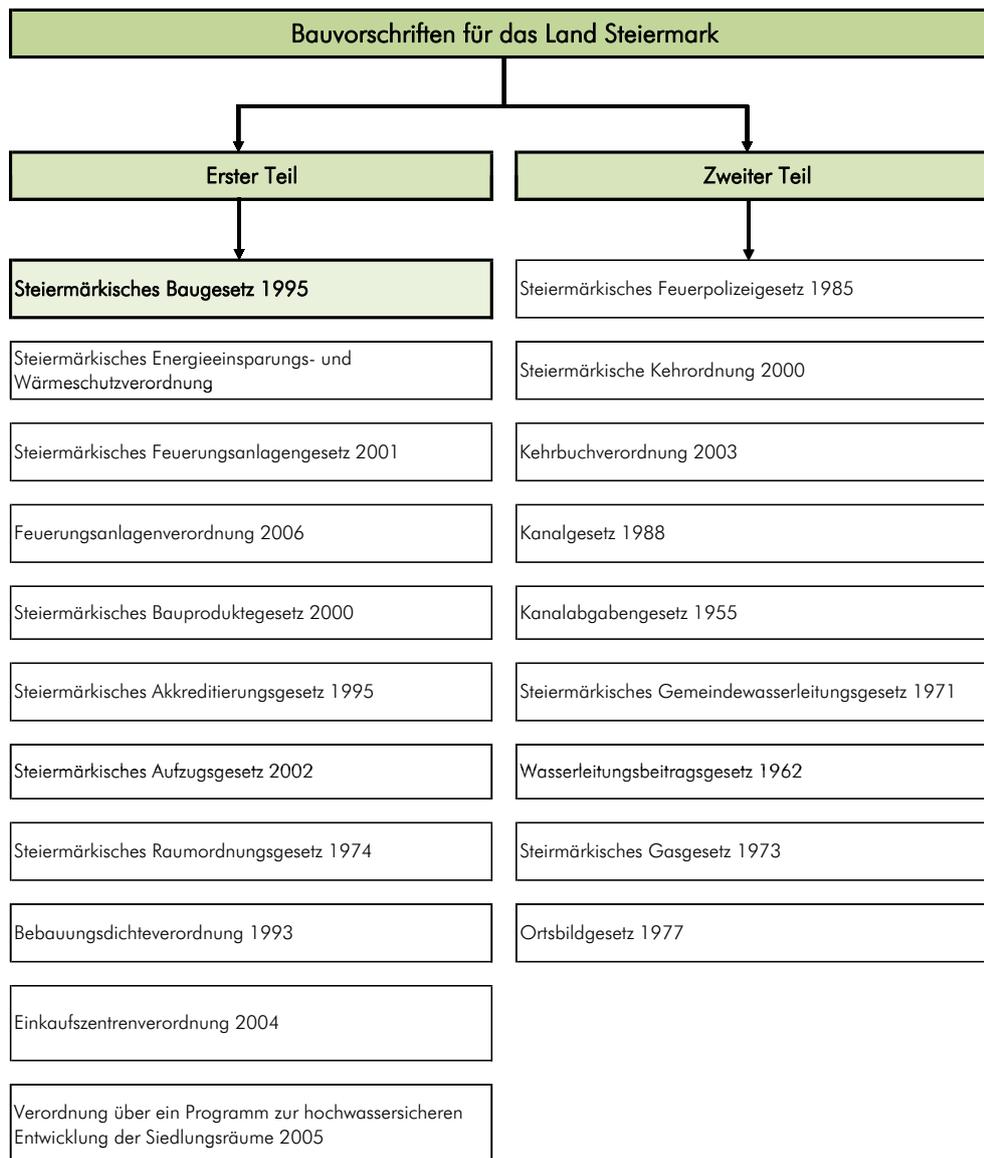


Abb. 4.1 Bauvorschriften für das Land Steiermark

In diesem Kapitel wird im weiteren lediglich nur auf das Steiermärkische Baugesetz 1995 eingegangen. Die Landeshauptstadt Graz ist vom Ortsbildgesetz 1977 ausgenommen. Der Ortsbildschutz für Graz wird im Grazer Altstadtgesetz GEAG geregelt. Da die Innenstadt von Graz unter Weltkulturerbeschutz steht, gelten hier besondere Vorschriften um die Welterbestätte zu erhalten.

## 4.1 Steiermärkisches Baugesetz 1995

[25]

Das Steiermärkische Baugesetz stellt seit 1995 das zentrale Regelwerk auf dem Gebiet des Baurechtes dar und ist in drei Hauptstücke unterteilt. Die unten stehende Abbildung zeigt eine Übersicht über diese Gliederung.

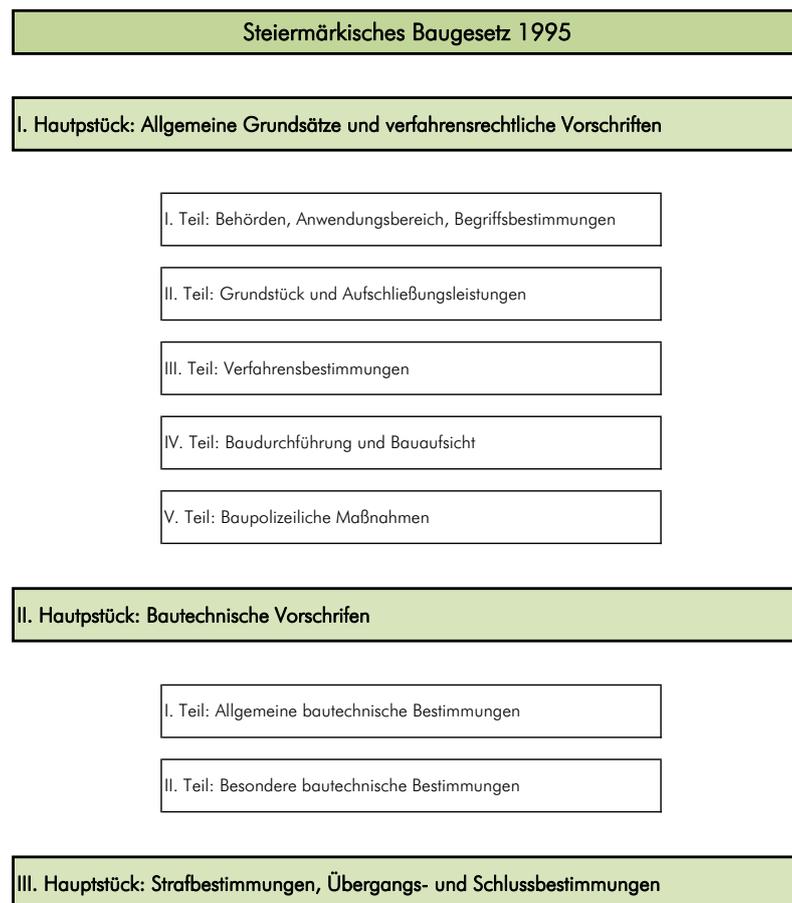


Abb. 4.2 Gliederung des Steiermärkischen Baugesetzes

4. 1. 1 I. Hauptstück - Allgemeine Grundsätze und verfahrensrechtliche Vorschriften

Das erste Hauptstück besteht aus 5 Teilen. Vorrangig wird im Zuge dieser Arbeit auf die Paragraphen eingegangen, welche den Dachgeschossausbau betreffen.

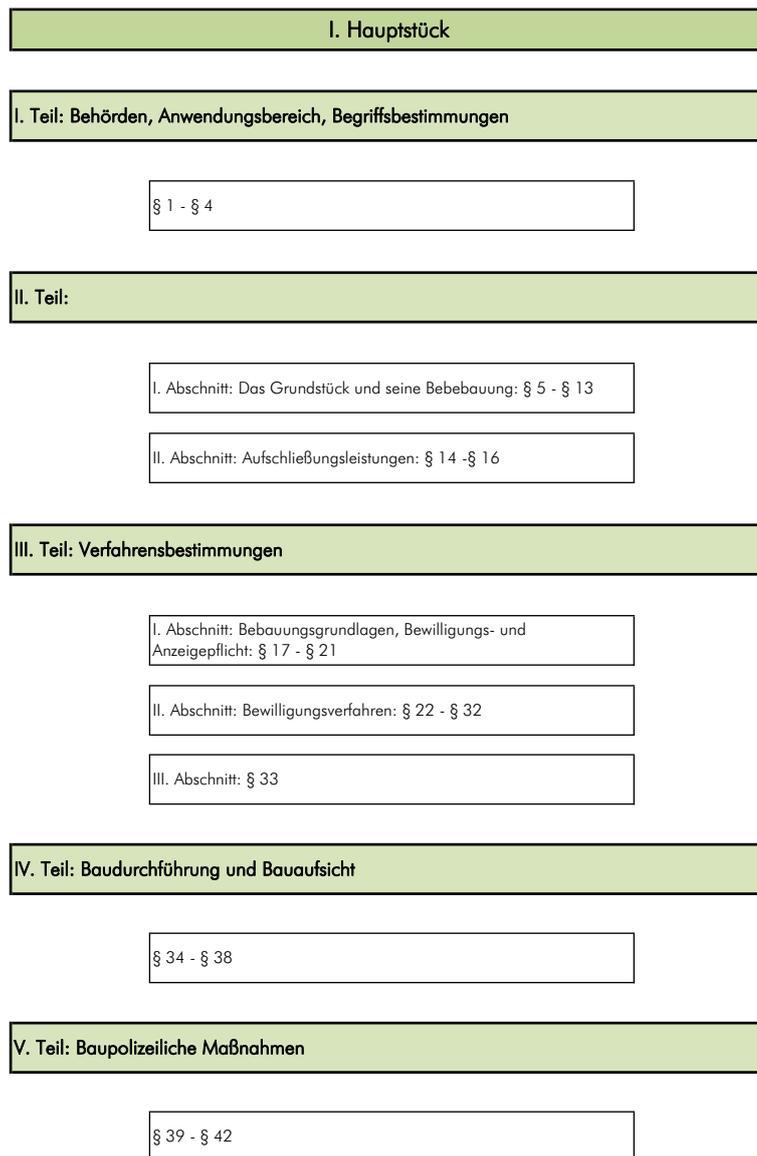


Abb. 4.3 I. Hauptstück

Die oben stehende Abbildung zeigt die wesentlichen Inhalte des Ersten Hauptstückes. Die Dachausbauten im konkreten betreffenden Passagen werden nachfolgend auszugsweise zitiert.

## I. Teil: Behörden, Anwendungsbereich, Begriffsbestimmungen

### § 4 Begriffsbestimmungen:

Die nachstehenden Begriffe haben in diesem Gesetz folgende Bedeutung:

[...]

#### 7. Baufluchtlinie:

Linie, in die eine Hauptflucht oder eine Kante eines Bauwerkes straßenseitig zu stellen ist;

[...]

#### 9. Baugrenzlinie:

Linie, die durch oberirdische Teile von Gebäuden nicht überschritten werden darf; für Nebengebäude können Ausnahmen festgelegt werden;

[...]

#### 15. Bebauungsdichte:

Verhältniszahl, die sich aus der Teilung der Bruttogeschossfläche der Geschoße durch die zugehörige Bauplatzfläche ergibt;

#### 16. Bebauungsgrad:

Verhältnis der bebauten Fläche zur Bauplatzfläche

#### 17. Bebauungsweise:

Verteilung der Baumassen auf dem Bauplatz in Bezug auf die Bauplatzgrenzen  
a) offene Bebauungsweise:

- allseits frei stehende bauliche Anlagen oder
- einseitig an die Grenzen angebaute bauliche Anlagen

b) gekuppelte Bebauungsweise: an einer Grenze aneinander gebaute bauliche Anlagen

c) geschlossene Bebauungsweise: an mindestens zwei Grenzen aneinandergebaute bauliche Anlagen

#### 18. Brandabschnitt:

Teil einer baulichen Anlage, der durch Brandwände, brandbeständige Decken oder entsprechende Bauabstände begrenzt ist;

#### 19. Brandwand.

eine an der Nachbargrenze stehende Wand oder eine Trennwand zur Bildung von Brandabschnitten, jeweils in brandbeständiger Ausführung;

## 20. Bruttogeschossfläche:

die Fläche je Geschoss, die von den Außenwänden umschlossen wird, einschließlich der Außenwände;

## 21. Dachboden:

unausgebauter Dachraum

## 22. Dachgeschoss:

für Aufenthalts-, Lagerräume und dgl. ganz oder teilweise ausgebauter Dachraum

[...]

## 29. Gebäudefront:

Außenwandfläche eines Gebäudes ohne vorspringende Bauteile, wie z.B. Balkone, Erker, Vordächer jeweils in gewöhnlichen Ausmaßen; an Gebäudeseiten ohne Außenwände gilt die Vertikalebene entlang des Dachrandes als Gebäudefront;

## 30. Gebäudehöhe:

der jeweilige vertikale Abstand zwischen dem tiefsten Punkt der Geländeverschnidung (natürliches Gelände) mit den Außenwandflächen und der höchsten Stelle des Gebäudes, wobei kleinvolumige Bauteile, wie Rauchfänge, Rohraufsätze und dgl., unberücksichtigt bleiben;

[...]

## 40. Kniestockhöhe:

das Maß des vertikalen Abstandes zwischen Oberkante der obersten Rohdecke und der Unterkante der tragenden Dachkonstruktion (Sparren), gemessen in der äußeren Außenwandebene;

[...]

## 44. Neubau:

die Herstellung einer neuen baulichen Anlage, die keinen Zu- oder Umbau darstellt. Ein Neubau liegt auch dann vor, wenn nach Abtragung bestehender baulicher Anlagen alte Fundamente oder Kellermauern ganz oder teilweise wieder verwendet werden;

[...]

## 56. Umbau:

die Umgestaltung des Inneren oder Äußeren einer bestehenden baulichen Anlage, die die äußeren Abmessungen nicht verändert, jedoch geeignet ist, die öffentlichen Interesse zu berühren (z.B. Brandschutz, Standsicherheit, äußeres Erscheinungsbild), bei überwiegender Erhaltung der Bausubstanz;

56a. Umfassende Sanierung:

zeitlich zusammenhängende Renovierungsarbeiten an Gebäuden mit einer Gesamtnutzfläche von mehr als 1000 m<sup>2</sup>, wenn deren Gesamtbaukosten (Bauwerkskosten, Honorare und Nebenkosten) 25 % des Bauwertes (ohne Berücksichtigung des Bodenwertes und der Außenanlagen) übersteigen, oder wenn zumindest 25 % der Gebäudehülle und haustechnischen Gewerke gemeinsam erneuert oder zum überwiegenden Teil instand gesetzt werden: Fensterflächen, Dach oder oberste Geschossdecke, Fassadenfläche, Haustechniksystem. Der Bauwert ist die Summe der Werte der baulichen Anlagen. Bei seiner Ermittlung ist in der Regel von den Gesamtkosten auszugehen und von diesen die technische und wirtschaftliche Wertminderung abzuziehen. Sonstige Wertänderungen und wertbeeinflussende Umstände, wie etwa Lage der Liegenschaft, baurechtliche oder andere öffentlich-rechtliche Beschränkungen sowie erhebliche Abweichungen von den üblichen Baukosten, sind nicht zu berücksichtigen;

[...]

61. Zubau:

die Vergrößerung einer bestehenden baulichen Anlage der Höhe, Länge und Breite nach bis zur Verdoppelung der bisherigen Geschossflächen;

#### 4. 1. 2 II. Hauptstück - Bautechnische Vorschriften

Die untenstehende Abbildung zeigt einen Überblick über die Inhalte des zweiten Hauptstückes.

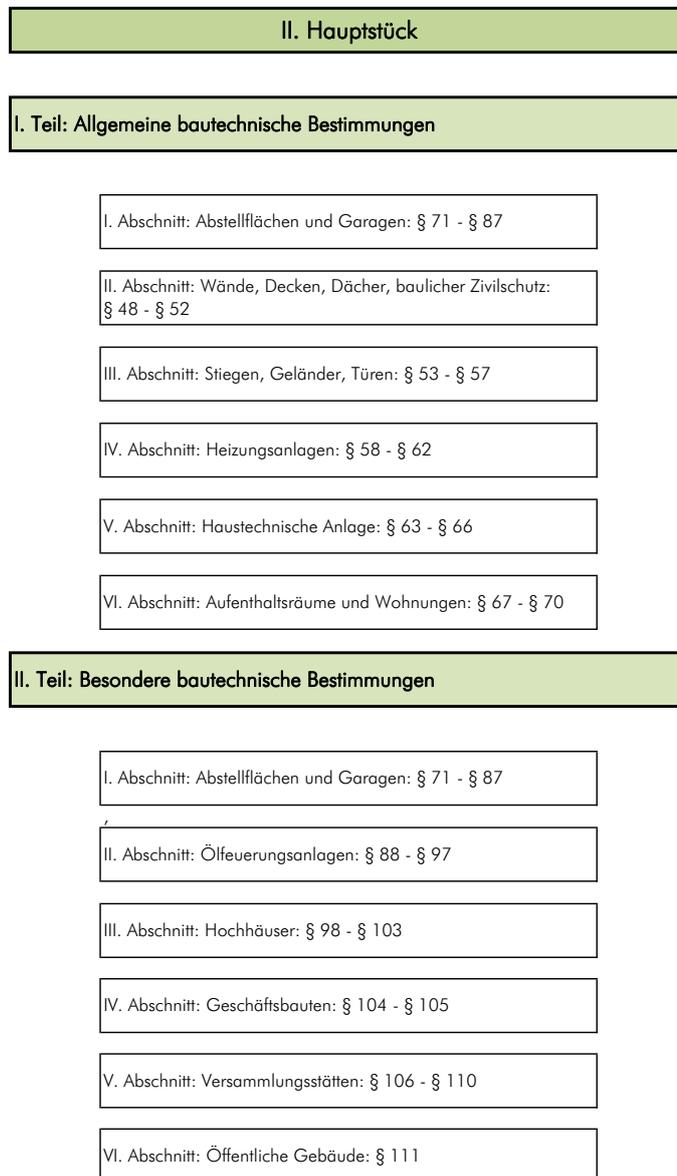


Abb. 4.4 II. Hauptstück

Die bautechnischen Vorschriften des steiermärkischen Baugesetzes sind auf das Wesentliche beschränkt, um ideale Rahmenbedingungen für eine Harmonisierung der technischen Anforderungen bei gleichzeitiger Gewährleistung eines großen Gestaltungsfreiraumes zu schaffen. [25] Die Dachgeschossausbauten betreffenden Abschnitte werden nachfolgend auszugsweise wiedergegeben.

## I. TEIL: Allgemeine bautechnische Bestimmungen

### I. Abschnitt: Anforderungen an die Planung und die Bauausführung, Brauchbarkeit von Bauprodukten

#### § 43 Allgemeine Anforderungen

§ 43 Abs. 2 Z. 2: Allgemeine Anforderungen an Bauwerke sind Brandschutz, [...] Das Bauwerk muss derart geplant und ausgeführt sein, dass bei einem Brand

- die Tragfähigkeit des Bauwerkes während eines bestimmten Zeitraumes erhalten bleibt,
- die Ausbreitung von Feuer und Rauch innerhalb des Bauwerkes begrenzt wird, [...]

§ 43 Abs. 7: Straßen- Orts- und Landschaftsbild

Das Bauwerk muss derart geplant und ausgeführt werden, dass es in seiner gestalterischen Bedeutung dem Straßen-, Orts- und Landschaftsbild gerecht wird. Hierbei ist auf Denkmäler und hervorragende Naturgebilde Rücksicht zu nehmen.

#### § 43a Energieausweis

§ 43a Abs. 1:

Ein Energieausweis [...] ist zu erstellen:

- bei Neubauten von Gebäuden
- bei umfassenden Sanierungen von Gebäuden

Der Energiebedarf eines Gebäudes wird durch den Energieausweis dargestellt und ist verpflichtend für einen Neubau und bei einer Sanierung von Wohngebäuden zu erstellen.

### II. Abschnitt: Wände, Decken, Dächer, baulicher Zivilschutz

#### § 48 Wände

Die grundsätzlichen Anforderungen ergeben sich aus den Bestimmungen des § 43.

§ 48 Abs. 2:

In Dachgeschossen sind tragende Wandteile, Wohnungstrennwände und Dachschrägen mindestens hochbrandhemmend auszuführen. Desgleichen sind Zugänge zu Aufenthaltsräumen vom Dachboden mindestens hochbrandhemmend zu trennen.

Wenn die Zugänge zu den Aufenthaltsräumen den Charakter eines Hauptganges und das Gebäude an sich mehr als drei Stockwerke aufweist, so ist dieser nach den Bestimmungen des § 53 Abs. 6 auszuführen.

§ 48 Abs. 3:

Erleichterungen gegenüber Abs. 1 und Abs. 2 sind, sofern dagegen nach der Art des Verwendungszweckes aus der Sicht des Brandschutzes keine Bedenken bestehen, zulässig für

- Gebäude oder Gebäudeteile mit nicht mehr als drei oberirdischen Geschoßen (einschließlich Dachgeschoßen),
- das oberste Dachgeschoß, unabhängig von der Geschosshöhe des Gebäudes [...]

Bei Wohngebäuden sind jedoch folgende Mindestanforderungen einzuhalten: [...]

- bei mehrgeschossigen Dachausbauten sind bis auf das oberste Dachgeschoss Trennwände zwischen Zugängen zu Aufenthaltsräumen und Dachböden mindestens hochbrandhemmend auszuführen
- bei eingeschossigen Dachausbauten im obersten Dachgeschoss von mehrgeschossigen Dachausbauten sind Trennwände zwischen den Wohnungen mindestens hochbrandhemmend auszubilden, andere wohnungsabschließende Wände (einschließlich Dachschrägen) müssen zumindest raumseitig brandhemmend verkleidet werden. Zugänge zu den Aufenthaltsräumen müssen vom Dachboden mindestens brandhemmend abgetrennt sein.

Die Erleichterungen werden durch allgemeine Brandschutzanforderungen des § 43 Abs. 2 Z. 2 begrenzt.

#### **§ 49 Decken**

Die grundsätzlichen Anforderungen für Decken ergeben sich aus den Bestimmungen des § 43.

§ 49 Abs. 2:

Decken von Dachgeschossen sind mindestens hochbrandhemmend herzustellen.

§ 49 Abs. 3:

Erleichterungen gegenüber den Abs. 1 und 2 sind, sofern dagegen nach der Art des Verwendungszweckes aus der Sicht des Brandschutzes keine Bedenken bestehen, zulässig für

- Gebäude oder Gebäudeteile mit nicht mehr als drei oberirdischen Geschoßen (einschließlich Dachgeschossen),
- das oberste Dachgeschoss, unabhängig von der Geschosshöhe des Gebäudes, [...]

Die Erleichterungen werden durch allgemeine Brandschutzanforderungen des § 43 Abs. 2 Z. 2 begrenzt.

In der unten stehenden Tabelle sind die Brandschutzanforderungen für Decken und Wände zusammengefasst dargestellt.

<b>Dachgeschosse</b>	
Tragende Wandteile	hochbrandhemmend
Wohnungstrennwände	hochbrandhemmend
Dachschrägen	hochbrandhemmend
Trennung der Zugänge zu Aufenthaltsräumen vom Dachboden	hochbrandhemmend
Decken	hochbrandhemmend
Nicht tragende Außenwände und nicht tragende Teilflächen tragender Außenwände (ausgenommen Fenster und Türen)	brandhemmend
<b>Mindestanforderungen für Wohngebäude</b>	
Vollgeschossbereich	hochbrandhemmend
mehrgeschossige Dachausbauten (ausgenommen das oberste Dachgeschoß)	hochbrandhemmend
Trennwände zwischen Zugängen zu Aufenthaltsräumen und dem Dachboden	hochbrandhemmend
eingeschossige Dachausbauten sowie das oberste Dachgeschoss	hochbrandhemmend
Trennwände zwischen Wohnungen	hochbrandhemmend
andere wohnungsabschließende Wände (einschließlich Dachschrägen)	brandhemmend (raumseitig)
Decke gegen Dachboden bzw. Dachkonstruktion	brandhemmend (raumseitig)

Tab. 4.1 Brandschutzanforderungen für Decken und Wände [25]

§ 49 Abs. 5:

Eine von der Dachkonstruktion getrennt tragende Decke muss mit solcher Festigkeit hergestellt werden, dass sie im Brandfall der Trümmerlast des Dachstuhls standhält

### III. Abschnitt: Stiegen, Geländer, Türen

#### § 54 Aufzüge und Rolltreppen

§ 54 Abs. 1:

Bei Wohngebäuden mit mehr als vier oberirdischen Geschoßen sind Personenaufzüge in solcher Zahl, Ausführung und Betriebsart vorzusehen, dass den Verkehrsbedürfnissen entsprochen wird. [...]

### VI. Abschnitt: Aufenthaltsräume und Wohnungen

#### § 67 Aufenthaltsräume, Raumhöhe und Belichtung

§ 67 Abs. 1:

Aufenthaltsräume müssen eine für ihre Benutzung ausreichende Grundfläche und eine lichte Höhe von mindestens 2,40 m haben. Bei Aufenthaltsräumen in Dachgeschoßen muss eine lichte Höhe von mindestens 2,30 m über mindestens die Hälfte ihrer Grundfläche vorhanden sein, Raumteile mit einer lichten Höhe bis 1,50 m bleiben dabei außer Betracht. Andere Räume müssen eine lichte Höhe von mindestens 2,10 m haben.

§ 67 Abs. 2:

Aufenthaltsräume, ausgenommen jene nach Abs. 3, müssen unmittelbar ins Freie führende Fenster von solcher Zahl und Beschaffenheit haben, dass die Räume ausreichend mit Tageslicht beleuchtet und belüftet werden können. Das Rohbaumaß der Fensteröffnungen muss mindestens ein Achtel der Grundfläche des Raumes betragen; [...]

§ 67 Abs. 3:

Aufenthaltsräume sind ohne Fenster zulässig, wenn dies durch besondere Maßnahmen, wie den Einbau von raumluftechnischen Anlagen und Beleuchtungsanlagen, ausgeglichen wird.

## II. TEIL- besondere bautechnische Bestimmungen

### I. Abschnitt: Abstellflächen und Garagen

#### § 71 Pflicht zur Schaffung von Abstellflächen oder Garagen

§ 71 Abs. 1:

Bei der Errichtung baulicher Anlagen, bei denen ein Zu- und Abfahrtsverkehr zu erwarten ist, sind vom Bauwerber geeignete Abstellflächen [...] in ausreichender Größe herzustellen. [...] Anzahl und Größe der Abstellfläche richten sich nach Art und Zahl der nach dem Verwendungszweck der Anlage vorhandenen und zu erwartenden Kraftfahrzeuge und Fahrräder der ständigen Benutzer und Besucher. [...]

§ 71 Abs. 3:

Die Verpflichtung nach Abs. 1 gilt als erfüllt, wenn mindestens ein Abstellplatz

- bei Wohnhäusern je Wohneinheit [...]

geschaffen wird.

### VII. Abschnitt: Erleichterungen

#### § 115 Baumaßnahmen an Altbauten

Für Gebäude, die vor dem 1. Jänner 1969 errichtet wurden, hat die Behörde zur Schaffung von Aufenthaltsräumen in bestehenden Dachräumen, von Aufzügen oder aufzugähnlichen Einrichtungen, sowie für Zu- und Umbauten Erleichterungen gegenüber den Vorschriften des II., III, V. und VI. Abschnittes des I. Teiles dieses Hauptstückes (**Anmerkung: 2. Hauptstück**) zuzulassen, wenn die Einhaltung dieser Vorschriften unter der Berücksichtigung der Eigenart des Gebäudes entbehrlich ist. Erleichterungen sind jedoch nur insofern zulässig, als sie vom Standpunkt der Standesicherheit, der Festigkeit, des Brand-, Wärme- und Schallschutzes und der Hygiene unbedenklich sind.

## 5 Grazer Altstadterhaltungsgesetz samt Durchführungsverordnungen

[26]

Das Grazer Altstadterhaltungsgesetz ersetzt das in der Land Steiermark gültige Ortsbildgesetz 1977. Die Altstadterhaltung stellt eine Sonderform des Ortsbildschutzes dar. Es soll dazu dienen die UNESCO geschützte Innenstadt zu erhalten und ihren Charakter zu bewahren. Dachgeschossausbauten können in die bestehende Dachlandschaft eingreifen, es ist daher wichtig sich mit allen Regelwerke und Richtlinien auseinanderzusetzen, um so die Durchführbarkeit des Projektes und die Erhaltung schützenswerter Denkmäler bzw. Welterbestätten zugewährleisten.

### 5.1 Grazer Altstadterhaltungsgesetz 2008 (GAEG)

Das Grazer Altstadterhaltungsgesetz aus dem Jahr 1974 legte konkrete Schutzbestimmungen für die Altstadt fest, die im Wesentlichen bis heute erhalten geblieben sind. 1980 erfolgte eine Revision des Gesetzes, welches 2008 nochmals überarbeitet wurde.

Das Grazer Altstadterhaltungsgesetz ist in fünf Abschnitte gegliedert.



Abb. 5.1 Grazer Altstadterhaltungsgesetz

Der erste Abschnitt des GEAG beinhaltet die Ziele und Bestimmungen im Anwendungsbereich (Schutzgebiete), der zweite Abschnitt umfasst die Verpflichtungen im Umgang mit den Bauten, die sich in Schutzgebieten befinden, sowie die dazugehörigen Verfahren. Im dritten Abschnitt werden die Aufgaben der Institutionen, welche für die Umsetzung des Gesetzes zuständig sind definiert. Der vierte Abschnitt befasst sich mit dem Altstadterhaltungsfond.

## 5. 1. 1 1. Abschnitt: Allgemeine Bestimmungen

### § 1 Ziele des Gesetzes

#### § 1 Abs. 1:

Die Ziele des Gesetzes sind die Erhaltung der Altstadt von Graz in ihrem Erscheinungsbild, ihre Baustruktur und Bausubstanz sowie die Aktivierung ihrer vielfältigen urbanen Funktion. Diesen Zielen kommt ein vorrangiges öffentliches Interesse zu. Dieses Gesetz soll überdies Beitrag zur Erhaltung der Altstadt von Graz als UNESCO-Weltkulturerbe leisten.

#### § 1 Abs. 2:

Für die Auslegung der in diesem Gesetz enthaltenen spezifischen baurechtlichen Bestimmungen ist das Steiermärkische Baugesetz 1995 heranzuziehen.

### § 2 Schutzgebiet

#### § 2 Abs. 1:

Der örtliche Anwendungsbereich dieses Gesetzes erstreckt sich auf jene Stadtteile von Graz, die in ihrer landschaftlichen und baulichen Charakteristik das Stadtbild prägen und daher in ihrem Erscheinungsbild und in ihrer Baustruktur und Bausubstanz, sowie in ihrer vielfältigen urbanen Funktion zu erhalten sind (Schutzgebiet).

#### § 2 Abs. 2:

Das Schutzgebiet besteht aus einer Kernzone (Zone 1) sowie den weiteren Zonen 2, 3, 4 und 5. [...]

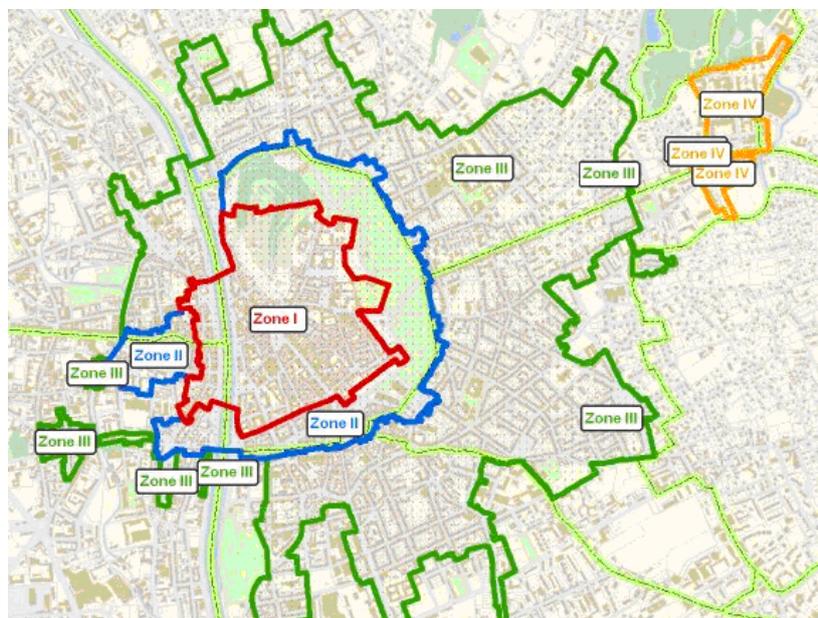


Abb. 5.2 Schutzzonen in der Grazer Innenstadt [5]

Die oben stehende Abbildung zeigt die Schutzzonen in der Grazer Innenstadt. Die Zone 1 umfasst das gesamte UNESCO-Weltkulturerbe. Die Zone 2 hat die Funktion einer Pufferzone für das Weltkulturerbe. Die Zone 3 umfasst die Gründerzeitobjekte, während Zone 4 kleinere Gebiete in der gesamten Stadt umfasst, die der Kalvarienberg und seine nähere Umgebung sind in der Schutzzone 5 angesiedelt.

Abb. 5.3 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt der UNESCO Weltkulturerbe Schutzzone und der dazugehörigen Pufferzone.

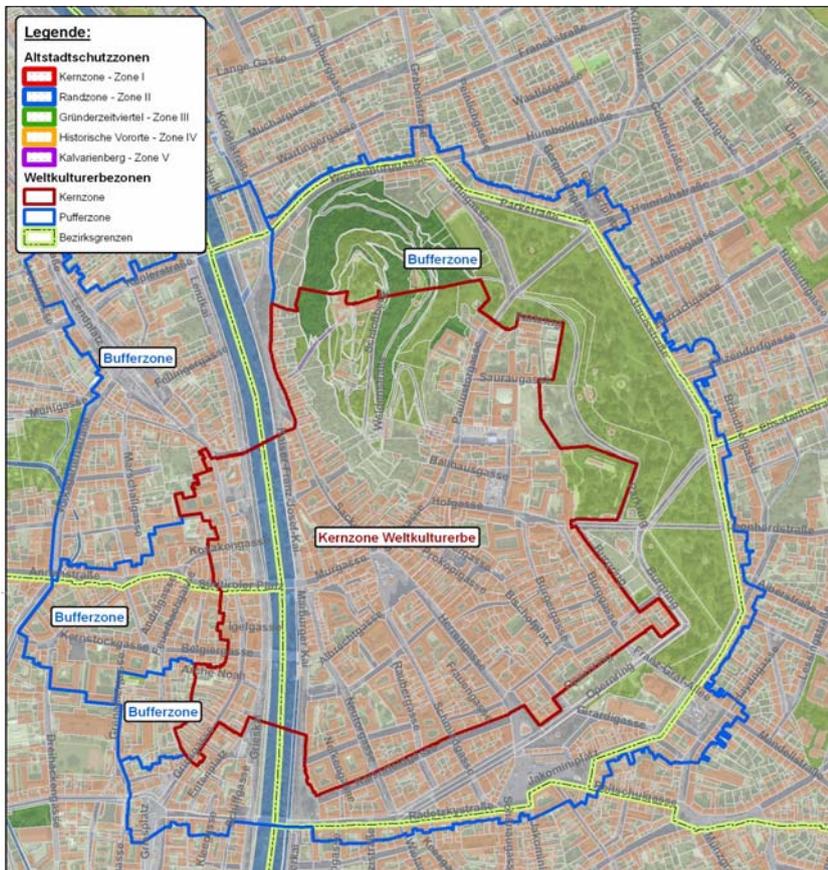


Abb. 5.3 UNESCO Weltkulturerbe Schutzzone und die Pufferzone [5]

## 5. 1. 2 2. Abschnitt: Schutzbestimmungen für die Altstadt von Graz

### § 4 Schutzwürdige Bauwerke

Schutzwürdige Bauwerke sind jene Gebäude und sonstige bauliche Anlagen, die in ihrer baulichen Charakteristik für das Stadtbild von Bedeutung sind. Zu ihrem äußeren Erscheinungsbild gehören alle gestaltwirksamen Merkmale des Bauwerkes, wie z.B. die Bauwerkshöhe, Geschosshöhe, die Dachform, Dachneigung und Dachdeckung, [...].

Die Begriffsdefinitionen wurden aus dem Steiermärkischen Baugesetz 1995 übernommen, um so eine einheitliche Begriffsdefinition zu schaffen. Durch diesen Paragraphen wird nicht nur das Gebäude an sich geschützt, sondern auch sämtliche gestaltwirksamen Merkmale eines Gebäudes.

## § 5 Erhaltung schutzwürdiger Bauwerke

### § 5 Abs. 1:

Im Schutzgebiet haben die EigentümerInnen schutzwürdige Bauwerke in ihrem äußeren Erscheinungsbild nach Maßgabe der Schutzwürdigkeit ganz oder teilweise zu erhalten. Dies schließt Veränderungen im Sinne des § 7 nicht aus.

Laut Steiermärkischem Baugesetz ist eine Instandsetzung eine Wiederherstellung eines früheren Zustandes. Deshalb bedarf es bei Instandsetzungen keiner Bewilligung und sind auch nicht anzeigepflichtig. Bei einer Instandsetzung darf das Erscheinungsbild nicht verändert werden. Die EigentümerInnen sind verpflichtet von sich aus das Bauwerk Instandzuhalten.

### § 5 Abs. 3:

Der Abbruch schutzwürdiger Bauwerke oder Teile davon bedarf einer Bewilligung nach diesem Gesetz. Diese darf nur erteilt werden, wenn die technische Unmöglichkeit der Behebung der Baugeschäden erwiesen oder die wirtschaftliche Unzumutbarkeit trotz Einbeziehung von zugesagten Förderungen gegeben ist.

## § 7 Neubauten, Zubauten, Umbauten

### § 7 Abs. 1:

Im Schutzgebiet bedürfen Neu-, Zu- und Umbauten, die nach dem Steiermärkischen Baugesetz bewilligungs- oder anzeigepflichtig sind und Einfluss auf das charakteristische Erscheinungsbild des betreffenden Stadtteils haben können, einer Bewilligung.

Auch hier werden die Begriffsdefinitionen Neu-, Um- und Zubau aus der Steiermärkischen Bauordnung 1995 übernommen um eine Vereinheitlichung zu schaffen. Ein Neu-, Zu- und Umbau bedeutet eine Veränderung im Erscheinungsbild des Gebäudes im Gegensatz zur Instandhaltung.

### § 7 Abs. 2:

Eine Bewilligung darf nur erteilt werden, wenn sich das Vorhaben - insbesondere auch durch seine baukünstlerische Qualität - in das Erscheinungsbild des betreffenden Stadtteils einfügt. Wenn das Vorhaben schutzwürdige Bauwerke betrifft, darf die Bewilligung darüber hinaus nur erteilt werden, soweit die Charakteristik des äußeren Erscheinungsbildes im Sinn des § 4 nicht beeinträchtigt wird.

Ein Bauvorhaben muss sich in das Stadtbild einfügen, dies wiederum hängt von der Architektur eines Projektes ab. Architektonische Qualität bedeutet, dass hochwertige zeitgenössische Architektur, die eine intellektuelle, künstlerische und berufliche Arbeit ist, ein konstituierendes Merkmal der städtischen Umwelt und das Kulturerbe von morgen darstellt und durch die Verbesserung zum sozialen Zusammenhalt, zur Schaffung von Arbeitsplätzen, zur Förderung des Kulturtourismus und zur regionalen wirtschaftlichen Entwicklung leistet und aus diesen Gründen zu fördern und zusammen mit der Erhaltung des Kulturerbes stärker zu berücksichtigen ist [26].

Die Stadt Graz hat das Ziel zeitgenössische Architektur zu ermöglichen. Dennoch soll diese den historischen Charakter der Stadt bewahren. Eine Nachahmung historischer Gestaltung wird grundsätzlich abgelehnt.

## § 8 Vorschriftswidrige Maßnahmen

§ 8 Abs. 3:

Im Widerspruch zu den Bestimmungen des Gesetzes getätigte Maßnahmen sind zu beseitigen bzw. rückgängig zu machen. Ohne behördliche Bewilligung oder Auftrag abgebrochene Bauwerke oder deren Teile sind im Sinne des § 1 Abs. 1 wieder in einer der früheren äußeren Gestaltung entsprechenden Ausführung zu errichten. [...]

## 5. 2 Durchführungsverordnungen des GAEG

Die Durchführungsverordnungen des Grazer Altstadterhaltungsgesetzes (GAEG) beziehen sich ausschließlich auf die Dachlandschaften. Es wird auf die Dachdeckungen in den einzelnen Schutzzonen detailliert eingegangen und definiert welche Dachdeckungen bei einem Neubau oder bei einer Sanierung zu verwenden sind.

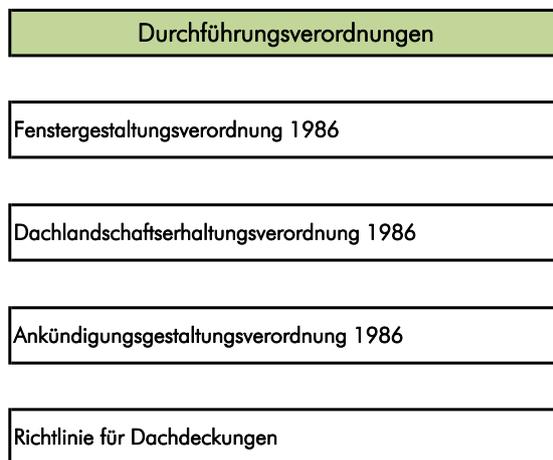


Abb. 5.4 Übersicht Durchführungsverordnungen zum GAEG

Im Folgenden wird auf die Dachlandschaftserhaltungsverordnung, sowie auf die Richtlinie für die Dachdeckung der Grazer Altstadt näher eingegangen.

### 5. 2. 1 Dachlandschaftserhaltungsverordnung 1986

Die Dachlandschaftserhaltungsverordnung wurde 1985 von der Steiermärkischen Landesregierung beschlossen und bezieht sich auf die Schutzzonen in Graz. Wesentliche Inhalte der Verordnung sind eine Definition der Grazer Dachlandschaft, sowie die Gestaltungsrichtlinien.

#### § 1

Im Schutzgebiet [...] ist bei Öffnungen und Aufbauten sowie sonstigen Veränderungen der Dachhaut auf eine Einfügung in das überlieferte Erscheinungsbild der Grazer Dachlandschaft zu achten. Die Dachlandschaft umfasst hierbei die Gesamtheit der gestaltwirksamen Merkmale der Dachzone, wie Größe, Form, Konstruktion, Neigung, Gesimse bzw. Traufenausbildung, Deckungsmaterial, Elementform, Deckungsfarbe, Aufbauten [...], sowie Verschneidungen mit den Dächern.

## § 2

Gemäß den Zielvorstellungen des § 1 hat nach Maßgabe der Schutzwürdigkeit und unter Beachtung auf das Erscheinungsbild des betreffenden Stadtteils zu gelten:

- 1 Dachaufbauten für Belichtungszwecke sollen als Einzelgauben ausgebildet werden.
- 2 Oberhalb und unterhalb von Gauben soll ein ausreichend dimensionierter, ungliederter Dachstreifen verbleiben. SchlepPGAuben kommen vorwiegend bei Dächern mit mehr als 45° Dachneigung in Betracht.
- 3 Die Verwendung von Blech als Konstruktionsmaterial ist zulässig, wenn anders die Dichtigkeit der Dachhaut durch die konstruktiven baulichen Gegebenheiten nicht gewährleistet werden kann. Blechdächer haben sich farblich in die Dachlandschaft einzufügen.

In diesem Paragraphen werden Gestaltungsrichtlinien definiert, die bei einem Dachgeschossausbau zur Anwendung kommen.

## § 3

Bei Gebäuden [...] ist wegen Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes jedenfalls für nachstehende Maßnahmen die Erteilung einer Bewilligung unzulässig:

- Flachdächer in der Zone 1, ausgenommen für Nebengebäude oder Anbauten von untergeordneter Bedeutung
- bei Neueindeckungen in der Zone 1 das Abgehen von der Ziegeldeckung
- bei Neueindeckungen in der Zone 2 und in den weiteren Zonen das Abgeben von dem die jeweilige Dachlandschaft des Ensembles im überwiegenden Maße prägenden Dachdeckungsmaterial
- großformatige Deckungselemente, die nicht in der überwiegenden Zahl der Deckung der Nachbarobjekte eine Entsprechung finden
- Dachdeckungen mit einer zur Falllinie asymmetrischen Wirkung
- Dachfenster ohne einheitliches Format nach Maßgabe der Sichtbarkeit
- Dachfenster in mehr als zwei Ebenen
- Dachfenster, die nicht im Rhythmus der Sparren oder der Fensterachsen der Fassade angeordnet sind
- Kehrstege nach Maßgabe der Sichtbarkeit

### 5. 2. 2 Richtlinie für die Dachdeckung in der Grazer Altstadt

In Graz bedarf jede Dachsanierung einer Bewilligung nach vorheriger Begutachtung durch die Altstadt-Sachverständigenkommission (ASVK). Eine Neueindeckung eines Gebäudes sollte sich nach den historischen Bestand richten. Die Anlehnung an den Bestand, wenn dieser vor dem Ersten Weltkrieg errichtet worden ist, ist erforderlich. Wenn die Eindeckung nicht jenem zum Errichtungszeitpunktes entspricht, ist es zulässig die Neueindeckung dem derzeitigen Bestand anzupassen. Die Richtlinie ist für Sanierungen mit mehr als 10% Neumaterial anzuwenden, bei geringerem Anteil fällt dies unter die Geringfügigkeitsgrenze. Vorwiegend wird auf die Dachdeckungen in den Schutzzonen eingegangen und die Möglichkeiten bei einer Neueindeckung aufgelistet.

In der Altstadtzone 1 hat beispielsweise die Eindeckung mit Ziegeldoppeldeckungen zu erfolgen, bei Eindeckungen mit Naturschiefer ist eine Neueindeckung mit Faserzementplatten zulässig. Für die Zonen 2 bis 5 ist ein Biberschwanzziegel zulässig.

## 6 Internationale Charta zur Denkmalpflege in historischen Städten

[28]

Am II. Internationalen Kongress der Architekten und Techniker der Denkmalpflege 1964 entstand die „Charta von Venedig“, welche in der Denkmalpflege eine verbindliche Leitlinie darstellt. Die Charta ist in ihrer Gültigkeit allgemein gehalten und ihre Grundsätze sind knapp und übersichtlich dargestellt. Die wichtigsten Artikel werden aus [28] in der Fassung von 1989 nachstehend zusammengefasst.

### Artikel 1

Der Denkmalbegriff umfasst sowohl das einzelne Denkmal als auch das städtische oder ländliche Ensemble (Denkmalbereich), das von einer ihm eigentümlichen Kultur, einer bezeichnenden Entwicklung oder einem historischen Ereignis Zeugnis ablegt. Er bezieht sich nicht nur auf große künstlerische Schöpfungen, sondern auch auf bescheiden Werke, die im Lauf der Zeit eine kulturelle Bedeutung bekommen haben.

### Artikel 2

Konservierung und Restaurierung der Denkmäler bilden eine Disziplin, welche sich aller Wissenschaften und Techniken bedient, die zur Erforschung und Erhaltung des kulturellen Erbes beitragen können.

### Artikel 3

Ziel der Konservierung und Restaurierung von Denkmälern ist ebenso die Erhaltung des Kunstwerks wie die Bewahrung des geschichtlichen Zeugnisses.

### Artikel 6

Zur Erhaltung eines Denkmals gehört die Bewahrung eines seinem Maßstab entsprechenden Rahmens. Wenn die überlieferte Umgebung noch vorhanden ist, muss sie erhalten werden und es verbietet sich jede neue Baumaßnahme, jede Zerstörung, jede Umgestaltung, die das Zusammenwirken von Bauvolumen und Färbigkeit verändern könnte.

Basierend auf der „Charta von Venedig“ entstand 1987 die „Internationale Charta zur Denkmalpflege in historischen Städten“, die durch den Internationalen Rat für Denkmalpflege (ICOMOS) erstellt wurde und die „Charta von Venedig“ ergänzen soll. Ihr Inhalt befasst sich mit historischen Städten mit ihrer natürlichen oder vom Menschen geschaffenen Umgebung. Die Charta definiert Maßnahmen, welche zur Denkmalpflege in historischen Städten und deren Bereichen angewandt werden dürfen. Wichtig dabei ist, dass nur solche Maßnahmen zur Anwendung kommen, welche die Erhaltung, den Schutz und die Restaurierung, sowie die harmonische Anpassung an das heutige Leben der Denkmäler forcieren. Ein wichtiges Ziel der Denkmalpflege in historischen Städten sollte es sein, den historischen Charakter und jene Elemente, in denen sich dieser Charakter widerspiegelt zu bewahren.

Die Umsetzung der Ziele, die auch eine Grundlage für eine erfolgreiche Stadterhaltung bildet, soll durch eine Zusammenarbeit der Stadtplanung und der Bewohner erfolgen. Die Ziele der Erhaltungsplanung der historischen Stadt sollen klar definiert werden und die Erhaltungsplanung sollte um ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den historischen Stadtbereichen und der Stadt als Ganzen bemüht sein. Sie sollte Gebäude und Gebäudegruppen nennen, die zu erhalten oder unter bestimmten Bedingungen zu erhalten sind, unter Umständen auch Gebäude, auf die man im Ausnahmefall verzichten könnte [28]. Voraussetzung für eine erfolgreiche Bewahrung der historischen Städte ist eine laufende Instandhaltung, als primäres Ziel jeder Stadterhaltung gilt eine Verbesserung der Wohnverhältnisse. Falls es notwendig sein sollte, Gebäude neu zu errichten oder umzubauen, muss die bestehende räumliche Struktur, [...], respektiert werden. Zeitgenössische Elemente können eine Bereicherung sein, soweit sie sich in das Ensemble einfügen [28].

## 7 UNESCO Welterbekonvention

[29]

Die UNESCO (engl.: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) ist eine Organisation der Vereinten Nationen für Bildung, Wissenschaft, Kultur und Kommunikation, am 16. November 1945 gegründet wurde und ihren Sitz in Paris hat. Sie umfasst bislang 193 Mitgliedstaaten.



Abb. 7.1 UNESCO Welterbelogo [29]

### 7.1 Allgemeines

Das „Übereinkommen zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt“, kurz Welterbekonvention, wurde am 16.11.1972 beschlossen. Mit einer Unterzeichnung verpflichten sich die Vertragsstaaten ihre Welterbestätten zu schützen und zu erhalten. Die Finanzierung für die Erhaltung hat durch die Vertragsstaaten selbst zu erfolgen. Die Umsetzung der Welterbekonvention ist in der der Richtlinie zur Durchführung des Übereinkommens zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt geregelt.

Um in die Liste des Welterbes aufgenommen werden zu können, müssen die Vertragsstaaten eine Vorschlagsliste erstellen, welche durch die jeweilig Regierung bestätigt werden muss. Die endgültige Entscheidung für die Aufnahme in die Weltererbeliste trifft das UNESCO-Welterbekomitee, welches durch drei Fachgremien unterstützt wird. Die Fachgremien setzen sich zusammen aus:

- ICOSMOS: Internationale Rat für Denkmalpflege
- ICCROM: Internationales Studienzentrum für die Erhaltung und Restaurierung von Kulturgut
- IUCN: Weltnaturschutzunion

Ein Gut wird nur dann in die Welterbeliste eingetragen, wenn es einen außergewöhnlichen universellen Wert hat, einzigartig und unversehrt ist, sowie die historische Echtheit gegeben ist. Mit einer Eintragung in die Liste wird ein besserer Schutz der Denkmäler auf

regionaler, nationaler und internationaler Ebene gewährleistet. Abb. 7.2 zeigt einen Überblick über die Inhalte der Welterbekonvention.

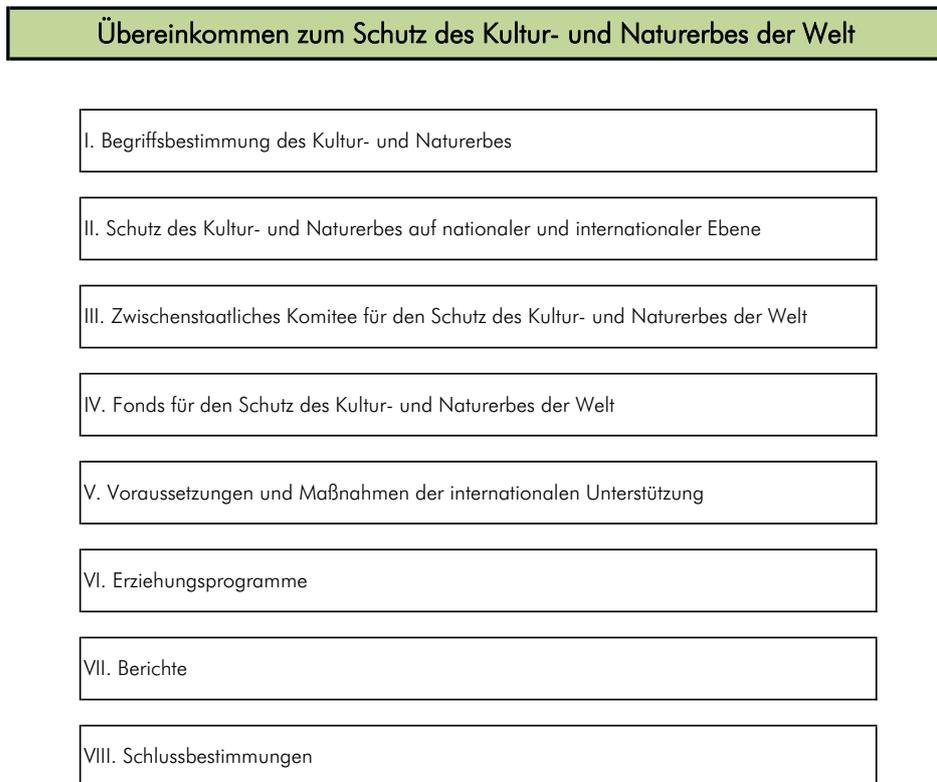


Abb. 7.2 Überblick Welterbekonvention

Folgend werden kurz einige Passagen der UNESCO Welterbekonvention wiedergegeben.

### I. Begriffsbestimmungen des Kultur- und Naturerbes

#### Artikel 1

Im Sinne des Übereinkommens gelten als „Kulturerbe“:

[...]

Ensembles: Gruppen einzelner und miteinander verbundener Gebäude, die wegen ihrer Architektur, ihrer Geschlossenheit oder ihrer Stellung in der Landschaft aus geschichtlichen, künstlerischen oder wissenschaftlichen Gründen von außergewöhnlichem universellen Wert sind;

[...]

#### Artikel 3

Es ist Sache jedes Vertragsstaates, die in seinem Hoheitsgebiet befindlichen, in den Artikel 1 und 2 bezeichneten verschiedenen Güter zu erfassen und zu bestimmen.

## II. Schutz des Kultur- und Naturerbes auf nationaler und internationaler Ebene

### Artikel 4

Jeder Vertragsstaat erkennt an, dass es in erster Linie seine eigene Aufgabe ist, Erfassung, Schutz und Erhaltung in Bestand und Wertigkeit des in seinem Hoheitsgebiet befindlichen, in den Artikeln 1 und 2 bezeichneten Kultur- und Naturerbes sowie seine Weitergabe an künftige Generationen sicherzustellen. Er wird hierfür alles in seinen Kräften stehende tun, unter vollem Einsatz seiner eigenen Hilfsmittel und gegebenenfalls unter Nutzung jeder ihm erreichbaren internationalen Unterstützung und Zusammenarbeit, insbesondere auf finanziellem, künstlerischen, wissenschaftlichen und technischen Gebiet.

## 7.2 Monitoring-Instrumente der Welterbekonvention

Laut Artikel 29 der Welterbekonvention und laut §§ 169 – 176, §§ 190 – 191, sowie §§ 199 – 202 der Richtlinien zur Durchführung des Übereinkommens zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt besteht für die Vertragsstaaten Berichtspflicht.

Die **regelmäßige Berichtserstattung** besteht laut Artikel 29 der Welterbekonvention in Verbindung mit Kapitel 5 der Richtlinie zur Durchführung des Übereinkommens zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt aus einem Fragenkatalog zur Umsetzung der Konvention im Land selbst, sowie in den einzelnen Welterbestätten.

Durch die **reaktive Überwachung** sind die Vertragsstaaten verpflichtet, das Welterbezentrum über außergewöhnliche Umstände und Arbeiten an den Welterbestätten zu informieren (§ 172 und § 174 der Richtlinie zur Durchführung des Übereinkommens zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt). Darunter fallen alle Verfahren, die durch eigene Berichtserstattung, sowie durch Hinweise Dritter in Bezug auf Maßnahmen an und in den Stätten verursacht werden.

ICOSMOS bildet auf nationaler Ebene eine Monitoring-Gruppe, welche bei Maßnahmen am Welterbe frühzeitig eingebunden wird und trägt dazu bei Konflikte mit der Welterbekonvention zu minimieren bzw. zu vermeiden. Die Verfahren für die **vorbeugende Überwachung** sind in den §§ 169 – 176 der Richtlinie zur Durchführung des Übereinkommens zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt definiert.

## 7.3 Welterbestädteprogramm

Die Erhaltung und nachhaltige Entwicklung in historischen Städten und Stadtlandschaften wird seit 1996 auch von der UNESCO forciert und zählt zu einer der anspruchsvollen Aufgaben. Das Welterbekomitee beschäftigt sich mit Themen, welche das Erscheinungsbild historischer Städte ändern und zeigt auf, welche architektonischen und urbanen Entwicklungen, sowie baulichen Veränderungen in den Stadtkernen möglich sind, ohne dass sie ihre Identität und historischen Charakter verlieren. Mit der Auszeichnung zum UNESCO-Weltkulturerbe werden viele Städte angeregt ihre Aufmerksamkeit auf die Welterbestätte selbst zu legen. Da sich die Stadtkerne in einem enormen Entwicklungsprozess befinden, welche durch Stadtentwicklungsprojekte und moderne Architektur hervorgerufen wird, kommt es zu einer Änderung in der sozialökonomischen Struktur.

Hochhausbauten können Sichtachsen auf ein Altstadtensemble, dessen Dachlandschaft Bestandteil des Welterbes ist, beeinträchtigen und so den „außergewöhnlichen universellen Wert“ zerstören. Bei Eingriffen im Umfeld, sowie an den Welterbestätten selbst, bestehen Vorschriften für Architektur und Planung und stellt hohe Anforderungen an das Verständnis, die Kreativität und das Können der Planer.

Wesentliche Zielvorstellungen des Welterbestädteprogramms sind: [29]

- Strategien und Instrumente für den Erhalt der universell außergewöhnlichen Werte der Welterbestädte als Leitlinie der städtebaulichen Denkmalpflege und der nachhaltigen Stadtentwicklung;
- Balance von Kontinuität und Veränderung, von Einheitlichkeit und Diversität;
- Integration von Altem und Neuem: Verbindung der Kernzonen mit den Peripherien;
- Verträglichkeitsanalyse für zeitgenössische Stadtentwicklung innerhalb der historischen Stadtzentren;
- Rehabilitationsprojekte für historische Stadtzentren;
- Welterbestädte und Klimawandel: Risikoabschätzung, Prävention und Anpassungsmaßnahmen.

Im Mai 2005 wurde in Wien auf der internationalen Konferenz zum Thema „Welterbe und zeitgenössische Architektur“ das „Wiener Memorandum“ erarbeitet. Ziel dieses Arbeitsdokumentes ist es, Infrastrukturplanungen und moderne Architektur mit der Erhaltung historischer Baustubstanz in Einklang zu bringen. Das Leitprinzip jeder Stadtplanung und -entwicklung sollte es sein die historische Stadtlandschaft zu erhalten. Das setzt voraus, dass langfristige Perspektiven für die Welterbestätten definiert werden. Um die Erhaltung der historischen Stadtlandschaft und die Verbesserung der Lebensbedingungen zu vereinbaren wird eine ausgewogene Entwicklung und der Dialog aller Beteiligten angestrebt. Basierend auf den Wiener Memorandum wurde durch die Generalversammlung der Welterbekonvention die „Erklärung zur Erhaltung historischer Stadtlandschaften“ verabschiedet.

## 7. 4 Welterbe in Österreich

In Österreich sind die Kompetenzen zur Umsetzung der Welterbekonvention auf Bund und Länder aufgeteilt. Die Aufgaben des Bundes liegen im Denkmalschutzrecht, hingegen beschäftigen sich die Länder mit dem Naturschutz, dem Baurecht und der Raumplanung. Der Denkmalschutz innerhalb von Welterbestätten ist für Ensembles und Einzelobjekte möglich, der Schutz von Kulturlandschaften oder Umgebungen von Denkmälern ist an Landesgesetze gebunden.

Das „Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur“ ist das federführende Ressort für Angelegenheiten die das UNESCO-Weltkulturerbe betreffen. Nach Artikel 5(b) muss innerhalb des Ministeriums eine Kontaktstelle eingerichtet werden, welche die Umsetzung der Konvention und die Aktivitäten auf nationaler und internationaler Ebene koordiniert.

Die ständige Vertretung Österreichs bei der UNESCO wird durch das „Bundesministerium für europäische und internationale Angelegenheiten“ entsandt. Das Bundesdenkmalamt, eines der weiteren wichtigen Institutionen in Österreich für die Umsetzung der UNESCO Konvention, berät und betreut nach Unterschutzstellungen die Denkmaleigentümer und führt Instandsetzungen und Restaurierungen durch. Ein weiteres wichtiges Aufgabengebiet des Denkmalschutzamtes ist es, die Dokumentation und Analyse des Bestandes und Zustandes eines Bauwerkes durchzuführen.

## 7. 5 UNESCO Managementplan am Beispiel der Stadt Graz

[5],[29],[30]

Der Managementplan und der zugehörige Masterplan stellen in der Welterbekonvention ein wichtiges Planungsinstrument dar und sollen das Welterbe vor unzulässigen Eingriffen schützen. Weiters dienen sie dazu die Kompatibilität von Bauvorhaben, im frühen Projektstadium, mit dem Welterbe zu prüfen. Gesetzlich ist der Managementplan in der „reaktiven Überwachung“ (§§ 169 – 176) der Durchführungsrichtlinie verankert. Die Richtlinie verlangt für jede Weltkulturerbestätte ein verfeinertes Monitoringsystem, welches durch die Stadt Graz im „Weltkulturerbe Historische Altstadt Graz - Managementplan 2007“ realisiert wird.

Das Weltkulturerbe ist in Österreich durch die „Konvention zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt“ geregelt. Sonstige Determinierungen finden sich in der österreichischen Rechtsordnung nicht. Jedoch existieren mehrere Schutzebenen zur mittelbaren Bewahrung des Weltkulturerbes. Diese sind das

- Steiermärkisches Raumordnungsgesetz,
- Steiermärkisches Baugesetz,
- Denkmalschutzgesetz,

- Grazer Altstadterhaltungsgesetz und
- sonstige Instrumente der Raumordnung, wie Stadtentwicklungskonzepte, Flächenwidmungsplan, Bebauungspläne und räumliches Leitbild.

Der „Weltkulturerbe Historische Altstadt Graz - Managementplan 2007“ dient als Planungsgrundlage für künftige Bauvorhaben in und rund um die Weltkulturerbestätte und definiert die Rahmenbedingungen für den künftigen Umgang. Der Managementplan festigt, gemäß den Richtlinien der UNESCO und denen des Denkmalschutzes, den Schutz der Grazer Altstadt. Zurzeit stellt der Managementplan nur eine Handlungsempfehlung dar und ist somit nicht bindend anzuwenden.

Das Grazer Weltkulturerbe ist definiert nach dem Schutzzonenvorgaben des Grazer Altstadterhaltungsgesetzes (GEAG), nach welchen sich auch die Maßnahmen des Managementplans richten. In der unten stehenden Abbildung sind die Kernzone, sowie die Pufferzone des Weltkulturerbes ersichtlich.

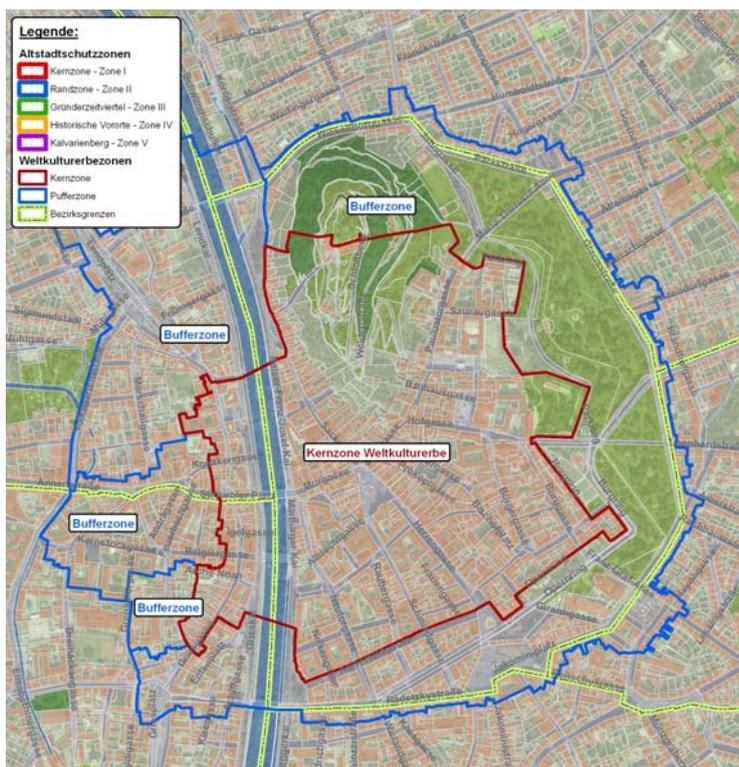


Abb. 7.3 Grazer Schutzzonen [5]

Als Grundlage für die Erstellung dieses Arbeitsdokumentes wurden die Richtlinien von Seiten der UNESCO herangezogen, welche folgenden Ziele definieren [30]:

- Regelungen der Verfahren für den rechtlichen Schutz des Kulturgutes/Baubes;
- Regelung der Verwaltungsstrukturen für das Kulturgut;
- Maßnahmen zur Erhaltung des Kulturgutes, wobei diese den Ansprüchen der Echtheit (Authentizität und Integrität) nach Gestaltung, Material, handwerklicher Ausführung und harmonischer Einfügung, entsprechen sollten;
- Maßnahmen zur Erschließung und Erhaltung der Zugänglichkeit für die Öffentlichkeit;
- Sicherung der politischen und finanziellen Rahmenbedingungen zu Erhaltung des Kulturgutes.

Die allgemeinen Ziele des Weltkulturerbe - Managementplanes sind wie folgt definiert [30]

- Förderung der baulichen Qualität im Bereich der notwendigen städtebaulichen Veränderungen in den historischen Bereichen und in den Pufferzonen,
- Steuerung des wirtschaftlichen Druckes, im Hinblick auf die Vermeidung einer weiteren baulichen Verdichtung im Kerngebiet des historischen Stadtzentrums, unter Bedachtnahme auf die Anforderung einer lebendigen Stadt.
- Er soll als Leitbild und als Handlungsleitfaden für den Umgang mit dem Weltkulturerbe dienen und enthält dafür Maßnahmen, welche Weiterentwicklungen im Sinne der Weltkulturerbe-Interessen liegen.

Die Inhalte des Managementplanes gliedern sich in drei wichtige Bereiche:

- Managementplan - Allgemeinen Handlungsempfehlungen
- Masterplan - kartographische Darstellung des Weltkulturerbes
- Dokumentation - Informations- und Kommunikationsprozess

Im **Managementplan - Allgemeinen Handlungsempfehlungen** wird darauf aufmerksam gemacht, dass der vorliegende Managementplan nur empfehlenden Charakter hat und eine wichtige Rolle im Umgang mit dem Weltkulturerbe spielt. Weiters werden die wesentlichen Komponenten, wie sie in der Abb. 7.4 zu finden sind, definiert und auf die Wechselwirkung zueinander aufmerksam gemacht.



Abb. 7.4 Komponenten des Weltkulturerbe-Managementplanes 2007 [30]

Der **Masterplan - kartographische Darstellung des Weltkulturerbes** bildet die Grundlage für die Behandlung von Entwicklungs-, Planungs- und Schutzfragen in der Altstadt.

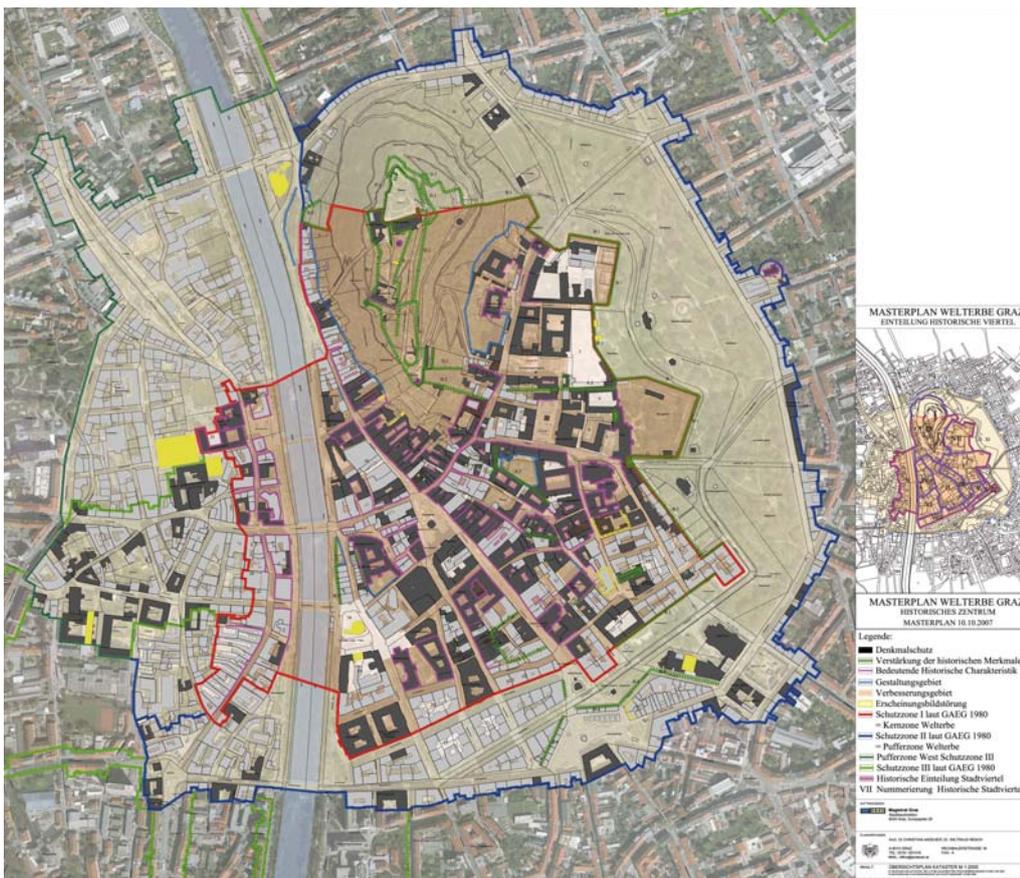


Abb. 7.5 Kartographische Darstellung des Weltkulturerbes [5]

Die Einteilung des Weltkulturerbes in Zonen, wie man sie in der obigen Abbildung findet, erfolgte je nach Grad des Handlungsbedarfes. Anhand dieser Einteilung ergaben sich drei wesentliche Themenschwerpunkte, wie sie auch im räumlichen Leitbild (RLB) der Stadt Graz zu finden sind.

Maßnahme	durchzuführende Aktivitäten
Erhalten	Festlegung historischer Charakteristika, Verstärkung der historischen Merkmale
Pflegen/Sanieren	Revitalisieren, Defizite beheben, Zonen verbessern
Entwickeln	Gestalten im Rahmen des Grazer Altstadterhaltungsgesetzes/ Denkmalschutzgesetzes mit hohem qualitativen Anspruch unter Berücksichtigung der Aspekte von Integrität und Authentizität des historischen Stadtgefüges

Tab. 7.1 räumliches Leitbild der Stadt Graz

Die **Dokumentation** dient zur Weiterentwicklung des Managementplanes und Masterplanes.

Im „Weltkulturerbe Historische Altstadt Graz - Managementplan 2007“ werden unter anderem Handlungsempfehlungen für Bauvorhaben innerhalb der Schutzzonen des Weltkulturerbes ausgesprochen. Sämtliche Bauvorhaben innerhalb der Schutzzonen sind nach dem Steiermärkischen Baugesetz und dem Grazer Altstadterhaltungsgesetz zu beurteilen.

## 8 Exkurs: Denkmalschutzrecht

[27],[28]

### 8.1 Allgemeines zum Denkmalschutz in Österreich

Das Denkmalschutzrecht wurde erstmals 1850 von Kaiser Franz Joseph I in der „K.K. Central-Commission zur Erfassung und Erhaltung der Baudenkmalen“ verankert und befasst sich mit dem Schutz des nationalen Kulturgüterbestandes. 1978 kam es zu einer Novelle im Bundesdenkmalschutzgesetz. Hier wurde erstmals der Begriff „Ensemble“ definiert und es kam zu einer Erweiterung des Umgebungsschutzes eines Denkmals.

Denkmalschutz ist laut B-VG Art 10 Abs. 1 Z. 13 Bundessache. Jedem Bundesland (ausgenommen Niederösterreich und Burgenland) sind Abteilungen (Bundesdenkmalämter) zugeordnet, welche den Denkmalschutz zu erfüllen bzw. umzusetzen haben und besitzen auch eine Bescheiderlassungskompetenz.

In Österreich kommt es im Denkmalschutz zu Überschneidungen der Bundes- und Landesgesetze. Die Denkmalschutzämter sind berechtigt den Schutz von Objekten, welche einen künstlerischen, historischen oder sonst kulturellen Wert besitzen, auszusprechen und so diese Objekte vor Schäden, Veränderungen und Zerstörung zu schützen. Die Länder sind befugt erhaltungswürdige Gebiete als Schutzzonen auszuweisen und so das äußere Erscheinungsbild zu erhalten. Der Ortsbildschutz ist jedoch keine Angelegenheit des Denkmalschutzrechtes.

Ein wichtiges Instrument des Denkmalschutzes ist es Unterschutzstellungen auszusprechen. Dies hat zur Folge das Veränderungen, Zerstörungen, Veräußerungen, Belastungen und Verbringungen nur unter Genehmigungspflicht vorgenommen werden dürfen. Jede der oben genannten Handlungen bedarf einer Anzeige-, Bewilligungs- oder Genehmigungspflicht. Durch das Denkmalschutzgesetz wird in die Privatautonomie des Denkmaleigentümers eingegriffen und so dessen freie Handlungsgewalt deutlich eingeschränkt. Es kommt zu Eigentumsbeschränkungen. In Österreich gibt es laut Verfassungsgerichtshof keinen aktiven Denkmalschutz, da dieser nicht mit der Eigentumsfreiheit kompatibel ist.

## 8.2 Unterschutzstellungen

Die Unterschutzstellungen sind im zweiten Abschnitt des Denkmalschutzgesetzes geregelt und stellen das wichtigste Instrument des Denkmalschutzes dar. Ein bauliches Objekt muss bestimmte Eigenschaften aufweisen, die es als Denkmal qualifizieren und wenn seine Erhaltung im öffentlichen Interesse liegt.

Die Denkmaleigenschaften sind im § 1 [28] des Denkmalschutzgesetzes definiert. Nachfolgend werden auszugsweise Passagen des Denkmalschutzgesetzes zitiert, welche den Dachgeschossausbau an denkmalgeschützten Gebäuden betreffen.

### 1. Abschnitt: Allgemeine Bestimmungen

#### § 1: Begriffsbestimmungen, Geltungsbereich

##### § 1 Abs. 1: [28]

Die in diesem Bundesgesetz enthaltenden Bestimmungen findet auf von Menschen geschaffene unbewegliche und bewegliche Gegenständen [...] von geschichtlicher, künstlerischer oder sonstiger kultureller Bedeutung („Denkmale“) Anwendung, wenn ihre Erhaltung dieser Bedeutung wegen im öffentlichen Interessen gelegen ist. [...] „Erhaltung“ bedeutet Bewahrung vor Zerstörung, Veränderung oder Verbringung ins Ausland.

Unter geschichtlicher Bedeutung versteht man

- lokalhistorische Bedeutung, sowie
- spezielle wirtschaft-, regional-, sozial- und stadtgeschichtliche Aspekte.

Die künstlerische Bedeutung kann wegen einzelner Elemente, dem Baukörper selbst oder nur der Fassade hervorgehoben werden. Die Umgebung eines Denkmals kann die künstlerische Bedeutung beeinflussen. Der Erhaltungszustand des Objektes spielt für die künstlerische Bedeutung keine Rolle. Es ist auch nicht wesentlich ob alle Details noch im Original erhalten sind.

##### § 1 Abs. 2: [28]

Die Erhaltung liegt dann im öffentlichen Interesse, wenn es sich bei dem Denkmal aus überregionaler oder vorerst auch nur regionaler (lokaler) Sicht um Kulturgut handelt, dessen Verlust eine Beeinträchtigung des österreichischen Kulturgutbestandes in seiner Gesamtsicht hinsichtlich Qualität sowie ausreichender Vielzahl, Vielfalt und Verteilung bedeuten würde. Wesentlich ist auch, ob und in welchem Umfang durch die Erhaltung des Denkmals eine geschichtliche Dokumentation erreicht werden kann.

Für das öffentliche Interesse ist es wichtig, ob ein Objekt ein Repräsentant einer Stilepoche der Kunst oder der Geschichte ist. Weiters muss durch die Erhaltung dieses Objektes eine geschichtliche Dokumentation erreicht werden.

**§ 1 Abs. 3: [28]**

Gruppen von unbeweglichen Gegenständen (Ensembles) [...] können wegen ihres geschichtlichen, künstlerischen oder sonstigen kulturellen Zusammenhanges einschließlich ihrer Lage ein Ganzes bilden und ihre Erhaltung dieses Zusammenhanges wegen als Einheit im öffentlichen Interesses gelegen sein.

Innerhalb eines Ensembles müssen die Objekte ein einheitliches Ganzes bilden. Es kann jedoch aus verschiedenartigen einzelnen Denkmälern bestehen. In diesem Fall bedarf es dann eines geschichtlichen, künstlerischen oder sonstigen kulturellen Zusammenhanges. Die einzelnen Objekte des Ensembles müssen nicht unter Denkmalschutz stehen. Die Bedeutung des Ensembles hat sich nach der Gesamtheit zu orientieren. Das Bundesdenkmalamt kann eine Ensemble unter Schutz stellen, wenn es den Bedeutungen des §1 Abs. 1 entspricht.

Unterschutzstellungen können kraft gesetzlicher Vermutung nach § 2, durch Verordnungen § 2a und § 25a oder per Bescheid § 3 veranlasst werden.

## 8. 3 Zerstörungen und Veränderungen

Das Denkmalschutzgesetz entscheidet Maßnahmen an Denkmalen, die gesetzlich verboten sind (Zerstörung oder Veränderung) und solchen, die an Bewilligungen gekoppelt sind (Veräußerung und Belastung).

### 2. Abschnitt: Schutz vor Zerstörung oder Veränderung

#### **§ 4 Verbot der Zerstörung und Veränderung von Denkmalen, Anzeige kleiner Reparaturarbeiten, Absicherungsarbeiten bei Gefahr**

**§ 4 Abs. 1**

Bei Denkmalen, die unter Denkmalschutz stehen, ist die Zerstörung sowie jede Veränderung, die den Bestand (Substanz), die überlieferte (gewachsene) Erscheinung oder künstlerische Wirkung beeinflussen könnte, ohne Bewilligung gemäß § 5 Abs. 1 verboten.

Veränderungen sind ebenfalls untersagt, wenn sie die künstlerische Wirkung oder die überlieferte Erscheinung beeinträchtigen. Instandhaltungsarbeiten nach § 4 Abs. 1 Z. 1 gelten nicht als Veränderungen.

**§ 4 Abs. 1 Z. 1:**

Als Zerstörung eines Denkmals gilt dessen faktische Vernichtung [...]. Die Zerstörung einzelner Denkmale, die nur als Teil [...] zur Einheit erklärten Ensembles [...] unter Denkmalschutz gestellt wurden (und nicht auch als Einzeldenkmäler), stellt stets nur die Veränderung des Ensembles [...] dar.

Wenn nur einzelne Teile eines Objektes unter Denkmalschutz stehen, dürfen die restlichen Teile weder zerstört noch verändert werden, wenn diese Handlungen die künstlerische Bedeutung beeinträchtigen. Weiters müssen nach § 1 Abs. 8 diese Teile auch erhalten werden. Die Zerstörung eines Objektes, welches Teil eines Ensembles ist, gilt als Veränderung und sind nach § 4 Abs. 1 untersagt.

**§ 4 Abs. 1 Z. 2:**

Einer Zerstörung ist gleichzuhalten, wenn der Eigentümer oder sonstige für die Instandhaltung Verantwortliche die Durchführung der für den Bestand des Denkmals unbedingt notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen in der offenbaren Absicht, es zu zerstören, unterlässt, obwohl es sich um Maßnahmen handelt, die dem Eigentümer (Verantwortlichen) insgesamt zumutbar sind, weil die Beseitigung keine oder nur geringe Geldmittel erfordert. [...]

Die Unterlassung von Instandhaltungsarbeiten gilt nach dem Denkmalschutzgesetz als Zerstörung des Objektes. Die Eigentümer sind nur verpflichtet, die notwendigen Instandsetzungsarbeiten, jedoch keine baulichen Verbesserungen durchzuführen. Die Erhaltungspflichten können nur dann dem Denkmaleigentümer angelastet werden, wenn sie unbedingt notwendig und wirtschaftlich zumutbar sind. Können aus bestimmten Gründen die Instandsetzungsarbeiten nicht durchgeführt werden, ist dies dem Bundesdenkmalamt schriftlich mitzuteilen. Bei einer Nichtmeldung der Unmöglichkeit der Instandsetzung kann nach § 37 Abs. 4 Z. 1 eine Geldstrafe erteilt werden.

Eine Zerstörung oder Veränderung nach § 4 Abs.1 eines denkmalgeschützten Objektes bedarf einer Bewilligung nach § 5 und muss vom Bundesdenkmalamt bewilligt werden, es sei denn, es handelt sich um Maßnahmen bei Gefahr im Verzug (§ 4 Abs. 2).

## 8. 4 Haager Konvention

Das Ziel der Haager Konvention ist es, das Kulturgut vor Beeinträchtigungen in Kriegssituationen zu bewahren. Als Kulturgut bezeichnet man nach Art 1 lit a der Haager Konvention, ein bewegliches oder unbewegliches Gut, das für das kulturelle Erbe aller Völker von großer Bedeutung ist [27], weiters definiert Art 2 die Sicherung und Respektierung des Kulturgutes. Dies beinhaltet nach Art 4 das Verbot jeglicher schädigenden Einwirkung. Unter „schädigender Einwirkung“ sind feindselige Handlungen, wie z.B. Plünderungen zu verstehen.

Die Haager Konvention ist im § 13 (Maßnahmen gemäß Haager Konvention) des Denkmalschutzgesetzes verankert.



# Bestandsanalyse eines Gründerzeithauses

## 1 Allgemeines

[32]

Dieses Kapitel soll einen groben Überblick über die hochbauliche und statisch-konstruktive Gestaltung von Gründerzeithäuser und deren Konstruktionen geben. Sie dient als Grundlage für die darauf aufbauenden Dachgeschossausbauten.

Die Gründerzeithäuser lassen sich in drei Typen mit unterschiedlichen Ausstattungsstandards einteilen:

- das Arbeitermiethaus,
- das bürgerliche Miethaus und
- das Nobelmiethaus.

Folglich wird kurz auf deren Charakteristika eingegangen.

### 1.1 Arbeitermiethaus

Das Arbeitermiethaus, auch Bassenamiethaus genannt, ist von den oben genannten Typen der am häufigsten Vorkommende. Das Haus ist in Kleinwohnungen, welche eine Größe von rund 50 m<sup>2</sup> aufweisen, unterteilt. Die Wohnungen bestehen im Allgemeinen aus drei Räumen (Zimmer - Küche - Kabinett). Das Zimmer besitzt meist ein Fassadenfenster, hingegen sind die Küche und das Kabinett mit einem Gangfenster ausgestattet. Die Wasserversorgung wird durch eine „Bassena“ (öffentliche Wasserentnahmestelle), welche sich am Gang befindet und pro Stockwerk nur einmal vorhanden ist, gewährleistet.

Innerhalb eines Straßenzuges wurde das Arbeitermiethaus oft nach einem Schema gebaut. Die Fassade wurde, im Gegensatz zur Innenausstattung, aufwendig gestaltet.

## 1. 2 Bürgerliches Miethaus

Das bürgerliche Miethaus stand den aufstrebenden Bürger- und Beamtentum zur Verfügung. Die Wohnungen besitzen Fließwasser und eine Klosettanlage, in seltenen Fällen war ein Badezimmer vorhanden. Die Decken wurden kunstvoll mit Stuck verziert.

Die Fassaden sind aufwendiger gestaltet als jene der Arbeitermiethäuser.

## 1. 3 Nobelmiethäuser

Typisch für die Nobelmiethäuser ist eine Räumhöhe von 4,5m und mehr. Die sanitäre Ausstattung entspricht den heutigen Standards. Die Innenausstattung ist aufwendig und kopiert den Stil der Adelsitze des 18. Jahrhunderts.

Die Nobelmiethäuser werden heute häufig für Büro Zwecke verwendet, da die Wohnungsgrößen und die anfallenden Betriebskosten die heutigen Wohnungsstandards übersteigen.

## 1. 4 Mischtypen

Häufig wurde der erste Stock, die „Belle Etage“, für die Hauseigentümer besser ausgestattet. Die restlichen Geschosse entsprachen dem des Arbeitermietshauses.

## 2 Fundierung und Kellermauerwerk

[31],[32]

Dieser Abschnitt widmet sich den Fundamentkonstruktionen und dem Kellermauerwerk von Gründerzeithäusern, sowie deren Dimensionierung.

### 2.1 Fundamentkonstruktionen

Die Fundamentkonstruktionen der Gründerzeithäuser bestehen in der Regel aus Mauerwerkskonstruktionen. Im Folgenden wird ein Überblick über die häufigsten Fundamentkonstruktionen gegeben.

#### 2.1.1 Normalfundament

Das üblicherweise ausgeführte Fundament entspricht dem heutigen Streifenfundament und wurde unter tragenden Wänden errichtet. Das Fundament ist um mind. 15 cm breiter als die Mauerwerksbreite  $b$  des untersten Geschosses und symmetrisch ausgeführt.

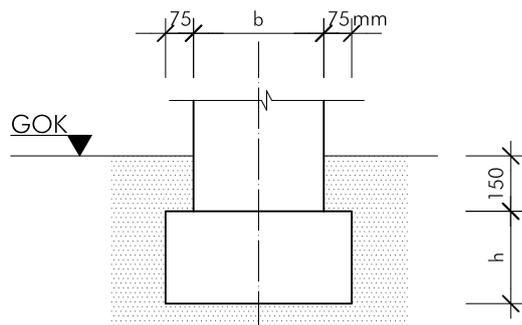


Abb. 2.1 Normalfundament [32]

Bei angrenzenden Gebäuden wurde das Fundament auch asymmetrisch wie folgt ausgeführt:

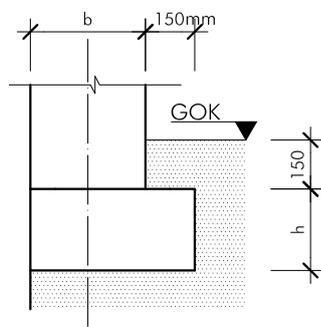


Abb. 2.2 Fundament bei angrenzendem Gebäude [32]

Wenn die Bodenart „weniger tragfähig“ war, kamen auch abgetreppte Fundamente zur Ausführung.

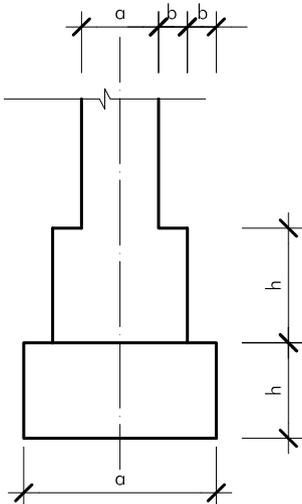


Abb. 2.3 abgetrepptes Fundament [32]

### 2. 1. 2 Pfeilerfundament

Pfeilerfundamente kamen dann zum Einsatz, wenn der tragfähige Untergrund nicht mit einem „Normalfundament“ erreicht werden konnte. Die Pfeilerabstände lagen maximal bei 4 m. Die Anordnung der Pfeiler erfolgte unter Mauerecken, -enden, -abzweigungen, -kreuzungen, sowie Mauerpfeilern und Fensterpfeilern des untersten Geschosses.

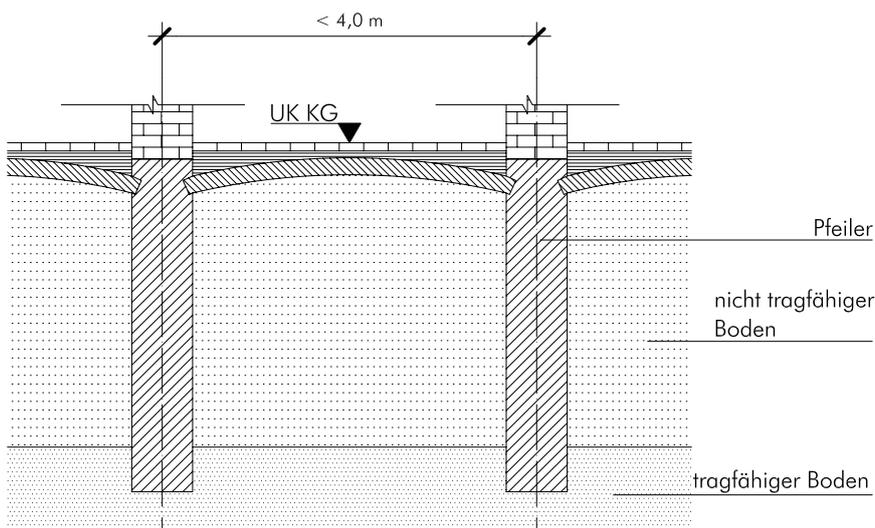


Abb. 2.4 Pfeilerfundament [32]

Als Baumaterial kamen feste, lagerhafte Bruchsteine zur Anwendung, welche mit Zementmörtel ausgefugt wurden. Die Pfeilerköpfe wurden, wie in der obigen Abbildung ersichtlich wird, durch Bögen und/oder Träger miteinander verbunden.

### 2. 1. 3 umgekehrtes Gewölbe

Bei schlechten Bodenverhältnissen wurden auch Tonnen-, Kreuz- oder Platzgewölbe zwischen den Fundamentmauern eingebaut.

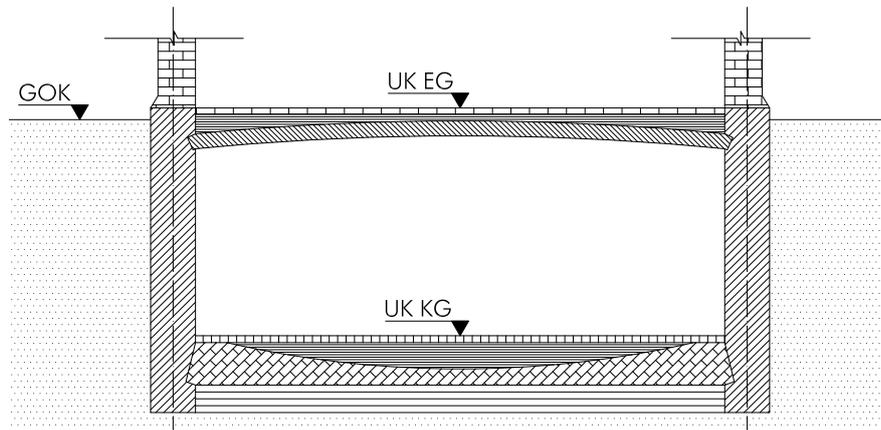


Abb. 2.5 Beispiel eines umgekehrten Gewölbes [32]

## 2. 2 Kellerwände

Die Wandstärke der Kellerwände richtet sich, wie bei den Fundamentstärken, nach der darüberliegenden Mauer und ist in der Regel um 15 cm dicker als diese. Die Kellerwände müssen zusätzlich zu den vertikalen Lasten aus den Geschossen noch horizontale Lasten aus dem Erddruck übernehmen. Die vertikalen Lasten werden über die Kellerwände direkt in das Fundament eingeleitet, die Horizontalen werden in das aussteifende massive Kellergewölbe eingeleitet. Die Breite des Fundamentes ist wiederum um 15 cm dicker als die Kellermauerwand.

## 2. 3 Dimensionierung

Vor 1900 wurde für die Dimensionierung der Fundamente nur die Art und nicht die Festigkeit des anstehenden Bodens berücksichtigt. Mit dem Aufkommen der Bodenmechanik um 1900 wurden erstmals Studien für die Belastbarkeit und Steifigkeit des anstehenden Bodens durchgeführt. Basierend auf diesen Studien wurden Tabellen für die Auswahl der Fundierungsart in Abhängigkeit der Bodensteifigkeit und evt. Grundwasservorkommens erstellt. Weiters wurden Bodenverbesserungsmaßnahmen vorgeschlagen.

Genauere Bemessungsmethoden und Konstruktionshinweise sind z.B. in [31] zu finden.

## 3 Wände

[31],[32]

### 3.1 Außenwände - Fassaden

Die Außenwände wurden meist in reiner Ziegelbauweise hergestellt, selten kamen Mischmauerwerke zur Ausführung.

#### 3.1.1 Materialien

In Österreich kamen Normalziegel mit dem österreichischen Format  $l : b : h = 29 : 14 : 6,5$  cm zum Einsatz. Für das aufgehende Mauerwerk wurde Weißkalkmörtel und für das Kellermauerwerk Zement- oder Kalkzementmörtel verwendet. Die nachstehende Tabelle zeigt Druckfestigkeiten und Verwendungsmöglichkeiten diverser künstlich hergestellter Steine. Die Angaben der Druckfestigkeit beziehen sich auf die Materialien der Bauzeit.

Bezeichnung	Druckfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	Verwendung / Eigenschaften
Kalksandsteine (Kalkziegel, Sandsteinziegel)	10,0 - 24,0	Landwirtschaftliche Bauten; in tonarmen Gegenden für Hochbauten
Kalksandziegel	k.A.	Ersatz für gewöhnliche Ziegel
Kunstsandstein	k.A.	Mauerverkleidungen; Stufenbeläge
Hydrosandstein	26,7	wie natürlicher Sandstein
Bimssandstein (Rheinische Schwemmsteine, Tuffsteine)	1,7 - 2,7	wärmedämmend, wetterbeständig
Schlackenziegel	4,5 - 9,0	wie Ziegel

Tab. 3.1 diverse Ziegelsorten [31]

Weitere Materialien und deren Eigenschaften sind z.B. aus [31] zu entnehmen.

### 3. 1. 2 Wandstärken

Die Wandstärken richten sich nach den Materialfestigkeiten und nach konstruktiven Gesichtspunkten, vorrangig aber nach den Deckenkonstruktionen und deren spezifischen Auflagerbedingungen. Die Mindestdicken für die Wände wurden in den Bauordnungen angegeben.

Die nachstehende Tabelle zeigt die Außenwandstärke in Abhängigkeit von der Geschosszahl.

Geschosse	Außenwandstärken [cm]											
	Tramdecke				Doppelbaumdecke				Traversendecke			
									Höhe EG < 5,0 m	Höhe EG > 5,0 m		
4. Geschoss	45					45					45	45
3. Geschoss	45	45				60	45				45	45
2. Geschoss	60	45	45			75	60	45			45	45
1. Geschoss	60	60	45	45		90	75	60	45		45	45
Erdgeschoss	75	60	60	45	45	105	90	75	60	45	45	60

Tab. 3.2 Außenwandstärken in Abhängigkeit der Geschossanzahl [31]

Bei Spannweiten über 6,5 m erhöhen sich die Werte in der obenstehenden Tabelle jeweils um 15,0 cm.

## 3. 2 Mittelmauern - Kaminwände

Die Mittelmauern wurden als Vollziegelmauerwerke errichtet. Die Mauerstärken richten sich, wie jene der Außenmauern, nach der Geschosszahl und den Auflagerkonstruktionen der Decken.

### 3.3 Zwischenwände

Zwischenwände, oft auch als „Schneidmauern“ bezeichnet, haben eine Mindestbreite von 14 cm (Breite des Normalziegels). Nachstehende Tabelle zeigt die Wandstärken in Abhängigkeit von der Geschosszahl.

Geschosszahl	Geschoss	Wand	
		unbelastet [cm]	belastet [cm]
1 - 3	in allen Geschossen	30	45
4	im 1 – 4. Stock	30	45
	im Erggeschoss	45	45

Tab. 3.3 Zwischenwandstärken in [cm] [32]

Zu Beginn der Gründerzeit wurde für die Zwischenmauern mindestens eine Vollziegelbreite von 14,0 cm verwendet, die beidseitig verputzt wurde. Somit waren die Zwischenwände zwischen 18,0 cm und 19,0 cm dick, daraus resultiert ein hohes Eigenwicht. Um diese Last auf möglichst kurzem Wege ableiten zu können, wurden die Zwischenmauern übereinander errichtet, sodass wurden Unterfangungen bzw. Unterzüge vermieden werden konnten. Wenn dies nicht möglich war, wurden Eisenträger (Stahltraversen) zur Verstärkung eingelegt.

In den Bauordnungen von 1859 und 1868 wurden Holzriegelwände zur Errichtung von Zwischenmauern empfohlen, dadurch konnte das Eigengewicht stark reduziert werden. Holzriegelwände kamen jedoch nur in Sonderfällen zum Einsatz.

### 3.4 Dimensionierung

Die Dimensionierung von tragenden Elementen erfolgte in der Gründerzeit nach traditionellen Handwerksregeln. Ab 1850 gab es Regelungen über die Stärken von Mauern in den Bauordnungen.

### 3.5 Bauphysikalische Aspekte

In diesem Abschnitt wird kurz auf die vorhandene Wärmedämmung bestehender Fassaden eingegangen.

In [32] werden die U - Werte (k - Werte) der einzelnen Wandstärken mit einer Außen- und Innenputzstärke von 4 cm ermittelt. Dabei wurde eine Wärmeleitfähigkeit für das Vollziegelmauerwerk von  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  herangezogen.

Mauerstärke [m]	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90	1,05
U - Wert [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]	1,53	1,15	0,92	0,77	0,66	0,60

Tab. 3.4 U - Werte Mauerwerk [32]

Aus der Tab. 3.5 ist ersichtlich das der höchstzulässige Wärmedurchgangskoeffizient von  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  (lt. ÖNorm B8135) für Außenwände bei einer Mauerstärke von  $0,9 \text{ m}$  unterschritten wird.

In [32] werden die U - Werte für die verschiedenen Mauerwerksstärken in Abhängigkeit der Geschosszahl und der verschiedenen Deckenkonstruktionen angegeben.

Geschoss	U - Wert [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]												
	Tramdecke					Doppelbaumdecke					Traversendecke		
											Höhe EG < 5,0 m	Höhe EG > 5,0 m	
4. Geschoss	1,15					1,15						1,15	1,15
3. Geschoss	1,15	1,15				0,92	1,15					1,15	1,15
2. Geschoss	0,92	1,15	1,15			0,77	0,92	1,15				1,15	1,15
1. Geschoss	0,92	0,92	1,15	1,15		0,66	0,77	0,92	1,15			1,15	1,15
Erdgeschoss	0,77	0,92	0,92	1,15	1,15	0,60	0,66	0,77	0,92	1,15		1,15	0,92

Tab. 3.5 U - Werte Mauerwerk in Abhängigkeit der Geschosszahl und Deckenkonstruktion [32]

## 4 Deckenkonstruktionen

[31],[32]

Bei den Deckenkonstruktionen wird in massive Kellerdecken und Geschossdecken, die meist aus Holzkonstruktionen ausgeführt wurden, unterschieden.

### 4.1 Massive Deckenkonstruktionen

Massive Deckenkonstruktionen wurden in Kellergeschossen, zwischen 1859 – 1868 auch als Decke im Dachgeschoss, eingesetzt.

#### 4.1.1 Kellereindeckungen

Aufgrund der höheren Traglasten aus dem Erdgeschoss und der Widerstandsfähigkeit gegen Feuchtigkeit wurde die Kellerdecke als massive Konstruktion ausgeführt. Häufig kamen hierfür Tonnengewölbe zum Einsatz. Die Kellerdecke wurde erst nach Errichtung des übrigen Rohbaues eingezogen. Das Gewölbe selbst wird bei der Errichtung auf ein Widerlager gesetzt und von oben mit einer Nachmauerung verschlossen. Damit wurde eine Beschädigung der Kellerdecke durch eventuelle Setzungen vermieden.

In der nachstehenden Abbildung ist eine „volle Tonne“ abgebildet. Bei ihr ist der Stich „ $f$ “ gleich der halben Spannweite „ $s$ “. Wenn der Stich kleiner als die halbe Spannweite ist, bezeichnet man dies als „segmentförmige Tonne“.

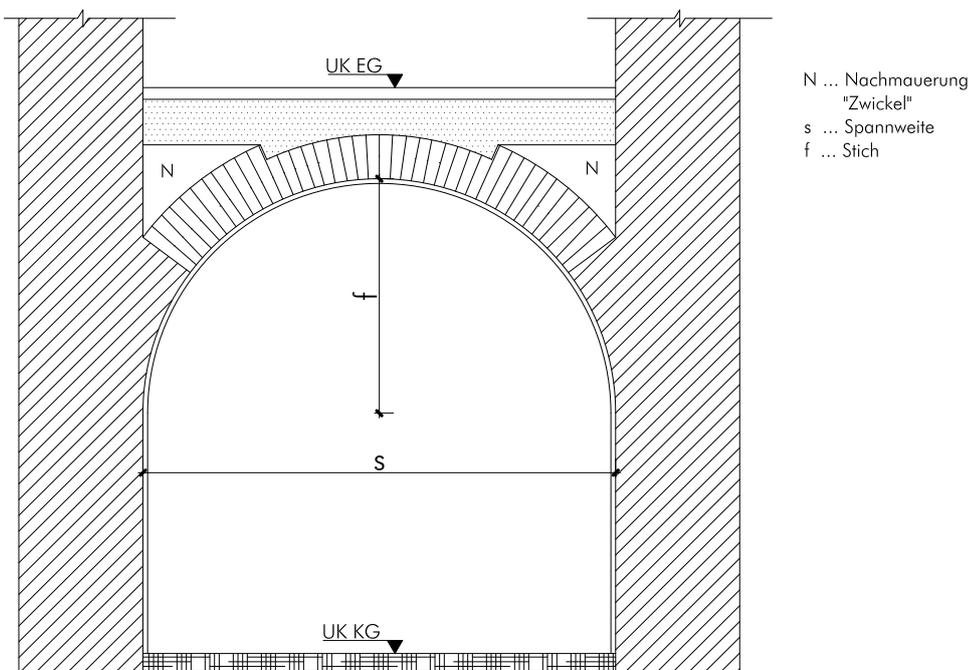


Abb. 4.1 volles Tonnengewölbe [31]

#### 4. 1. 2 Massive Deckenkonstruktionen in allen Geschossen

In Regelgeschossen wurden massive Decken nur dann eingezogen, wenn Anforderungen an den Brandschutz gestellt wurden bzw. um erhöhte Belastungen aufzunehmen. Häufig wurden Decken von Stiegenhäusern oder Gängen in Massivbauweise ausgeführt.

Bei Deckenspannweiten unter 2,5 m wurden sogenannte „Kappengewölbe“ errichtet. Das Verhältnis Stichhöhe / Spannweite liegt hier bei etwa 1 / 10.

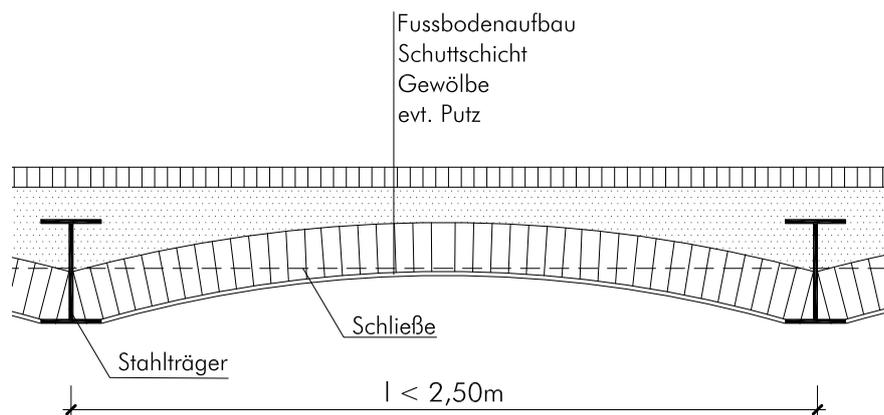


Abb. 4.2 Kappengewölbe zwischen Stahlträgern [32]

## 4. 2 Hölzerne Deckenkonstruktionen

Die Wahl einer bestimmten Holzdeckenkonstruktion richtete sich nach den Auflagerbedingungen, welche durch die Wandstärken der Außen- und Mittelmauern bestimmt wurden, sowie durch die vorgegebene Spannweite.

Die hölzernen Deckenkonstruktionen lassen sich in folgende Typen einteilen (vgl. [31] und [32]):

- Dippelbaumdecken
- div. Tramdecken
- Windelböden
- Tramtraversendecken

### 4. 2. 1 Dippelbaumdecke

Dippelbaumdecken wurden meist aus Brandschutzgründen als oberste Geschossdecke eingesetzt. „Mann - an - Mann“ liegende, dreiseitig behauene oder geschnittene Holzbalken wurden im Abstand von rund 2,0 m mit Hilfe von Eichenholzdübel miteinander verbunden.

Die Holzbäume bestanden aus auseinandergeschnittenen Rundhölzern deren Seitenflächen behauen wurden, um ein besseres aneinanderliegen zu gewährleisten. Häufig wurde für die Dippelbäume Tannen- oder Fichtenhölzer verwendet. Eine Verbreiterung der Außenmauern um 15,0 cm war für die Auflagerflächen unumgänglich, da die Dippelbäume nicht in die Wand eingemauert werden durften. Als Beschüttung wurden Pflasterziegel verwendet. Auf die Unterseite der Deckenkonstruktion wurde eine Schilfrohrmatte aufgebracht, an der der Putz aufgetragen wurde.

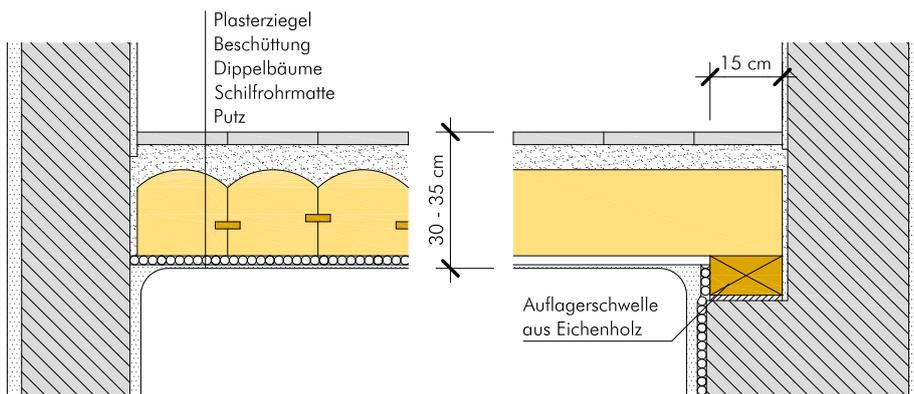


Abb. 4.3 Dippelbaumdecke [32]

Ein großer Nachteil dieser Konstruktion war der hohe Materialaufwand, häufig treten Schäden durch Feuchtigkeitseinwirkungen (aus Niederschlagswasser) am Auflager auf.

#### 4. 2. 2 Einfache Tramdecke

Die einfache Tramdecke besteht aus Kanthölzern, welche Hochkant und in einem Abstand von 0,75 - 1,0 m eingebaut wurden. Häufig wurden die Träme aus Tannen-, in seltenen Fällen aus Kiefernholz hergestellt.

Der Aufbau der einfachen Tramdecke wurde im Allgemeinen wie folgt ausgeführt:

- Fußbodenkonstruktion:  
meist Schiffböden auf Polsterhölzern
- Beschüttung
- Sturzschalung:  
die Stöße wurden mit Leisten abgedeckt
- Träme
- Stukkatorschalung
- Schilfrohrmatte
- Putz

Bei den Auflager kamen sogenannte „Tramkasteln“ oder „Tramkapseln“ zur Anwendung. Die Enden der Träme wurden durch Holzlatten umschlossen. Die „Tramkasteln“ verhinderten eine direkte Berührung des Hirnholzes mit dem Mauerwerk und ermöglichten eine Durchlüftung in diesem Bereich.

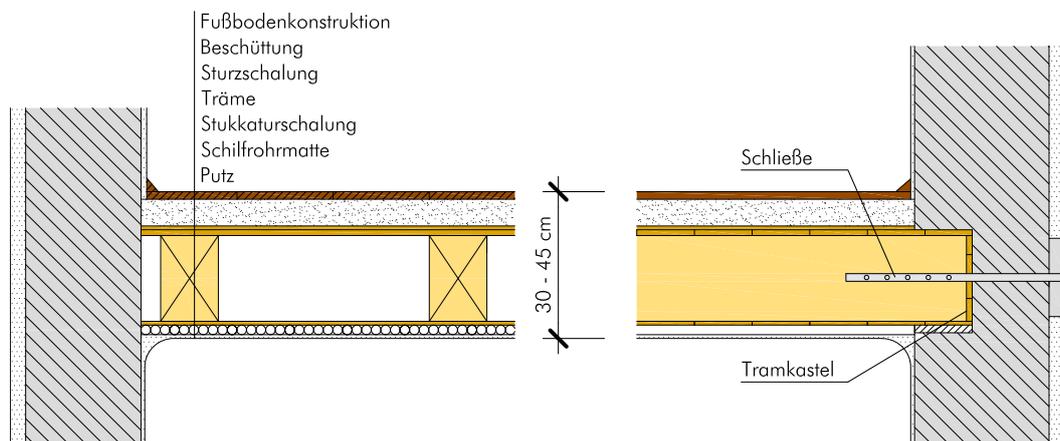


Abb. 4.4 einfache Tramdecke [32]

Um Horizontalkräfte abtragen zu können, wurde in den tragenden Wänden sogenannte „Schließen“ (Anker) aus Flacheisen eingemauert und mit den Trämen verbunden.

#### 4. 2. 3 Fehltramdecke

Durch die Fehltramdecke wurde eine Trennung der Untersicht und der eigentlichen lastabtragenden Deckenkonstruktion gewährleistet. Diese wurde dann ausgeführt, wenn hohe Anforderungen an die Deckenuntersicht (z.B. bei aufwendigen Stukkarbeiten) gestellt wurden. Durch die Trennung kommt es zu einer Verringerung von schädigenden Schwingungen.

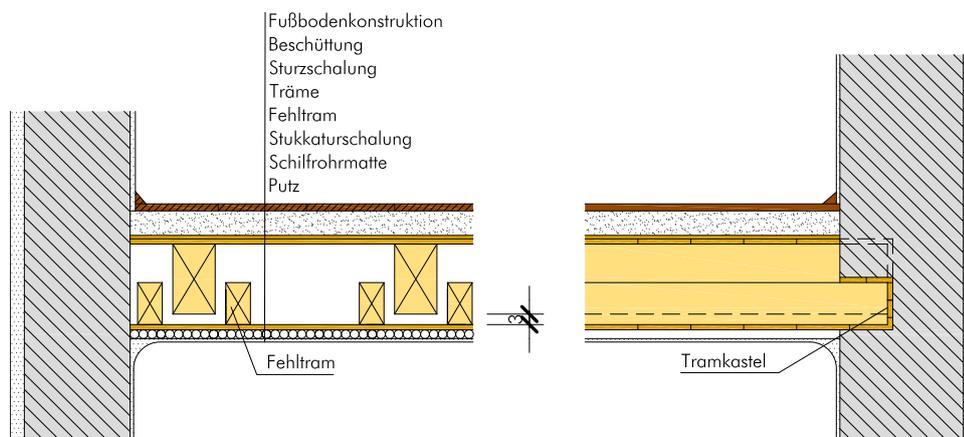


Abb. 4.5 Fehltramdecke [32]

Der Fehltram musste einen (horizontalen und vertikalen) Mindestabstand von rund 3,0 cm vom Tram haben.

#### 4. 2. 4 Tramdecke mit versenkter Sturzschalung

Vom Aufbau her ist die Tramdecke mit versenkter Sturzschalung ähnlich der einfachen Tramdecke. Durch eine Absenkung der Sturzschalung konnte man die Konstruktionshöhe dieser Decke verringern. Laut Bauordnungen musste eine Mindestüberdeckung der Träme durch die Beschüttung von mind. 3,0 cm eingehalten werden. Dadurch konnte eine Reduzierung der Tramdeckenhöhe von max. 4,0 cm erzielt werden.

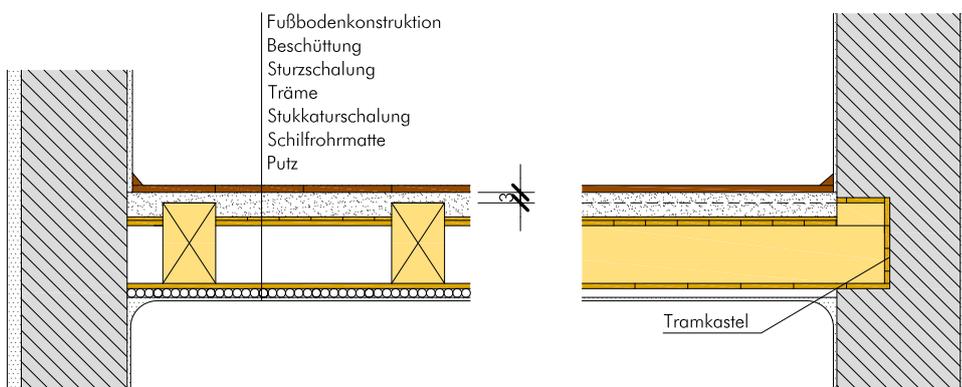


Abb. 4.6 Tramdecke mit versenkter Sturzschalung [32]

#### 4. 2. 5 Windelböden

Windelböden kamen in Deutschland, seltener in Österreich zur Anwendung. Die Sturz- und Stukkschalung wurde ersetzt durch Holzstangen, welche mit Stroh umwickelt waren. Vor dem Einbau dieser Stroh-Holzstangen wurden diese in einem Lehmbrei getaucht, nebeneinander eingelegt und mit Lehmbrei übergossen.

#### 4. 2. 6 Tramtraversendecke

Die Tramtraversendecke stellt einen Übergang von der hölzernen zur massiven Deckenkonstruktion dar. Hier wurden C - oder I - Walzprofile in einem Abstand von 3,0 – 4,0 m verlegt. Auf den Unterflanschen liegen wiederum Träme (meist Kanthölzer) in einem Abstand von 0,75 - 1,0 m auf.

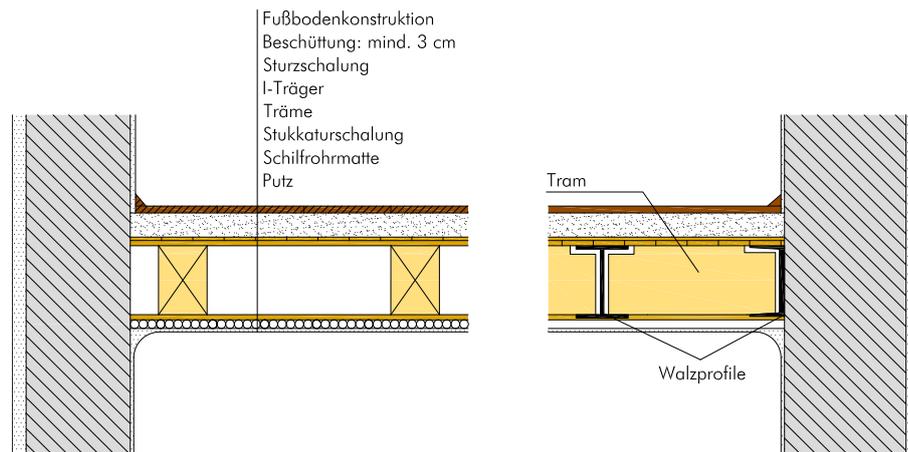


Abb. 4.7 Tramtraversendecke [32]

Diese Konstruktion wurde jedoch nur in Ausnahmefälle eingesetzt.

### 4. 3 Andere mögliche Konstruktionen

Folgende Deckenkonstruktionen kamen in seltenen Fällen bzw. in der Spätgründerzeit zur Anwendung [31],[32]:

- Beton- und Eisenbetondecken,
- Flache Ziegelgewölbe,
- Formziegeldecken,
- Tramtraversendecken und
- Eiserne Deckenkonstruktionen (in Ausnahmefällen).

## 4.4 Beschüttung

Die Beschüttung wurde aus Brand- und Schallschutzgründen aufgebracht und erzielte eine Trennung des Fußbodens von der Deckenkonstruktion.

Folgende Materialien kamen laut [31] zur Anwendung:

Material	Zusammensetzung / Behandlung	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]
Mauerschutt (Bauschutt)	in Trümmern abgebrochenes Mauerwerk; zur Ungeziefervernichtung geröstet	~ 1400
Schlacke	schwefelfreies Material	~ 850
Steinkohleasche (Kohlenlösch)	-	~ 750
Kieselgut	Schalentrümmer von Diatomaceen, nur teilweise Lagerstätten	~ 300
Sand	-	~ 1400
Lehmschlag	nur wenn Fussboden als Lehmestrich ausgebildet	-

Tab. 4.1 Beschüttungsmaterial [31]

## 4.5 Dimensionierung hölzerner Deckenkonstruktionen

Die Dimensionierung der Holzdeckenkonstruktionen erfolgte nach Zimmermannsregeln. Die Tramhöhe und -breite wurde in Abhängigkeit von der Spannweite ermittelt. Auf Gebrauchstauglichkeitseigenschaften wurde keine Rücksicht genommen.

Die Abb. 4.8 zeigt die Dimensionen der Deckenbalken in Abhängigkeit von der Spannweite. Der Abstand der Träme liegt bei dieser Grafik bei  $e = 0,90$  m, die daraus resultierende maximale Spannweite von Tramdecken liegt bei ca. 7,0 m.

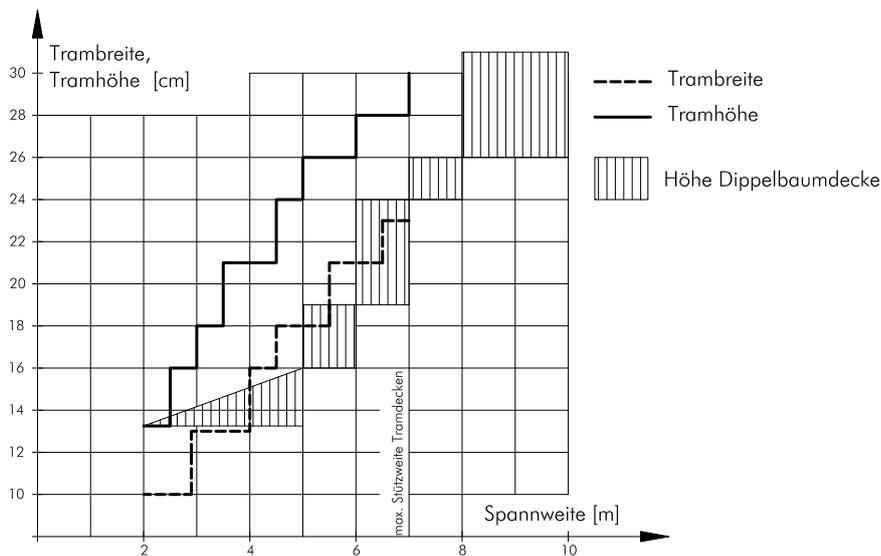


Abb. 4.8 Dimensionen der Deckenbalken [31]

Dippelbaumdecken wurden in der Regel ab einer Deckenspannweite von 7,0 m und als Deckenkonstruktion im obersten Geschoss eingesetzt.

**Dimensionierungsbeispiel:**

geg.: Spannweite  $l_s = 3,00$  m

- Wahl der Deckenkonstruktion: Tramdecke; Abstand der Träme  $e < 0,90$  m

Bei einer Spannweite von  $l_s = 3,00$  m beträgt die minimale Tramhöhe  $h = 18,0$  cm und die minimale Trambreite  $b = 13,0$  cm.

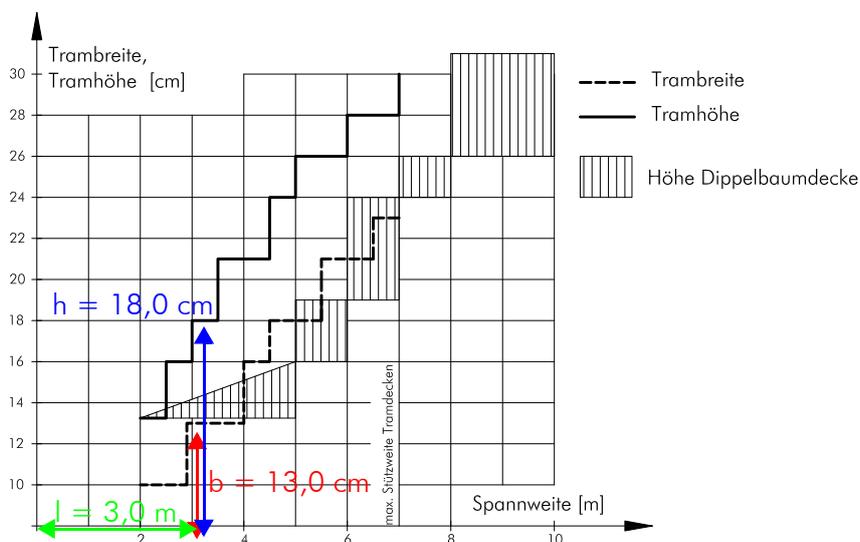


Abb. 4.9 Lösung Abmessungen Tramdeckenquerschnitt

## 5 Haustechnik

[32]

Die Haustechnik in Gründerzeithäusern entspricht denen heutiger Substandardwohnungen (heute: Wohnungskategorie D). Der Stand der Technik entspricht jenen der Jahrhundertwende. Die gesamte Haustechnik der Gründerzeithäuser lässt sich in folgende Punkte einteilen:

- Sanitärinstallation,
- Elektroinstallation und
- Heizungsinstallation.

Hier sei anzumerken, dass sich die folgende Analyse der Haustechnik auf Arbeitermiete-häuser bezieht.

### 5.1 Sanitärinstallationen

Die Klosettanlagen bei Gründerzeithäusern befindet sich häufig am Gang. Die Zentrale Wasserversorgung wird durch eine „Bassena“ gewährleistet.

Die „Bassena“ wurde früher nicht nur als Wasserstelle genutzt, sondern war Treffpunkt der Hausbewohner. An ihr entstand der sogenannte „Bassenatratsch“, der oftmals zu Streitigkeiten und Klagen wegen Beleidigungen führen konnte. In den Wiener Gerichten waren die „Bassena-Prozesse“ sehr beliebt und wurde von der Wiener Bevölkerung als kostenloses Unterhaltungs-event genutzt.

### 5.2 Elektroinstallationen

Pro Raum gab es nur einen Lichtauslass und wenige Steckdosen.

### 5.3 Heizungsinstallationen

Die Heizung war nur in Zimmern, eventuell auch in der Küche vorhanden. WC, Flur, Kammer und Schlafzimmer blieben unbeheizt. Selten war eine zentrale Feuerstätte in Gebäuden vorhanden. Durch die Anwendung von Einzelöfen gab es eine große Anzahl von Kaminen. Gasöfen wurden erst ab dem 20. Jahrhundert verwendet.

## 6 Stiegenkonstruktionen

[31],[32]

Zu Beginn der Gründerzeit kamen häufig Holz- oder Natursteinstiegenkonstruktionen zum Einsatz. Die Dimensionierung (Breite der Stiege) richtete sich nach der Anzahl der Geschosse.

Folglich wird ein kurzer Überblick über die möglichen Treppenkonstruktionen gegeben.

### 6.1 massive Treppenkonstruktionen

Die massiven Treppenkonstruktionen lassen sich in 5 Untergruppen einteilen [31]

- wandunterstützte Treppen,
- Kragstufentreppen,
- gewölbeunterstützte Treppen,
- traversenunterstützte Treppen und
- Treppen mit gewölbten Wangen.

Als Material kam häufig Kalkstein („Kaiserstein“) zum Einsatz.

#### 6.1.1 Kragstufen – Treppen

Die Einmauerung  $e$  der Treppen richtet sich nach der freien Länge  $b$  der Stufen und beträgt im Durchschnitt

$$e = \frac{1}{6} \cdot b$$

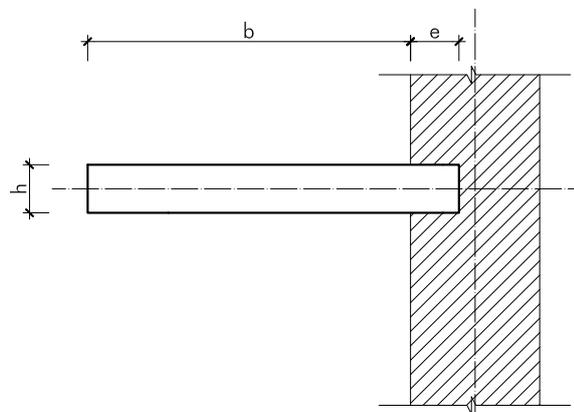


Abb. 6.1 Kragstufen [31]

### 6. 1. 2 beidseitig unterstützte Stufenenden

Hier unterscheidet man die wandunterstützten und die traversenunterstützten Treppen. Bei den wandunterstützten Treppen sind beide Enden der Stufe eingemauert oder liegen auf Wänden auf, wie aus der nachstehenden Abbildung ersichtlich wird.

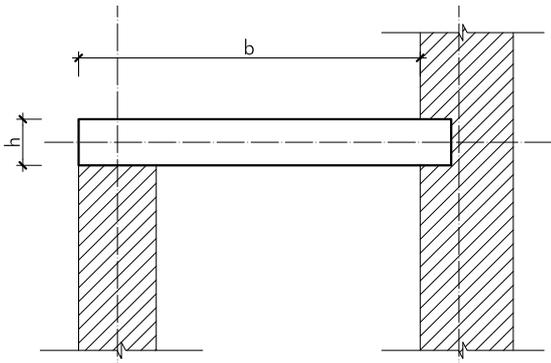


Abb. 6.2 wandunterstützte Treppen [31]

Bei den traversenunterstützten Treppen ist ein Ende eingemauert und das andere liegt auf einem Stahlträger auf. Der Stahlträger wiederum lagert entweder auf einem Podest oder einem Pfeiler auf.

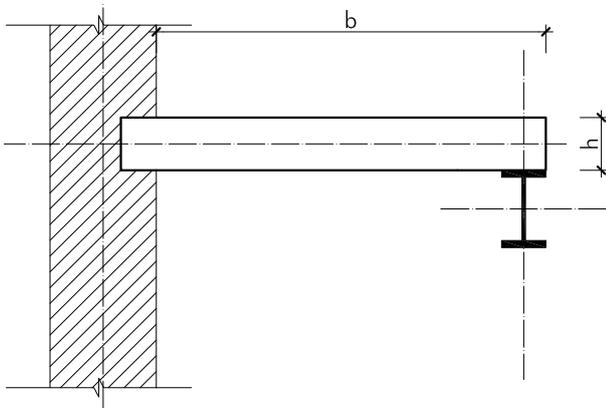


Abb. 6.3 traversenunterstützte Treppen [31]

### 6. 1. 3 Querschnittsformen

Die Querschnitte der Treppen variieren je nach Konstruktionsart. In der Gründerzeit unterschied man zwischen Blockstufen, welche bei Kellerstiegen oder bei Hauseingängen verwendet wurden, und Keilstufen (mit und ohne Falzausbildung). Letztere kamen dann zum Einsatz, wenn eine ebene Untersicht bei den Stiegenläufen gefordert war.

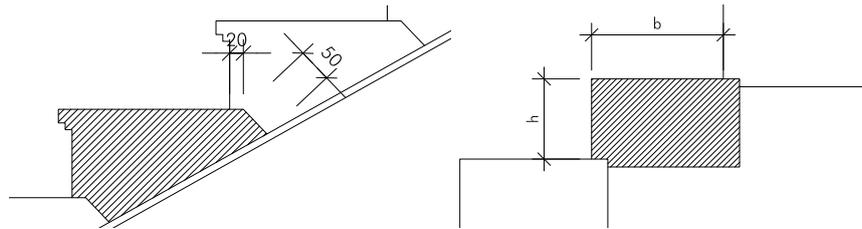


Abb. 6.4 rechts: Keilstufenausbildung; links: Blockstufenausbildung [32]

## 6. 2 hölzerne Treppenkonstruktionen

Die Dimensionierung von Holztreppen erfolgte in der Gründerzeit nach Zimmermannsregeln. Es kamen zwei Treppentypen lt. [31] zum Einsatz:

- eingeschobene Treppe
- aufgestapelte Treppe

Auf eine weitere Erörterung von hölzernen Treppenkonstruktionen wird verzichtet und auf [31] verwiesen.

## 6. 3 eiserne Treppenkonstruktionen

Auf eiserne Treppenkonstruktionen wird hier nicht gesondert eingegangen und es wird auf [31] verwiesen.

## 7 Dachkonstruktionen

[31],[32],[33],[34]

Der Dachboden von Gründerzeithäusern wurde zum Zeitpunkt der Errichtung zu Lagerzwecken verwendet und kann heute zur Wohnraumbeschaffung genutzt werden. Die Nachfrage nach Wohnungen in den Kernbereichen großer Städte wächst zusehends. Durch die Bauordnungsnovelle 1976 wurde in Wien die Basis zum Dachgeschossausbau geschaffen.

In [32] werden die wichtigsten Dachstuhlarten österreichischer Gründerzeithäuser, welche sich auch für den Dachgeschossausbau eignen, genannt. Dabei wird bewusst nur ein Überblick über die, zur Jahrhundertwende, am häufigsten eingesetzten Dachkonstruktionen für Wohnhäuser eingegangen. Ebenfalls sind lediglich die wichtigsten Details exemplarisch dargestellt.

Diese sind:

- Kehlbalkendach mit und ohne Kniestock,
- Pfettendach mit doppelt stehendem Stuhl,
- Trapezhängewerk mit oder ohne Kniestock bzw. Trapezhängewerk mit Bundtram und der sogenannte
- liegende Stuhl.

Folglich wird auf die wichtigsten Tragsysteme der Dachstühle eingegangen.

## 7.1 Sparrendach

Das Tragsystem des Sparrendachs besteht aus zwei, in der Ebene liegenden, gegeneinander geneigten Balken, den sogenannten Sparren. Die Sparren wirken als Träger, welche die gesamte Last in den Fußpunkte an die Unterkonstruktion weiter geben. Der Firstpunkt wird im Allgemeinen als gelenkiger Anschluss ausgeführt, der Auflagerpunkt hingegen unverschieblich. Er muss horizontale und vertikale Kräfte in das darunterliegende Mauerwerk einleiten. Die Sparren bilden ein statisch bestimmtes Dreigelenksystem, bei dem die Beanspruchungen zwangungsfrei abgetragen werden.

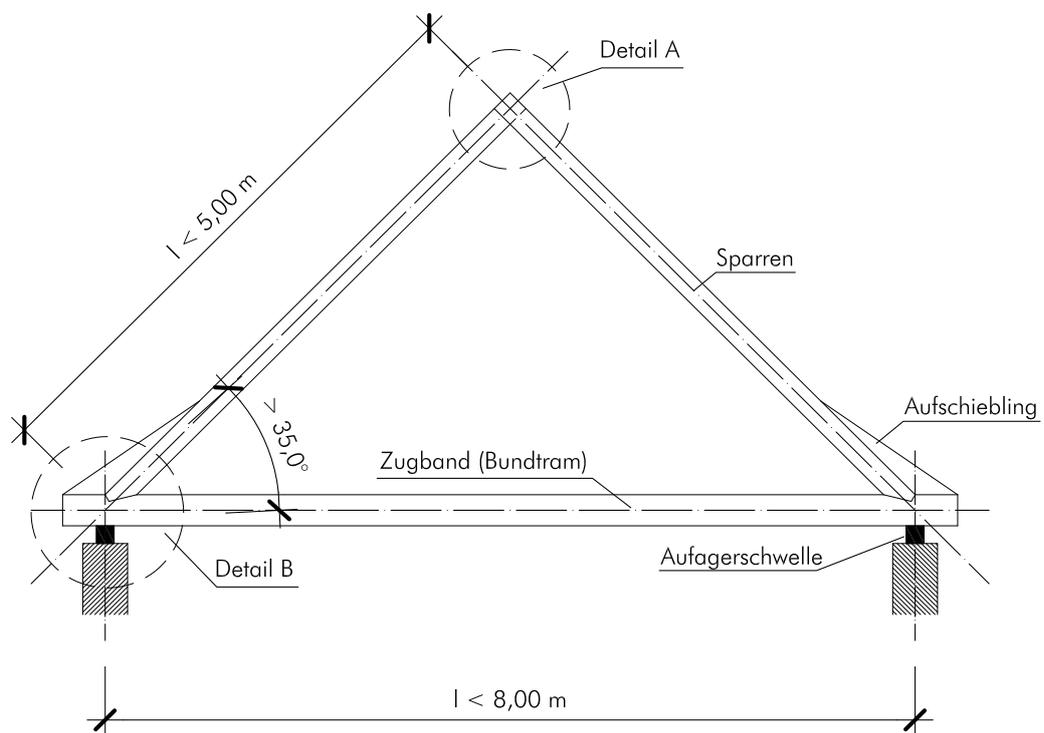


Abb. 7.1 Sparrendachsystem

Durch die Aufteilung der Beanspruchung in Komponenten parallel und lotrecht zur Stabachse entstehen in den Sparren Normalkräfte. Bei zu hohen Druckkräften im Sparren besteht die Gefahr des Ausknickens in der Dachebene. Mit Hilfe von Aussteifungen (Windrispen, Scheiben aus 3 - oder 5 - Schichtplatten) kann dies verhindert werden.

Die Dachneigung beeinflusst beim Sparrendach nicht unwesentlich die Schnittkraftverteilung. Bei flacher Dachneigung steigen die Normalkräfte im Sparren überproportional an, weshalb diese Dachform erst ab einer Neigung von  $30^\circ$  wirtschaftlich ist.

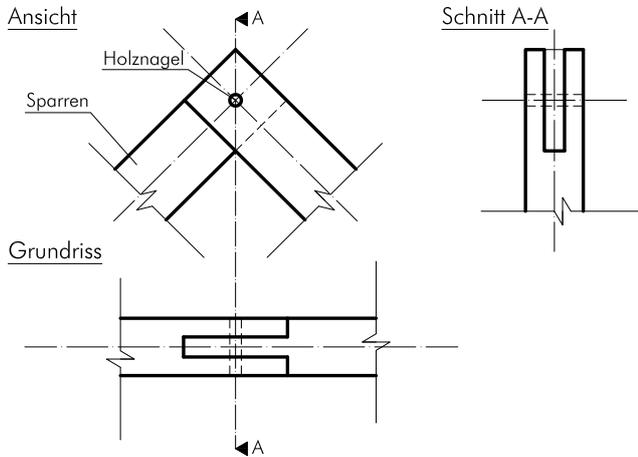


Abb. 7.2 Detail A: Scherzapfenverbindung

Auf die Ausbildung des Fußpunktes ist bei dieser Konstruktion besonderer Wert zu legen, da dieser horizontale und vertikale Lasten aufnehmen muss. Die Horizontalkräfte, welche aus den Normalkräften im Sparren entstehen, werden über Zugbänder (Bundträme) abgetragen. Die vertikalen Kräfte werden direkt in die Stützen oder Wände, des darunter liegenden Tragwerks, eingeleitet. Der Anschluss bei Holzdecken kann über einen Versatz gelöst werden, dieser ist auf Quer- und Normalkräfte zu bemessen.

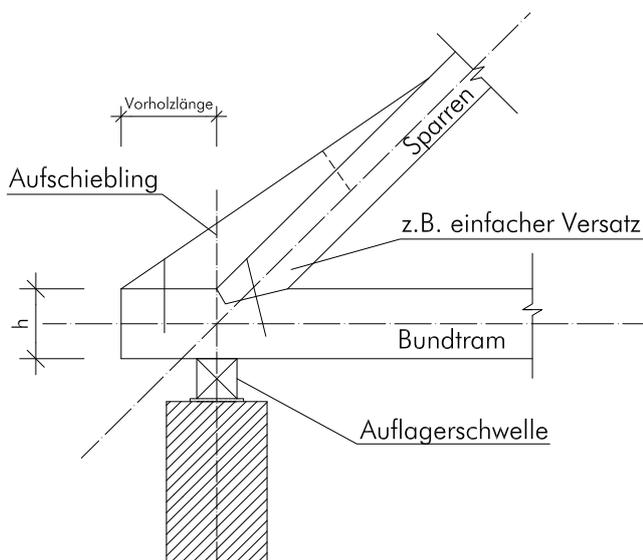


Abb. 7.3 Detail B: Fußpunktausbildung

## 7.2 Kehlbalkendach

Durch eine zusätzliche Unterstützung des Sparrendachs mit einem Druckriegel (sog. Kehlbalken) entsteht das sog. Kehlbalkendach. Der Riegel verbindet die zwei Sparren miteinander und bildet so eine gegenseitiges Auflager. Die Spannweiten der Sparren lassen sich dadurch vergrößern (8,0 – 10,0 m) und der darunterliegende Raum kann von Stützen freigehalten werden.

Bei symmetrischen Lasten wirkt der Kehlbalken ähnlich starr wie eine vertikale Unterstützung, bei unsymmetrischen Lasten (z.B. aus Windbeanspruchung) ist die Wirksamkeit des Riegels eingeschränkt. Bei allen Lastfällen (symmetrisch und unsymmetrisch) wirkt der Balken als Druckriegel und muss deshalb gegen Ausknicken gesichert werden.

Das Gesamtsystem trägt ähnlich wie das Sparrendach, an den Fußpunkten der Sparren entstehen jedoch auf Grund des Kehlbalkens erhöhte Horizontalkräfte.

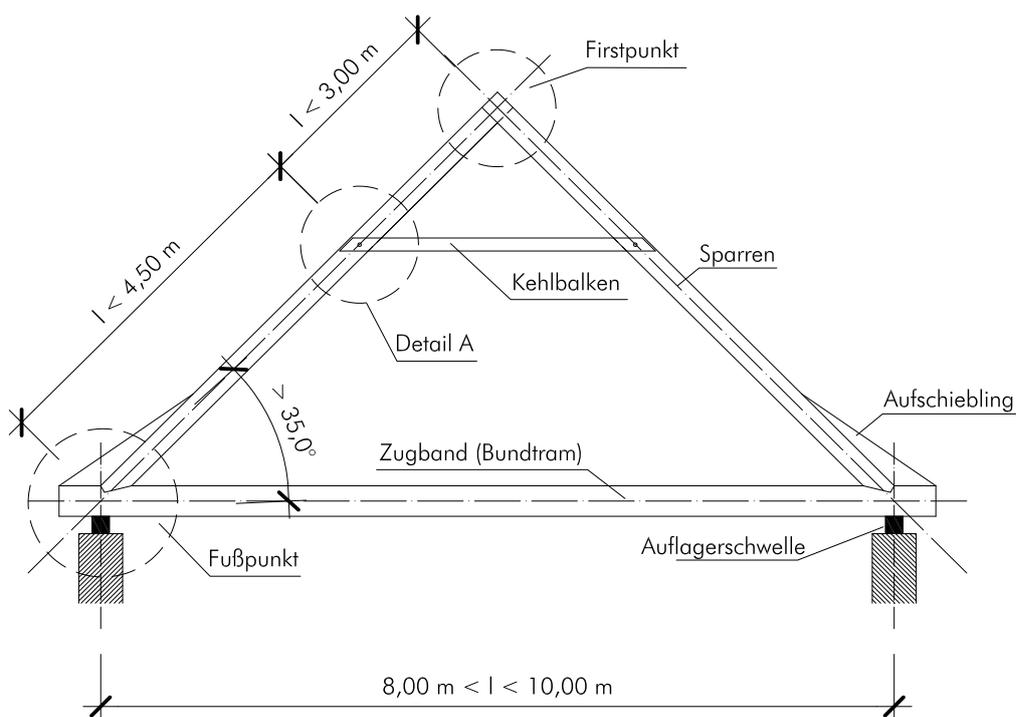


Abb. 7.4 Kehlbalkendach

Der Kehlbalkenanschluss muss auf Druckkräfte, welche aus den Sparren resultieren, und auf Querkräfte, welche aus den Auflasten des Kehlbalkens stammen, bemessen werden. Das Verhältnis von Quer- zu Druckkraft bestimmt, ob die Verbindung auf Querkraft mit anteiliger Druckkraft bzw. umgekehrt ausgelegt wird. Der Anschluss wird, da sie den Sparren nicht schwächen, in der Regel mit Hilfe von Zangen ausgeführt.

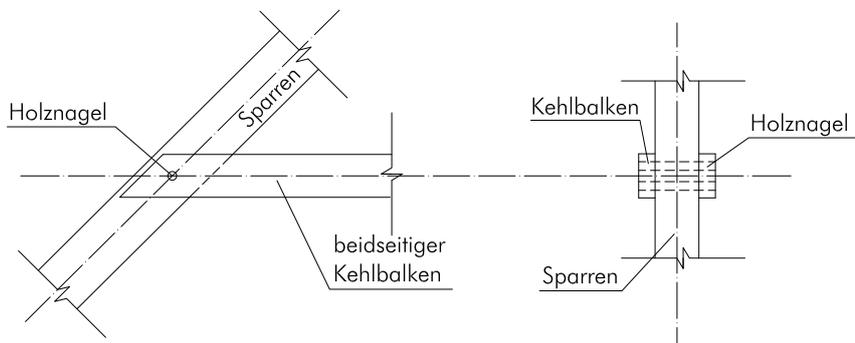


Abb. 7.5 Detail A: Kehlbalkenanschluss Variante 1

Das Kehlbalkendach eignet sich auch für flach geneigte Dächer, die maximale Dachneigung sollte nicht über  $45^\circ$  betragen.

Schwalbenschwanz

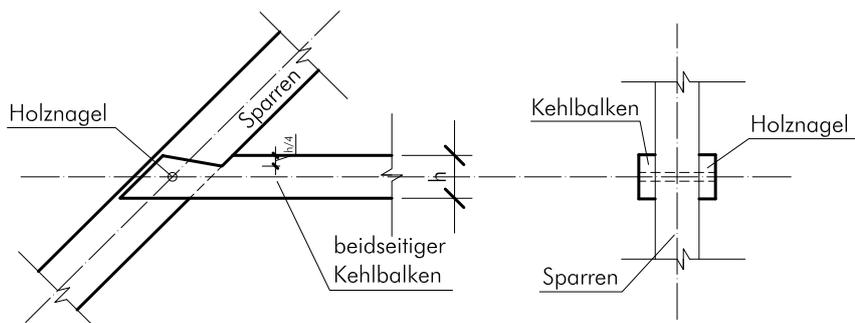


Abb. 7.6 Detail A: Kehlbalkenanschluss Variante Schwalbenschwanz

### 7.3 Pfettendach

Beim Pfettendach werden die Sparren durch horizontale Träger (Pfetten), welche senkrecht zur Spannweite verlaufen, unterstützt. Die Vorteile des Pfettendaches liegen darin größere Spannweiten erreichen zu können und durch die Durchlaufwirkung ergibt sich eine günstigere Querschnittsausnutzung. Weiters werden die auftretenden Verformungen reduziert.

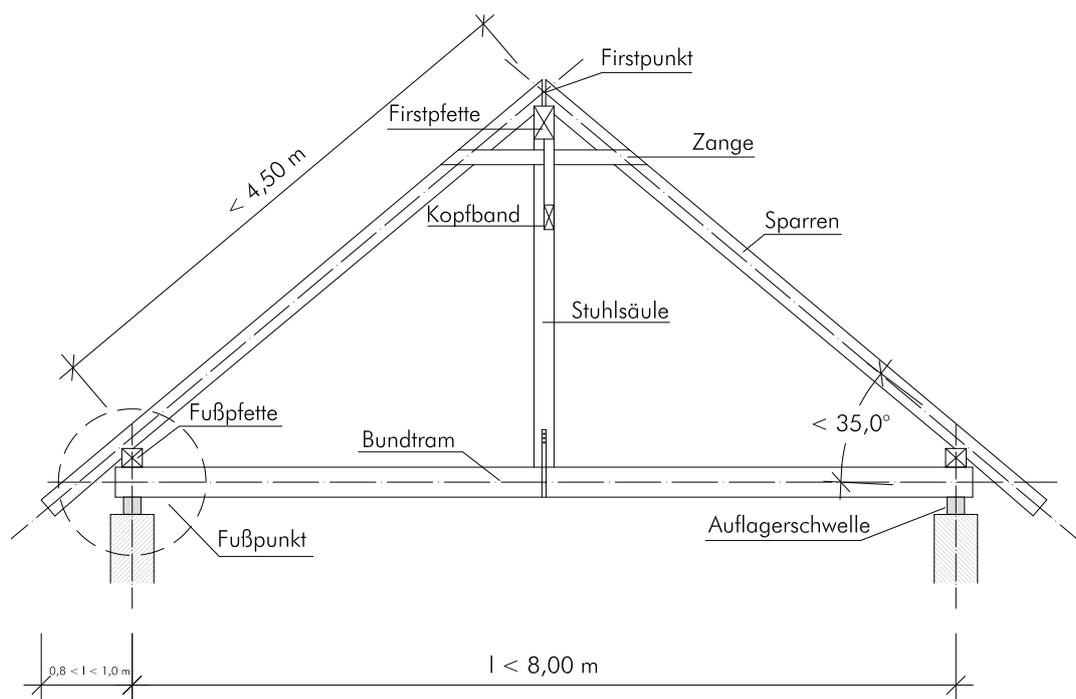


Abb. 7.7 Pfettendach: einfach stehender Stuhl

Das Tragsystem des Pfettendaches lässt sich wie folgt beschreiben:

Die Sparren bilden eine in der Falllinie liegende Balkenschar (Hauptträger), die auf lotrecht dazu gespannten Balken (Pfetten) gelagert sind. Das statische System wird von den Lagerungsbedingungen der Sparren bestimmt. Um horizontale Lasten abtragen zu können muss mindestens ein, im Allgemeinen jedoch beide, Fußpunkte unverschieblich ausgebildet werden. Die Abb. 7.8 zeigt die Auflagerausbildung beim Pfettendach beispielhaft an einer Aufklauung.

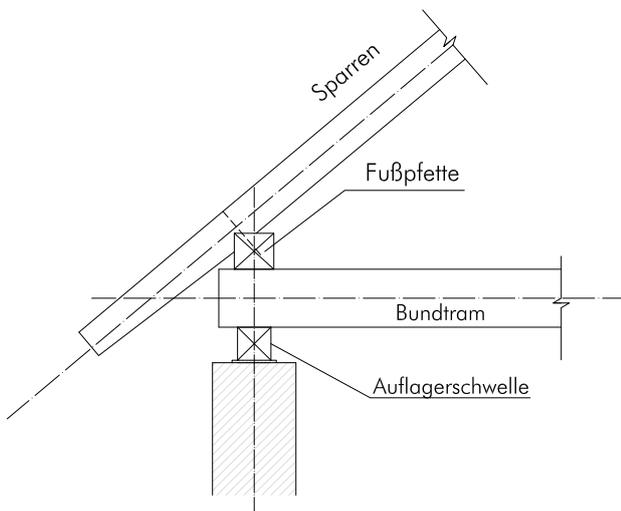


Abb. 7.8 Aufagerausbildung: Aufklauung

Der Vorteil des Pfettendachsystems liegt darin, dass nur die äußeren Lasten in die Knoten eingeleitet werden müssen, da keine Systemgrößen, wie beim Sparrendach, entstehen. Ebenso sind der Dachneigung beim Pfettendach keine Grenzen gesetzt.

Die Sparrenaufleger werden mit Hilfe einer Einkerbung gelagert. Diese wird möglichst gering ausgeführt, da die Stützmomente nicht mehr über den Restquerschnitt übertragen werden können. Die Einkerbung sollte jedoch so groß gewählt werden, dass sie die Auflagerkräfte ohne Schaden (durch Querpressung) eingeleitet werden können. Der Firstpunkt sollte miteinander verbunden werden, da abhebende Kräfte aus einer allfälligen Windbelastung (Sog) entstehen können.

### 7.3.1 Pfettendach mit doppelten Stuhl

Durch die Einführung von Stühlen bei Pfettendächern kann die Gesamtkonstruktion mehr Belastung aufnehmen und es können größere Spannweiten überbrückt werden. Durch den Stuhl wird die Kehlbalkebene stabilisiert und es werden die Vertikallasten aus dem Dach auf diesen übertragen.

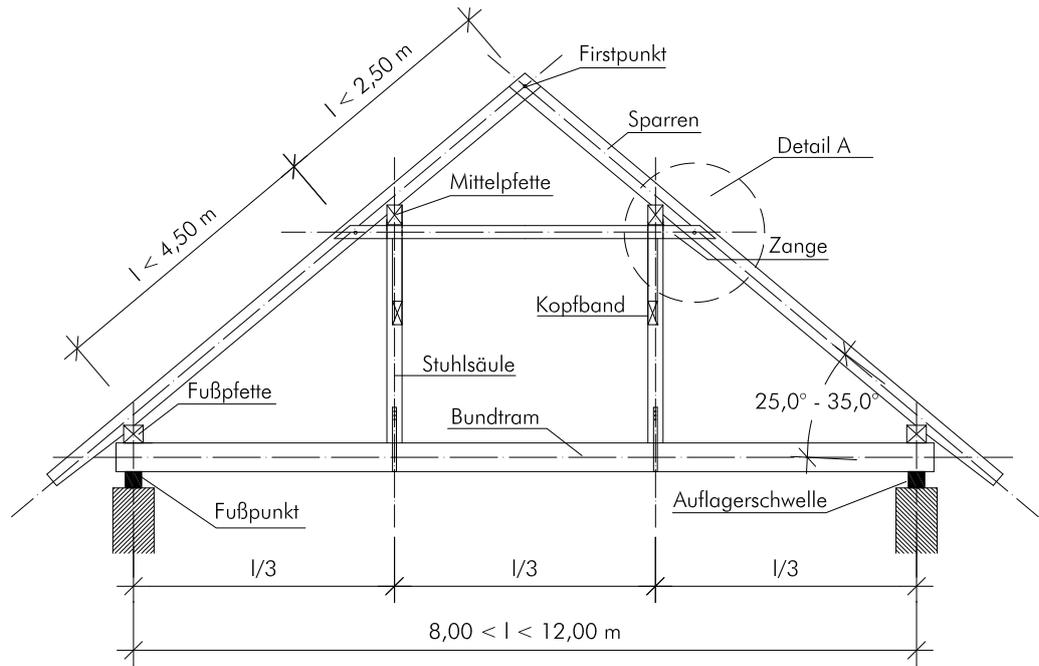


Abb. 7.9 Pfettendach mit doppelten Stuhl

Abb. 7.10 zeigt beispielhaft den Anschluss der Mittelpfette mit dem Sparren.

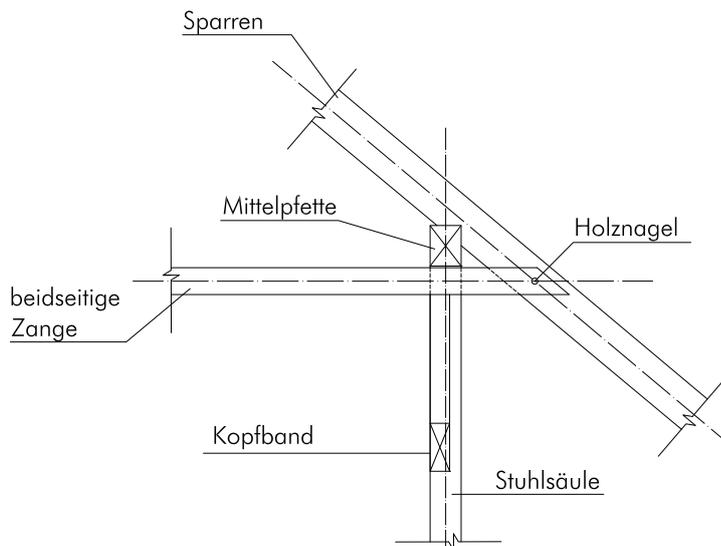


Abb. 7.10 Detail A: Anschluss Mittelpfette - Sparren - Zange

### 7.3.2 Pfettendach mit liegendem Stuhl

Der Vorteil beim liegenden Stuhl ist der, dass der Dachraum nicht durch Stuhlsäulen eingeschränkt wird, somit lässt sich der Dachraum optimal nützen. Der zweifach liegende Stuhl wirkt bei der Lastabtragung als Zweigelenrahmen.

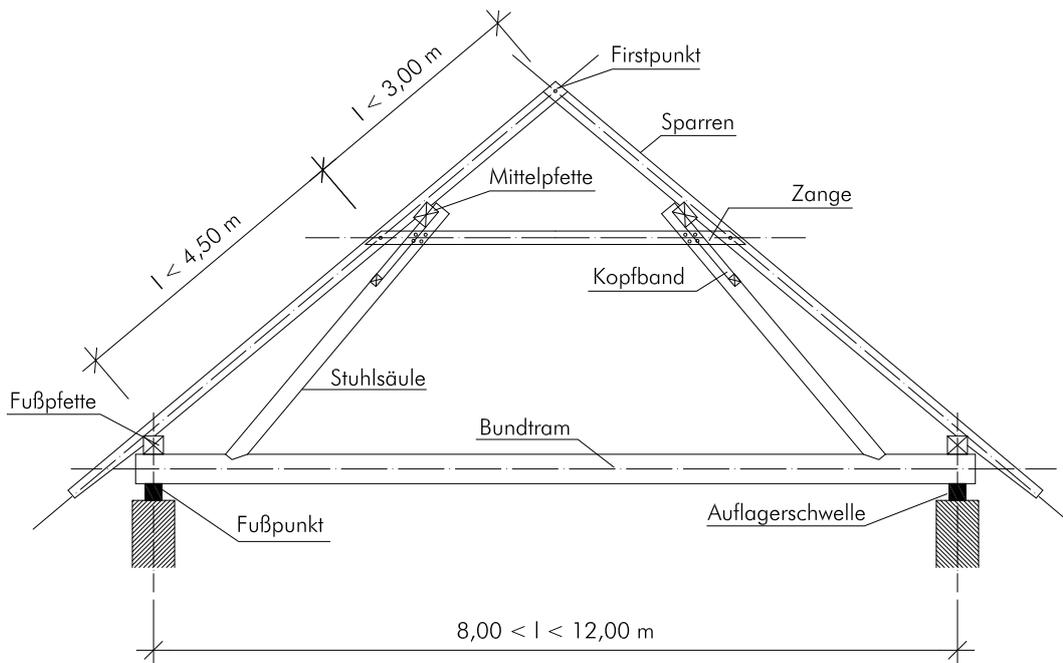


Abb. 7.11 Pfettendachstuhl mit zweifach liegendem Stuhl

## 7.4 weitere Dachtragwerke

Auf eine Erläuterung weiterer Dachtragwerke wird verzichtet und auf [33] und [34] verwiesen.

# Bauen im Bestand

## 1 Einleitung

[39],[40]

„Nachhaltigkeit“ bedeutet langfristig wirksam bzw. langfristig verträglich. Bezogen auf den Bausektor bedeutet nachhaltiges Bauen, den Bestand bestmöglich zu nutzen, sodass Auswirkungen auf ökonomischer, sozialer und ökologischer Ebene über die gesamte Lebensdauer des Gebäudes berücksichtigt werden können. Ziel des ökologischen Bauens ist es energiesparende und umweltfreundliche Gebäude zu errichten und die bestehenden Ressourcen zu schonen. Einflussfaktoren auf ökologisches Bauen sind

- der Einsatz von erneuerbarer Energien und deren optimale Nutzung,
- die geeignete Standortwahl und
- die Anwendung von Bauprodukten, die bei der Herstellung, dem Gebrauch und bei ihrer Entsorgung die Umwelt (Boden, Wasser und Luft) wenig schädigen.

Vor allem der letzte Punkt kann mit dem Bauprodukt Holz bestmöglich umgesetzt werden. Durch den Einflussfaktor „Standort“ kann die Zersiedelung von Gebieten und Eingengung von Lebensräumen gesteuert werden. Der Dachgeschossausbau bewirkt eine Verdichtung des bestehenden Wohngebietes, dadurch können Bodenressourcen eingespart werden.

Wesentliche Schutzziele ökologischer Nachhaltigkeit sind Ressourcenschonung, Schutz der Ökosysteme und Schutz der menschlichen Gesundheit. Die Optimierung der Aufwendungen für soziale und technische Infrastruktur ist ein wesentliches Ziel der ökonomischen Nachhaltigkeit. Aus sozialer Sicht wird eine Vernetzung von Wohnen, Arbeit und Freizeit in der Siedlungsstruktur gewünscht. Es ist erkennbar dass die Faktoren „ökonomisch, sozial und ökologisch“ in gegenseitiger Wechselwirkung stehen.

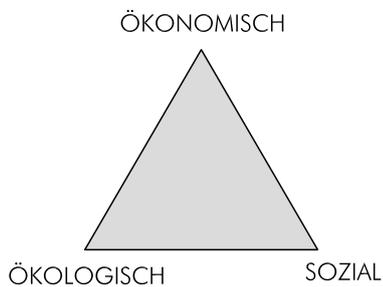


Abb. 1.1 Dreieck der Nachhaltigkeit [40]

Durch das „Bauen im Bestand“ können diese drei Faktoren bestmöglich miteinander verknüpft werden. „Bauen im Bestand“ ist im Wesentlichen von den Zielvorgaben des Bauherrn, seine finanziellen Mittel und den örtlichen Gegebenheiten abhängig. Um den Bestand bestmöglich einschätzen zu können, wird eine Bestandsaufnahme vor Ort empfohlen, weiters soll in die bestehenden Unterlagen (Pläne, Statik, etc.) Einsicht genommen werden.

Dieses Kapitel soll einen Überblick über die statisch-konstruktiven, baodynamischen, bauphysikalischen und bauwirtschaftlichen Aspekte beim „Bauen im Bestand“ geben. Dabei wird auf die in Kapitel 3 erarbeiteten Randbedingungen Rücksicht genommen.

## 2 Statisch-konstruktive Aspekte

[41],[42]

In diesem Abschnitt werden mögliche Verstärkungen von Fundamenten und Decken erläutert.

### 2.1 Fundamentverstärkungen und Bodenverbesserungsmaßnahmen

[42],[45]

Ein besonderes Augenmerk beim „Bauen im Bestand“ ist auf die Fundamente zu richten. Sie übertragen die Lasten des Gebäudes in den Baugrund. Bei Dachgeschossausbauten wird die Last auf die Fundamente erhöht. Bei schlechten Baugrundverhältnissen oder zu schwach dimensionierten Fundamenten kann die Standsicherheit durch einen Auf-, Um- bzw. Ausbau des Dachgeschosses gefährdet sein. Eine Verstärkung der Fundamente wird dann notwendig, wenn die Belastung auf die Fundamente erhöht wird, eine Schädigung des Fundamentmauerwerkes vorliegt oder wenn unzulässige Verschiebung der Konstruktion bzw. Setzungen des Baugrundes zu erwarten sind.

Bei einem ausreichend tragfähigem Bauuntergrund kann zur Reduzierung von Setzungen und zur Steigerung der Grundbruchsicherheit eine Fundamentverbreiterung zur Ausführung kommen. Der selbe Effekt lässt sich durch eine Tieferlegung der Gründungssohle erzielen. Eine Verbreiterung von Einzel- oder Streifenfundamenten lässt sich durch eine beidseitige Anbringung von Streichbalken, durch umlaufende Manschetten sowie eine nachträgliche Gründung auf Stahlbetonbalken bewerkstelligen.

Besitzt der Bauuntergrund in der Lasteinleitungszone keine ausreichende Tragfähigkeit kann eine ausreichende Gründung der Einzel- oder Streifenfundamente durch Pfahlkonstruktionen hergesellt werden. Pfähle kommen meist bei Gründungen von historischen Bauwerken zum Einsatz, da diese Gebäude häufig auf Holzpfählen gegründet wurden. Ebenso können Pfähle bei Verlust der Tragfähigkeit des Bodens durch Vernässung, sowie als punktuelle Verstärkung eingesetzt werden. Zur Rekonstruktion von Gründungen können folgende konstruktive Verstärkungen eingesetzt werden:

- Fundamentverbreiterungen,
- Ortbetonplatten zur Vergrößerung der Lagerfläche,
- Verstärkung mittels Pfählen,
- Querbalken auf Pfählen sowie
- Stopfen des Bodens.

Folgende Verfahren können für eine Bodenverbesserung zur Anwendung kommen:

- Bodenverbesserung durch Vorbelastung
- Bodenaustausch
- Rüttelstopfverfahren
- Rütteldruckverdichtung
- Düsenstrahlverfahren
- Kalksäulen
- dynamische Intensivverdichtung
- Bodenvereisung
- Entwässerung
- Injektionen

Auf eine Erläuterung der oben genannten Verfahren wird verzichtet und auf [45] bzw. die einschlägige Fachliteratur verwiesen.

## 2. 2 Verstärkungsmöglichkeiten von Bestandsdecken

[41]

In diesem Abschnitt wird nur auf die Dippelbaumdecke eingegangen, da sie die wesentlichste Form der Deckenkonstruktion von Gründerzeithäusern darstellt und aus diesem Grund für Dachgeschossausbauten von großer Relevanz ist. Bei einem Dachgeschossausbau kann die bestehende Dippelbaumdecke als lastabtragendes Bauteil herangezogen werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin eine neue, von der Dippelbaumdecke unabhängige Decke in den Bestand einzuziehen. Die neue Decke wird über dem Bestand montiert und ist für die Lastabtragung der Nutzlasten, sowie ihres Eigengewicht verantwortlich. Die Dippelbaumdecke trägt dann nur noch ihr Eigengewicht.

## 2. 2. 1 Deckenkonstruktionen ohne Tragwirkung der Dippelbaumdecke

[41]

Bei diesen Deckenkonstruktionen erfolgt eine Entkoppelung der bestehenden Dippelbaumdecke von der neu zu errichtenden Decke.

- **Fertigteilrippendecke**

Bei der Fertigteilrippendecke werden im Abstand von  $e = 0,50 - 0,75$  m Gitterträger eingelegt. Auf diesen wird die Fußbodenkonstruktion angebracht. In den Bestandsmauern müssen für diese Konstruktionsart Auflagernischen geschaffen werden. Voraussetzung für die Anwendung einer Fertigteilrippendecke ist eine ausreichende Raumhöhe im Dachgeschoss.

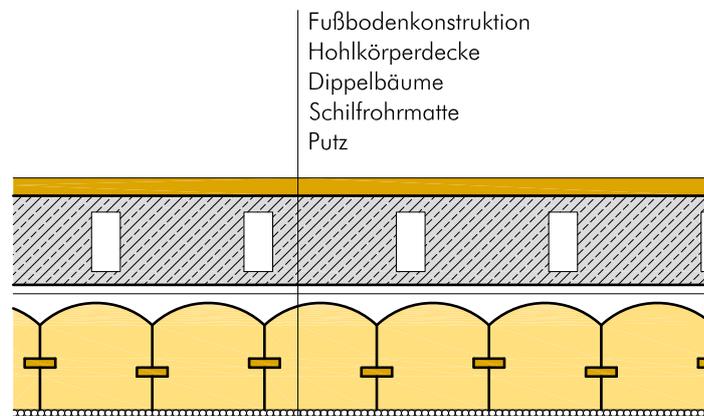


Abb. 2.1 Fertigteilrippendecke [41]

Besonderes Augenmerk ist hier auf den Abstand zwischen der Bestandsdecke und der Fertigteilrippendecke zu legen. Auf Grund der Belastung, aber auch des Kriechens und Schwindens des Betons kommt es zu Durchbiegungen, sodass sich in weiterer Folge auf die Dippelbaumdecke übertragen können. Mit einer ausreichend großen Wahl der Zwischenraumhöhe kann dieses Problem gelöst werden.

- **alleintragende Ortbetonplatte**

Bei der Herstellung einer alleintragenden Ortbetonplatte werden die Dippelbäume freigelegt. Auf diesen wird eine Folie aufgebracht um das Eindringen von Feuchtigkeit in die Dippelbäume zu verhindern. Bei der Wahl der Folie ist Vorsicht geboten, da es bei einer diffusionsoffenen Folie zu Feuchtigkeitsbildung kommen kann, bei Verzicht der Folie dringt Feuchtigkeit von der Betonkonstruktion in die Dippelbäume ein. In den Vertiefungen zwischen den Holzbäumen wird die Bewehrung eingelegt.

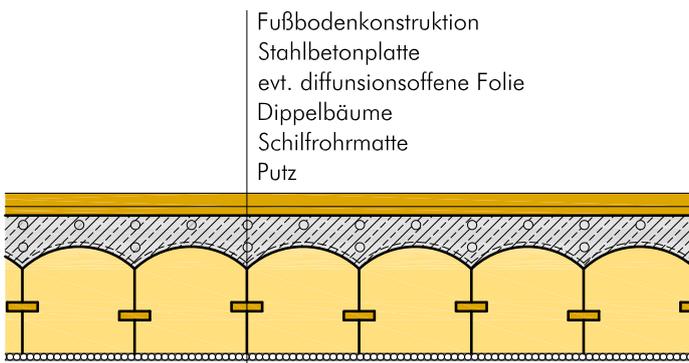


Abb. 2.2 alleintragende Ortbetonplatte [41]

Der Auflagerbereich bei dieser Konstruktion wird mit Hilfe eines einbetonierten Trägerrostes im Mauerwerk realisiert.

- **eingeschlitzte T-Träger als neue Deckenträger**

Die Tragrichtung dieser Konstruktion entspricht dem der bestehenden Dippelbaumdecke. Die Träger werden in die Dippelbäume eingeschlitzt, haben aber keine Verbundwirkung mit diesen. Oberhalb der T-Träger wird die Bodenkonstruktion aufgebracht.

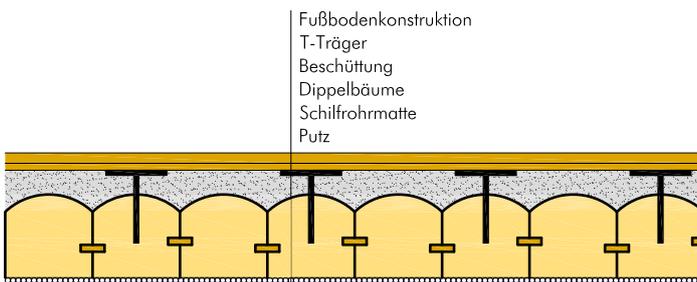


Abb. 2.3 eingeschlitzte T-Träger [41]

- neue Tramdecke auf vorhandene Bundträmen

Die Voraussetzung für die Ausführung dieser Konstruktion ist das Vorliegen ein doppeltes Hängewerk mit Bundtram. Bei der Herstellung wird die Beschüttung entfernt, dadurch kommt es zu einer Entlastung der bestehenden Konstruktion. Der Bundtram wird mit Hilfe eines C-Profiles verstärkt, dieses dient dann wiederum als Auflager für die neuen Träme. Auf diesen wird die neue Bodenkonstruktion aufgebracht.

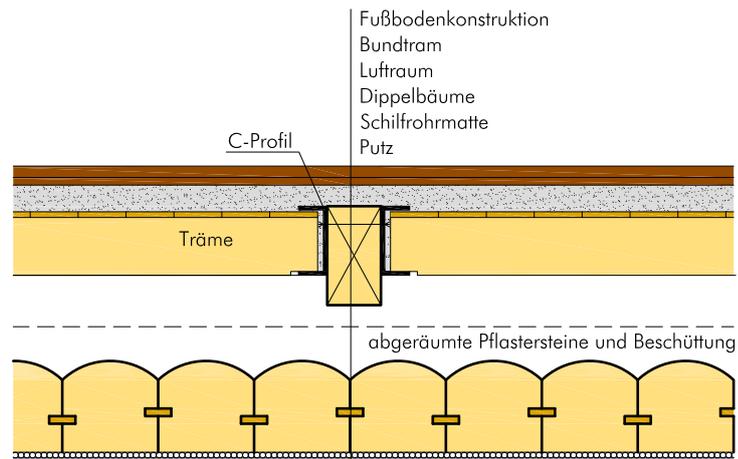


Abb. 2.4 neue Tramdecke auf vorhandenen Bundträmen [41]

Die Trennung der beiden Konstruktionen wirkt sich positiv auf das schalltechnische Verhalten aus und es kommt zu einer guten Belüftung beider Deckenkonstruktionen. Nachteilig wirkt sich hingegen die große Bauhöhe dieses Aufbaus aus.

## 2. 2. 2 Deckenkonstruktionen mit Mitwirkung der Dippelbaumdecken

Bei diesen Konstruktionen entsteht eine Verbundwirkung der Dippelbaumdecke mit der neuen Holz- bzw. Betondecke.

- **Holz-Beton-Verbunddecke**

Der Beton übernimmt hier die Drucklasten, die Dippelbäume übernehmen die Funktion eines Zugbandes.

Folgende Betonarten kommen bei dieser Konstruktion zum Einsatz:

- Normalbeton
- Faserbeton
- Leichtbeton

Bei dieser Konstruktionsart entsteht eine hohe Tragfähigkeit, sowie eine erhöhte Wärmedämmung. Zusätzlich kommt es zu einer Verbesserung der Brand- und Schallschutzeigenschaften.

Die Dippelbaumdecke wird mit Hilfe von Bolzen mit der Betondecke verbunden.

- **Holz-Holz-Verbunddecke**

Hier wird auf den Dippelbäumen eine zusätzliche Holzkonstruktion angebracht. Die aufgebrachte Konstruktion wird mit Hilfe von Schrauben oder eingeschlitzten Blechen an den Dippelbäumen befestigt.

Die Dippelbäume übernehmen wieder die Funktion des Zugbandes, die neue Konstruktion die des Druckgurtes.

## 3 Baudynamische Aspekte

[43],[44]

In diesem Kapitel wird auf die grundlegenden baudynamischen Aspekte für Dachgeschossausbauten eingegangen.

Die wichtigsten Ziele der Erdbebennorm (EN 1998-1:2005) sind [44]

- Schutz des menschlichen Lebens,
- Begrenzung von Bauwerksschäden und
- wichtige Bauwerke zum Schutz der Bevölkerung müssen funktionstüchtig bleiben.

### 3.1 Berechnungsverfahren

[43]

Bei den Berechnungsverfahren können unterschiedliche Genauigkeitsniveaus erreicht werden, die von der Modellierung der dynamischen Belastung und des Bauwerks abhängig sind.

Bei der Modellierung des Bauwerkes für dynamische Einwirkungen ist auf die Wechselwirkung zwischen Bauwerk und Untergrund, sowie Bauwerk und Einbauten bzw. schwere Ausrüstungsgegenstände Rücksicht zu nehmen. Vor allem Mehrmassenmodelle kommen bei der Bauwerksmodellierung zum Einsatz, sie werden beschrieben durch eine Massen-, Steifigkeits- und Dämpfungsmatrix.

Für die Modellierung der dynamischen Belastung sind folgende Parameter lt. [43] zu berücksichtigen:

- Maxima des Schwingweges, der -geschwindigkeit bzw. die Beschleunigung (im Erdbebenfall die Bodenbeschleunigung)
- Typ des Zeitverlaufes (harmonisch, periodisch, transient oder impulsartig)
- Dauer der Einwirkung
- Frequenzbereich der Einwirkung

Folglich werden kurz die wichtigsten Berechnungsmethoden angeführt.

### 3. 1. 1 quasi-statische Methode

Bei der quasi-statischen Methode wird die dynamische Last durch eine zeitunabhängige Ersatzlast dargestellt, sie wird aus dem Produkt der Masse des Gebäudes und dem seismischen Koeffizienten gebildet. Das Eigenschwingverhalten des Bauwerkes wird bei dieser Berechnungsmethode nicht berücksichtigt. Sie ist eine der einfachsten, zählt aber gleichzeitig zu den ungenaueren Berechnungsmethoden. Die quasi-statische Methode unterscheidet drei Varianten [43]

- Annahme einer über die gesamte Bauwerkshöhe konstant verlaufenden Beschleunigung,
- Beschleunigungsverteilung in Anlehnung an die erste Eigenform ohne Berücksichtigung der Eigenfrequenz und
- Einbeziehung der ersten Eigenform und der obersten Eigenfrequenz in die Ermittlung der Beschleunigungsverteilung

### 3. 1. 2 Antwortspektrenmethode

Die Antwortspektrenmethode wird gekennzeichnet durch zwei Arbeitsschritte.

Im ersten Arbeitsschritt wird eine Untersuchung der Lastauswirkung auf einen Einmassenschwinger durchgeführt. Die Eigenfrequenz und die Dämpfungszahl ändert sich bei jeder Untersuchung des Einmassenschwingers. Die Ergebnisse (Maxima des Schwingweges, -geschwindigkeit oder -beschleunigung) werden in Abhängigkeit der Eigenkreisfrequenz  $\omega_0$  dargestellt. Es entsteht das sogenannte Antwortspektrum, durch deren Einhüllende die ungünstigste Einwirkung für jeden beliebigen Einmassenschwinger bekannt wird. Im zweiten Arbeitsschritt erfolgt eine Zurückführung des Einmassenschwingers in das reale Bauwerk.

Ein Nachteil dieser Methode ist, dass bei nichtlinearen Verformungsverhalten des Gebäudes diese Methode nur näherungsweise anwendbar ist.

### 3. 1. 3 Methoden im Zeitbereich - Zeitverlaufsmethoden

Bei den Zeitverlaufsmethoden wird die Bodenbeschleunigung durch generierte Zeitverläufe dargestellt. Die Lösungen der Differentialgleichungen setzt eine Ermittlung der Zeitverläufe der Antwortschwingung des Gesamtsystems voraus. Für linear-elastische Systeme lassen sich die Verschiebungsgrößen als Linearkombination der Eigenformen darstellen. Hingegen ist bei nicht-linearen System eine modale Lösung der Bewegungsgleichung nicht möglich. Hier muss eine direkte Integration der Differenzialgleichungen bei schrittweise geänderten Systemeigenschaften (Steifigkeiten und Dämpfungen) erfolgen.

### 3. 1. 4 Methoden im Frequenzbereich

Auf eine genauere Erläuterung der Methoden im Frequenzbereich wird verzichtet und auf [43] verwiesen.

### 3. 1. 5 statistische Verfahren

Auf eine genauere Erläuterung der statistischen Verfahren wird verzichtet und auf [43] verwiesen.

## 3. 2 Erdbebensicheres Planen und Bauen

[43]

Die Erdbebenwirkung auf Bauwerke ist abhängig von der Bodenbeschleunigung und dem Eigenschwingverhalten des Bauwerkes selbst.

Eine erdbebengerechte Planung wird beeinflusst durch die Wahl der Form und Abmessungen des Gebäudes, sowie durch die Wahl des Tragwerkes. Ein wichtiger Aspekt stellt zusätzlich die Grundrissgestaltung dar. Positiv wirkt sich eine gedrungene und einfache Grundrissgestaltung aus. Einen negativen Einfluss haben hingegen auflösende (L-, T-, H-, U- und Y- Formen) Grundrisse aus.

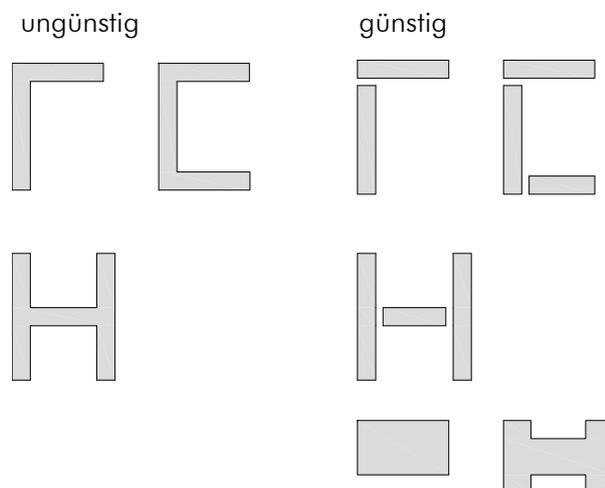


Abb. 3.1 ungünstige und günstige Grundrissgestaltung [43]

Bei der Grundrissgestaltung sollte zusätzlich darauf geachtet werden, dass die Massen und Steifigkeiten über den gesamten Grundriss gleichmäßig verteilt sind. Torsionsschwingungen können vermieden werden, wenn die Massen- und Steifigkeitsschwerpunkte nahe beieinander liegen. Eine hohe Torsionssteifigkeit wird erzielt, wenn die Aussteifung nahe am Rand des Bauwerkes liegt.

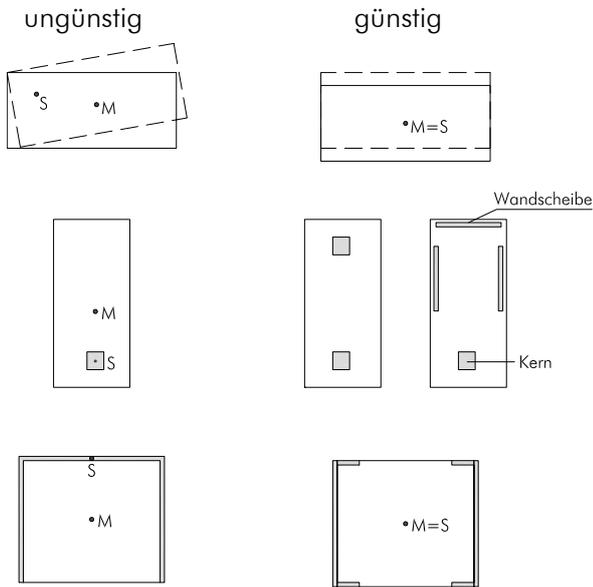


Abb. 3.2 Massen- und Steifigkeitsverteilung im Grundriss

Über die Höhe des Bauwerkes sollte die Steifigkeit gleichmäßig oder nach oben hin abnehmend sein. Nachstehende Abbildung zeigt eine günstige Steifigkeitsverteilung über die Höhe.

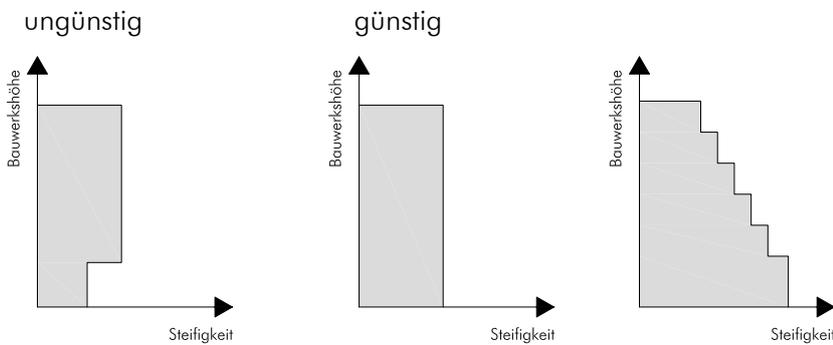


Abb. 3.3 günstige Steifigkeitsverteilung über die Höhe [43]

Bei einem Dachgeschossausbau werden die Massen und Steifigkeiten im oberen Bereich des Gebäudes erhöht. Im Erdbebenfall wirkt sich dies ungünstig aus. Bei einer Ausführung des Dachausbaues in Stahlbeton ist der Massenschwerpunkt wesentlich höher als bei einer Ausführung in Brettsperrholz.

### 3. 3 Baudynamisches Verhalten von Altbauten – Reparatur- und Verstärkungsmaßnahmen

[43]

Der Schutz von historischen Bauten (Denkmäler) und Altbauten stellt eine besondere Aufgabe in der Erdbebenermittlung und -sicherheit dar. Bei Altbauten kommen häufig Verstärkungen für die Erdbebensicherheit zur Anwendung. In [43] werden Reparatur- und Verstärkungsmaßnahmen aufgelistet. Für die Wiederherstellung von tragenden Bauteilen erdbebengeschädigter Gebäude können folgende Maßnahmen gesetzt werden [43]:

zur Sicherung der Systemsteifigkeit:

- Anbringen von horizontalen Zugankern und Zuggürteln
- Anbringen von äußeren Rahmen zur Übernahme von Aussteifungsfunktionen
- Errichten zusätzlichen Aussteifungswänden oder inneren Rahmen

zur Wiederherstellung von Mauerwerkskonstruktionen:

- Auspressen von Rissen
- Anbringen von Bewehrungseinlagen in Mörtelfugen
- Anbringen von Klammern
- Schaffung von inneren Stützen oder Balken durch Einbringung von Bewehrung und Beton in Teilbereichen
- Errichten zusätzlicher äußerer Versteifungselemente

Die Grundrisse von Gründerzeithäusern sind in den meisten Fällen L-förmig (Eckhäuser) oder rechteckförmig. Eckhäuser sind, wie aus dem Abschnitt 3. 2 erkenntlich wurde, auf Grund der Grundrissgestaltung baulynamisch bedenklicher, als die Rechtecksförmigen. Durch eine Verstärkung der einspringenden Ecken kann diese Grundrissform baulynamisch sicherer gestaltet werden.

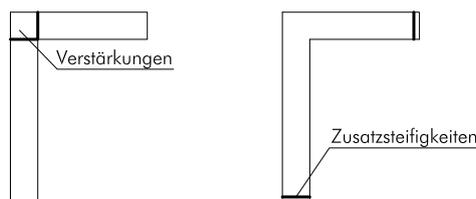


Abb. 3.4 Verstärkungsmöglichkeiten [43]

Wie aus Abb. 3.4 deutlich wird, kann ein L-förmiger Grundriss mit folgenden Maßnahmen verstärkt werden:

- Verlängerung der Außenwände
- Einbau von kräftigen Balken
- zusätzliche Aussteifungselemente an den Gebäudeenden (Feuermauern)

## 4 bauphysikalische Aspekte

[57]

Laut ÖNorm ISO 7730 wird die Behaglichkeit als ein neutraler Zustand definiert, bei dem der Mensch keine Veranlassung sieht, sich zu verändern. Die Lufttemperatur, -bewegung, die relative Luftfeuchtigkeit und die Temperatur der Flächen eines Raumes haben einen Einfluss auf das Behaglichkeitsempfinden des Menschen. Um ein ausreichendes Maß an Behaglichkeit zu erreichen muss der Raum in den Wintermonaten beheizt bzw. in den Sommermonaten gekühlt werden. Ausschlaggebend für den Energieverbrauch eines Gebäudes sind Transmissionsverluste und die Lüftungsverluste. Nachstehende Abbildung zeigt das Energieflussdiagramm eines Gebäudes.

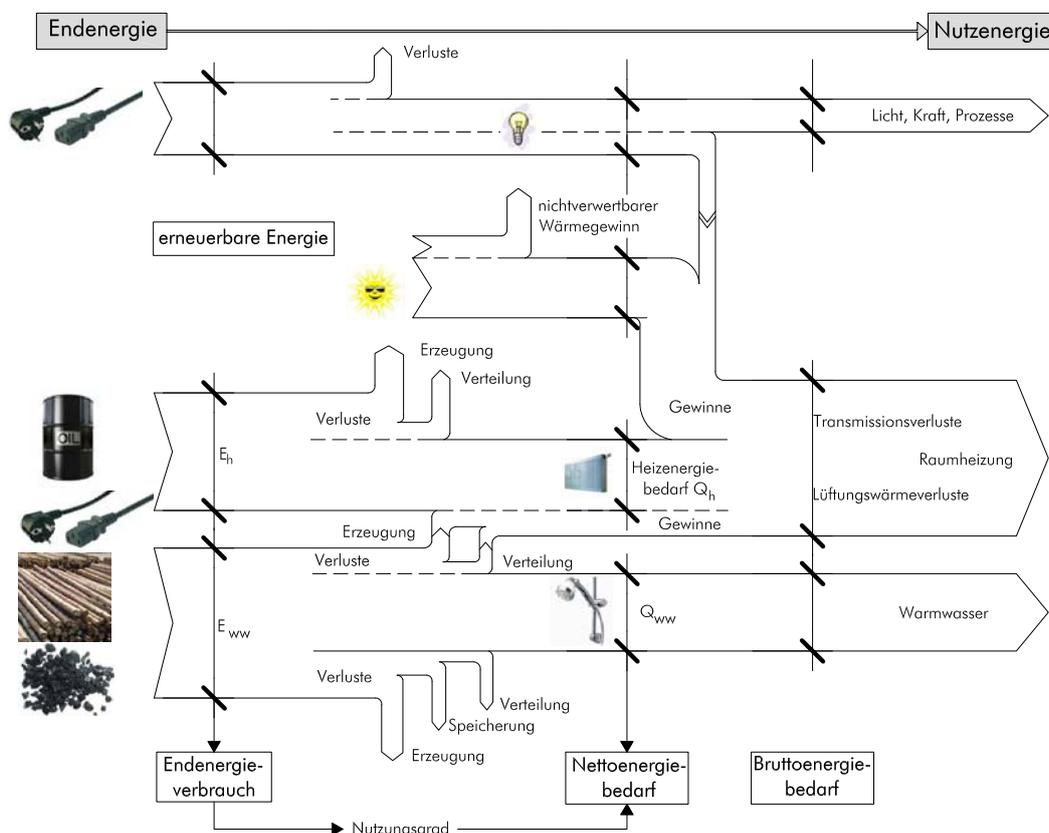


Abb. 4.1 Energieflussdiagramm eines Gebäudes [57]

Es ist erkennbar, dass die Nutzenergie geringer ist als die Endenergie. Auf Grund von Verlusten, die sich z.B. aus Speicherung, Erzeugung oder Verteilung ergeben, wird der Energieverbrauch angehoben. Durch erneuerbare Energie, z.B. aus Solaranlagen kann zusätzliche Energie in das System gespeist werden.

## 4.1 Wärmeschutz

[49],[52],[54],[55],[56],[57]

Wärmeübertragung bzw. Wärmetransport kann auf folgende drei Arten und deren Kombinationen untereinander erfolgen:

- Wärmeleitung
- Wärmestrahlung
- Wärmeströmung

Nachstehende Abbildung zeigt den Wärmedurchgang durch ein mehrschichtiges Bauteil.

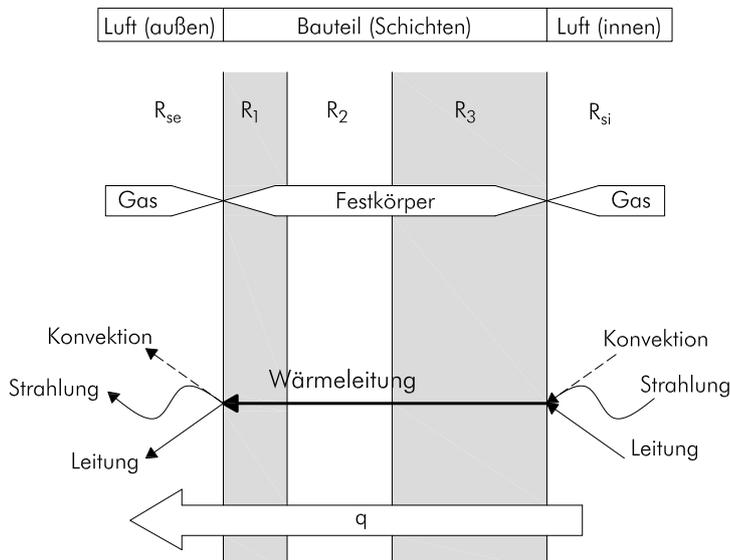


Abb. 4.2 Wärmedurchgang durch mehrschichtige Bauteile [52]

#### 4. 1. 1 Kennwerte zum Wärmeschutz

##### Wärmeleitfähigkeit $\lambda$

Die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  ist eine Stoffkonstante und gibt die Wärmeleistung in Watt an, welche durch 1 m<sup>2</sup> einer 1 m dicken Schicht eines Stoffes hindurchgeleitet wird, wenn der Temperaturunterschied der beiden Oberflächen 1 K beträgt [49].

Die Wärmeleitfähigkeit ist abhängig von dem Raumgewicht, der Porigkeit und dem Feuchtigkeitsgehalt eines Stoffes. Je kleiner die Wärmeleitfähigkeit ist, desto besser sind seine Wärmedämmeigenschaften.

Material	$\lambda$ - Wert [W/mK]
Weichholz	0,15
Hartholz	0,20
Sperrholz	0,14
Stahlbeton	2,30 – 2,50
Stahl	60,0
Vollziegel	0,64 – 0,83

Tab. 4.1 Beispiele von  $\lambda$  - Werten von Baustoffen

##### Wärmedurchgang

Der Wärmedurchgang kann auf zwei Transportarten erfolgen: der Wärmeleitung und dem Wärmeübergang. Der Wärmeübergang findet an den Grenzflächen zwischen Luft und Bauteiloberfläche durch Konvektion, Strahlung und Leitung statt.

Der Wärmedurchgang wird durch den **Wärmedurchlasskoeffizienten**  $\Lambda$  definiert.

$$\Lambda = \frac{\lambda}{d} \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

##### Wärmedurchgangskoeffizient $\alpha$

Der Wärmeübergang ist umso höher, je größer die Luftbewegung an der Bauteiloberfläche ist. An der Außenseite des Bauteils wird die Luftbewegung durch Wind verursacht, an der Innenseite durch Konvektion. Der Wärmeübergangskoeffizient  $\alpha$  gibt an, welche Wärmeleistung bei einem Temperaturunterschied von 1K von 1 m<sup>2</sup> Oberfläche eines Stoffes auf die Luft bzw. umgekehrt übergeht [49]. Angegeben wird der Wärmedurchgangskoeffizient  $\alpha$  in [W/m<sup>2</sup>K].

### Wärmeübergangswiderstand $R_s$

$$R_s = \frac{1}{\alpha} \quad \left[ \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \right]$$

Der Wärmeübergangswiderstand lässt sich für die Außen- bzw. für die Innenseite eines Bauteiles berechnen.

$R_{si}$  ... Wärmeübergangswiderstand von der Innenluft zur Bauteiloberfläche

$R_{se}$  ... Wärmeübergangswiderstand von der Außenluft zur Bauteiloberfläche

Der Wärmeübergangswiderstand  $R_s$  ist abhängig von der Richtung des Wärmestromes. Nachstehende Tabelle zeigt die entsprechenden  $R_{si}$  und  $R_{se}$  - Werte.

	Richtung des Wärmestromes		
	aufwärts	horizontal	abwärts
$R_{se}$	0,04	0,04	0,04
$R_{si}$	0,10	0,13	0,04

Tab. 4.2 Wärmeübergangswiderstand [49]

### Wärmedurchlasswiderstand $R$

Je höher der Wärmedurchlasswiderstand, desto besser sind die wärmedämmende Eigenschaft eines Bauteils bzw. eines Stoffes.

Für einzelne Schichten lässt sich der Wärmedurchlasswiderstand wie folgt berechnen.

$$R_T = \frac{d}{\lambda} \quad \left[ \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \right]$$

Für mehrschichtige Bauteile sind die einzelnen Schichten und der Wärmeübergangswiderstand der Innen- und Außenluft zur Bauteiloberfläche zu addieren.

$$R_T = R_{si} + \sum_{i=1}^n R_{T,i} + R_{se} \quad \left[ \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \right]$$

Liegen mehrere Teilflächen mit unterschiedlichen thermischen Eigenschaften nebeneinander gilt folgende Formel:

$$R_T = \frac{\sum_{i=1}^n R_{T,i} \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad \left[ \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \right]$$

Für ruhende Luftschichten können die folgenden Werte verwendet werden:

Dicke in der Luftschicht [mm]	Richtung des Wärmestromes		
	aufwärts	horizontal	abwärts
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

Tab. 4.3 Wärmedurchlasswiderstand von ruhenden Luftschichten

Zwischenwerte können linear interpoliert werden.

### Wärmedurchgangskoeffizient U

Der Wärmedurchgangskoeffizient U beschreibt die Wärmeleistung, die durch 1 m<sup>2</sup> eines Bauteils hindurchgeht, wenn der Temperaturunterschied zwischen der Luft auf beiden Seiten 1 K beträgt [49].

Je kleiner der U-Wert eines Bauteiles ist, desto besser sind seine wärmedämmende Eigenschaften.

$$U = \frac{1}{R_T} \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

Bei inhomogen aufgebauten Querschnitten ist es nötig einen **mittleren U-Wert** zu berechnen. Dieser wird proportional zu den Flächenanteilen der verschiedenen Schichten errechnet. Folgende Berechnungsschritte sind erforderlich [49]:

- 1 Ermittlung des oberen Grenzwertes in Form des flächengewichteten Kehrwertes der Wärmedurchgangswiderstände der Schichten.

$$R_T^I = \frac{1}{\frac{f_1}{R_{T,1}} + \frac{f_2}{R_{T,2}} + \dots + \frac{f_i}{R_{T,i}}}$$

mit:

$R_{T...}^I$  oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes

$f_1 \dots$  Flächenanteil Material 1

$f_2 \dots$  Flächenanteil Material 2

- 2 Ermittlung des unteren Grenzwertes durch die Verwendung der flächengewichteten Wärmeleitfähigkeiten der Schichten bei der Ermittlung des Wärmedurchgangswiderstandes.

$$R_T^{II} = R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_{f1f2}} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \dots + R_{se}$$

mit:

$R_{T...}^{II}$  unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes

$$\lambda_{f1f2} = \lambda_1 \cdot f_1 + \lambda_2 \cdot f_2$$

- 3 Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten  $U_{Mittel}$  durch Mittelung des oberen und unteren Grenzwertes.

$$U_{Mittel} = \frac{2}{R_T^I + R_T^{II}}$$

## U-Wert von Türen und Fenstern

Fenster und Türen stellen eine inhomogene Konstruktion mit unterschiedlichen wärmedämmenden Eigenschaften der einzelnen Komponenten dar. Die Fugendichtheit und der Transmissionswärmeverlust bestimmen den Wärmeverlust von Fenstern und Türen. Eine gute Dichtheit der Fugen ist anzustreben. Der Transmissionswärmeverlust von Glas ist abhängig von dessen Wärmeleitkoeffizienten, und der Luftschichtdicke zwischen den ein-

zelenen Scheiben, den Rahmen und der Wärmebrückenlänge am Glasrand.

Bei lichtdurchlässigen Bauteilen kann Energie durch Strahlung gewonnen werden. Der Gesamtenergiedurchlassgrad berücksichtigt dies und setzt sich zusammen aus der direkten Sonnenenergetransmission und der sekundären Wärmeabgabe nach innen. Je niedriger dieser Wert ist, desto weniger Sonnenenergie kann genutzt werden.

Der Lichttransmissionsgrad gibt den Anteil der sichtbaren Strahlung an, der senkrecht durch ein transparentes Bauteil durchtritt [52]. Um so größer dieser Wert ist, desto mehr Licht wird in den Raum gelassen.

Der U-Wert eines Fensters lässt sich wie folgt bestimmen:

$$U_W = \frac{A_g \cdot U_g + A_F \cdot U_F + l_g \cdot \Psi_g}{A_g + A_F} \quad \left[ \frac{W}{m^2K} \right]$$

mit:

- $U_W$  ... U-Wert eines Fensters
- $A_g$  ... Projektionsfläche des Glases in  $m^2$
- $U_g$  ... U-Wert des Glases [ $W/m^2$ ]
- $A_f$  ... Projektionsfläche des Rahmens in  $m^2$
- $U_f$  ... U-Wert des Rahmens [ $W/m^2$ ]
- $l_g$  ... Perimeterlänge des Glasrandes in m
- $\Psi_g$  ... längenbezogener Durchgangskoeffizient des Glasrandverbunds

U-Wert des Glases:

Diese sind aus Herstellerangaben zu entnehmen:

Art der Verglasung (Rahmenanteil 20%)	U-Wert [ $W/m^2K$ ]
Einscheibenverglasung	5,70
Zweischeibenisolierverglasung	3,30 – 1,10
Dreischeibenisolierverglasung	2,30 – 0,50

Tab. 4.4 U-Werte von div. Verglasungen bei einem Rahmenanteil von 20%

U-Wert des Rahmens:

Folgende Werte können herangezogen werden:

Rahmenmaterial	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]
Holz / Holz-Metall	1,90
Kunststoff	2,50
wärmedämmende Verbundprofile	3,30

Tab. 4.5 U-Werte von Fenstern und Türen Rahmen

$\Psi_g$ -Werte:

Die  $\Psi_g$ -Werte sind von den U-Werten des Glases, sowie von denen des Rahmens abhängig.

Glas	U-Wert Glas [W/m <sup>2</sup> K]	$\Psi_g$	
		$U_f < 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_f > 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
2 Scheiben Isoliervverbund Glas	< 1,40	0,07	0,11
	1,40 – 1,90	0,06	0,09
	1,90 – 2,50	0,05	0,08
3 Scheiben Isoliervverbund Glas	< 0,90	0,07	0,10
	0,90 – 1,40	0,06	0,09
	1,40 – 1,90	0,05	0,08
	> 1,90	0,04	0,06

Tab. 4.6  $\Psi_g$  - Werte

## LEK - Werte

Die LEK-Werte geben eine Schätzung der thermischen Qualität eines Gebäudes an. Sie werden durch den mittleren U-Wert bezogen auf die charakteristische Länge eines Gebäudes  $l_c$  berechnet. Je höher diese Werte sind, desto schlechter ist die thermische Qualität eines Bauwerkes.

$$LEK = \frac{U_m}{2 + l_c}$$

$$l_c = \frac{V_B}{A_B}$$

$$U_m = \frac{L_T}{A_B}$$

mit:

$A_B$	...	Fläche der Gebäudehülle [m <sup>2</sup> ]
$V_B$	...	beheiztes Volumen des Gebäudes [m <sup>3</sup> ]
$L_T$	...	Transmissions-Leitwert der Gebäudehülle

### 4. 1. 2 Wärmebrücken

Wärmebrücken sind thermische Schwachstellen eines Gebäudes und bewirken zusätzlichen Wärmeverlust. Weiters steigt auf Grund der niedrigeren Oberflächentemperatur das Risiko der Oberflächenkondensatbildung und somit die Gefahr von Schimmelbildung.

Wärmebrücken lassen sich in zwei Kategorien einteilen:

- geometriebedingte Wärmebrücken
- materialbedingte Wärmebrücken

Geometriebedingte Wärmebrücken entstehen dann, wenn Bauteile eine große Außenfläche und eine geringe Oberfläche gegen den beheizten Raum haben. Materialbedingte Wärmebrücken liegen dann vor, wenn zwei benachbarte Baustoffe eine unterschiedlich große Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  besitzen.

### 4. 1. 3 Wärmespeicherung

Die Wärmespeicherung eines Stoffes bzw. Bauteiles wird bewirkt durch das langsame Aufheizen und Abkühlen von Räumen und den geringen Temperaturschwankungen im Raum. Sie kennzeichnet die Wärmemenge, die bei bestimmten Bedingungen aufgenommen werden kann.

#### speicherwirksame Masse

Die speicherwirksame Masse ist abhängig von der Rohdichte, der Wärmeleitfähigkeit, der spezifischen Wärmekapazität und der Grenztiefe. Die Grenztiefe ist jene Bauteildicke, bei der es zu keiner Zunahme der Wärmespeicherung mehr kommt. Die speicherwirksame Masse kann Temperaturschwankungen dämpfen. Beispielsweise wird die Wärme in einem Raum, welche durch Sonneneinstrahlung aufgenommen wird, verzögert wieder abgeben.

Die speicherwirksame Masse eines Raumes lässt sich wie folgt berechnen.

$$m_w = \sum m_{wb} + m_{we} \quad [\text{kg}]$$

mit:

$m_{wb}$  ... speicherwirksame Masse eines Bauteiles [kg]

$m_{we}$  ... speicherwirksame Masse der Einrichtung [kg]

Durch folgende Formel kann die speicherwirksame Masse eines Bauteiles näherungsweise berechnet werden:

$$m_{wb} = \frac{m \cdot c_p}{c_{PR}}$$

mit:

$m$  ... flächenbezogene Masse in Abhängigkeit von der Rohdichte des verwendeten Baustoffes [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ]

$c_p$  ... spezifische Wärmekapazität des verwendeten Baustoffes [ $\text{kJ}/\text{m}^2\text{K}$ ]

$c_{PR}$  ... Referenzspeicherkapazität mit  $1,05 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

## Vermeidung sommerlicher Übererwärmung

Folgende bautechnischen Mittel verhindern eine Raumüberwärmung durch Sonneneinstrahlung in den Übergangs- und Sommerzeiten [56]:

- ein entsprechend wirksamer Sonnenschutz
- Raumlüftung
- hohe speicherwirksame Massen der Bauteile und der Einrichtung
- Orientierung der strahlungsdurchlässigen Flächen

Eine Übererwärmung wird dann als vermieden bezeichnet, wenn die Raumtemperatur die in der Norm festgelegten Grenztemperaturen nicht überschreitet. Die Grenztemperatur am Tag beträgt  $+27,0^{\circ}\text{C}$  und in der Nacht  $+25,0^{\circ}\text{C}$ .

Bei Dachgeschossausbauten kann eine sommerliche Übererwärmung durch den Einbau schwererer Aufbauten reduziert bzw. vermieden werden. Bei Fußbodenkonstruktionen kann der Einbau einer ausreichend dimensionierten Estrichschicht eine Übererwärmung reduzieren.

### 4. 1. 4 Energieausweis

[47]

Der Energieausweis ist ein Beurteilungskriterium für die Energieeffizienz von Gebäuden. Er liefert Aussagen über die Höhe des Energiebedarfs. Er kann Ursachen für mögliche Energieverluste im Bereich der Anlagentechnik und Gebäudehülle aufdecken.

Die Aussagekraft eines Energieausweises ist abhängig von einer detaillierten Bestandsaufnahme des IST-Zustandes des Bauwerkes und einer möglichst exakten Bewertung der Anlagentechnik. Die Grundlage für die Erstellung eines Energieausweises bilden die Bestandspläne, die Bestandsaufnahme und seine Auswertung, sowie evt. Angaben aus persönlichen Gesprächen.



**Energieausweis für Wohngebäude**

Logo

**GEBÄUDE**

Gebäudeart:  Erbaut:

Gebäudezone:  Katastralgemeinde:

Straße:  KG-Nummer:

PLZ/Ort:  Einlagezahl:

EigentümerIn:  Grundstücksnummer:

**SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF BEI 3400 HEIZGRADTAGEN (REFERENZKLIMA)**

A ++

A +

A

B

C

D

E

F

G

**ERSTELLT**

ErstellerIn:  Organisation:

ErstellerIn-Nr.:  Ausstellungsdatum:

GWR-Zahl:  Gültigkeitsdatum:

Geschäftszahl:  Unterschrift:

Dieser Energieausweis entspricht den Vorgaben der Richtlinie 2 „Energieeffizienz und Klimaschutz“ des Österreichischen Instituts für Bautechnik in Umsetzung der Richtlinie (2002/91/EG) über die Energieeffizienz von Gebäuden und des Energieausweis-Verordnungs (2010/18/EG)

04.01.2010 (akt. 04.01.2010)

Abb. 4.3 Energieausweis

Bei der Erstellung eines Energieausweises für bereits bestehende Gebäude sind folgende Daten vor Ort aufzunehmen [47]:

- Grunddaten (Ort, Haustyp, Baujahr)
- Zahl der Wohneinheiten
- beheizbare Wohnflächen
- Außenwand-, Dach- und Fensterflächen
- Flächen von Decken unter nicht ausgebauten Dachgeschossen
- Kellerflächendecken
- Außenflächen beheizter Dach- und Kellerräume
- Innenwandflächen zu nicht beheizten Gebäudebereichen
- offensichtliche Wärmebrücken
- Gebäudevolumen, Lüftungwärmebedarf

Für eine energetische Bewertung eines Gebäudes ist die Gebäudehüllfläche mit ihren Aufbau eines der wichtigsten Kriterien. Der Transmissionswärmeverlust, der durch die Wärmeleitung von Bauteilen, welche an kältere Räume oder Luft angrenzen, verursacht wird. Der Transmissionswärmeverlust wird durch die Gebäudeform und die Baukon-

struktionsbeeinflusst.

Das Dach ist eines der wichtigsten Gebäudeteile für die energietechnische Bewertung. Es ist der oberste Abschluss des Gebäudes und hat die Funktion der Raumbegrenzung, sowie den Schutz vor Schnee, Regen, Wind, Hitze und Kälte. Je nachdem welche Dachkonstruktion und Dämmung gewählt wird, entsteht ein großer Unterschied bei der Energieeffizienz eines Gebäudes.

Bei Decken ist der Einfluss auf den Energieverbrauch eher gering, vor allem dann wenn die unter- und oberhalb liegenden Räume ähnlich genutzt werden. Stellt die Decke eine Grenze zu einem kalten Raum dar, wie sie es im Fall unterhalb eines nicht ausgebauten Dachgeschosses ist, hat diese einen großen Einfluss auf den Transmissionswärmeverlust.

Bei der Berechnung des Energieausweises sind der Wandaufbau und die dabei verwendeten Materialien ein grundlegendes Element. Der Wandaufbau, ähnlich wie beim Dachaufbau, beeinflusst nicht unwesentlich den Transmissionswärmeverlust.

Bei geplanten Energieeinsparungen werden bei Gebäuden häufig Fenster und Türen erneuert. Fenster und Türen haben die Aufgabe das Gebäude abzuschließen und dabei einen hinreichenden Lichteinfall zu gewährleisten. Ein wichtiger Aspekt ist hier die Fuge zwischen Mauerwerk und Fenster- bzw. Türrahmen. An Türen und Fenstern werden hohe Schall-, Wärme- und Brandschutzanforderungen gestellt.

## 4. 2 Feuchtigkeitsschutz

[49],[52]

Die Luftfeuchtigkeit ist der Anteil des Wasserdampfes in einem Gasgemisch der Atmosphäre oder in Räumen. Die Luft kann in Abhängigkeit der Temperatur eine bestimmte Menge an Feuchtigkeit aufnehmen. Warme Luft kann mehr Feuchte aufnehmen als Kalte.

### 4. 2. 1 Kennwerte zum Feuchtigkeitsschutz

#### Relative Luftfeuchtigkeit $j$

Die relative Luftfeuchtigkeit  $\varphi$  ist der Quotient aus der absoluten Luftfeuchtigkeit bezogen auf die maximale Luftfeuchtigkeit in [%]. Sie ist von der Lufttemperatur und dem Wasserdampfdruck abhängig.

#### Diffusionswiderstandszahl $m$

Die Diffusionswiderstandszahl ist ein Maß für die Dampfdichtheit von Stoffen und gibt an, um wieviel größer der Diffusionswiderstand eines Stoffes im Vergleich zu einer gleich dicken Luftschicht ist.

Werden Diffusionswiderstandszahlen verschiedener Bauteile miteinander verglichen muss die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke  $f$  errechnet werden.

$$f = \mu \cdot d \quad [m]$$

Sie ist das Maß für den Diffusionswiderstand eines Bauteiles.

#### Taupunkt und Taupunktlage

Als Taupunkt bzw. Taupunktstemperatur bezeichnet man jene Temperatur, bei der die Kondensatbildung einsetzt.

Die Taupunktlage ist abhängig von der Lage der wasserdampfsperrenden Schichten im Bauteil. Die sogenannten Dampfsperren verhindern das der Wasserdampf in kühlere Schichten gelangt und dort ausdiffundiert.

### 4. 2. 2 Glaserverfahren

Durch das Glaserdiagramm lässt sich die Lage des Tauwasserausfalls graphisch ermitteln. Es stellt eine Alternative zum rechnerischen Glaser-Verfahren dar.

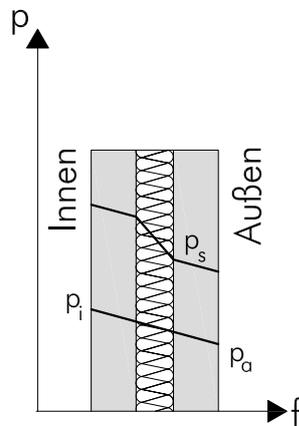


Abb. 4.4 Glaserdiagramm

Auf der Ordinate wird der Dampfdruck  $p$  und auf der Abszisse die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke  $f = \mu \cdot d$  der einzelnen Schichten aufgetragen. Zu den einzelnen Schichten wird der Wasserdampfdruck ermittelt und mit der Verlaufskurve der diffusionsäquivalente Luftschichtdicke verglichen. Anhand der entstandenen Kurven lässt sich feststellen in welcher Tiefe des Bauteils das Tauwasser ausfallen wird.

#### rechnerische Ermittlung der Taupunktlage:

Die Berechnung des Taupunktes erfolgt nach folgenden Schritten:

Der U-Wert des Bauteils muss für die Berechnung bekannt sein.

Schritt 1: Ermittlung der Temperatur an der Innenseite

$$t_{0,1} = t_i - (t_i - t_e) \cdot U \cdot R_{si}$$

Schritt 2: Ermittlung der Temperatur an der Stoßfuge der 1. und 2. Stoffschicht

$$t_{1,2} = t_{0,1} - (t_i - t_e) \cdot U \cdot \frac{d_1}{\lambda_1}$$

Schritt 3: Ermittlung der Temperatur an der Stoßfuge der 2. und 3. Stoffschicht:

$$t_{2,3} = t_{1,2} - (t_i - t_e) \cdot U \cdot \frac{d_2}{\lambda_2}$$

Schritt 4: Ermittlung der Temperatur an der Stoßfuge der m. und n. Stoffschicht:

$$t_{m,n} = t_{m-1,m} - (t_i - t_e) \cdot U \cdot \frac{d_m}{\lambda_m}$$

Schritt 5: Ermittlung der Außentemperatur:

$$t_e = t_n - (t_i - t_e) \cdot U \cdot R_{se}$$

### 4. 2. 3 Dampfsperre

Eine Dampfsperre verhindert das Wasserdampf in Schichten eines Bauteiles gelangen kann, wo er abkühlen und kondensieren kann. Sie wird auf der warmen Seite, d.h. außerhalb des Taupunktsbereiches angebracht.

### 4. 2. 4 Vermeidung von Kondensatbildung an Oberflächen

Eine Kondensatbildung an der Oberfläche von Bauteilen kann dadurch vermieden werden, dass man die Wärmedämmung richtig bemisst. Die Oberflächentemperatur des Bauteils muss immer höher sein als die Taupunktstemperatur, nur so kann ein ausdiffundieren verhindert werden. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn nachstehende Bedingungen eingehalten werden.

$$D_{\min} = R_{si} \cdot \frac{t_i - t_{ne}}{t_i - t_s} - (R_{si} + R_{se})$$

$$U_{zul} = \frac{t_i - t_s}{R_{si} \cdot (t_i - t_{ne})}$$

mit:

$t_i$	...	Innentemperatur
$t_{ne}$	...	Außentemperatur
$t_s$	...	Taupunktstemperatur; abhängig von $t_i$ und $\varphi$
$R_{si}$	...	Wärmeübergangswiderstand von der Innenluft zur Bauteiloberfläche
$R_{se}$	...	Wärmeübergangswiderstand von der Außenluft zur Bauteiloberfläche

Die Kondensatbildung an der Oberfläche von Bauteilen ist abhängig vom U-Wert des Bauteiles, der Luftfeuchtigkeit  $\varphi$  und der Temperatur.

#### 4. 2. 5 Warmdach

Das Warmdach besteht aus einer mehrlagigen Konstruktion: einer Abdichtung, einer Wärmedämmung und der Decke. Eine Dampfsperre schützt die Wärmedämmung vor Feuchtigkeit und wird unter dieser eingebaut. Durch einen Einbau von Gefällebeton (Magerbeton) kann sich die Taupunktlage nach innen verschieben. Es besteht die Gefahr von Kondensatbildung in der Decke.

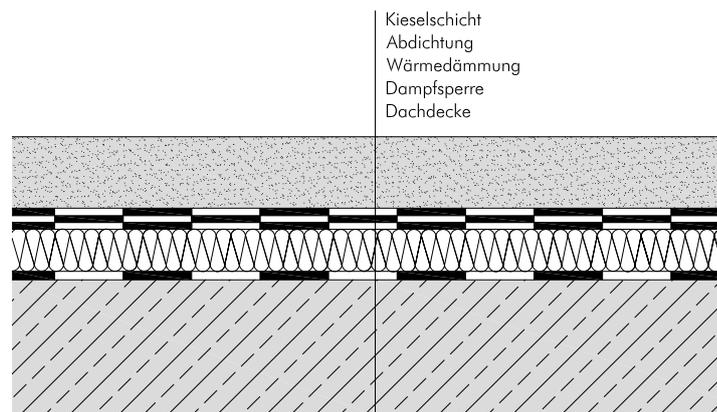


Abb. 4.5 Beispiel für den Aufbau eines Warmdaches

#### 4. 2. 6 Kaltdach

Bei einem Kaltdach liegt die Dachhaut auf einer Schalung auf, diese ist wiederum durch einen Hohlraum von der Wärmedämmung getrennt. Durch den be- bzw. entlüfteten Hohlraum kann die Luft den Wasserdampf, der durch die Decke diffundiert, abtransportieren. Die Dachneigung sollte bei einem Kaltdach mindestens 15° betragen.

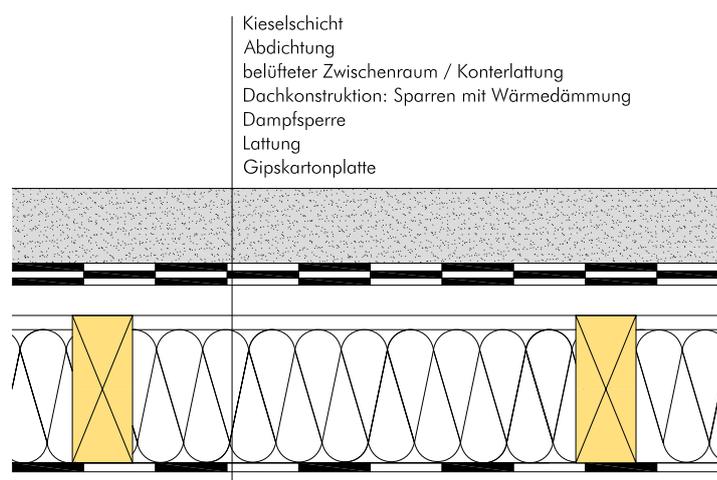


Abb. 4.6 Beispiel für den Aufbau eines Kaltdaches

## 4.3 Schallschutz

[49],[52]

Der Schall ist eine mechanische Bewegungsenergie von durch Druckschwankung in Schwingung gesetzte Teile [49]. Man unterscheidet dabei Luft- und Körperschall. Luftschall breitet sich im Medium Luft aus und wird durch Musik, Sprache, et al. erzeugt. Körperschall hingegen wird durch Anregung fester Körper erzeugt und kann als Luftschall wieder abgestrahlt werden.

### Schallpegel L

Der Schalldruck, der durch die Schwingung entsteht, wurde in eine logarithmische Funktion gesetzt, um diesen praktikabel darzustellen.

$$L = 20 \cdot \log \frac{p_{\text{eff}}}{p_0} \quad [\text{dB}]$$

Dabei ist  $p_{\text{eff}}$  der räumlich gemittelte Schalldruck und  $p_0$  der geringste wahrnehmbare Schalldruck und wird mit

$$p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \quad [\text{Pa}]$$

eingesetzt.

### 4.3.1 Luftschalldämmung

#### Schalldämmmaß R

$$R = 10 \cdot \log \frac{W_1}{W_2} \quad [\text{dB}]$$

mit:

$W_1$  ... auf ein Bauteil auffallende Schallenergie mit der Leistung  $W_1$  (Schallleistung im Senderraum)

$W_2$  ... auf ein Bauteil auffallende Schallenergie mit der Leistung  $W_2$  (Schallleistung im Empfangsraum)

oder

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \frac{S}{A} \quad [\text{dB}]$$

mit:

$S$  ... Fläche der Trennwand [ $\text{m}^2$ ]

A	...	Absorptionsfläche des Empfängerraumes [m <sup>2</sup> ]
L <sub>1</sub> - L <sub>2</sub>	...	Schalldruckpegeldifferenz L <sub>1</sub> - L <sub>2</sub> [dB]

Das Schalldämmmaß ist eine im Labor gemessene Größe, um das reale Schallverhalten von Bauteilen (Schallübertragung über flankierende und trennende Bauteile) beurteilen zu können, wird das sogenannte **Bau-Schalldämmmaß R'** in situ gemessen. Die gemessenen oder gerechneten Luftschalldämmwerte eines Bauteils werden mit einer Bezugskurve verglichen. Das **bewertete Schalldämmmaß R<sub>w</sub>** gibt den Wert der verschobenen Bezugskurve an.

#### 4. 3. 2 Trittschalldämmung

Die Trittschalldämmung definiert das Maß der Abstrahlung und Anregung von Schall durch Gehen, usw. auf einer Decke und hilft den durch Trittschall verursachten Lärm zu dämpfen.

$$L_N^I = L^I + 10 \cdot \log \frac{A}{A_0} \quad [\text{dB}]$$

mit:

A <sub>0</sub>	...	Referenzfläche; A <sub>0</sub> = 10 [m <sup>2</sup> ]
A	...	Fläche in [m <sup>2</sup> ]

#### 4. 3. 3 Schalltechnische Anforderungen

Der Schallschutz eines Gebäudes ist von der jeweiligen Lärmbelastigung am Standort abhängig. Die Lärmbelastigung ist durch einen äquivalenten Dauerschallpegel zu erfassen und mit den in der Norm definierten Immissionsgrenzwerten zu vergleichen. Bei Überschreitungen ist ein zusätzlicher Schallschutz erforderlich. Die erhöhten Schallschutzanforderungen sind für jede Situation gesondert festzulegen und er ist dann gegeben, wenn [49]

- die Luftschalldämmung um mindesten 3 dB höher ist,
- der höchstzulässige bewertete Standard-Trittschallpegel um mindestens 5 dB geringer ist,
- der höchstzulässige Schallpegel beim Betrieb haustechnischer Anlagen und Tore um mindestens 5 dB geringer ist und wenn
- der höchstzulässige Schallpegel von haustechnischen Anlagen auch innerhalb der Nutzungseinheit gehalten wird.

#### 4. 3. 4 Maßnahmen zur Erfüllung des Schallschutzes

Folgende Maßnahmen führen zu einer Verbesserung des Schallschutzes.

##### **Luftschallschutz von einschaligen Decken und Wänden**

Einschalige Decken bzw. Wände schwingen als Ganzes. Ihre Luftschalldämmung ist umso besser, je schwerer sie sind, weil mehr Energie aufgebracht werden muss, um schwerere Massen zum Schwingen anzuregen.

$$R_w = 32,4 \cdot \log m^l - 26 \quad [\text{dB}]$$

mit:

$m^l$  ... flächenbezogene Masse in [kg]

##### **Resonanzeffekt – Koinzidenzeffekt (kritische Frequenz)**

Trifft eine Schallwelle auf ein Hindernis (Wand, Decke, et al.) wird dieses zum Schwingen angeregt. Die Schallwelle regt z.B. eine Wand zu einer Biegeschwingung an, welche dann parallel zur Wandoberfläche läuft. Stimmt die Wellenlänge der Biegeschwingung mit jener der Biegeeigenwelle der Wand überein, kommt es zu einer guten Anregung und zu einer erhöhten Schallübertragung. Die Wand setzt theoretisch dem Schalldurchgang keine Widerstand entgegen.

##### **Luftschallschutz von mehrschaligen Decken und Wänden**

Bei mehrschaligen Decken bzw. Wänden stehen die einzelnen Baustoffschichten in keiner starren Verbindung miteinander. Diese sind meist durch Luftschichten oder Dämmstoffe voneinander getrennt.

##### **biegesteife Schalen**

Der Luftschallschutz biegesteifer Schalen unterscheidet sich kaum von jenem gleich schwerer einfacher Decken bzw. Wände. Biegesteife Schalen werden oft bei Gebäudetrennwänden (z.B. Feuermauern) eingesetzt.

##### **biegeweiche Schalen**

Biegeweiche Schalen wirken nach dem Masse - Feder - Prinzip. Als Resonanzfrequenz wird jene Frequenz bezeichnet, bei der beide Schalen mit größter Amplitude schwingen. Beim Eintreten der Resonanzfrequenz kann die Schalldämmung von biegeweichen Schalen schlechter als von einschaligen Bauteilen mit der selben Masse.

#### 4. 3. 5 schalltechnische Eigenschaften von Brettsperrholz

[61],[62]

Stoßausbildungen bei Brettsperrholzplatten werden häufig mit Hilfe von Verschraubungen und Winkel ausgeführt. Durch den Einbau eines elastischen Zwischenlagers oder durch die Abdeckung der flankierende Wänden mit Vorsatzschalen können die in Österreich geltenden schalltechnischen Anforderungen im Allgemeinen weit übertroffen werden. Negativ wirken sich dabei Stoßausbildungen mit Schrauben und Winkel aus. Die Dimensionierung der elastischen Lager ist abhängig von der Last die auf das Bauteil wirkt. Bei deren Dimensionierung ist zu berücksichtigen, dass die elastischen Lager nicht überdrückt werden dürfen.

Brettsperrholz ist schalltechnisch gesehen ein biegesteifes, leichtes Material.

##### **Brettsperrholz als einschaliges Bauteil**

Im Allgemeinen weist Brettsperrholz als einschaliges Bauteil ein zu geringes Schalldämm-Maß  $R_w$  auf, da die Rohdichte des Holzes gering ist. Das Schalldämm-Maß  $R_w$  lässt sich mit unten stehender Formel berechnen:

$$R_w = 32,4 \cdot \log m^l - 26 \quad [\text{dB}]$$

mit:

$m^l$  ... flächenbezogene Masse in [kg]

Aus der oben stehenden Formel kann entnommen werden, dass die Masse des Bauteils bestimmend für das Schalldämm-Maß  $R_w$  ist.

##### **Brettsperrholz als mehrschaliges Bauteil**

Werden Brettsperrholzwände als Doppelwände, in Verbindung mit weiteren Brettsperrholzplatten oder anderen Plattenwerkstoffen, Beplankungen oder Fassadenausführungen ausgeführt, eignen sich diese gut als Wohnungstrennwände. Durch den mehrschaligen Aufbau wird die Schalllängsleitung minimiert.

Eine Vergrößerung des Schalldämmmaßes  $R_w$  lässt sich durch den ein- oder beidseitigen Einsatz von biegeweichen Vorsatzschalen (z.B. Gipskartonplatten) oder Holzwolle-Leichtbauplatten erzielen. Durch die Verwendung von Holzwolle Leichtbauplatten wird die speicherwirksame Masse erhöht, wodurch sich ein positiver Effekt auf den sommerlichen Wärmeschutz ergibt.

## Leitdetails

Im Leitdetailkatalog des Labors für Bauphysik der Technischen Universität Graz [62] werden Leitdetails für den Holzwohnbau mit Brettsperrholz angeführt. Diese stehen auf der Homepage ([www.bauphysik.tugraz.at](http://www.bauphysik.tugraz.at)) des Labors für Bauphysik zur Verfügung.

## 4. 4 Brandschutz

[46],[49]

Der bauliche Brandschutz beinhaltet bauliche Maßnahmen, die Brandschäden vermeiden, die Brandausbreitung vermindert und die Löscharbeiten erleichtern sollen. Beim Brandschutz werden Anforderungen an Baustoffe, Bauteile, Einrichtungen für Brandschutz und die planerische Berücksichtigung gestellt.

### 4. 4. 1 Brandverhalten von Bauteilen

Das Brandverhalten von Bauteilen wird durch die sogenannte Brandwiderstandsdauer bestimmt. Sie ist jene Zeitdauer in [min], in der ein Bauteil die Anforderungen der Normen erfüllt.

Brandwiderstandsklasse		Brandwiderstandsdauer [min]
R 30	brandhemmend	$30 < t < 60$
R 60	hochbrandhemmend	$60 < t < 90$
R 90	brandbeständig	$90 < t < 180$
R 180	hochbrandbeständig	$t > 180$

Tab. 4.7 Brandwiderstandsklassen

Die verschiedenen Brandwiderstandsklassen sind in der Tab. 4.7 angeführt. Für einzelne Bauteile werden diese in den Bauordnungen der Länder geregelt.

### 4. 4. 2 Brandverhalten von Holz

Das Material „Holz“ ist auf Grund seines organischen Aufbaus brennbar, weist jedoch ein günstiges Brandverhalten auf. Bei der Erwärmung von Holz kommt es zu einer thermischen Zersetzung der Holzsubstanz. Es entstehen Holzkohle und brennbare Gase. Die entstandene Holzkohleschicht bildet eine Wärmedämmung, welche das unbeschädigte Holz vor weiteren Temperaturanstieg und Festigkeitsverlust schützt.



Abb. 4.7 Holz nach Brandeinwirkung

Das Brandverhalten von Holz ist im Wesentlichen von folgenden Punkten abhängig:

- Holzart
- Abmessungen des Bauteils
- Nutzungsklasse
- Verbund mit anderen Baustoffen
- Verbindungsmittel
- Sauerstoffzufuhr
- Luftströmung
- Wärmebelastung
- Art der Beanspruchung (2-seitige, 3-seitige Brandbeanspruchung)

Charakteristisch für das Abbrandverhalten von Holz ist die Entflammbarkeit und die Abbrandgeschwindigkeit. Die Entflammbarkeit ist abhängig von der Höhe und der Dauer der Temperatureinwirkung. Die Abbrandgeschwindigkeit ist die Zunahme der abgebrannten oder verkohlten Schicht je Zeiteinheit [mm/min] [46]. Im Durchschnitt liegt diese bei 0,6 – 1,0 mm/min. Grund dieser geringen Abbrandgeschwindigkeiten ist die entstandene Holzkohleschicht, die wie eine natürliche Wärmedämmung auf das ungeschädigte Holz wirkt und so den Abbrand verzögert. Holzart, -feuchte, Querschnittsgeometrie, Temperaturbeanspruchung, und dgl. haben einen wesentlichen Einfluss auf die Abbrandgeschwindigkeit von Holz.

Die Anforderungen an den Brandschutz von Gebäuden und Bauteilen sind in den einzelnen Bauordnungen der Länder verankert.

## 4. 5 Photovoltaik- oder Solaranlagen

[48]

Bei den Photovoltaikanlagen wird aus Sonnenlicht Strom erzeugt. Die Stromstärke ist proportional zur Lichtstärke, d.h. mehr Sonnenschein bedeutet mehr Strom. Die Stromerzeugung kann durch zwei Möglichkeiten erfolgen:

- Solarthermie

Bei dieser Art wird eine Flüssigkeit durch die einfallende Strahlung erhitzt, diese Energie erwärmt dann einen Solarspeicher.

- Photovoltaik

Bei der Photovoltaik kann die diffuse Strahlungsenergie direkt genutzt und in elektrische Energie umgewandelt werden. Die Solarzellen, meist Siliziumzellen, erzeugen Strom und speisen diesen in das Gebäude ein.

Ein wichtiges Kriterium bei der Errichtung von Photovoltaikanlagen ist der Standort, die Ausrichtung des Gebäudes und die Dachkonstruktionsart. Bei Pultdächern besteht ein gutes Verhältnis zwischen dem Ertrag und der Ausnutzung der Grundfläche des Hauses. Satteldächer die nach Süden geneigt sind, nutzen nur rund 58 % einer quadratischen Grundfläche eines Gebäudes. Bei einer Ausrichtung des Satteldaches nach West-Ost, steigert sich der Ertrag auf 70 – 87 %. Nachstehende Tabelle zeigt den Ertrag der Anlage in Abhängigkeit des Neigungswinkels der Photovoltaikmodule und der Ausrichtung des Gebäudes.

Modulneigung	10°	30°	90°
Ost - Ausrichtung	90 %	85 %	60 %
Süd - Ausrichtung	90 %	100 %	75 %
West - Ausrichtung	90 %	85 %	60 %
Nord - Ausrichtung	90 %	70 %	30 %

Tab. 4.8 Ertrag einer Photovoltaikanlage [48]

Aus der Tab. 4.8 ist ersichtlich, dass sich die beste Ausnutzung bei einem Modulneigungswinkel von 30° und einer Süd-Ausrichtung des Gebäudes ergibt.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die „Verschattung“ der Anlage. Die Verschattung kann durch temporären Schatten, standortbedingte Verschattung oder durch entwurfsbedingte Verschattung entstehen. Durch Schatten entstehen Energieeinbußen. Eine verschattete

Zelle produziert keinen Strom, sondern entnimmt dem Kreislauf welchen.

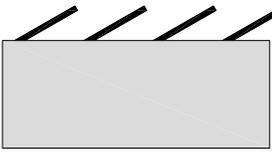
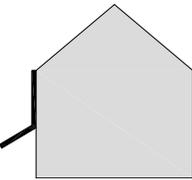
	Ursache	Lösung
<b>temporäre Schatten</b>	Laub, Schneefall, Vogelkot	Der Selbstreinigungseffekt kann durch einen größeren Neigungswinkel erzielt werden;
<b>standortbedingte Verschattung</b>	Hanglage, Bäume, Gebäude in der Umgebung	Erstellung eines Sonnenbanddiagrammes; dieses dient als Grundlage für die Beurteilung der Umgebung;
<b>entwurfsbedingte Verschattung</b>	versetzte Baukörper, Höhenstufungen, Dachaufbauten, Kamine	Verschattungsstudien zum Anfang der Planung durchführen;

Tab. 4.9 Verschattung [48]

## 4. 5. 1 bauliche Anforderungen bei der Errichtung von Photovoltaikanlagen

Bei der Errichtung von Photovoltaikanlagen ist im Hinblick auf den Denkmalschutz, den Gestaltungsrichtlinien der Städte und den Bebauungsplänen besonderes Augenmerk zu legen. Als Errichtungsort der Photovoltaikanlagen können Fassaden und Dächer genutzt werden. Bei einer Anbringung in Fassaden übernimmt die Photovoltaikanlage die Funktion eines Bauteils und muss dementsprechend dimensioniert werden.

In der folgenden Tabelle findet man mögliche Montagepositionen der Photovoltaikanlagen.

Flachdach Auf-Dach		idealer Einbauort, optimale Ausrichtung, für Neu- und Altbauten geeignet
Flachdach In-Dach		keine Selbstreinigung, ungünstiger Einstrahlungswinkel, etc.
Schrägdach Auf-Dach		Nachrüstung im Bestand, zusätzliche Dämmschicht, keine Dichtigkeitsprobleme
Schrägdach In-Dach		für Neubau geeignet, homogens Erscheinungsbild, etc.
Fassade		Einbau als Vorsatzschale, Einbau als Sonnenschutz, ungünstiger Einstrahlungswinkel

Tab. 4.10 Montagepositionen [48]

## 4. 6 Heizungsmöglichkeiten

[51]

Der Heizwärmebedarf ist die Summe aller Transmissionswärmeverluste und die der Lüftungsverluste. Die notwendige Energie ist unter anderem abhängig von der Außen-/Innentemperatur, dem beheizten Volumen, der Gebäudegeometrie, den Gewinnen aus Strahlung und der internen Wärmequellen.

Auf die Behaglichkeitskriterien nehmen vor allem die Lufttemperatur, Luftbewegung, relative Luftfeuchtigkeit und die Umschließungsflächentemperatur Einfluss.

Die Temperatur in einem Raum lässt sich auf drei Arten regeln.

### 4. 6. 1 Heizung mittels Heizkörper

Die Wärmeübertragung mit einem Heizkörper erfolgt mittels Konvektion und Strahlung. Der Strahlungsanteil hat jedoch nur einen Einfluss von 15 – 40 %. Eine Verbesserung der Behaglichkeit kann dadurch erzielt werden, dass die Oberflächentemperatur des Heizkörpers gesenkt wird, aber die Wärmemenge gleich bleibt. Dies kann nur umgesetzt werden, wenn die Oberfläche des Heizkörpers vergrößert wird.

### 4. 6. 2 Fußbodenheizung

Fußbodenheizungen sind auf Lebensdauer mit dem Gebäude verbunden, Reparaturen gestalten sich daher aufwendig. Die Fußbodenheizung zählt zu den sogenannten Flächenheizungen und strahlt überwiegend Strahlungswärme ab. Sie erzielt das gleiche Behaglichkeitsempfinden bei vergleichsweise niedrigerer Lufttemperatur. Der Fußboden wird durchschnittlich auf 23° – 28°C aufgeheizt.

### 4. 6. 3 Wandheizung

Wandheizungen zählen, wie die Fussbodenheizungen, zu den Flächenheizungen. Sie schafft das ideale Raumklima bei geringen Heiztemperaturen. Die früher kalten Außenwände strahlen Wärme in den Raum. Durch die vergleichsweise niedrigen Energieverbrauch können Wandheizungen durch alternative Energien (z.B. Solarkollektoren) betrieben werden.

## 4. 7 Wohnungstrennwände aus Holz

[50]

Wohnungstrennwände haben in Gebäuden wesentlichen Einfluss auf das Behaglichkeitsempfinden. Eine Ausführung der Wohnungstrennwände in Holz kann den Anforderungen des Behaglichkeitsempfindens und des Schallschutzes erfüllen. Folglich wird kurz auf die bauphysikalischen Aspekte der Holzständerbauweise und der Holzmassivbauweise eingegangen.

### 4. 7. 1 Wohnungstrennwände in Holzständerbauweise

Werden Wohnungstrennwände in Holzständerbauweise ausgeführt und schallabsorbierende Dämmstoffe verwendet, wirken sie nach dem Prinzip her wie eine biegeeweiche Schale. Wichtig bei der Herstellung ist, dass die Ständerwerke keine Verbindungsstellen untereinander aufweisen. Weiters sollte der Koinzidenz- und die Resonanzfrequenz so verschoben werden, dass sie außerhalb des bauakustischen Frequenzbereiches liegen. Ist dies nicht möglich, müssen geeignete Maßnahmen zur Reduzierung des Schalles erfolgen.

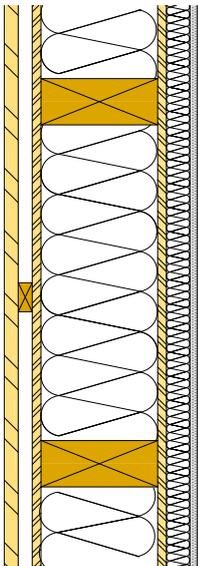


Abb. 4.8 Wohnungstrennwand in Holzständerbauweise

#### 4. 7. 2 Wohnungstrennwände in Holz-Massivbauweise

Durch den schalenartigen Aufbau von Holz entsteht eine leichte, aber dennoch massive biegesteife Schale. Die Koizidenzfrequenz befindet sich bei diesen Bauteilen im bauakustischen Frequenzbereich, jedoch kann durch eine ausreichend bauakustische Dimensionierung gleichwertige Ergebnisse wie bei der Holzständerbauweise erzielt werden.

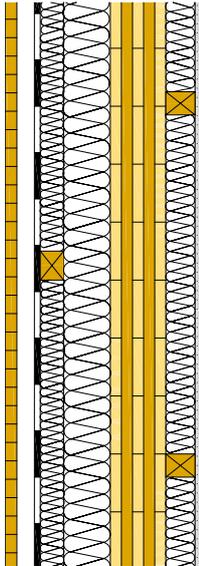


Abb. 4.9 Wohnungstrennwand in Holz-Massivbauweise

Durch den Schalenartigenaufbau ist eine Schalllängsleitung möglich, diese ist bei der Planung zu berücksichtigen.

## 4. 8 Berechnungsbeispiele

Im Folgenden werden beispielhaft Wand- und Deckenkonstruktionen berechnet, diese wurden aus [53] entnommen.

### 4. 8. 1 Trenndecke - Holzmassivbauweise

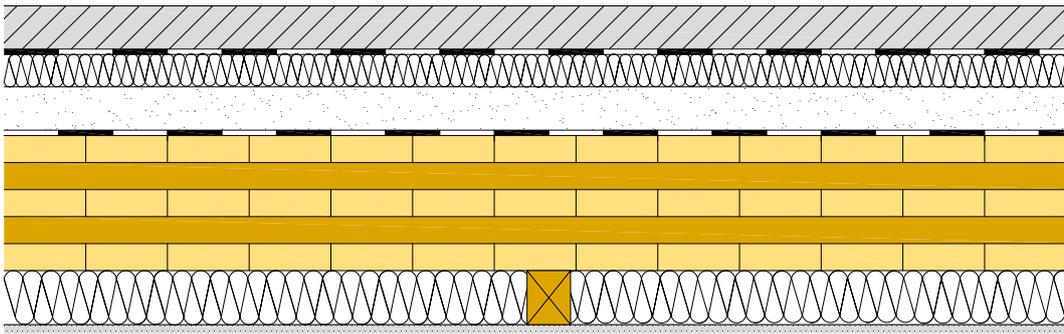


Abb. 4.10 Trenndecke in Holzmassivbauweise

Der Schichtaufbau ist aus nachstehender Tabelle zu entnehmen:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$c$ [kJ/m <sup>2</sup> K]
1	Zementestrich	50,0	1,330	50 – 100	2000	1,080
2	Trennschicht aus Kunststoff	-	0,200	100.000	1400	1,400
3	Trittschalldämmung	30,0	0,035	1	68	1,303
4	Schüttung	50,0	0,700	2	1800	1,000
5	Rieselschutz	-	0,200	423	636	0,000
6	Brettsperrholz	125,0	0,130	50	500	1,600
7 a	Lattung 40/50 e < 625 mm	50,0	0,130	50	500	1,600
7 b	Glaswolle	50,0	0,040	1	16	1,030
8	Gipsfaserplatte	10,0	0,320	21	1000	1,100

Tab. 4.11 Schichtaufbau Trenndecke in Holz-Massivbauweise

Diese Konstruktion hat ein Eigengewicht von

$$g_k = 291,6 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]$$

## Berechnung des mittleren U - Wertes

### Schritt 1:

Ermittlung des Wärmedurchgangswiderstandes mit der Glaswolle:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$d / \lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
1	Zementestrich	50,0	1,330	0,038
2	Trennschicht aus Kunststoff	1	0,200	0,005
3	Trittschalldämmung	30,0	0,035	0,857
4	Schüttung	50,0	0,700	0,071
5	Rieselschutz	1	0,200	0,005
6	Brettsper Holz	125,0	0,130	0,962
7 b	Glaswolle	50,0	0,040	1,250
8	Gipsfaserplatte	10,0	0,320	0,031
$\Sigma$		$R_t$	=	3,238
		$R_{si}$	=	0,13
		$R_{se}$	=	0,17
$\Sigma$		$R_{T,1}$	=	3,538

Tab. 4.12 Wärmedurchgangswiderstand mit der Glaswolle

Ermittlung des Wärmedurchgangswiderstandes mit der Lattung:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$d / \lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
1	Zementestrich	50,0	1,330	0,038
2	Trennschicht aus Kunststoff	1	0,200	0,005
3	Trittschalldämmung	30,0	0,035	0,857
4	Schüttung	50,0	0,700	0,071
5	Rieselschutz	1	0,200	0,005
6	Brettsper Holz	125,0	0,130	0,962
7 a	Lattung 40/50 e < 625 mm	50,0	0,130	0,385

Tab. 4.13 Wärmedurchgangswiderstand mit der Lattung

8	Gipsfaserplatte	10,0	0,320	0,031
$\Sigma$		$R_t$	=	2,373
		$R_{si}$	=	0,13
		$R_{se}$	=	0,17
$\Sigma$		$R_{T,2}$	=	2,672

Tab. 4.13 Wärmedurchgangswiderstand mit der Lattung

Ermittlung des flächengewichteten Kehrwertes der Wärmedurchgangswiderstände:

Schicht	$R_{T,i}$	$f_k$	$f_k / R_{T,i}$
Glaswolle	3,538	0,92	0,260
Lattung	2,672	0,08	0,030
		$\Sigma$	0,289
	$R'_T$	= $1 / \Sigma$	3,449

Tab. 4.14 Flächengewichteter Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes

Der Flächenanteil  $f_k$  berechnet sich wie folgt:

Baustoff	Länge	%
Gesamtlänge	625,0	100
Glaswolle	575,0	92
Lattung	50,0	8

Tab. 4.15 gewichteter Flächenanteil

## Schritt 2:

Ermittlung der flächengewichteten Wärmeleitfähigkeiten:

Berechnung von  $\lambda_m$ :

$$\lambda_m = f_1 \cdot \lambda_1 + f_2 \cdot \lambda_2 = 0,92 \cdot 0,04 + 0,08 \cdot 0,13 = 0,0472 \quad \left[ \frac{W}{mK} \right]$$

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$d / \lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
1	Zementestrich	50,0	1,330	0,038
2	Trennschicht aus Kunststoff	1	0,200	0,005
3	Trittschalldämmung	30,0	0,035	0,857
4	Schüttung	50,0	0,700	0,071
5	Rieselschutz	1	0,200	0,005
6	Brettsperrholz	125,0	0,130	0,962
7	Glaswolle / Lattung	50,0	0,0472	1,059
8	Gipsfaserplatte	10,0	0,320	0,031
$\Sigma$		$R_t$	=	3,028
		$R_{si}$	=	0,13
		$R_{se}$	=	0,17
$\Sigma$		$R'{}_T$	=	3,328

Tab. 4.16 Wärmedurchgangswiderstand mit der flächengewichteten Wärmeleitfähigkeit

**Schritt 3:**

Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten U:

$$U = \frac{2}{R_T^I + R_T^{II}} = \frac{2}{3,449 + 3,328} = 0,29 \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \right]$$

Näherungsweise Ermittlung der speicherwirksamen Masse:

von unten:

$$m_w = \frac{c \cdot m}{c_{pr}} = \frac{1,1 \cdot 1000 \cdot 0,01}{1,05} = 10,50 \quad \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

von oben:

$$m_w = \frac{1,08 \cdot 2000 \cdot 0,05 + 1,40 \cdot 1400 \times 0,001}{1,05} = 104,7 \quad \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

4. 8. 2 Trenndecke - Holzrahmenbau

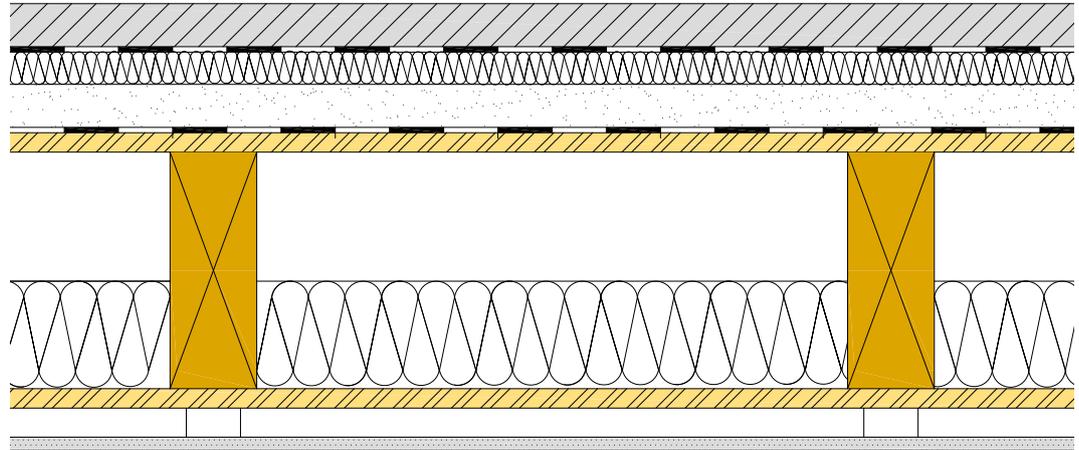


Abb. 4.11 Trenndecke in Holzrahmenbauweise

Der Schichtaufbau ist aus nachstehender Tabelle zu entnehmen:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$c$ [kJ/m <sup>2</sup> K]
1	Zementestrich	50,0	1,330	50 – 100	2000	1,080
2	Trennschicht aus Kunststoff	-	0,200	100.000	1400	1,400
3	Trittschalldämmung	30,0	0,035	1	68	1,303
4	Schüttung	50,0	0,700	2	1800	1,000
5	Rieselschutz	-	0,200	423	636	0,000
6	OSB	18,0	0,130	200	650	1,700
7 a	Konstruktionsholz 80 / 220 e < 625 mm	220	0,130	50	500	1,600
7 b	Glaswolle	100	0,040	1	16	1,030
8	OSB	18,0	0,130	200	650	1,700
9	Luftschicht / Federschiene	30,0	$R_{\text{Luft, 30mm}} = 0,16$ [m <sup>2</sup> K/W]			
10	Gipsfaserplatte	12,5	0,320	21	1000	1,100

Tab. 4.17 Schichtaufbau Trenndecke in Holzrahmenbauweise

Diese Konstruktion hat ein Eigengewicht von

$$g_k = 329,2 \quad \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]$$

### Berechnung des mittleren U - Wertes

#### Schritt 1:

Ermittlung des Wärmedurchgangswiderstandes mit dem Konstruktionsholz:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$d / \lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
1	Zementestrich	50,0	1,330	0,038
2	Trennschicht aus Kunststoff	1	0,200	0,005
3	Trittschalldämmung	30,0	0,035	0,857
4	Schüttung	50,0	0,700	0,071
5	Rieselschutz	1	0,200	0,005
6	OSB	18,0	0,130	0,138
7 a	Konstruktionsholz	220	0,130	1,692
8	OSB	18,0	0,130	0,138
9	Luftschicht	30,0	-	0,160
10	Gipsfaserplatte	12,5	0,320	0,039
$\Sigma$		$R_f$	=	3,143
		$R_{si}$	=	0,13
		$R_{se}$	=	0,17
$\Sigma$		$R_{T,1}$	=	3,443

Tab. 4.18 Wärmedurchgangswiderstand mit der Konstruktionsholz

Ermittlung des Wärmedurchgangswiderstandes mit der Glaswolle:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$d / \lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
1	Zementestrich	50,0	1,330	0,038
2	Trennschicht aus Kunststoff	1,0	0,200	0,005
3	Trittschalldämmung	30,0	0,035	0,857
4	Schüttung	50,0	0,700	0,071
5	Rieselschutz	1,0	0,200	0,005
6	OSB	18,0	0,130	0,138
7 b	Glaswolle	100	0,040	2,500
8	OSB	18,0	0,130	0,138
9	Luftschicht	30,0	-	0,160
10	Gipsfaserplatte	12,5	0,320	0,039
$\Sigma$		$R_t$	=	4,156
		$R_{si}$	=	0,130
		$R_{se}$	=	0,170
$\Sigma$		$R_{T,2}$	=	4,456

Tab. 4.19 Wärmedurchgangswiderstand mit der Glaswolle

Ermittlung des flächengewichteten Kehrwertes der Wärmedurchgangswiderstände:

Schicht	$R_{T,i}$	$f_K$	$f_K / R_{T,i}$
Glaswolle	4,091	0,872	0,195
Konstruktionsholz	3,283	0,128	0,037
		$\Sigma$	0,233
	$R'_T$	= $1 / \Sigma$	4,29

Tab. 4.20 Flächengewichteter Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes

Der Flächenanteil  $f_k$  berechnet sich wie folgt:

Baustoff	Länge	%
Gesamtlänge	625,0	100,0
Glaswolle	545,0	87,2
Konstruktionsholz	80,0	12,8

Tab. 4.21 gewichteter Flächenanteil

**Schritt 2:**

Ermittlung der flächengewichteten Wärmeleitfähigkeiten:

Berechnung von  $\lambda_{m,1}$  in der Schicht „Wärmedämmung / Konstruktionsholz“

$$R\lambda_{m,1} = f_1 \cdot \lambda_1 + f_2 \cdot \lambda_2 = 0,872 \cdot 0,040 + 0,128 \cdot 0,130 = 0,052 \quad \left[ \frac{W}{mK} \right]$$

Berechnung von  $R_{m,1}$  in der Schicht „Luft / Konstruktionsholz“:

$$R_{m,1} = f_1 \cdot R_1 + f_2 \cdot R_2 = 0,872 \cdot 0,160 + 0,128 \cdot \frac{0,12}{0,130} = 0,257 \quad \left[ \frac{m^2K}{W} \right]$$

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$d / \lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
1	Zementestrich	50,0	1,330	0,038
2	Trennschicht aus Kunststoff	1	0,200	0,005
3	Trittschalldämmung	30,0	0,035	0,857
4	Schüttung	50,0	0,700	0,071
5	Rieselschutz	1	0,200	0,005
6	OSB	18,0	0,130	0,138
7 a	Luft / Konstruktionsholz	120,0	-	0,257
7 b	Glaswolle / Konstruktionsholz	100,0	0,052	1,920
8	OSB	18,0	0,130	0,138
9	Luftschicht	30,0	-	0,160
10	Gipsfaserplatte	12,5	0,320	0,039

Tab. 4.22 Wärmedurchgangswiderstand mit der flächengewichteten Wärmeleitfähigkeit

$\Sigma$		$R_t$	=	3,628
		$R_{si}$	=	0,130
		$R_{se}$	=	0,170
$\Sigma$		$R'{}_T$	=	3,928

Tab. 4.22 Wärmedurchgangswiderstand mit der flächengewichteten Wärmeleitfähigkeit

**Schritt 3:**

Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten U:

$$U = \frac{2}{R_T^I + R_T^{II}} = \frac{2}{4,290 + 3,928} = 0,24 \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

Näherungsweise Ermittlung der speicherwirksamen Masse:

von unten:

$$m_w = \frac{c \cdot m}{c_{pr}} = \frac{1,1 \cdot 1000 \cdot 0,01}{1,05} = 10,50 \quad \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

von oben:

$$m_w = \frac{1,08 \cdot 2000 \cdot 0,05 + 1,40 \cdot 1400 \cdot 0,001}{1,05} = 104,7 \quad \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

## 4. 8. 3 Steildach - Holzrahmenbau, hinterlüftet

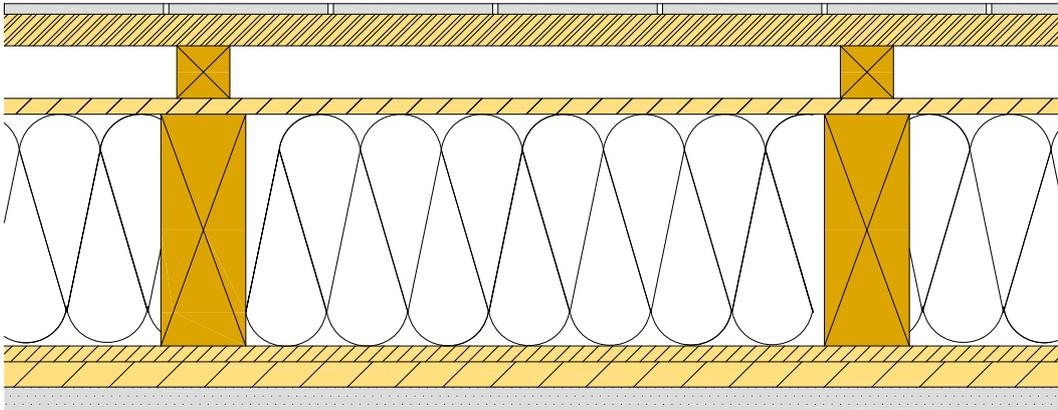


Abb. 4.12 Steildach in Holzrahmenbauweise, hinterlüftet

Der Schichtaufbau ist aus nachstehender Tabelle zu entnehmen:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$c$ [kJ/m <sup>2</sup> K]
1	Betondachstein	20,0			2100	
2	Lattung	30,0	0,130	50	500	1,600
3	Konterlattung	50,0	0,130	50	500	1,600
4	MDF	15,0	0,120	11	600	1,700
5 a	Konstruktionsholz 80/220 mm e < 800 mm	220	0,130	50	500	1,600
5 b	Glaswolle	220	0,040	1	16	1,030
6	OSB	15,0	0,130	200	650	1,700
7 a	Sparschalung 20/100	20,0	0,130	50	500	1,600
7 b	Luftschicht	20	$R_{\text{Luft, 20mm}} = 0,16$ [m <sup>2</sup> K/W]			
8	Gipsfaserplatte	25,0	0,320	21	1000	1,100

Tab. 4.23 Schichtaufbau Steildach in Holzrahmenbauweise

Diese Konstruktion hat ein Eigengewicht von

$$g_k = 109,0 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]$$

### Berechnung des mittleren U - Wertes

Ein Vergleich der Luftschicht (Schicht 7 a) mit der Sparschalung (Schicht 7 b) zeigt:

$$R_{\text{Luft, 20mm}} = 0,16 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$R_{\text{Sparschalung}} = d/\lambda = 0,02/0,13 = 0,153 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

Näherungsweise wird für die Schichten 7 a und 7 b eine homogene Schicht mit  $R = 0,154 \text{ [m}^2\text{K/W]}$  angenommen, da sich diese beiden Schichten in ihren Wärmedurchlasswiderständen kaum unterscheiden.

### Schritt 1:

Ermittlung des Wärmedurchgangswiderstandes mit dem Konstruktionsholz:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$d / \lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
4	MDF	15,0	0,120	0,125
5 a	Konstruktionsholz 80/220 mm e < 800 mm	220	0,130	1,692
6	OSB	15,0	0,130	0,115
7 a/b	Sparschalung	20,0	0,130	0,154
8	Gipsfaserplatte	25,0	0,320	0,078
$\Sigma$		$R_t$	=	2,164
		$R_{si}$	=	0,10
		$R_{se}$	=	0,04
$\Sigma$		$R_{T,1}$	=	2,304

Tab. 4.24 Wärmedurchgangswiderstand mit Konstruktionsholz

Ermittlung des Wärmedurchgangswiderstandes mit der Glaswolle:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$d / \lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
4	MDF	15,0	0,120	0,125
5 b	Glaswolle	220	0,040	5,5
6	OSB	15,0	0,130	0,115
7 a/b	Sparschalung	20,0	0,130	0,154
8	Gipsfaserplatte	25,0	0,320	0,078
$\Sigma$		$R_f$	=	5,972
		$R_{si}$	=	0,10
		$R_{se}$	=	0,04
$\Sigma$		$R_{T,2}$	=	6,112

Tab. 4.25 Wärmedurchgangswiderstand mit der Glaswolle

Ermittlung des flächengewichteten Kehrwertes der Wärmedurchgangswiderstände:

Schicht	$R_{T,i}$	$f_k$	$f_k / R_{T,i}$
Glaswolle	6,112	0,9	0,147
Konstruktionsholz	2,304	0,1	0,043
		$\Sigma$	0,191
	$R'_T$	= $1 / \Sigma$	5,250

Tab. 4.26 Flächengewichteter Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes

Der Flächenanteil  $f_k$  berechnet sich wie folgt:

Baustoff	Länge	%
Gesamtlänge	800	100
Glaswolle	720	90
Konstruktionsholz	80	10

Tab. 4.27 gewichteter Flächenanteil

**Schritt 2:**

Ermittlung der flächengewichteten Wärmeleitfähigkeiten:

Berechnung von  $\lambda_m$ :

$$\lambda_m = f_1 \cdot \lambda_1 + f_2 \cdot \lambda_2 = 0,9 \cdot 0,04 + 0,1 \cdot 0,13 = 0,049 \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{mK}} \right]$$

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$d / \lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
4	MDF	15,0	0,120	0,125
5	Glaswolle/Konstruktionsholz	220	0,049	4,489
6	OSB	15,0	0,130	0,115
7 a/b	Sparschalung	20,0	0,130	0,154
8	Gipsfaserplatte	25,0	0,320	0,078
$\Sigma$		$R_t$	=	4,961
		$R_{si}$	=	0,10
		$R_{se}$	=	0,04
$\Sigma$		$R'{}_T$	=	5,101

Tab. 4.28 Wärmedurchgangswiderstand mit der flächengewichteten Wärmeleitfähigkeit

**Schritt 3:**

Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten U:

$$U = \frac{2}{R_T^I + R_T^{II}} = \frac{2}{5,250 + 5,101} = 0,19 \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

**Näherungsweise Ermittlung speicherwirksame Masse**

von innen:

$$m_w = \frac{c \cdot m}{c_{pr}} = \frac{1,1 \cdot 1000 \cdot 0,025}{1,05} = 26,20 \quad \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

### Diffusionsnachweis; Ermittlung des Temperaturgefälles und der Taupunktlage:

Lt. [54] kann dieser Nachweis bei Dächern mit einer Dachneigung  $> 15^\circ$  mit hinterlüfteter Dachhaut entfallen. Die Hinterlüftung muss an jeder Stelle mindestens 3,0 cm hoch sein. In diesem Fall ist die Hinterlüftung 5,0 cm hoch, damit kann dieser Nachweis entfallen.

Nachstehend wird der Temperaturverlauf innerhalb des Bauteiles und das Taupunktdiagramm angeführt. Näherungsweise wird hier die Schicht 5 a (Glaswollschicht) betrachtet. Der Wärmeübergangswiderstand innen wurde lt. [55] mit  $0,25 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$  angenommen.

Bauteil: Steildach; Holzrahmenbauweise hinterlüftet		Dicke	Dichte	Wärmeleitfähigkeit	Flächenbez. Masse	Wärmedurchlaßwiderstand	Temperatur-differenz	Temperatur in der Schichtgrenze
Schichtaufbau		d [cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	d* $\rho$ [kg/m <sup>2</sup> ]	d/ $\lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]	$\Delta t$ [°C]	t [°C]
Wärmeübergangswiderstand außen						0,04		-16,0
4	MDF	1,50	600	0,12	9,0	0,125	0,230	-15,8
5b	Glaswolle	22,00	16	0,04	3,5	5,500	0,719	-15,1
6	OSB	1,50	650	0,13	9,8	0,115	31,617	16,6
7ab	Sparschalung	2,00	500	0,13	10,0	0,154	0,663	17,2
8	Gipsfaserplatte	2,50	1000	0,32	25,0	0,078	0,884	18,1
Wärmeübergang innen						0,25	1,437	20,0

Abb. 4.13 Temperaturermittlung in den einzelnen Schichten

Nachstehende Abbildung zeigt die graphische Darstellung des Temperaturverlaufes innerhalb des Bauteiles.

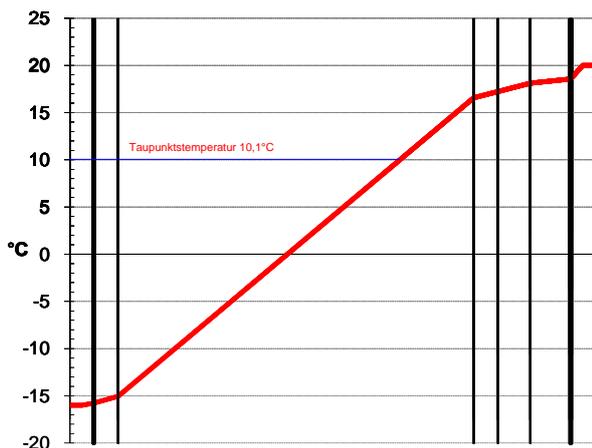


Abb. 4.14 Graphische Temperaturermittlung

Der Taupunkt lässt sich tabellarisch oder graphisch ermitteln. Bei einer Außenlufttemperatur  $t_e < 0^\circ\text{C}$ , wird die Innenlufttemperatur mit  $t_i = 20^\circ\text{C}$  mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von  $\varphi_i = 65,0\%$  angenommen, Die relative Luftfeuchtigkeit darf um  $1\%$  je  $1^\circ\text{C}$  unter  $0^\circ\text{C}$  vermindert werden. In diesem Beispiel stellt sich die relative Luftfeuchtigkeit bei  $\varphi_i = 53,0\%$  ein. Es ergibt sich somit ein Taupunkt von  $10,1^\circ\text{C}$ .

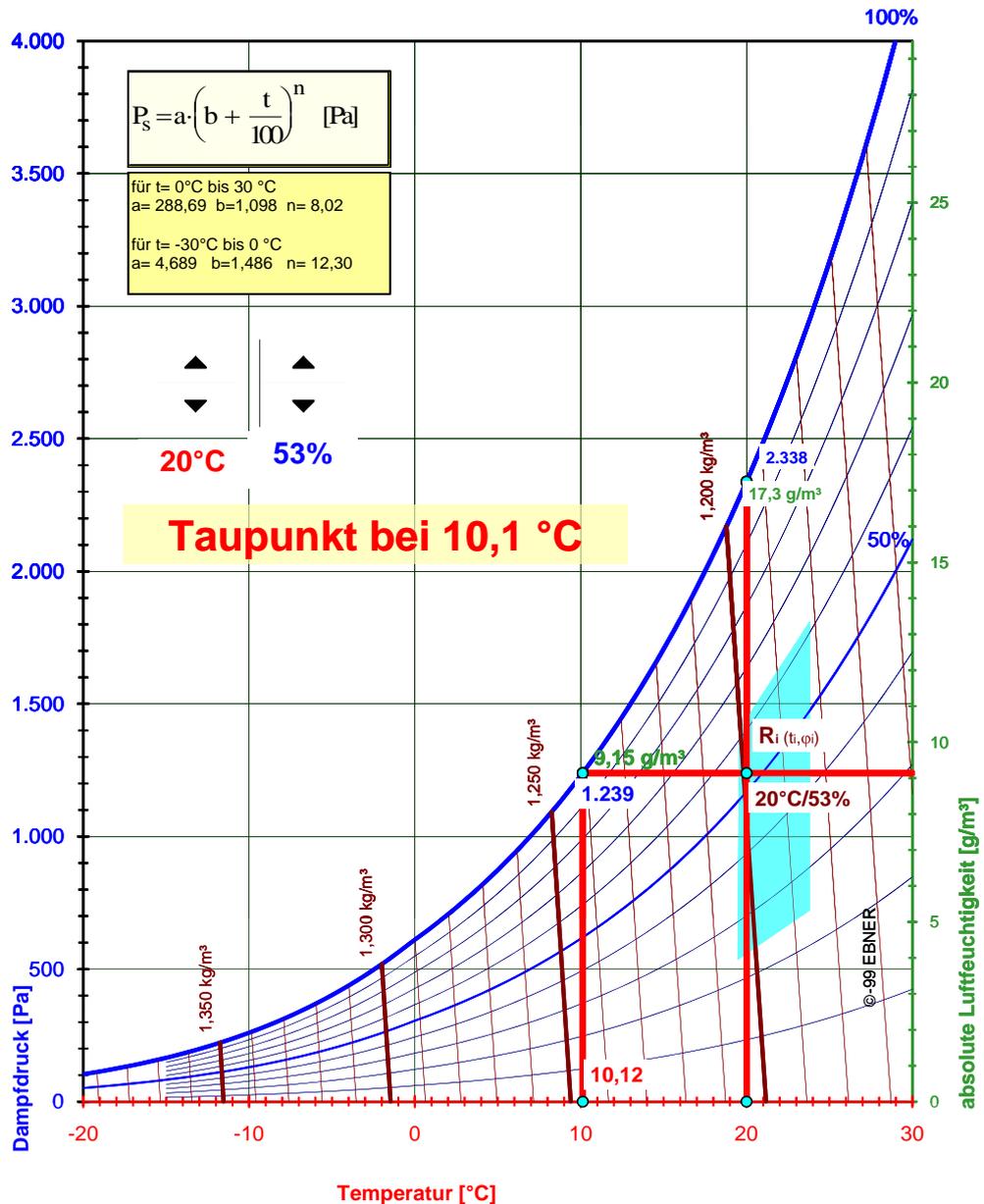


Abb. 4.15 Taupunktdiagramm

Aus Abb. 4.13 und Abb. 4.14 ist erkennbar, dass die Taupunktlage innerhalb der Dämmschicht liegt. Eine Kondensatbildung ist zulässig, wenn die Jahresbilanz des Kondensats gleich 0 ist, d.h. im Winter darf sich Kondensat in der Konstruktion bilden, je-

doch muss diese über die Sommermonate wieder austrocknen können. Es wird jedoch empfohlen eine Dampfbremse anzudornen. Folgender Schichtaufbau wird empfohlen.

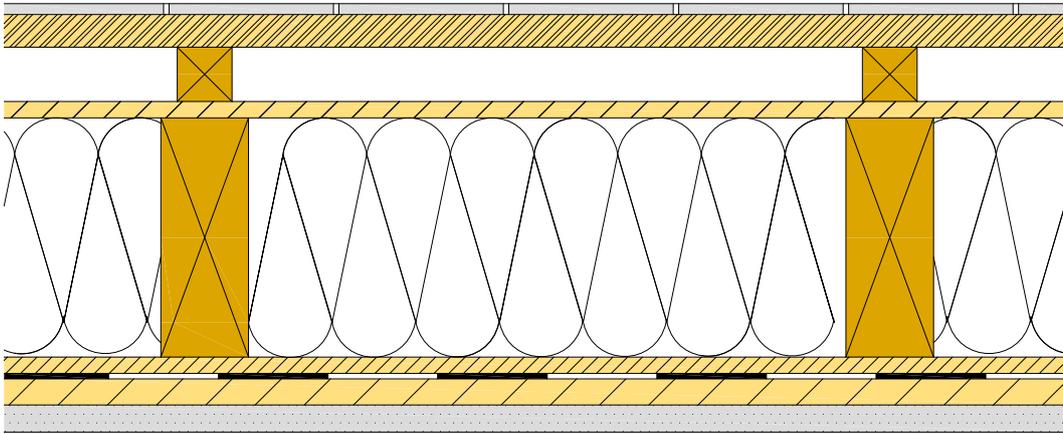


Abb. 4.16 Steildach in Holzrahmenbauweise, hinterlüftet mit Dampfbremse

Der Schichtaufbau ist aus nachstehender Tabelle zu entnehmen:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$c$ [kJ/m <sup>2</sup> K]
1	Betondachstein	20,0			2100	
2	Lattung	30,0	0,130	50	500	1,600
3	Konterlattung	50,0	0,130	50	500	1,600
4	MDF	15,0	0,120	11	600	1,700
5 a	Konstruktionsholz 80/220 mm e < 800 mm	220	0,130	50	500	1,600
5 b	Glaswolle	220	0,040	1	16	1,030
6	OSB	15,0	0,130	200	650	1,700
7	Dampfbremse z.B. Bitumenpapier	-		3000	-	-
8 a	Sparschalung 20/100	20,0	0,130	50	500	1,600
8 b	Luftschicht	20	$R_{\text{Luft, 20mm}} = 0,16$ [m <sup>2</sup> K/W]			
9	Gipsfaserplatte	25,0	0,320	21	1000	1,100

Tab. 4.29 Schichtaufbau Steildach in Holzrahmenbauweise

4. 8. 4 Außenwand - Holzrahmenbau, hinterlüftet

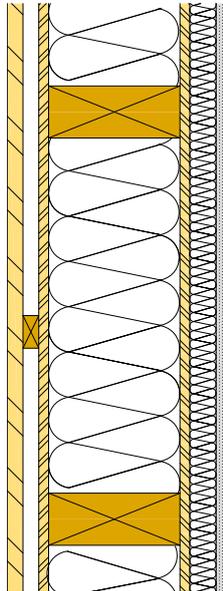


Abb. 4.17 Außenwand in Holzrahmenbauweise

Der Schichtaufbau ist aus nachstehender Tabelle zu entnehmen:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$c$ [kJ/m <sup>2</sup> K]
1	Außenwandverkleidung Holz Lärche	24,0	0,150	50,0	600	1,600
2	Hinterlüftung Lattung 30/50	30,0	0,130	50	500	1,600
3	MDF	15,0	0,120	11	600	1,700
5 a	Konstruktionsholz 60/200 mm e < 625mm	200,0	0,130	50	500	1,600
5 b	Glaswolle	200,0	0,040	1	16	1,030
6	OSB	15,0	0,130	200	650	1,700
7 a	Querlattung 50/40 e < 400 mm	40,0	0,130	50	500	1,600
7 b	Glaswolle	40,0	0,040	1	16	1,030
8	Gipsfaserplatte	12,5	0,320	21	1000	1,100

Tab. 4.30 Schichtaufbau Aussenwand in Holzrahmenbauweise

Diese Konstruktion hat ein Eigengewicht von

$$g_k = 62,7 \quad \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]$$

### Berechnung des mittleren U - Wertes

Folgende Schichtmöglichkeiten werden betrachtet:

- Variante 1:  
Schicht 5 a und Schicht 7 a liegen in einer Ebene
- Variante 2:  
Schicht 5 a und Schicht 7 b liegen in einer Ebene
- Variante 3:  
Schicht 5 b und Schicht 7 a liegen in einer Ebene
- Variante 4:  
Schicht 5 b und Schicht 7 b liegen in einer Ebene

#### Schritt 1:

Ermittlung des Wärmedurchgangswiderstandes der Variante 1:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$d / \lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
3	MDF	15,0	0,120	0,125
5 a	Konstruktionsholz 60/200 mm e<625mm	200,0	0,130	1,538
6	OSB	15,0	0,130	0,115
7 a	Querlattung	40,0	0,130	0,308
8	Gipsfaserplatte	12,5	0,320	0,039
$\Sigma$		$R_t$	=	2,125
		$R_{se}$	=	0,170
		$R_{si}$	=	0,040
		$R_{T,1}$	=	2,335

Tab. 4.31 Wärmedurchgangswiderstand der Variante 1

Ermittlung des Wärmedurchgangswiderstandes der Variante 2

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$d / \lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
3	MDF	15,0	0,120	0,125
5 a	Konstruktionsholz 60/200 mm e<625mm	200,0	0,130	1,538
6	OSB	15,0	0,130	0,115
7 b	Glaswolle	40,0	0,040	1,000
8	Gipsfaserplatte	12,5	0,320	0,039
$\Sigma$		$R_t$	=	2,817
		$R_{se}$	=	0,170
		$R_{si}$	=	0,040
		$R_{T,2}$	=	3,027

Tab. 4.32 Wärmedurchgangswiderstand der Variante 2

Ermittlung des Wärmedurchgangswiderstandes der Variante 3:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$d / \lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
3	MDF	15,0	0,120	0,125
5 b	GLaswolle	200,0	0,040	5,000
6	OSB	15,0	0,130	0,115
7 a	Querlattung	40,0	0,130	0,308
8	Gipsfaserplatte	12,5	0,320	0,039
$\Sigma$		$R_t$	=	5,587
		$R_{se}$	=	0,170
		$R_{si}$	=	0,040
		$R_{T,3}$	=	5,797

Tab. 4.33 Wärmedurchgangswiderstand der Variante 3

Ermittlung des Wärmedurchgangswiderstandes der Variante 4:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$d / \lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
3	MDF	15,0	0,120	0,125
5 b	GLaswolle	200,0	0,040	5,000
6	OSB	15,0	0,130	0,115
7 b	Glaswolle	40,0	0,040	1,000
8	Gipsfaserplatte	12,5	0,320	0,039
$\Sigma$		$R_f$	=	6,279
		$R_{se}$	=	0,170
		$R_{si}$	=	0,040
		$R_{T,4}$	=	6,489

Tab. 4.34 Wärmedurchgangswiderstand der Variante 4

Ermittlung des flächengewichteten Kehrwertes der Wärmedurchgangswiderstände:

Schicht	$R_{T,i}$	$f_K$	$f_K / R_{T,i}$
Variante 1	2,335	0,012	0,0051
Variante 2	3,027	0,084	0,0278
Variante 3	5,797	0,113	0,0195
Variante 4	6,489	0,791	0,1210
		$\Sigma$	0,251
	$R'_T$	= $1 / \Sigma$	5,768

Tab. 4.35 Flächengewichteter Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes

Der Flächenanteil  $f_k$  berechnet sich wie folgt:

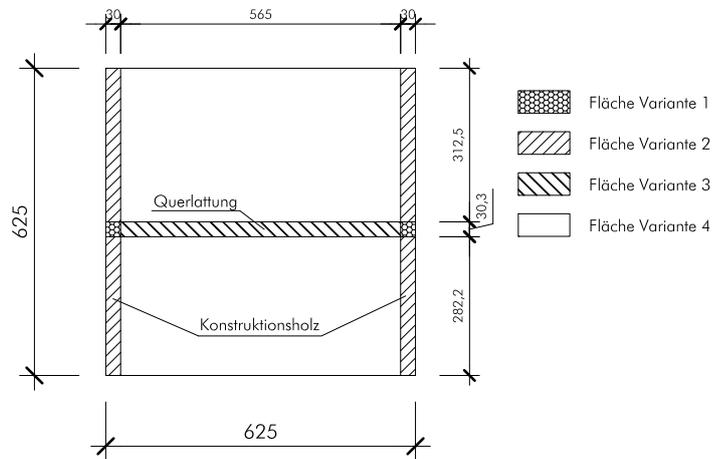


Abb. 4.18 Flächengewichtung

Referenzfläche:

$$A_{\text{ges}} = 625^2 = 390625 \quad [\text{mm}^2]$$

Variante 1:

$$A_{\text{KH,L}} = 2 \cdot 0,5 \cdot 60 \cdot 1,5625 \cdot 50 = 4687,5 \quad [\text{mm}^2]$$

Variante 2:

$$A_{\text{KH,G}} = 2 \cdot 0,5 \cdot 60 \cdot (625 - (1,5625 \cdot 50)) = 32812,5 \quad [\text{mm}^2]$$

Variante 3:

$$A_{\text{G,L}} = (625 - 60) \cdot 1,5625 \cdot 50 = 44140,6 \quad [\text{mm}^2]$$

Variante 4:

$$A_{\text{G,G}} = (625 - 60) \cdot (625 - (1,5625 \cdot 50)) = 308984,4 \quad [\text{mm}^2]$$

	Fläche [mm <sup>2</sup> ]	%
Referenzfläche	390.625	100,0
Variante 1	4.687,5	1,2
Variante 2	32.812,5	8,4
Variante 3	44.140,6	11,3
Variante 4	308.984,375	79,1

Tab. 4.36 Berechnung der Flächenanteile

**Schritt 2:**

Ermittlung der flächengewichteten Wärmeleitfähigkeiten:

Berechnung von  $\lambda_m$  in der Schicht 5:

$$\lambda_m = f_1 \cdot \lambda_1 + f_2 \cdot \lambda_2 = 0,9 \cdot 0,040 + 0,1 \cdot 0,130 = 0,049 \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{mK}} \right]$$

Berechnung von  $\lambda_m$  in der Schicht:

$$\lambda_m = f_1 \cdot \lambda_1 + f_2 \cdot \lambda_2 = 0,9 \cdot 0,040 + 0,1 \cdot 0,130 = 0,049 \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{mK}} \right]$$

Ermittlung des Wärmedurchgangswiderstandes der Variante 4:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$d / \lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
3	MDF	15,0	0,120	0,125
5	GLaswolle / Konstruktionsholz	200,0	0,049	4,08
6	OSB	15,0	0,130	0,115
7	Glaswolle / Querlattung	40,0	0,049	0,816
8	Gipsfaserplatte	12,5	0,320	0,039
$\Sigma$		$R_t$	=	5,175
		$R_{se}$	=	0,170
		$R_{si}$	=	0,040
		$R'_{T}$	=	5,385

Tab. 4.37 Wärmedurchgangswiderstand der flächengewichteten Wärmeleitfähigkeiten

### Schritt 3:

Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten U:

$$U = \frac{2}{R_T^I + R_T^{II}} = \frac{2}{5,768 + 5,385} = 0,18 \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \right]$$

### Näherungsweise Ermittlung der speicherwirksamen Masse:

von innen:

$$m_w = \frac{c \cdot m}{c_{pr}} = \frac{1,1 \cdot 1000 \cdot 0,0125}{1,05} = 13,10 \quad \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{K}} \right]$$

### Diffusionsnachweis; Ermittlung des Temperaturgefälles und der Taupunktlage:

Nachstehend wird der Temperaturverlauf innerhalb des Bauteiles angeführt. Der Taupunkt ergibt sich wie in Beispiel 4.9.3. Der Wärmeübergangswiderstand innen wurde  $l_t$  [55] mit  $0,25 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$  angenommen.

Bauteil: Außenwand in Holzrahmenbauweise		Dicke	Dichte	Wärmeleitfähigkeit	Flächenbez. Masse	Wärmedurchlaßwiderstand	Temperatur-differenz	Temperatur in der Schichtgrenze
Schichtaufbau		d [cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	$d \cdot \rho$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$d/\lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]	$\Delta t$ [°C]	t [°C]
Wärmeübergangswiderstand außen						0,04		-12,0
3	MDF	1,50	600	0,12	9,0	0,125	0,195	-11,8
5b	Glaswolle	20,00	16	0,04	3,2	5,000	0,609	-11,2
6	OSB	1,50	650	0,13	9,8	0,115	24,355	13,2
7b	Glaswolle	4,00	16	0,04	0,6	1,000	0,562	13,7
8	Gipsfaserplatte	1,25	1000	0,32	12,5	0,039	4,871	18,6
Wärmeübergang innen							0,25	
							1,218	20,0

Abb. 4.19 Temperaturermittlung in den einzelnen Schichten

Nachstehende Abbildung zeigt die graphische Darstellung des Temperaturverlaufes innerhalb des Bauteiles.

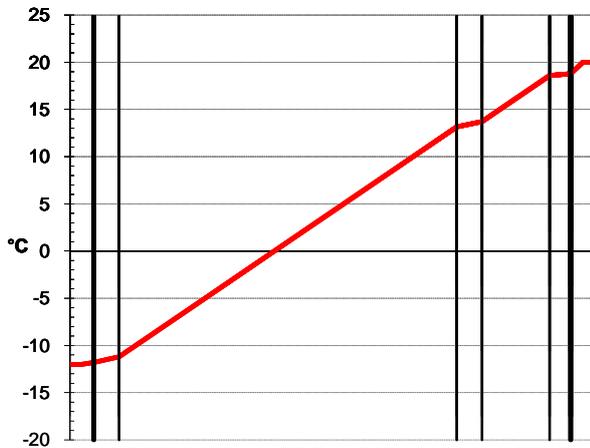


Abb. 4.20 Graphische Temperaturermittlung

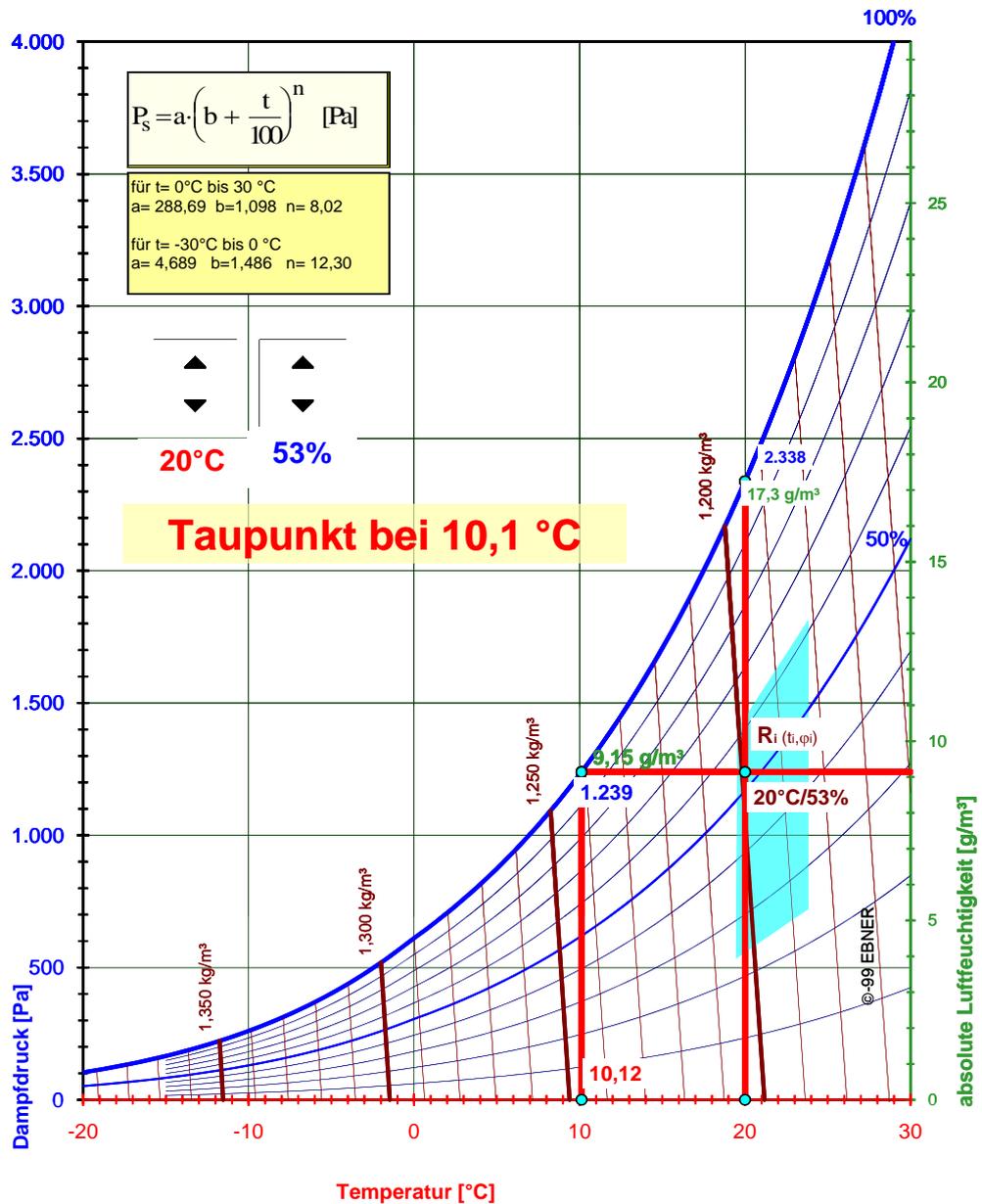


Abb. 4.21 Taupunktendiagramm

Aus Abb. 4.20 und Abb. 4.21 ist erkennbar, dass die Taupunktlage innerhalb der Dämmschicht liegt. In diesem Fall wäre ein Nachweisverfahren nach [54], welches die Kondensationsmenge ermittelt. Lt. [54] kann jedoch auf einen Diffusionsnachweis verzichtet werden, wenn eine hinterlüftete Auswand ausgeführt wird und wenn die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke der Wand  $\mu d > 1,0$  m beträgt. Die Anordnung einer Dampfbremse wird jedoch nach der Schicht 6 (OSB) empfohlen.

Nachweis:

$$\sum \mu \cdot d = 0,015 \cdot 11 + 0,2 \cdot 1 + 0,015 \cdot 200 + 0,04 \cdot 1 + 0,0125 \cdot 21 = 3,67 \text{ m}$$

## 4. 8. 5 Außenwand - Holz-Massivbau, hinterlüftet

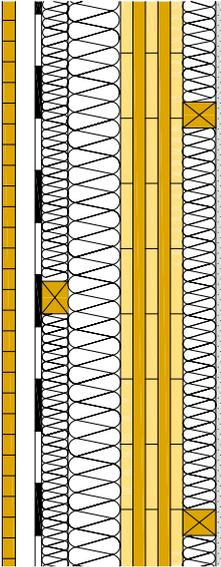


Abb. 4.22 Außenwand in Holz-Massivbauweise

Der Schichtaufbau ist aus nachstehender Tabelle zu entnehmen:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$c$ [kJ/m <sup>2</sup> K]
1	Außenwandverkleidung Holz Lärche	20,0	0,150	50	600	1,600
2	Lattung	30,0	0,130	50	500	1,600
3	diffusionsoffene Folie	0	0	0	0	0
4 a	Lattung 50/60 e < 625 mm	60,0	0,130	50	500	1,600
4 b	Steinwolle	60,0	0,040	1	70	1,030
5	Steinwolle	80,0	0,040	1	70	1,030
6	Brettsperrholz	95,0	0,130	50	500	1,600
7 a	Glaswolle	40,0	0,040	1	16	1,030
7 b	Lattung 50/40 e < 625 mm	40,0	0,130	50	500	1,600
8	Gipsfaserplatte	10,0	0,320	21	1000	1,100

Tab. 4.38 Schichtaufbau Aussenwand in Holz-Massivbauweise

Diese Konstruktion hat ein Eigengewicht von

$$g_k = 85,90 \quad \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]$$

### Berechnung des mittleren U - Wertes

Folgende Schichtmöglichkeiten werden betrachtet:

- Variante 1:  
Schicht 4 a und Schicht 7 a liegen in einer Ebene
- Variante 2: (nicht relevant, da die Lattungen versetzt angebracht werden)  
Schicht 4 a und Schicht 7 b liegen in einer Ebene
- Variante 3:  
Schicht 4 b und Schicht 7 a liegen in einer Ebene
- Variante 4:  
Schicht 4 b und Schicht 7 b liegen in einer Ebene

### Schritt 1:

Ermittlung des Wärmedurchgangswiderstandes der Variante 1:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$d / \lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
4 a	Lattung	60,0	0,130	0,462
5	Steinwolle	80,0	0,040	2,000
6	Brettsperrholz	95,0	0,130	0,731
7 a	Glaswolle	40,0	0,040	1,000
8	Gipsfaserplatte	10,0	0,320	0,031
$\Sigma$		$R_t$	=	4,224
		$R_{se}$	=	0,170
		$R_{si}$	=	0,040
		$R_{T,1}$	=	4,434

Tab. 4.39 Wärmedurchgangswiderstand der Variante 1

Ermittlung des Wärmedurchgangswiderstandes der Variante 3

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$d / \lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
4 b	Steinwolle	60,0	0,040	1,250
5	Steinwolle	80,0	0,040	2,000
6	Brettsperrholz	95,0	0,130	0,731
7 a	Glaswolle	40,0	0,040	1,000
8	Gipsfaserplatte	10,0	0,320	0,031
$\Sigma$		$R_f$	=	5,013
		$R_{se}$	=	0,170
		$R_{si}$	=	0,040
		$R_{T,2}$	=	5,223

Tab. 4.40 Wärmedurchgangswiderstand der Variante 3

Ermittlung des Wärmedurchgangswiderstandes der Variante 4:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$d / \lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
4 b	Steinwolle	60,0	0,040	1,250
5	Steinwolle	80,0	0,040	2,000
6	Brettsperrholz	95,0	0,130	0,731
7 b	Lattung	40,0	0,130	0,308
8	Gipsfaserplatte	10,0	0,320	0,031
$\Sigma$		$R_f$	=	4,320
		$R_{se}$	=	0,170
		$R_{si}$	=	0,040
		$R_{T,4}$	=	4,530

Tab. 4.41 Wärmedurchgangswiderstand der Variante 4

Ermittlung des flächengewichteten Kehrwertes der Wärmedurchgangswiderstände:

Schicht	$R_{T,i}$	$f_K$	$f_K / R_{T,i}$
Variante 1	4,434	0,096	0,0217
Variante 3	5,223	0,84	0,161
Variante 4	4,530	0,064	0,014
		$\Sigma$	0,1967
	$R'_T$	$= 1 / \Sigma$	5,084

Tab. 4.42 Flächengewichteter Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes

Der Flächenanteil  $f_k$  berechnet sich wie folgt:

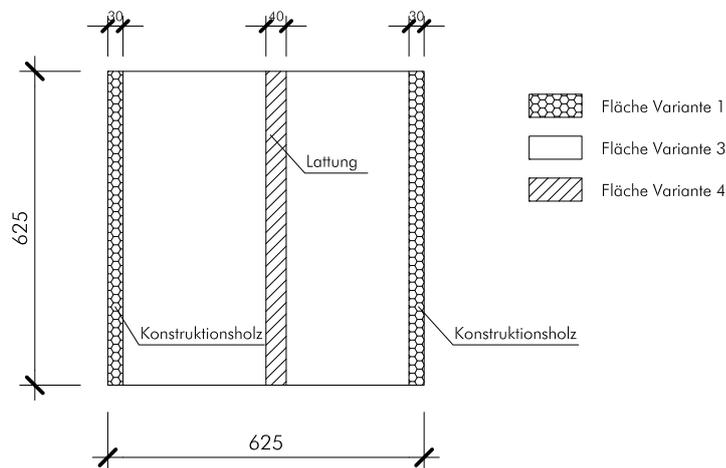


Abb. 4.23 Flächengewichtung

Referenzfläche:

$$A_{ges} = 625^2 = 390625 \quad [mm^2]$$

Variante 1:

$$A_{L,G} = 2 \cdot 0,5 \cdot 625 \cdot 60 = 37500 \quad [mm^2]$$

Variante 3:

$$A_{G,G} = 625 \cdot (625 - 40 - 60) = 328125 \quad [mm^2]$$

Variante 4:

$$A_{G,L} = 625 \cdot 40 = 25000 \quad [mm^2]$$

	Fläche [mm <sup>2</sup> ]	%
Referenzfläche	390.625	100,0
Variante 1	37.500	9,6
Variante 3	328.125	84,0
Variante 4	25.000	6,4

Tab. 4.43 Berechnung der Flächenanteile

### Schritt 2:

Ermittlung der flächengewichteten Wärmeleitfähigkeiten:

Der Längenanteil berechnet sich wie folgt:

Baustoff	Länge	%
Gesamtlänge	625,0	100
Glas- / Steinwolle	575,0	92
Lattung	50,0	8

Tab. 4.44 gewichtete Längenanteile

Berechnung von  $\lambda_m$  in der Schicht 4 und in der Schicht 7:

$$\lambda_m = f_1 \cdot \lambda_1 + f_2 \cdot \lambda_2 = 0,92 \cdot 0,040 + 0,08 \cdot 0,130 = 0,0472 \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{mK}} \right]$$

Ermittlung des Wärmedurchgangswiderstandes der längengewichteten Wärmeleitfähigkeiten:

Schicht	Baustoff	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$d / \lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
4	Steinwolle / Lattung	60,0	0,0472	1,271
5	Steinwolle	80,0	0,040	2,000
6	Brettsperrholz	95,0	0,130	0,731
7	Glaswolle / Lattung	40,0	0,0472	0,847
8	Gipsfaserplatte	10,0	0,320	0,031
$\Sigma$		$R_t$	=	4,881
		$R_{se}$	=	0,170
		$R_{si}$	=	0,040
		$R'_{T}$	=	5,091

Tab. 4.45 Wärmedurchgangswiderstand der längengewichteten Wärmeleitfähigkeiten

### Schritt 3:

Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten U:

$$U = \frac{2}{R_T^I + R_T^{II}} = \frac{2}{5,084 + 5,091} = 0,19 \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \right]$$

### Näherungsweise Ermittlung der speicherwirksamen Masse:

von innen:

$$m_w = \frac{c \cdot m}{c_{pr}} = \frac{1,1 \cdot 1000 \cdot 0,010}{1,05} = 10,50 \quad \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{K}} \right]$$

### Diffusionsnachweis; Ermittlung des Temperaturgefälles und der Taupunktlage:

Nachstehend wird der Temperaturverlauf innerhalb des Bauteiles angeführt. Der Taupunkt ergibt sich wie in Beispiel 4.9.3. Der Wärmeübergangswiderstand innen wurde  $l_t$  [55] mit  $0,25 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$  angenommen.

Bauteil: Außenwand in Holzmassivbauweise		Dicke	Dichte	Wärmeleitfähigkeit	Flächenbez. Masse	Wärmedurchlaßwiderstand	Temperatur-differenz	Temperatur in der Schichtgrenze
Baustoff		d [cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	$d \cdot \rho$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$d/\lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]	$\Delta t$ [°C]	t [°C]
Wärmeübergangswiderstand außen						0,04		-12,0
4b	Steinwolle	5,00	70	0,04	3,5	1,250	0,231	-11,8
5	Steinwolle	8,00	70	0,04	5,6	2,000	7,205	-4,6
6	Brettsperrholz	9,50	500	0,13	47,5	0,731	11,527	7,0
7a	Glaswolle	5,00	16	0,04	0,8	1,250	4,212	11,2
8	Gipsfaserplatte	1,00	1000	0,32	10,0	0,031	7,205	18,4
Wärmeübergang innen						0,25	0,180	18,6
							1,441	20,0

Abb. 4.24 Temperaturermittlung in den einzelnen Schichten

Nachstehende Abbildung zeigt die graphische Darstellung des Temperaturverlaufes innerhalb des Bauteiles.



Abb. 4.25 Graphische Temperaturermittlung

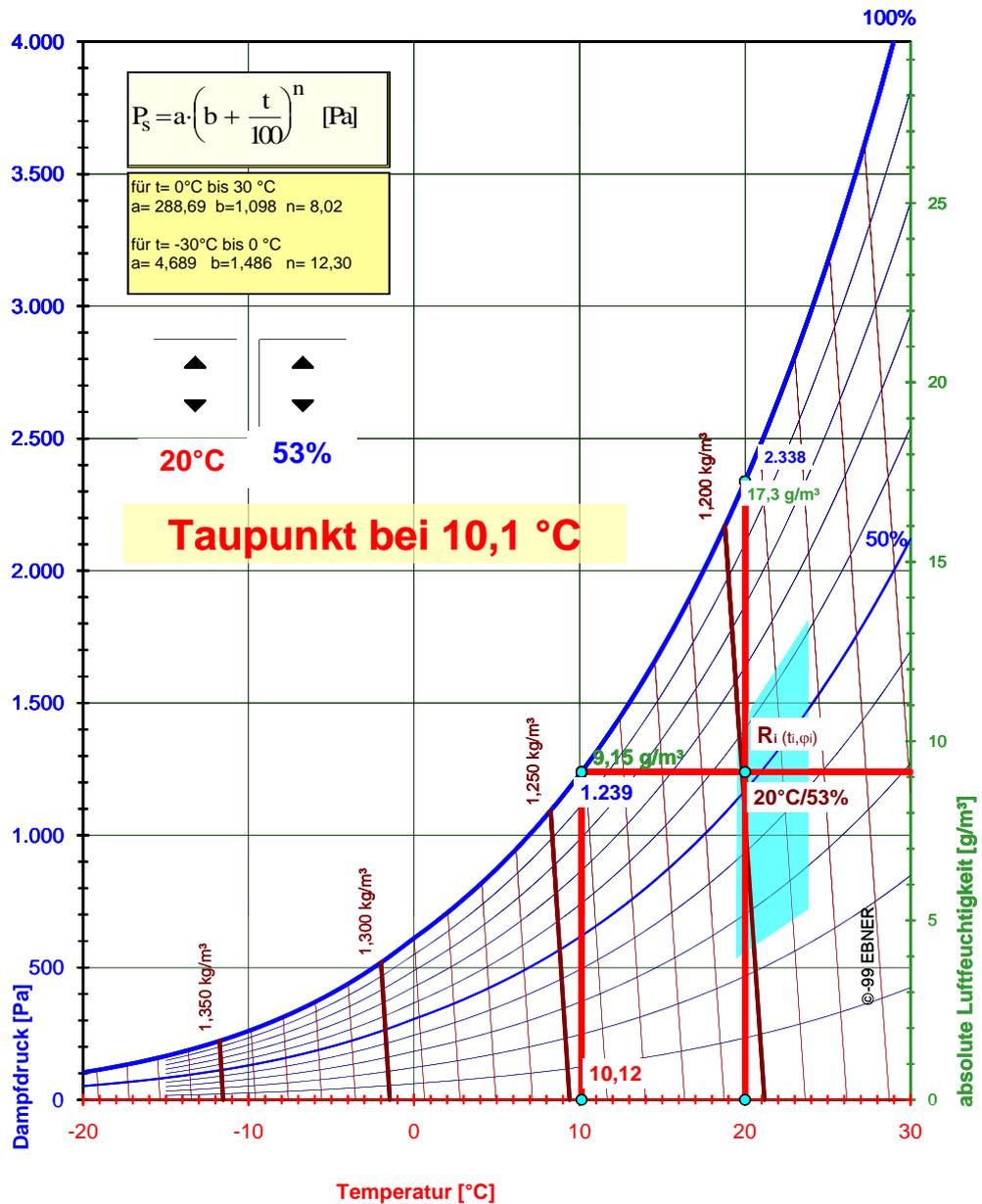


Abb. 4.26 Taupunktendiagramm

Aus Abb. 4.24 und Abb. 4.25 ist erkennbar dass die Taupunktlage innerhalb der Brettsperrholzschicht liegt. Auf einen genaueren Nachweis kann verzichtet werden, da  $\mu d > 1,0 \text{ m}$  beträgt. Eine Anordnung einer Dampfbremse wird in diesem Fall empfohlen.

Nachweis:

$$\sum \mu \cdot d = 0,05 \cdot 1 + 0,08 \cdot 1 + 0,095 \cdot 50 + 0,05 \cdot 1 + 0,01 \cdot 21 = 5,14 \text{ m}$$

## 4. 8. 6 U-Wert Berechnung eines Fensters

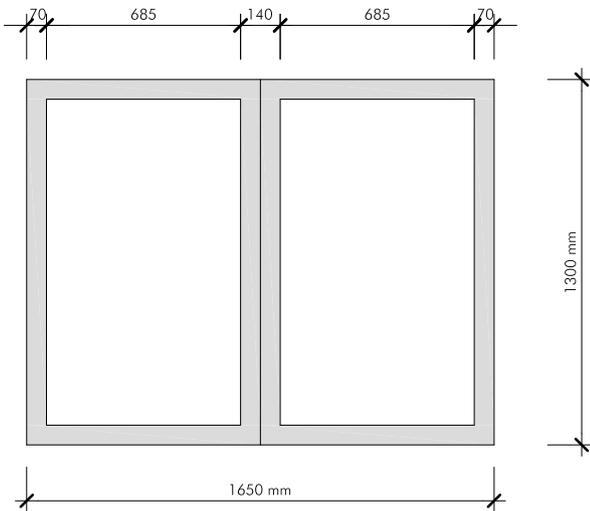


Abb. 4.27 Abmessung Fenster

**Rahmen**

Material: Holz

 Rahmen-U-Wert:  $U_f = 1,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ 

 Projektionsfläche des Rahmens:  $A_f = 2 \cdot 1,65 \cdot 0,07 + 4 \cdot 0,07 \cdot (1,30 - 2 \cdot 0,07) = 0,56 \text{ m}^2$ 
**Verglasung**

 Glas-U-Wert:  $U_g = 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ 

 Projektionsfläche des Glases:  $A_g = 1,65 \cdot 1,30 - 0,56 = 1,59 \text{ m}^2$ 
**Glasrandverbund**

 Längebezogener U-Wert:  $\Psi_g = 0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$ 

 Länge des Glasrandes:  $L_g = 4 \cdot 0,685 + 4 \cdot (1,30 - 2 \cdot 0,07) = 7,38 \text{ m}$ 
**Berechnung U-Wert:**

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \Psi_g}{A_g + A_f} \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

$$U_w = \frac{1,59 \cdot 1,1 + 0,56 \cdot 1,90 + 7,38 \cdot 0,07}{1,59 + 0,56} = 1,55 \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

## 5 Wirtschaftliche Aspekte

[32],[35],[37],[38]

Dieser Teil soll einen kurzen Überblick über die wirtschaftlichen Aspekte von Dachgeschossausbauten bei Gründerzeithäusern und deren Sanierung geben.

Bei Neubauten verhält sich die Planungssituation wesentlich einfacher als bei Altbauten. Planungsabläufe werden durch Zielvorgaben des Bauherrn definiert und die verschiedenen Lösungsansätze werden durch Abwägung aller Vor- und Nachteile gesucht.

Eine notwendige Grundlage beim Planen im Bestand ist die Bestandsaufnahme und die Schadensermittlung. Abhängig von deren Ergebnis ergibt sich eine Vielfalt von technisch möglichen Sanierungsmaßnahmen. Diese Maßnahmen sind bestimmend für die weitere Planung und die Höhe der Kosten, die daraus entstehen. Zur Beurteilung des Bestandes wird folgende Unterteilung gewählt [35]:

- schlechter bautechnischer Zustand
- schlechter haustechnischer Zustand
- schlechter funktions- und raumtechnischer Zustand

Bei einem schlechten bautechnischen Zustand treten Risse in der Tragstruktur, starke Durchfeuchtungen, Schäden an Wänden bzw. Decken, et al. auf. Ein schlechter haustechnischer Standard zeichnet sich z.B. durch mangelhafte Sanitäreinheiten aus. Der funktions- und raumtechnische Zustand definiert sich durch Wohnungs- und Raumgrößen, sowie den Zustand des Objektes.

### 5.1 Kostenunsicherheiten bei der Altbaumodernisierung

Die Kosten bei Altbausanierungen sind abhängig von [35]:

- der Bewertung des Gebäudebestandes,
- der baulichen Veränderung und
- den Eingriffen in der Bausubstanz.

Die anfallenden Kosten können gesenkt werden, wenn die primäre Tragstruktur des Bestandes gar nicht bzw. nur geringfügig verändert wird. Weiters sollte die zukünftige Nutzung des Gebäudes bei der Planung bekannt sein.

Bei der Kostenermittlung von Altbaumodernisierungen kann es zu Abweichungen und Unsicherheiten kommen. Die Ursachen für solche Unsicherheiten können sein [35]:

- geringfügig vorhandene Kostendaten im Vergleich zu Neubauten
- Bekanntwerden zusätzlicher Bauschäden bei der Ausführung; Bestandsaufnahme und Schadensermittlung haben ihre Grenzen
- Kostenaussagen vor der Planung
- Kostenschätzungen oder -berechnungen nach Kenngrößen von Neubauten

## 5.2 Kostenberechnung bei der Altbaumodernisierung

Bei Neubaumaßnahmen können bei der Kostenermittlung gute Ergebnisse erzielt werden, hingegen bei Altbauten entstehen große Unsicherheiten, dies ist vor allem auf die fehlenden Kostenermittlungshilfen und die begrenzte Kenntnis der Bauschäden am Bestand zurückzuführen.

Die Berechnung der Gesamtkosten erfolgt nach den einzelnen Kostenbereichen der ÖNorm 18801.1 und setzt sich zusammen aus [35]:

Grund			Errichtungskosten	Gesamtkosten
Erschließung		Baukosten		
Bauwerk - Rohbau	Bauwerkskosten			
Bauwerk - Technik				
Bauwerk - Ausbau				
Einrichtungen				
Außenanlagen				
Honorare				
Nebenkosten				
Reserven				

Tab. 5.1 Kostengliederung lt. ÖNORM 1801.1

Zum Zeitpunkt der Kostenermittlung kann der Verkehrswert für die Grundkosten herangezogen werden. Der Kostenbereich „Erschließung“ entsteht bei der Bauerneuerung nicht, die Bauwerkskosten sind durch die Pläne zu ermitteln. Die Einrichtungskosten sind nur in seltenen Fällen zu berücksichtigen. Die Kosten, welche bei der Herstellung von Anlagen außerhalb des Gebäudes entstehen, sind ebenfalls zu berücksichtigen. Die Leistungen von Planern (Fachbereiche der Bauphysik, Tragwerksplanung, etc.) werden durch den Kostenpunkt „Honorare“ berücksichtigt, unter „Nebenkosten“ versteht man das Abschließen von Versicherungen und Erlangen von Baubewilligungen. Unter dem Kosten-

bereich „Reserven“ wird versucht, alle Teuerungen und Risiken für Unvorhergesehenes zu berücksichtigen.

### 5.3 Modernisierungsstandards

Die Sanierungsmaßnahmen werden auf Grund der Wünsche des Bauherrn festgelegt und werden bestimmt durch die zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel. Auf folgende Punkte wird dabei Bedacht genommen [35]:

- funktions- und raumtechnischer Standard
- bautechnischer Standard
- haustechnischer Standard
- wohntechnischer Standard

Beispielhaft werden Sanierungsmaßnahmen bei Außenwänden angeführt [32]:

- Behebung von Schäden und Mängeln an Putz und Mauerwerk
- Verbesserung der Wärmedämmung
- Verbesserung der Schalldämmung
- Um- und Zubauten am Gebäude (z.B.: Dachgeschossausbauten, Aufstockungen)
- Wiederherstellung der ursprünglichen Fassadengestaltung

## 5. 4 Baubetriebliche Aspekte

[38]

Die Gründerzeitviertel sind gekennzeichnet durch beengte Platzverhältnisse, der Hof ist mit großen Fahrzeugen schwer zu erschließen und straßenseitig kann es zu Behinderungen und Verzögerungen durch den bestehenden Verkehr kommen.

Bei einer Ausführung des Dachgeschossausbaus mit Brettsperrholz (BSP) kann eine Systembauweise angewandt werden. Die BSP-Module haben eine Breite von 2,40 m und können ohne Sondertransporte geliefert werden. Am Einsatzort werden diese mit Hilfe eines Kranes auf den Bestand gehoben und montiert.

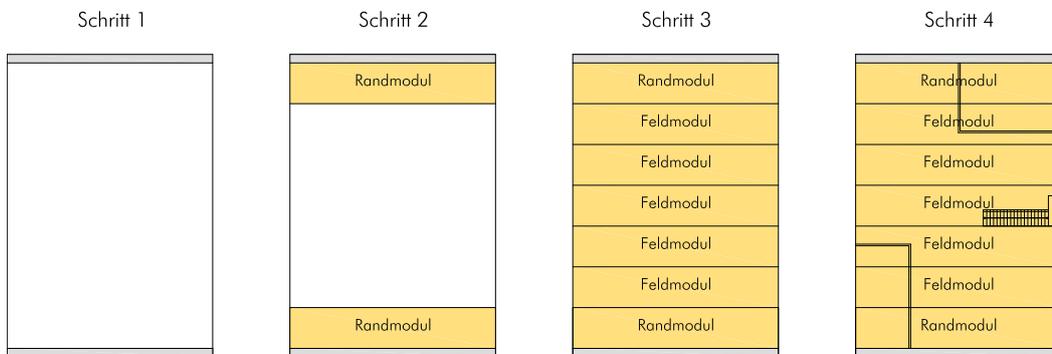


Abb. 5.1 Beispiel eines schrittweisen Elementeinbaus [38]

Im ersten Schritt wird die gesamte Dachkonstruktion des Bestandes geschliffen, anschließend werden die Randmodule eingebaut und mit den Feuermauern verschlossen. Die restlichen BSP-Module werden im 3. Schritt eingehoben und schubsteif miteinander verbunden. Im 4. Schritt erfolgt der Innenausbau des Dachgeschosses.

# Brettsperrholz

## 1 Einleitung

Das Holzprodukt Brettsperrholz nimmt im Bereich des konstruktiven Ingenieurholzbaus, besonders im Bereich des Wohnbaues, immer mehr an Bedeutung zu. Der Einsatzbereich von Brettsperrholz im Wohnbau liegt dabei vor allem in der Verwendung für Wände, Decken und Dächer oder in der Kombination als Faltwerke. Im Wohnbau kommen im Allgemeinen 3- oder 5-schichtige (Wände) und 5- oder 7-schichtige (Decken) Brettsperrholzplatten zum Einsatz.

Dieses Kapitel gibt einen kurzen Überblick über die Nachweisführung für Brettsperrholz. Es wird auf die Bemessung von Brettsperrholz im ULS und SLS eingegangen.

## 2 Bemessung von Brettsperrholz

[58],[59],[60],[61]

Der Aufbau von Brettsperrholz ist mehrschichtig und seine Lagen stehen orthogonal zueinander.

Die Berechnung von Brettsperrholz erfolgt unter der Annahme eines quasi-starren Verbundes der einzelnen Brettschichten untereinander. Durch diese Annahme können die Spannungen nach der Bernoulli-Stabtheorie (Ebenbleiben der Querschnitte) ermittelt werden. Die auftretenden Spannungen und deren Verläufe lassen sich mit der starren Verbundtheorie gut über den Querschnitt abbilden. Näherungsweise wird auf die Tragwirkung der Querlamellen verzichtet, da der E-Modul  $E_{90}$  der Querlagen nur rund  $1/20$  von  $E_0$  beträgt. Die Mitwirkung der Querlamellen an der Tragfähigkeit von Brettsperrholz - Elementen ist somit gering.

Die dafür notwendigen effektiven Querschnittswerte lassen sich auf Basis des so genannten n-Ziffern Verfahrens ermitteln.

## 2. 1 Ermittlung der Querschnittswerte

[58],[59],[60],[61]

Nachstehend werden Formeln für die Ermittlung der Querschnittswerte angegeben.

### 2. 1. 1 effektive Querschnittsfläche $A_{\text{eff}}$

Die effektive Querschnittsfläche wird unter Vernachlässigung der Querlamellen ermittelt.

$$A_{\text{eff}} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_{\text{ref}}} \cdot A_i \quad [\text{mm}^2]$$

mit:

$A_{\text{eff}}$	...	effektive Querschnittsfläche $[\text{mm}^2]$
$E_{\text{ref}}$	...	(Referenz-) Elastizitätsmodul $[\text{N}/\text{mm}^2]$
$E_i$	...	E-Modul der Einzelschicht $[\text{N}/\text{mm}^2]$
$A_i$	...	Querschnittsfläche der Einzelschicht $[\text{mm}^2]$

### 2. 1. 2 effektives Trägheitsmoment $J_{\text{eff}}$

Das effektive Trägheitsmoment lässt sich wie folgt ermitteln:

$$J_{\text{eff}} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_{\text{ref}}} \cdot J_i + \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_{\text{ref}}} \cdot A_i \cdot e_i^2 \quad [\text{mm}^4]$$

mit:

$J_{\text{eff}}$	...	effektives Trägheitsmoment $[\text{mm}^4]$
$E_{\text{ref}}$	...	Referenz Elastizitätsmodul $[\text{N}/\text{mm}^2]$
$E_i$	...	E-Modul der Einzelschicht $[\text{N}/\text{mm}^2]$
$J_i$	...	Trägheitsmoment der Einzelschicht $[\text{mm}^4]$
$A_i$	...	Querschnittsfläche der Einzelschicht $[\text{mm}^2]$
$e_i$	...	Abstand des Schwerpunktes der Einzelschicht zum Gesamtschwerpunkt $[\text{mm}]$

2. 1. 3 Effektives statisches Moment  $S_{eff}$

Das effektive statische Moment lässt sich mit unten stehender Gleichung ermitteln.

$$S_{eff} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_{ref}} \cdot A_i \cdot e_i \quad [N]$$

mit:

- $S_{eff}$  ... effektives statisches Moment [mm<sup>3</sup>]
- $E_{ref}$  ... Referenz Elastizitätsmodul [N/mm<sup>2</sup>]
- $E_i$  ... E-Modul der Einzelschicht [N/mm<sup>2</sup>]
- $A_i$  ... Querschnittsfläche der Einzelschicht [mm<sup>2</sup>]
- $e_i$  ... Abstand des Schwerpunktes der Einzelschicht zum Gesamtschwerpunkt [mm]

Mit Hilfe der nachstehenden Tabelle lassen sich die oben genannten effektiven Querschnittswerte in einfacher und übersichtlicher Weise ermitteln.

#	b	h	$E_i$	$n_i$	$A_i$	$n_i \cdot A_i$	$e_i$	$n_i \cdot A_i \cdot e_i$	$n_i \cdot A_i \cdot e_i^2$	$J_i$	$n_i \cdot J_i$	
	[mm]	[mm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm <sup>3</sup> ]	[mm <sup>4</sup> ]	[mm <sup>4</sup> ]	[mm <sup>4</sup> ]	
1												
2												
n												
$\Sigma$					$\Sigma A_i$	$\Sigma n_i \cdot A_i$			$\Sigma n_i \cdot A_i \cdot e_i$	$\Sigma n_i \cdot A_i \cdot e_i^2$		

Tab. 2.1 Ermittlung der effektiven Querschnittswerte

mit:

$$n_i = \frac{E_i}{E_{ref}}$$

Die Bemessung erfolgt in folgenden Teilschritten.

- Ermittlung des Gesamtschwerpunktes  $z_s$ :

$$z_s = \frac{\sum n_i \cdot A_i \cdot e_i}{\sum n_i \cdot A_i} \quad [\text{mm}]$$

- Ermittlung des effektiven Trägheitsmomentes  $I_{\text{eff}}$ :

$$J_{\text{eff}} = \sum n_i \cdot J_i + \sum n_i \cdot A_i \cdot e_i^2 - z_s^2 \cdot \sum n_i \cdot A_i \quad [\text{mm}^4]$$

- Ermittlung der effektiven Biegesteifigkeit  $K_{\text{eff}}$ :

$$K_{\text{eff}} = J_{\text{eff}} \cdot E_{\text{ref}} \quad [\text{Nmm}^2]$$

- Ermittlung der effektiven Dehnsteifigkeit  $EA_{\text{eff}}$ :

$$(E \cdot A)_{\text{eff}} = A_{\text{eff}} \cdot E_{\text{ref}} \quad [\text{N}]$$

- Ermittlung des Schubsteifigkeit  $S_{\text{eff}}$ :

$$S_{\text{eff}} = (G \cdot A)_{\text{eff}} = \kappa \cdot (\sum G_i \cdot A_i) \quad [\text{N}]$$

mit:

$\kappa$  ... Schubkorrekturfaktor

Der Schubkorrekturfaktor  $\kappa$  ist von der Anzahl der Schichten der Brettsperrholzplatte abhängig und kann aus nachstehender Tabelle entnommen werden. Voraussetzung für die Anwendung der Tabellenwerte ist eine gleichbleibende Dicke der einzelnen Schichten über den Querschnitt.

Schichtanzahl	K [-]
1	0,83
3	0,21
5	0,24
7	0,26
9	0,26
11	0,27
13	0,27

Tab. 2.2 Schubkorrekturfaktor K

Für den Fall unterschiedlicher Dicken der einzelnen Schichten lässt sich der Schubkorrekturbeiwert K wie folgt ermitteln.

$$\kappa = \frac{1}{S_{\text{ges}} \cdot \frac{1}{k_{\text{eff}}^2} \cdot \int_h \frac{S^2(z, E(z))}{G(z) \cdot b(z)} dz}$$

mit:

$S_{\text{ges}}$	...	Schubsteifigkeit [N]; $S_{\text{ges}} = \Sigma (G_i \cdot A_i)$
$k_{\text{eff}}$	...	effektive Biegesteifigkeit [Nmm <sup>2</sup> ]
$S(z, E(z))$	...	statisches Moment in Abhängigkeit von z und dem E - Modul [Nmm]
$G(z)$	...	Schubmodul in Abhängigkeit von z [N/mm <sup>2</sup> ]
$b(z)$	...	Querschnittsbreite in Abhängigkeit von z [mm] i.d.R. konstant in Dickenrichtung

## 2.2 Ermittlung der Spannungen

[58],[59],[60],[61]

Die Spannungsermittlung in den einzelnen Schichten  $i$  kann mit Hilfe folgender Formeln bestimmt werden.

### Normalspannungen

Zug:

$$\sigma_{t,i,d} = \pm \frac{N_{t,d} \cdot E_i}{(E \cdot A)_{\text{eff}}} \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Druck:

$$\sigma_{c,i,d} = \pm \frac{N_{c,d} \cdot E_i}{(E \cdot A)_{\text{eff}}} \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

### Schubspannungen

$$\tau_{i,d} = \frac{V_{\text{max}} \cdot \sum(S_i \cdot E_i)}{J_{\text{eff}} \cdot b_i} \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

### Biegespannungen

In den einzelnen Schichten:

$$\sigma_{f,i,d} = \pm \frac{M_d}{K_{\text{eff}}} \cdot E_i \cdot z_i \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Am oberen bzw. unteren Querschnittsrand:

$$\sigma_{\text{rand},d} = \pm \frac{M_d}{K_{\text{eff}}} \cdot E_{\text{ref}} \cdot \frac{h_{\text{ges}}}{2} \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

## 2. 3 Berechnung der Verformung

[58],[59],[60],[61]

Bei der Verformungsberechnung von Brettsperrholzprodukten muss zusätzlich zum Verformungsanteil aus der Biegung, der Anteil der Querkraft mitberücksichtigt werden.

$$w_{\text{ges}} = \frac{1}{E_{\text{ref}} \cdot J_{\text{eff}}} \cdot \int_l (M \cdot \delta M) + \frac{1}{G_{\text{ref}} \cdot A_{\text{eff,g}}} \cdot \int_l (V \cdot \delta V) dx \quad [\text{mm}]$$

mit:

$$A_{\text{eff,g}} = \kappa \cdot \sum \frac{G_i \cdot A_i}{G_{\text{ref}}}$$

## 2. 4 Nachweisführung im ULS

[58],[59],[60],[61]

Die Nachweisführung ist in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt. Die Bemessungsfestigkeiten ergeben sich aus dem gewählten Referenz Brett-schichtholz-klasse. Der Teilsicherheitsbeiwert ist mit  $\gamma_m = 1,30$  anzunehmen.

### 2. 4. 1 Biegebeanspruchung (als Platte)

#### Zug mit Biegung

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_l \cdot f_{m,d}} \leq 1,0$$

mit:

$\sigma_{t,0,d}$	...	Zugnormalspannung [N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{m,d}$	...	Biegespannung [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{t,0,d}$	...	Zugfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{m,d}$	...	Biegefestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]
$k_l$	...	Systembeiwert [-]

Der Systembeiwert  $k_l$  errechnet sich zu

$$k_l = \min \left\{ \begin{array}{l} 1, 1 \\ 1 + 0,025 \cdot n \end{array} \right. \quad \text{mit } n > 1,0$$

Die Anzahl der parallel beanspruchten Einzelbretter ist mit  $n$  definiert.

### Druck mit Biegung

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_l \cdot f_{m,d}} \leq 1,0$$

mit:

$\sigma_{c,0,d}$	...	Drucknormalspannung [N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{m,d}$	...	Biegespannung [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{c,0,d}$	...	Druckfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{m,d}$	...	Biegesfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]
$k_l$	...	Systembeiwert [-]
$k_c$	...	Knickbeiwert [-] (Berechnung siehe Seite 234)

### Schubnachweis

$$\left( \frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right)^2 + \left( \frac{\tau_{drill,d}}{f_{v,d}} \right)^2 \leq 1,0$$

Bei einachsig gespannten Platten kann ein reiner Schubnachweis geführt werden:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

mit:

$\tau_d$	...	Schubspannung [N/mm <sup>2</sup> ]
$\tau_{drill,d}$	...	Schubspannung [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{v,d}$	...	Schubfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]

Die Schubfestigkeit ergibt sich mit folgender Formel.

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Die charakteristische Schubfestigkeit kann aus den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen entnommen werden oder kann näherungsweise mit  $f_{v,k} = 2,50 \text{ [N/mm}^2\text{]}$  angenommen werden.

### Rollschubnachweis in der Querlage

$$\frac{\tau_{R,d}}{f_{R,d}} \leq 1,0$$

mit:

$\tau_{R,d}$  ... Rollschub  $[\text{N/mm}^2]$

$f_{R,d}$  ... Rollschubfestigkeit  $[\text{N/mm}^2]$

Der Rollschubwiderstand  $f_{R,d}$  kann mit

$$f_{R,d} = \frac{f_{R,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

bestimmt werden. Die charakteristische Rollschubfestigkeit  $f_{R,k}$  kann aus den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen entnommen werden oder ist näherungsweise mit 1,25 anzunehmen.

### Interaktionsnachweis für Rollschub und Querkzug

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{f_{t,90,d}} + \frac{\tau_{R,d}}{f_{R,d}} \leq 1,0$$

mit:

$\sigma_{t,90,d}$  ... Querkzugspannung  $[\text{N/mm}^2]$

$f_{t,90,d}$  ... Zugfestigkeit normal zur Faser  $[\text{N/mm}^2]$

$\tau_{R,d}$  ... Rollschub  $[\text{N/mm}^2]$

$f_{R,d}$  ... Rollschubfestigkeit  $[\text{N/mm}^2]$

## 2. 4. 2 Normalkraftbeanspruchung (als Scheibe)

Wird eine Brettsperrholzplatte als Scheibe belastet entstehen Normal- und Schubspannungen in der Platte. Auch hier erfolgt eine Unterscheidung in der Nachweisführung bei Zug- und Druckspannungen.

### Zug

in x – Richtung:

$$\frac{\sigma_{x,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

mit:

$$\sigma_{x,d} = \frac{n_{x,d}}{t_x} \cdot \frac{E_i}{(E \cdot A)_{\text{eff}}}$$

in y – Richtung:

$$\frac{\sigma_{y,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{y,d} = \frac{n_{y,d}}{t_y} \cdot \frac{E_i}{(E \cdot A)_{\text{eff}}}$$

mit:

$n_{x/y,d}$	...	Zugnormalkraft in x / y – Richtung [N/mm]
$t_{x/y}$	...	wirksame Schichtdicken in x / y – Richtung [mm]
$f_{t,0,d}$	...	Bemessungswert der Zugfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]

## Druck

in x – Richtung:

$$\frac{\sigma_{x,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{x,d} = \frac{|n_{x,d}|}{t_x} \cdot \frac{E_i}{(E \cdot A)_{\text{eff}}}$$

in y – Richtung:

$$\frac{\sigma_{y,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{y,d} = \frac{|n_{y,d}|}{t_y} \cdot \frac{E_i}{(E \cdot A)_{\text{eff}}}$$

mit:

$n_{x/y,d}$	...	Drucknormalkraft in x / y – Richtung [N/mm]
$t_{x/y}$	...	wirksame Schichtdicken in x / y – Richtung [mm]
$f_{c,0,d}$	...	Bemessungswert der Druckfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]

## Schubnachweis in den Brettlagen:

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{n_{xy,d}}{t_{\min}} \leq f_{v,d}$$

mit:

$n_{xy,d}$	...	Scheibenschubkraft [N/mm]
$t_{\min}$	...	Minimum aus der Summe der Brettstärken gleichgerichteter Brettlagen [mm]
$f_{v,d}$	...	Bemessungswert der Schubfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]

**Torsion in der Klebefläche:**

Voraussetzung für die Anwendung nachstehender Formeln ist eine rechteckige Scheibe und eine konstante Schubbeanspruchung über den Querschnitt.

BSP – Scheibe mit n konstant dicken Schichten:

$$\tau_{T,d} = 3 \cdot \frac{n_{xy,d}}{n \cdot a} \leq f_{T,d}$$

mit:

$n_{xy,d}$	...	Scheibenschubkraft [N/mm]
$n$	...	Anzahl der Klebeflächen in Dickenrichtung [-]
$t$	...	Schichtstärke [mm]
$f_{T,d}$	...	Bemessungswert der Torsionsfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]

BSP – Scheibe mit n konstant dicken Schichten:

$$\tau_{T,d} = \frac{F_{h,d} \cdot h}{N \cdot I_p} \cdot \frac{a}{2} \leq f_{T,d}$$

mit:

$F_{h,d}$	...	horizontale Einwirkung an der Scheibenoberkante [N]
$h$	...	Scheibenhöhe [mm]
$N$	...	Anzahl der Klebeflächen in der rechteckigen Scheibe [-]
$I_p$	...	polares Trägheitsmoment einer quadratischen Fläche [mm <sup>4</sup> ]
$a$	...	Brettbreite des Ausgangsmaterials [mm]
$f_{T,d}$	...	Bemessungswert der Torsionsfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]

### 2. 4. 3 Stabilitätsnachweis einer BSP – Scheibe

Bei der Berechnung der Beanspruchung auf die Scheibe sind die Lasten in vertikaler Richtung, sowie Windlasten zu berücksichtigen.

$$\frac{n_{y,d}}{k_c \cdot A_{\text{eff}} \cdot f_{c,d}} + \frac{m_d}{k_l \cdot W_{\text{eff}} \cdot f_{m,d}} \leq 1,0$$

mit:

$n_{y,d}$	...	Scheibennormalkraft [N/mm]
$m_d$	...	Bemessungswert Biegemoment [Nmm/m]
$A_{\text{eff}}$	...	effektive Querschnittsfläche [mm <sup>2</sup> ]
$W_{\text{eff}}$	...	effektives Widerstandsmoment [mm <sup>3</sup> ]
$f_{c,d}$	...	Bemessungswert der Druckfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{m,d}$	...	Bemessungswert der Biegefestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]
$k_c$	...	Knickbeiwert [-]
$k_l$	...	Systembeiwert[-]

Bestimmung des Systembeiwertes  $k_l$ :

$$k_l = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,1 \\ 1 + 0,025 \cdot n \end{array} \right. \quad \text{mit } n > 1,0$$

**Bestimmung des Knickbeiwertes  $k_c$ :**

- 1 Bestimmung der effektiven Biegesteifigkeit  $K_{\text{eff}}$  für einen Plattenstreifen von 1,0 m
- 2 Bestimmung der effektiven Schubsteifigkeit  $S_{\text{eff}}$  für einen Plattenstreifen von 1,0 m
- 3 Berechnung der elastischen, ideellen Knicklast  $n_{cr}$

$$n_{cr,1} = \frac{E I_{\text{eff}} \cdot \pi^2}{l_k^2 \cdot \left( 1 + \frac{E I_{\text{eff}}}{\sum G_i A_i \cdot l_k^2} \right)} \quad [\text{N}] \rightarrow \text{schubnachgiebig}$$

$$n_{cr,2} = \frac{EI_{\text{eff}} \cdot \pi^2}{l_k^2} \quad [\text{N}] \rightarrow \text{schubstarr}$$

$$n_{cr} = \min \begin{cases} n_{cr,1} \\ n_{cr,2} \end{cases} \quad [\text{N}]$$

- 4 Bestimmung der relativen Schlankheit  $\lambda_{\text{rel}}$

$$\lambda_{\text{rel}} = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} \cdot f_{c,k}}{n_{cr}}}$$

- 5 Bestimmung des Wertes k:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel}} + 0,30) + \lambda_{\text{rel}}^2]$$

mit:

$$\beta_c = 0,1 \quad \dots \text{für Brett-schichtholz}$$

- 6 Bestimmung des Knickbeiwertes  $k_c$ :

$$k_c = \min \begin{cases} 1,0 \\ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{\text{rel}}^2}} \end{cases}$$

## 2.5 Nachweisführung im SLS

[58],[59],[60],[61]

Folgende Nachweiskombinationen sind im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu betrachten.

Lastfallkombinationen		Ermittlung der Verformung	Grenzwerte	
			beidseitig aufliegender Biegestab	Kragarm
charakteristische Kombination	$t = 0$	$w_3$	l / 300	l / 150
	$t = \infty$	$w_3 + k_{\text{def}} \cdot (w_1 + w_2)$	l / 200	l / 125
quasi-ständige Kombination	$t = \infty$	$(w_1 + w_2) \cdot (1 + k_{\text{def}}) - w_0$	l / 250	l / 75

Tab. 2.3 Nachweiskombinationen im SLS

mit:

$w_0$	...	Überhöhung [mm]
$w_1$	...	$\sum_{i>1} G_{k,i}$
$w_2$	...	$\sum_{i>1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$
$w_3$	...	$Q_{k,1} + \sum_{i>1} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$
$k_{\text{def}}$	...	Deformationsbeiwert; Nutzungsstufe 1: $k_{\text{def}} = 0,80$ Nutzungsstufe 2: $k_{\text{def}} = 1,00$

## 2. 6 Nachweisführung im Brandfall

[59],[61]

Bei der Nachweisführung von Brettsperrholzplatten im Brandfall kann gemäß EN 1995–1–2 ein vereinfachter Nachweis mit reduziertem Querschnitt geführt werden.

### 2. 6. 1 Nachweis der Tragfähigkeit

$$E_{d,fi} \leq R_{d,fi}$$

mit:

$E_{d,fi}$  ... Bemessungswert der Beanspruchung im Brandfall

$R_{d,fi}$  ... Bemessungswert der Beanspruchbarkeit im Brandfall

Bei der Berechnung von  $E_{d,fi}$  werden die Nutzlasten mit einem reduziertem Wert  $\psi_2$  berechnet.

### 2. 6. 2 Ermittlung von $R_{d,fi}$

Bei der Berechnung des Bemessungswertes der Beanspruchbarkeit im Brandfall  $R_{d,fi}$  wird der Teilsicherheitsbeiwert und der Modifikationsbeiwert mit 1,0 abgenommen. Der Beiwert  $k_{fi}$  nimmt eine Umrechnung des 5%- Fraktilwertes des Bemessungswertes der Festigkeiten in einen 20% Fraktilwert vor.

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot \frac{k_{fi} \cdot f_k}{\gamma_{m,fi}}$$

mit:

$$\gamma_{m,fi} = 1,0$$

$$k_{fi} = 1,15$$

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

### 2. 6. 3 Ermittlung des reduzierten Querschnittes

$$d_{ef} = d_{char,0} + k_0 \cdot d_0$$

mit:

---

$d_{ef}$	...	effektive Abbrandtiefe [mm]
$d_{char,0}$	...	Abbrandtiefe von Brettsperrholz ohne Fugen [mm]
$k_0 \cdot d_0$	...	Schichtdicke zur Berücksichtigung des Einflusses der Temperatureinwirkung auf die Materialeigenschaften; [mm]

**Ermittlung der Abbrandtiefe  $d_{char,0}$ :**

$$d_{char,0} = \beta_0 \cdot \text{Brandeinwirkungsdauer} \quad [\text{mm}]$$

mit:

$\beta_0$	...	Abbrandrate in [mm/min] äußerste Schicht: $\beta_0 = 0,65$ mm/min weitere Schichten: $\beta_0 = 2 \cdot 0,65 = 1,30$ mm/min
-----------	-----	---

Der Ausgangsquerschnitt ist um die effektive Abbrandtiefe  $d_{ef}$  zu reduzieren. Die Nachweise sind mit den neuen Querschnittswerten für den Brandfall durchzuführen.



# Projekt Dachgeschossausbau

## 1 Allgemeines

In diesem Abschnitt der vorliegenden Masterarbeit wird ein Dachgeschossausbau mit Brettsperrholz beispielhaft dargestellt und berechnet. Die Nachweisführungen, wie sie in Kapitel 5, gezeigt wurden, werden exemplarisch vorgerechnet.

Das ausgewählte Bauobjekt befindet sich in Graz, direkt im Gründerzeitviertel im Bezirk II St. Leonhard (Nibelungengasse/Katzianergasse) und liegt damit in der Schutzzone 3. Bei dem Entwurf ist daher auf das GEAG rücksichtzunehmen. In den gründerzeitlichen Blockrandbebauung gilt vor allem Erhaltungsvorrang, Instandhaltung und Instandsetzung stehen damit im Vordergrund. Im Neubaufall sollen die wesentlichen Charakteristika des Bestandes übernommen werden. In der Schutzzone 3 ist eine Dachdeckung mit Biberschwanzziegel lt. [26] zulässig.

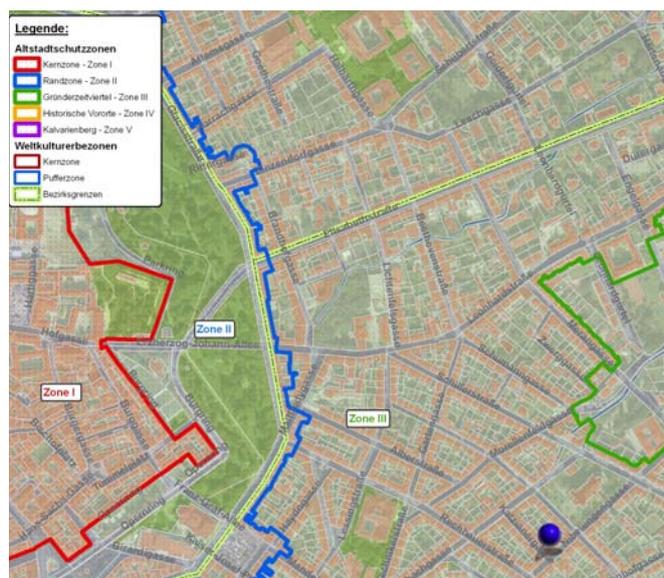


Abb. 1.1 Lage des ausgewählten Objektes in der Stadt Graz

## 2 Übersichtspläne

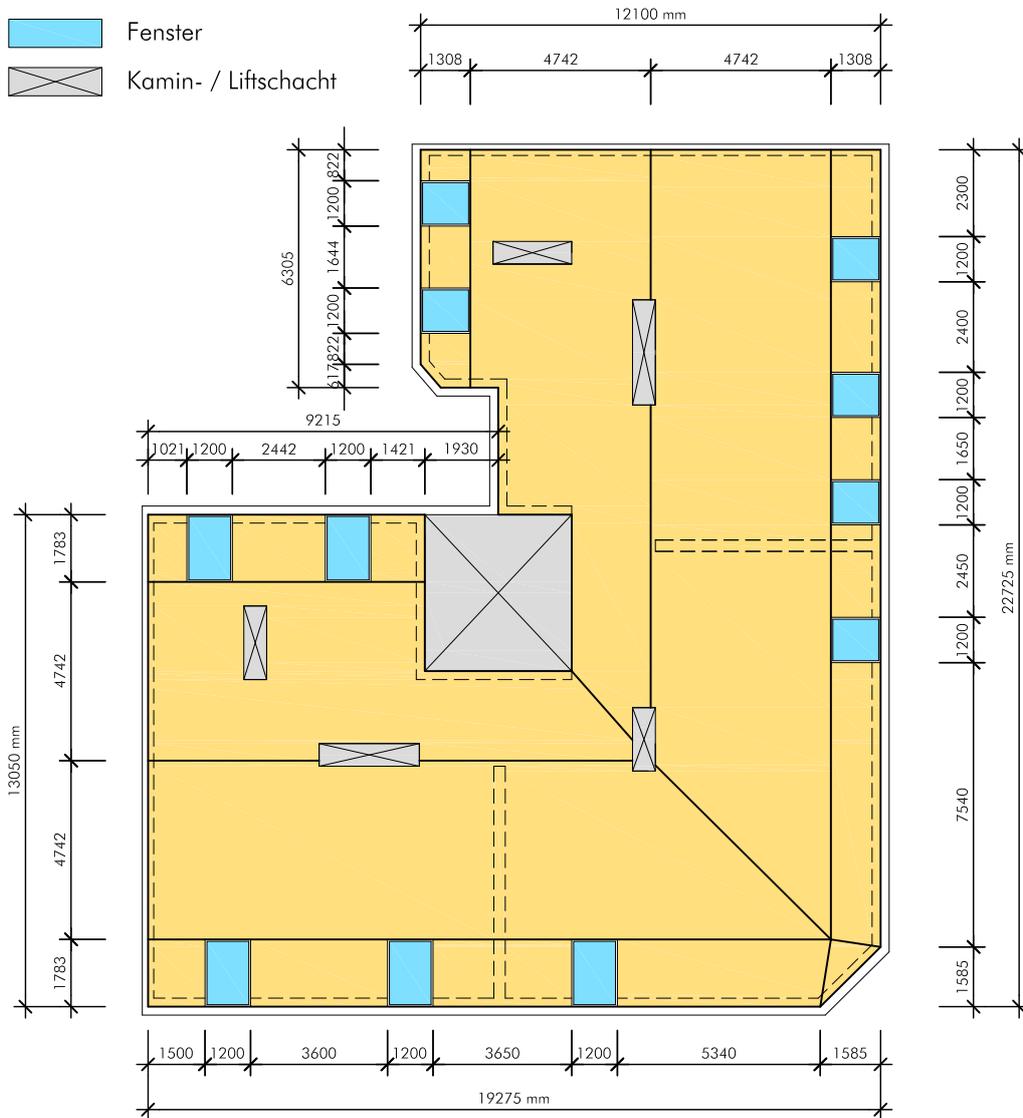
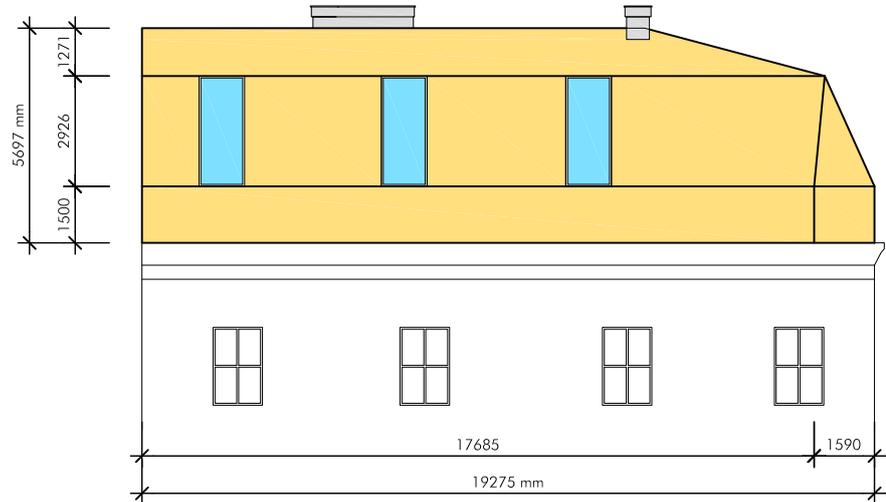


Abb. 2.1 Grundriss Dach M 1:200 (alle Maße in mm)

Ansicht Ost



Ansicht Nord

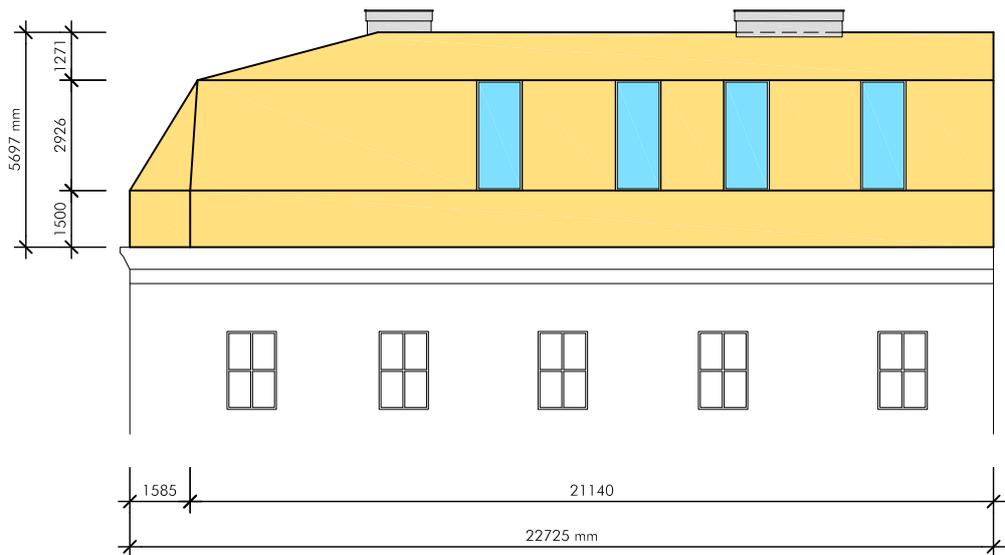


Abb. 2.2 Ansichten M 1:200 (alle Maße in mm)

# Dachgeschoß Ebene 1

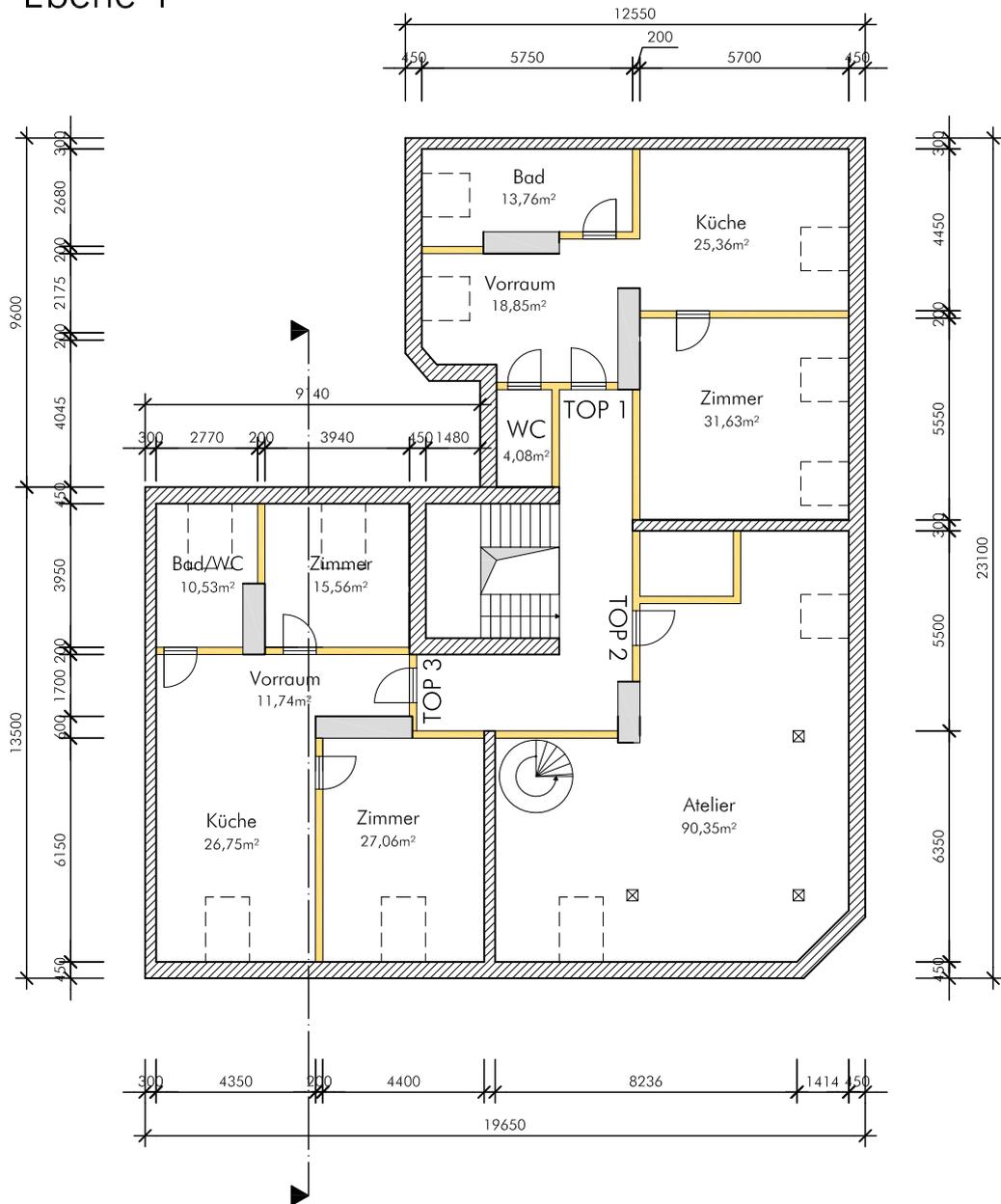


Abb. 2.3 Grundriss Dachgeschoss Ebene 1 M 1:200 (Maße in mm)

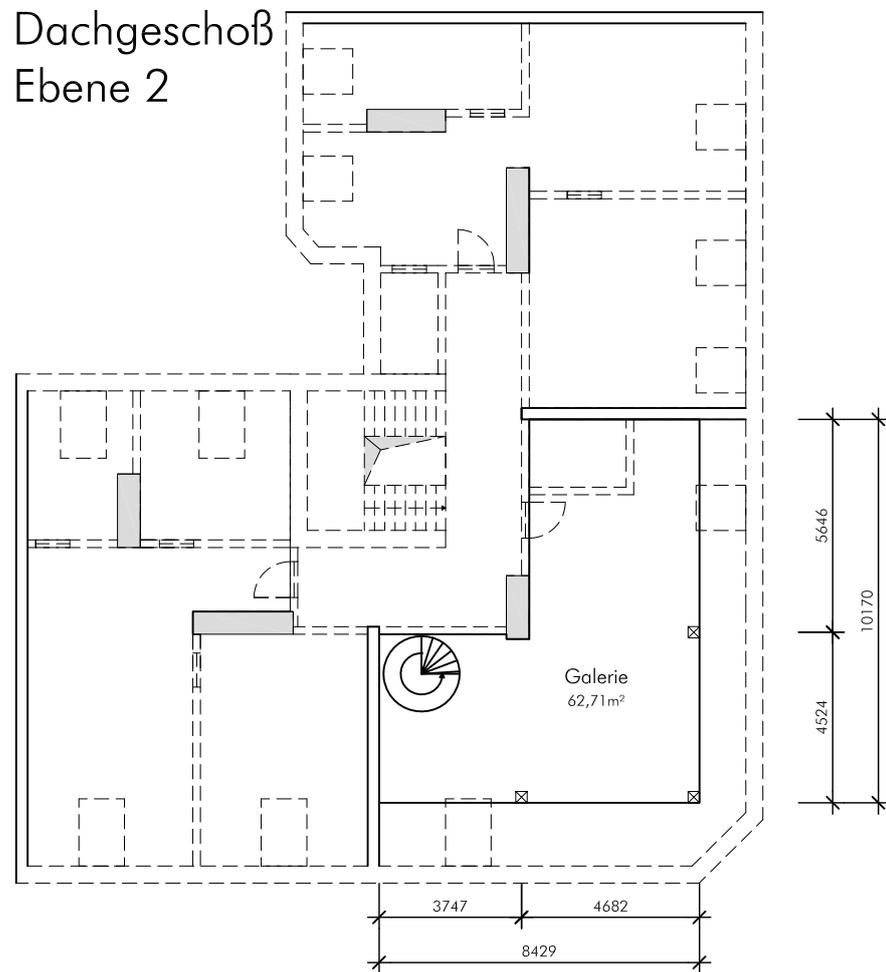


Abb. 2.4 Grundriss Dachgeschoss Ebene 2 M 1:200 (Maße in mm)

## Schnitt Dachgeschoß

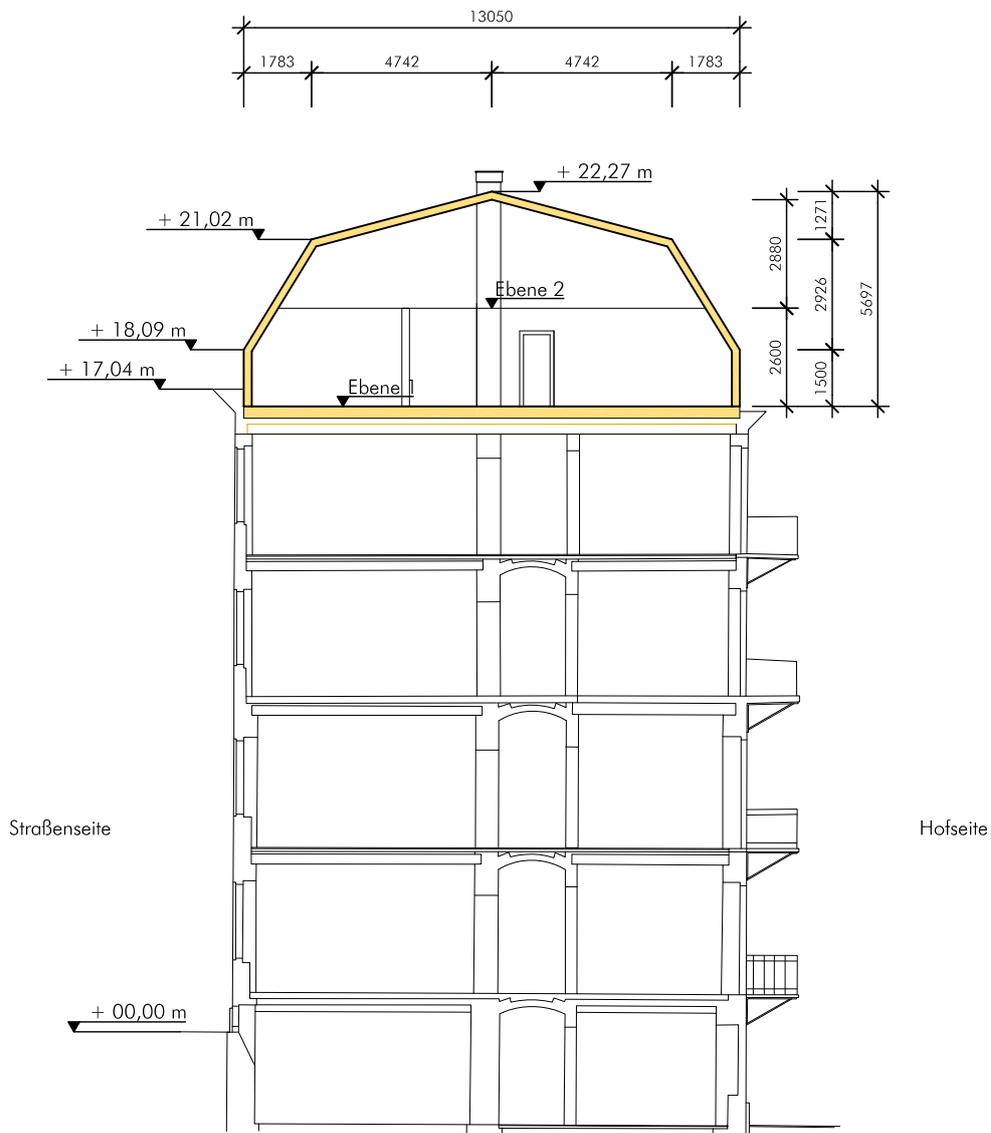


Abb. 2.5 Schnitt Dachgeschoß M 1:200 (Maße in mm)

### 3 Aufstellung der berücksichtigten Einwirkungen

[63],[64],[65],[66]

Die Einwirkungen für den Dachgeschossausbau werden für folgende Randbedingungen ermittelt.

Standort: Graz

Seehöhe: 353,0 m.ü.A.

#### 3.1 ständige Einwirkungen

Nachfolgend werden die ständigen Einwirkungen (Eigengewichte) der Dachkonstruktion und der Geschossdecke ermittelt.

##### 3.1.1 Dachkonstruktion

Der Dachaufbau besteht aus den in Abb. 3.1 aufgelisteten Schichten:

Schicht	Baustoff	Dicke [m]	$\rho$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$e_g$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Zinkblech 0,6 mm auf Lattung	-	-	0,30
2	Konterlattung 8,0/5,0 cm ; e = 0,75 m	-	5,50	0,03
3	Aufsparendämmung mit Windabdichtungsbahn	0,20	1,0	0,2
4	Brettsperrholzplatte (39/33/40/33/39)	0,184	5,50	1,01
5	Dampfbremse	-	-	-
6	Sparschalung / Luftschicht	0,03	5,50	0,01
7	Gipsfaserplatte	0,025	10,00	0,25
	<b>Summe <math>g_k</math> [kN/m<sup>2</sup>]</b>		<b><math>g_k</math></b>	<b>1,80</b>

Tab. 3.1 Dachaufbau

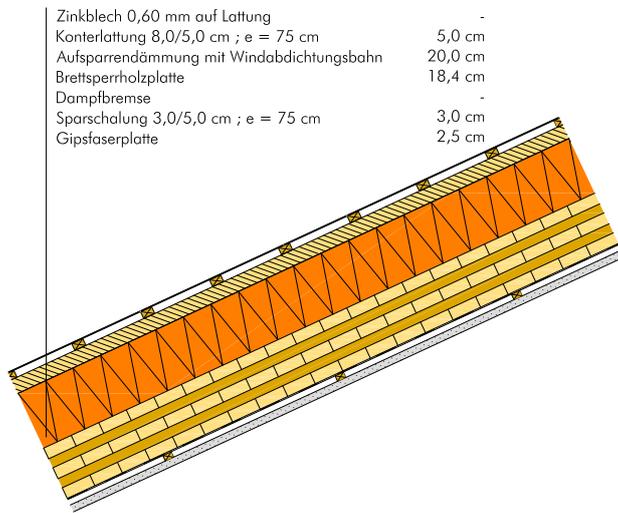


Abb. 3.1 Dachaufbau

### 3. 1. 2 Trenndeckenaufbau

Folgender Aufbau wird für die Trenndecke verwendet.

Bodenbelag	-
Zementestrich	5,0 cm
Trennschicht aus Kunststoff	-
Trittschalldämmung 30/35	3,0 cm
Schüttung	5,0 cm
Rieselschutz	-
Brettsperrholzplatte	19,6 cm

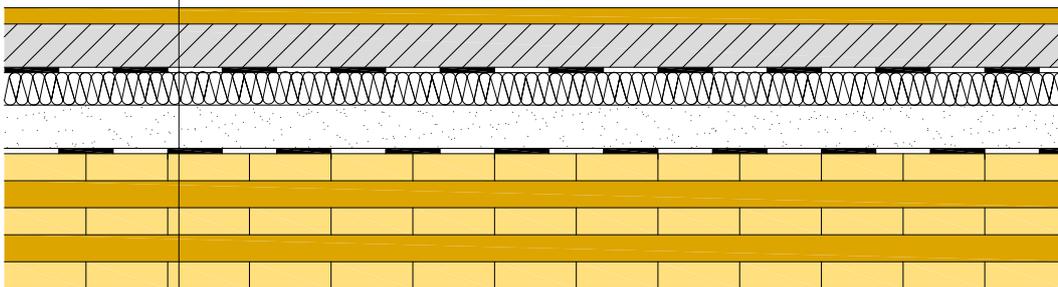


Abb. 3.2 Geschossdeckenaufbau

Der Schichtaufbau ist aus nachstehender Tabelle zu entnehmen:

Schicht	Baustoff	Dicke [m]	$\rho$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$e_g$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Keramik / Parkett	0,015	10,00	0,15
2	Zementestrich	0,05	20,0	1,00
3	Trennschicht aus Kunststoff	-	14,0	-
4	Trittschalldämmung 30/35	0,03	0,68	0,02
5	Schüttung	0,05	18,00	0,90
6	Rieselschutz	-	6,36	-
7	Brettsperrholz	0,196	5,50	1,078
	<b>Summe <math>g_k</math> [kN/m<sup>2</sup>]</b>		<b><math>g_k</math></b>	<b>3,15</b>

Tab. 3.2 Schichtaufbau der Trenndecke in Holz-Massivbauweise

## 3. 2 veränderliche Einwirkungen

### 3. 2. 1 Nutzlasten

Dieser Dachgeschossausbau wird als Wohnraum genutzt. Die Nutzlasten werden gemäß ÖN EN 1991 - 1 - 1 und ÖN B 1991 - 1 - 1 ermittelt.

Kategorie A1: Wohnflächen

Der Berechnung werden folgende Einwirkungen zugrunde gelegt.

Nutzlast flächig:

- Decken:  $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$
- Treppen:  $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$

Nutzlast lokal:  $Q_k = 2,0 \text{ kN}$

Zwischenwandzuschlag:  $q_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$

### 3. 2. 2 Einwirkungen aus Schnee

Die Einwirkungen aus Schnee werden gemäß der Regelungen von ÖN EN 1991 - 1 - 3 und ÖN B 1991 - 1 - 3 ermittelt.

Standort: Graz

Schneelastzone:  $Z = 2$

Seehöhe:  $A = 353,0$  m.ü.A.

charakteristische Schneelast am Boden:

$$s_k = (0,642 \cdot Z + 0,0009) \cdot \left[ 1 + \left( \frac{A}{728} \right)^2 \right] = 1,65 \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

charakteristische Schneelast am Dach:

$$s_k = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

mit:

$$C_e = C_t = 1,0$$

$$\mu = 0,80 \quad \dots \text{ gültig für Dachneigungen } 0^\circ < \alpha < 30^\circ$$

Der Schnee wird nur auf den oberen Flächen des Mansardendaches, wie für ein Satteldach, angesetzt, da die Seitenflächen eine Neigung größer  $60^\circ$  und sich der Formbeiwert  $\mu$  für diese Dachneigung zu  $\mu = 0$  ergibt.

#### Fall 1 – Schnee voll

Im ersten Belastungsfall wirkt über das gesamte Dach eine Schneebelastung von

$$s_k = 0,80 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,65 = 1,32 \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

#### Fall 2 – Schnee voll + Schnee halb

Im zweiten Belastungsfall wirkt auf einer Seite des Satteldaches eine Einwirkung aus Schnee von

$$s_k = 0,5 \cdot 0,80 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,65 = 0,66 \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

und auf der anderen

$$s_k = 0,80 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,65 = 1,32 \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

### Fall 3 – Schnee voll + Schnee halb

Der dritte Belastungsfall ist gespiegelt zum Zweiten.

#### 3. 2. 3 Einwirkungen aus Wind

Die Einwirkungen aus Wind werden gemäß der Regelungen der ÖN EN 1991 - 1 - 4 und ÖN B 1991 - 1 - 4 ermittelt.

Standort: Graz

Gebäudeabmessungen:

Höhe:  $h = 21,0 \text{ m}$

Wand  $\perp$  zum First:  $l = 14,0 \text{ m}$

Wand  $\parallel$  zum First:  $b = 20 \text{ m}$

Geländekategorie: III

(Gebiete mit gleichmässiger Vegetation oder Bebauung oder mit einzelnen Objekten mit Abständen von weniger als der 20-fachen Hindernishöhe (z.B. Dörfer, verstädtische Bebauung, Waldgebiete))

#### Basisgeschwindigkeit $v_b$ und Basisgeschwindigkeitsdruck $q_b$

Für den Standort Graz gilt:

Basisgeschwindigkeit:  $v_b = 20,4 \text{ m/sec}$

Basisgeschwindigkeitsdruck:  $q_b = 0,26 \text{ kN/m}^2$

#### Böengeschwindigkeit $q_b(z)$

Die Böengeschwindigkeit errechnet sich mit:

$$C_e = 1,75 \cdot \left( \frac{z}{10} \right)^{0,29} = 1,75 \cdot \left( \frac{21,0}{10} \right)^{0,29} = 2,17$$

$$q_b(z) = C_e \cdot q_b = 2,17 \cdot 0,26 = 0,56 \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

## Innendrucke

Die Innendrucke errechnen sich zu:

$$w_i = c_{pi} \cdot q_b(z) \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

mit:

$$c_{pi} = +0,2 \quad \dots \quad \text{nach Außen gerichtet (Druck)}$$

$$c_{pi} = -0,3 \quad \dots \quad \text{nach Innen gerichtet (Sog)}$$

$$w_i = 0,2 \cdot 0,56 = 0,11 \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

$$w_i = -0,3 \cdot 0,56 = -0,17 \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

Die Innendrucke sind nach den Festlegungen der folgenden Abbildung mit den Außendrucke zu kombinieren.

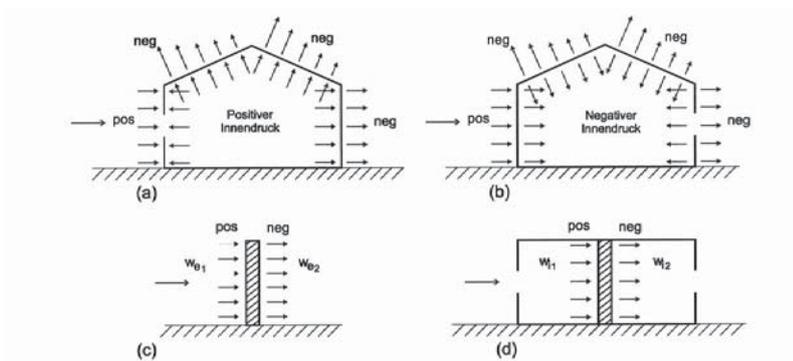


Abb. 3.3 Überlagerung von negativen und positiven Innen- und Außendrucke

Wind auf vertikale Flächen

Die Einteilung und Berechnung der Wandflächen basiert auf nachstehender Abbildung.

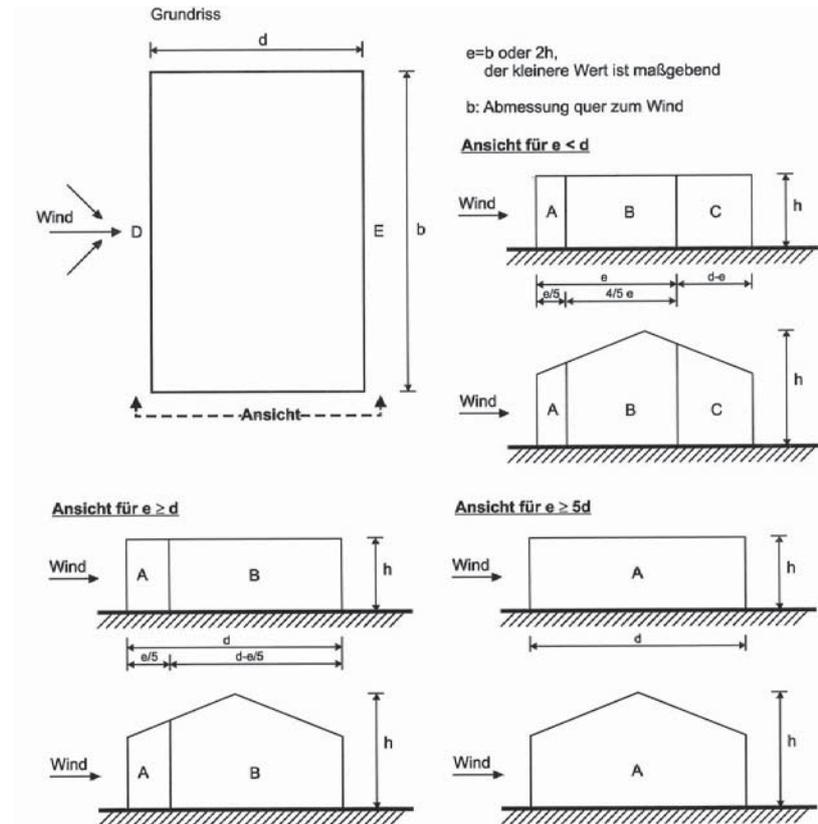


Abb. 3.4 Wandeinteilung [66]

Die Außendruckbeiwerte werden aus den nachstehenden Tabellen entnommen:

h/b	A, B, C für d/lb								
	≤ 0,2			0,7			1,0		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
≤ 0,5	-1,00	-0,70	-0,40	-1,00	-0,70	-0,40	-1,00	-0,70	-0,40
2	-1,20	-0,80	-	-1,20	-0,90	-	-1,20	-0,80	-0,45
5	-1,35	-1,00	-	-1,45	-1,10	-	-1,30	-0,90	-0,50
10	-1,50	-1,20	-	-1,65	-1,30	-	-1,40	-1,00	-0,60
20	-1,65	-1,40	-	-1,80	-1,50	-	-1,50	-1,15	-0,70
≥ 50	-1,75	-1,50	-	-1,90	-1,70	-	-1,60	-1,35	-0,85

h/b	A, B, C für d/lb								
	2,0			5,0			≥ 10		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
≤ 0,5	-1,00	-0,70	-0,40	-1,00	-0,70	-0,40	-1,00	-0,70	-0,40
2	-1,10	-0,75	-0,40	-1,10	-0,70	-0,40	-1,10	-0,70	-0,40
5	-1,25	-0,85	-0,45	-1,20	-0,75	-0,40	-1,20	-0,70	-0,40
10	-1,35	-0,90	-0,50	-1,30	-0,80	-0,45	-1,30	-0,70	-0,40
20	-1,45	-0,95	-0,55	-1,35	-0,85	-0,50	-1,35	-0,75	-0,40
≥ 50	-1,50	-1,00	-0,60	-1,40	-0,90	-0,50	-1,40	-0,75	-0,40

Dabei ist  $c_{pe,1} = 1,25 \cdot c_{pe,10}$  anzusetzen.

Tabelle 3 – Außendruckbeiwerte  $c_{pe,10}$  für Flächen D, E für prismatische Baukörper

h/b	D	E für d/lb					
		≤ 0,2	0,7	1,0	2,0	5,0	10,0
		≤ 0,5	0,8	-0,25	-0,35	-0,30	-0,15
2	0,8	-0,35	-0,45	-0,35	-0,20	-0,15	-0,15
5	0,8	-0,50	-0,75	-0,55	-0,30	-0,15	-0,15
10	0,8	-0,75	-1,10	-0,85	-0,50	-0,20	-0,15
20	0,8	-1,00	-1,35	-1,10	-0,65	-0,20	-0,15
≥ 50	0,8	-1,20	-1,60	-1,30	-0,85	-0,20	-0,15

Tab. 3.3 Außendruckbeiwerte [66]

Die Windbelastung auf die Seitenwände des Gebäudes errechnet sich zu

$$w_e = c_{pe} \cdot q_b(z) \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

mit:

$$q_b(z) = 0,56 \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

Wind auf Giebelwand:

$$e = \min \begin{cases} 2 \cdot h = 2 \cdot 21,00 = 27,80\text{m} \\ b = 14,0\text{m} \end{cases} = 14,0\text{m}$$

$$\frac{h}{b} = \frac{21,0}{14,0} = 1,5$$

$$\frac{d}{b} = \frac{20,0}{14,0} = 1,43$$

Bereich	Außendruckbeiwert $c_{pe}$	Windbelastung $w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]
A	-1,10	-0,62
B	-0,75	-0,42
C	-0,40	-0,22
D	+0,80	+0,45
E	-0,20	-0,11

Tab. 3.4 Windbelastung

Aus der nachstehenden Tabelle ist die resultierende Windbelastung ( $w = w_e - w_i$ ) für die Giebelwände zu entnehmen. Die Maximalwerte für den jeweiligen Wandbereich (A, B, C, D und E) werden hervorgehoben dargestellt.

Bereich	Windbelastung $w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Windbelastung $w_i$ [kN/m <sup>2</sup> ] ( $w_i = 0,11$ kN/m <sup>2</sup> )	Windbelastung $w_i$ [kN/m <sup>2</sup> ] ( $w_i = -0,17$ kN/m <sup>2</sup> )
A	-0,62	<b>-0,73</b>	-0,45
B	-0,42	<b>-0,53</b>	0,25
C	-0,22	<b>-0,34</b>	-0,06
D	+0,45	0,34	<b>0,62</b>
E	-0,11	<b>-0,22</b>	0,06

Tab. 3.5 summierte Windbelastung [kN/m<sup>2</sup>]

Wind auf Seitenwand:

$$e = \min \begin{cases} 2 \cdot h = 2 \cdot 21,0 = 42,0\text{m} \\ b = 20,0\text{m} \end{cases} = 20,0\text{m}$$

$$\frac{h}{b} = \frac{21,0}{20,0} = 1,05$$

$$\frac{d}{b} = \frac{14,0}{20,0} = 0,70$$

Bereich	Außendruckbeiwert $c_{pe}$	Windbelastung $w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]
A	-1,20	-0,67
B	-0,90	-0,50
C	-	-
D	0,80	0,45
E	-0,20	-0,11

Tab. 3.6 Windbelastung

Aus nachstehender Tabelle ist die resultierende Windbelastung für die Seitenwand zu entnehmen. Die Maximalwerte für den jeweiligen Wandbereich (A, B, D und E) sind hervorgehoben dargestellt.

Bereich	Windbelastung $w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Windbelastung $w_i$ [kN/m <sup>2</sup> ] ( $w_i = 0,11$ kN/m <sup>2</sup> )	Windbelastung $w_i$ [kN/m <sup>2</sup> ] ( $w_i = -0,17$ kN/m <sup>2</sup> )
A	-0,67	<b>-0,78</b>	-0,50
B	-0,50	<b>-0,62</b>	-0,34
D	0,45	0,34	<b>0,62</b>
E	-0,11	<b>-0,22</b>	0,06

Tab. 3.7 summierte Windbelastung [kN/m<sup>2</sup>]

Wind auf die Dachflächen

Die Einteilung der Dachflächen basiert auf nachstehender Abbildung.

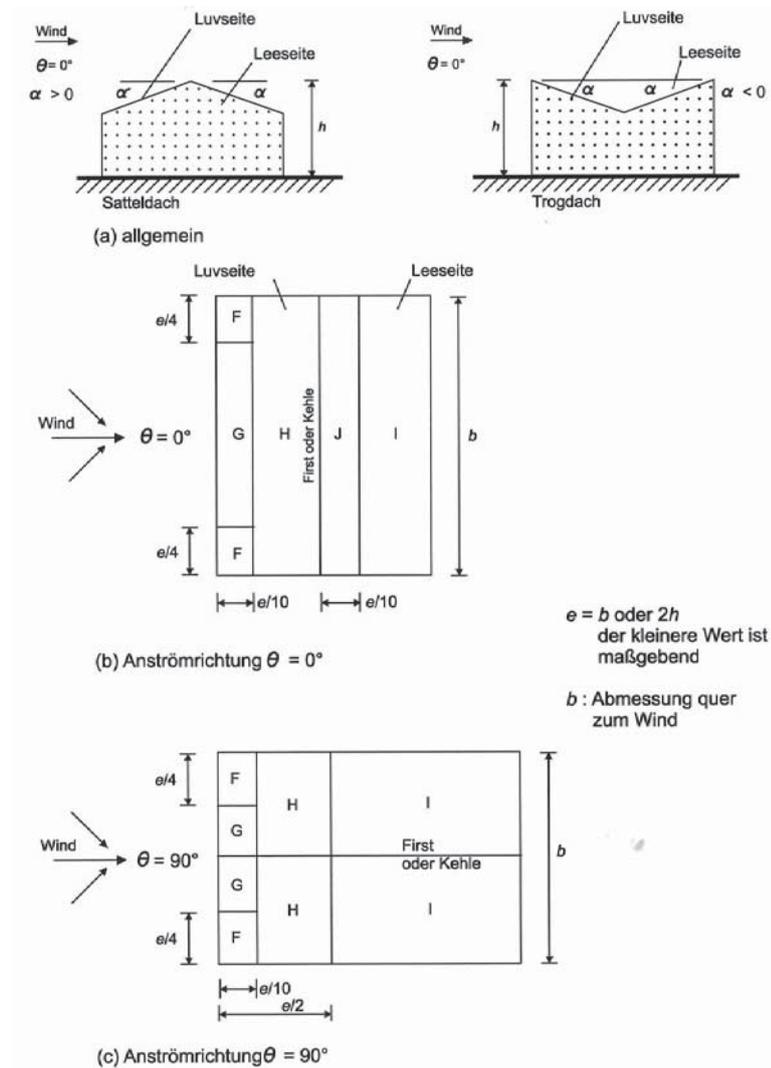


Abb. 3.5 Einteilung der einzelnen Teilbereiche bei Windbeanspruchung [66]

Der Windbelastung auf die Dachflächen errechnet sich zu:

$$w_e = c_{pe} \cdot q_b(z) \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

mit:

$$q_b(z) = 0,56 \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

Für die Dachflächen mit einem Dachneigungswinkel von  $\alpha = 15,00^\circ$  ergibt sich:

**Wind auf Seitenwand**  $\Theta = 0^\circ$  (Anströmrichtung senkrecht zum First)

Die Flächeinteilung wird aus der Abb. 3.5 übernommen. Die Außendruckbeiwerte werden aus nachstehender Tabelle entnommen.

Neigungs- winkel $\alpha$	Bereich für die Anströmrichtung $\Theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

Tab. 3.8 Außendruckbeiwerte  $c_{pe}$  für  $\Theta = 0^\circ$  [66]

Die Außendruckbeiwerte wurden mittels Interpolation ermittelt. Damit ergibt sich eine resultierende Windbelastung für die einzelnen Dachbereiche von

Bereich	Außendruckbeiwert $c_{pe}$	Windbelastung $w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]
F	-0,90 / 0,20	-0,50 / 0,11
G	-0,80 / 0,20	-0,45 / 0,11
H	-0,30 / 0,20	-0,17 / 0,11
I	-0,40 / 0	-0,22 / 0
J	-1,00 / 0	-0,56 / 0

Tab. 3.9 Windbelastungen  $w_e$  auf die einzelnen Dachbereiche

Aus nachstehender Tabelle ist die resultierende Windbelastung für eine Anströmrichtung senkrecht zum First zu entnehmen.

Bereich	Windbelastung $w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Windbelastung $w_i$ [kN/m <sup>2</sup> ] ( $w_i = 0,11$ kN/m <sup>2</sup> )	Windbelastung $w_i$ [kN/m <sup>2</sup> ] ( $w_i = -0,17$ kN/m <sup>2</sup> )
F	-0,50 / 0,11	-0,62 / 0	-0,34 / 0,28
G	-0,45 / 0,11	-0,56 / 0	-0,28 / 0,28
H	-0,17 / 0,11	-0,28 / 0	0 / 0,28
I	-0,22 / 0	-0,34 / -0,11	-0,06 / 0,17
J	-0,56 / 0	-0,67 / -0,11	-0,39 / 0,17

Tab. 3.10 resultierende Windbelastung für die einzelnen Dachbereiche [kN/m<sup>2</sup>]

Die Maximal- bzw. Minimalwerte der Bereiche F, G und H sind mit den Maximal- bzw. Minimalwerten der Bereiche I und J zu kombinieren. Daraus ergibt sich eine Winddruckbelastung auf die jeweiligen Dachbereiche von:

Minimal Werte:

$$w_{i,j} = -0,67 \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

$$w_{F,G,H} = -0,62 \quad \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Maximal Werte:

$$w_{i,j} = 0,17 \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

$$w_{F,G,H} = 0,28 \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

Wind auf Giebelseite  $\Theta = 90^\circ$  (Anströmrichtung parallel zum First):

Neigungswinkel $\alpha$	Bereich für die Anströmrichtung $\Theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

Tab. 3.11 Außendruckbeiwerte  $c_{pe}$  für  $\Theta = 90^\circ$  [66]

Die Außendruckbeiwerte  $c_{pe}$  wurden mittels Interpolation ermittelt. Damit ergibt sich eine Windbelastung von:

Bereich	Außendruckbeiwert $c_{pe}$	Windbelastung $w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]
F	-1,30	-0,73
G	-1,30	-0,73
H	-0,60	-0,34
I	-0,50	-0,28

Tab. 3.12 Windbelastung  $w_e$  auf die einzelnen Dachbereiche

Aus nachstehender Tabelle ist die resultierende Windbelastung für eine Anströmrichtung parallel zum First und für die einzelnen Dachbereiche zu entnehmen.

Bereich	Windbelastung $w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Windbelastung $w_i$ [kN/m <sup>2</sup> ] ( $w_i = 0,11$ kN/m <sup>2</sup> )	Windbelastung $w_i$ [kN/m <sup>2</sup> ] ( $w_i = -0,17$ kN/m <sup>2</sup> )
F	-0,73	<b>-0,84</b>	-0,56
G	-0,73	<b>-0,84</b>	-0,56
H	-0,34	<b>-0,45</b>	-0,17
I	-0,28	<b>-0,39</b>	-0,11

Tab. 3.13 resultierende Windbelastung für die einzelnen Dachbereiche [kN/m<sup>2</sup>]

Für die Dachflächen mit einem Dachneigungswinkel von  $\alpha = 65,00^\circ$  ergibt sich:

**Wind auf Seitenwand**  $\Theta = 0^\circ$ : (Anströmrichtung senkrecht zum First)

Die Außendruckbeiwerte wurden aus Tab. 3.12 entnommen.

Die Außendruckbeiwerte wurden mittels Interpolation ermittelt. Damit ergibt sich eine resultierende Windbelastung für die einzelnen Dachbereiche von:

Bereich	Außendruckbeiwert $c_{pe}$	Windbelastung $w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]
F	+0,73	+0,41
G	+0,73	+0,41
H	+0,73	+0,41
I	-0,20	-0,11
J	-0,30	-0,17

Tab. 3.14 Windebelastung auf das Dach

Aus nachstehender Tabelle ist die resultierende Windbelastung für eine Anströmrichtung senkrecht zum First für die einzelnen Dachbereiche zu entnehmen.

Bereich	Windbelastung $w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Windbelastung $w_i$ [kN/m <sup>2</sup> ] ( $w_i = 0,11$ kN/m <sup>2</sup> )	Windbelastung $w_i$ [kN/m <sup>2</sup> ] ( $w_i = -0,17$ kN/m <sup>2</sup> )
F	+0,41	+0,30	+0,58
G	+0,41	+0,30	+0,58
H	+0,41	+0,30	+0,58
I	-0,11	-0,22	+0,06
J	-0,17	-0,28	+0,00

Tab. 3.15 resultierende Windbelastung für die einzelnen Bereiche [kN/m<sup>2</sup>]

Die Maximal- bzw. Minimalwerte der Bereiche F, G und H sind mit den Maximal- bzw. Minimalwerte der Bereiche I und J zu kombinieren. Daraus ergibt sich eine Winddruckbelastung auf das Dach von:

Minimal Werte:

$$w_{i,j} = -0,28 \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

$$w_{F,G,H} = 0,30 \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

Maximal Werte:

$$w_{i,j} = 0,06 \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

$$w_{F,G,H} = 0,58 \quad \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

Wind auf Giebelseite  $\Theta = 90^\circ$  (Anströmrichtung parallel zum First):

Die Außendruckbeiwerte wurden mittels Interpolation aus Abb. 3.11 ermittelt. Damit ergibt sich eine resultierende Windbelastung von:

Bereich	Außendruckbeiwert $c_{pe}$	Windbelastung $w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]
F	-1,10	-0,62
G	-1,20	-0,67
H	-0,80	-0,45
I	-0,50	-0,28

Tab. 3.16 Windbelastungen  $w_e$  auf die Dachbereiche

Aus nachstehender Tabelle ist die Windbelastung für eine Anströmrichtung parallel zum First zu entnehmen.

Bereich	Windbelastung $w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Windbelastung $w_i$ kN/m <sup>2</sup> ( $w_i = 0,112$ kN/m <sup>2</sup> )	Windbelastung $w_i$ kN/m <sup>2</sup> ( $w_i = -0,168$ kN/m <sup>2</sup> )
F	-0,62	<b>-0,73</b>	-0,45
G	-0,67	<b>-0,78</b>	-0,50
H	-0,45	<b>-0,56</b>	-0,28
I	-0,28	<b>-0,39</b>	-0,11

Tab. 3.17 resultierende Windbelastung für die einzelnen Dachbereiche [kN/m<sup>2</sup>]

Die markierten Werte sind maßgebend für die einzelnen Bereiche.

## 4 Lastfallkombinationen der Einwirkungen

[63]

Im Folgenden werden die Lastfallkombination zur Ermittlung der maßgebenden Beanspruchung der Bauteile und Verbindungsmittel aufgelistet.

Für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Allgemein lässt sich die Lastfallkombination bei ständiger oder vorübergehender Einwirkung (Grundkombination) darstellen mit:

$$\sum \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Für die außergewöhnliche Lastfallkombination (Brand) gilt:

$$\sum G_{k,i} + \psi_{2,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Für Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind folgende Kombinationen anzusetzen:

charakteristische Kombination

$$\sum G_{k,i} + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

quasi-ständige Kombination

$$\sum G_{k,i} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Die Teilsicherheitsbeiwerte können gemäß ÖN EN 1990 aus nachstehender Tabelle entnommen werden.

Einwirkung	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
<b>Nutzlasten im Hochbau</b>			
Wohngebäude	0,7	0,5	0,3
<b>Schneelasten im Hochbau</b>			
> 1000 m ü. NN	0,7	0,5	0,2
< 1000 m ü. NN	0,5	0,2	0
<b>Windlasten im Hochbau</b>			
	0,6	0,2	0

Tab. 4.1 Teilsicherheitsbeiwerte nach ON EN 1990

## 4. 1 Lastfallkombinationen für das Dach

Folgende Lastfallkombinationen sind für die Bemessung des Daches zu berücksichtigen.

### 4. 1. 1 Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit - Grundkombination

Fall 1: maßgebender Lastfall (Schnee führend):

$$\sum 1,35 \cdot G_{k,i} + 1,50 \cdot S_k + 1,50 \cdot 0,60 \cdot W_k$$

Fall 2: nicht maßgebender Lastfall: (Wind führend):

$$\sum 1,35 \cdot G_{k,i} + 1,50 \cdot W_k + 1,50 \cdot 0,50 \cdot S_k$$

### 4. 1. 2 Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit - außergewöhnliche Lastfallkombination

$$\sum G_{k,i} + 0 \cdot S_k + 0 \cdot W_k$$

#### 4. 1. 3 Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit - charakteristische Lastfallkombination

Fall 1: maßgebender Lastfall (Schnee führend)

$$\sum G_{k,i} + S_k + 0,6 \cdot W_k$$

Fall 2: nicht maßgebender Lastfall: (Wind führend)

$$\sum G_{k,i} + W_k + 0,5 \cdot S_k$$

#### 4. 1. 4 Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit - quasi ständige Lastfallkombination

$$\sum G_{k,i} + 0 \cdot S_k + 0 \cdot W_k$$

### 4. 2 Lastfallkombinationen für die Geschosdecke

Folgende Lastfallkombinationen sind für die Bemessung der Geschosdecke anzusetzen.

#### 4. 2. 1 Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit - ständige Lastfallkombination

Fall 1: maßgebender Lastfall (Nutzlast führend):

$$\sum 1,35 \cdot G_{k,i} + 1,50 \cdot Q_k$$

#### 4. 2. 2 Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit - außergewöhnliche Lastfallkombination

$$\sum G_{k,i} + 0,3 \cdot Q_k$$

#### 4. 2. 3 Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit - charakteristische Lastfallkombination

Fall 1: maßgebender Lastfall (Nutzlast führend):

$$\sum G_{k,i} + Q_k$$

#### 4. 2. 4 Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit - quasi ständige Lastfallkombination

$$\sum G_{k,i} + 0,3 \cdot Q_k$$

## 5 Bemessung der BSP-Dachelemente

[67],[68]

Folgende Abbildung zeigt einen Überblick über die Spannrichtung der Brettsperrholzplatte. Die eingezeichneten Pfeile geben dabei die Richtung der Decklagen an.

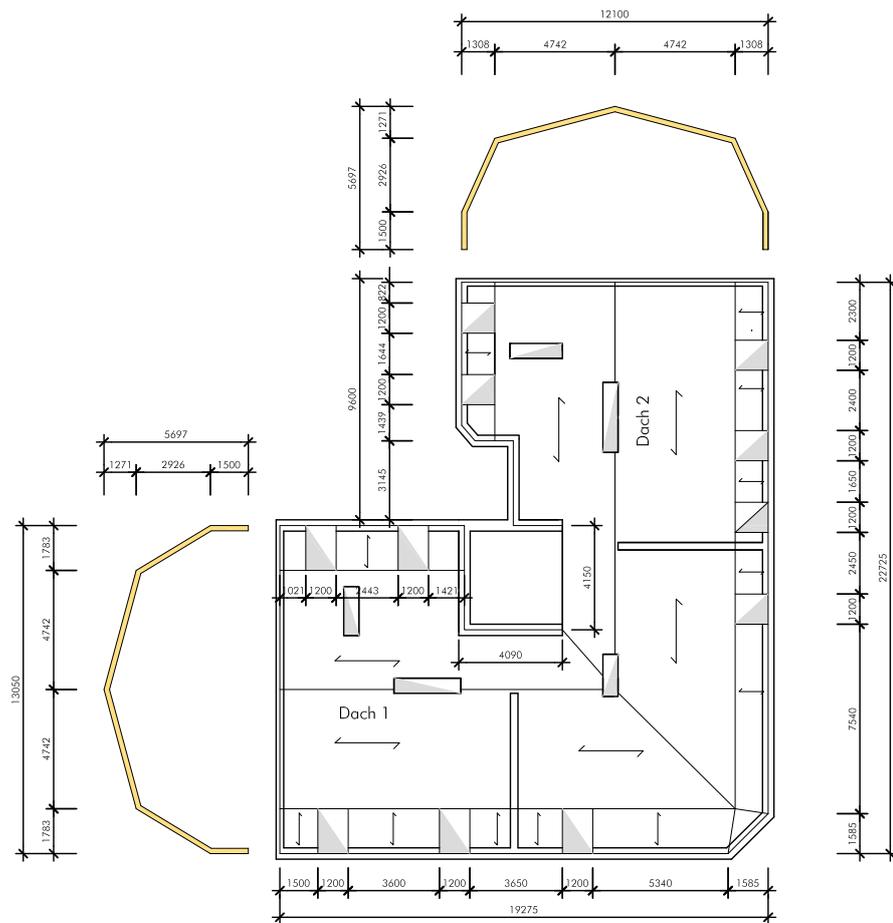


Abb. 5.1 Systemskizze M 1:300

## 5.1 Baustoffeigenschaften

Die Baustoffeigenschaften werden nachfolgend auf jene Festigkeitsklasse C24 nach ÖN EN 338 gewählt. Die nachstehende Tabelle zeigt die Festigkeitskennwerte. Der  $k_{\text{mod}}$ -Wert wurde mit 0,90 festgelegt, dies entspricht einer Nutzungsklasse von 1. und einer Klasse der Lasteinwirkungsdauer „kurz“.

C24			Modifikationsbeiwert
			0,90
Biegung	$f_{m,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	24,0	16,62
Zug	$f_{t,0,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,0	9,69
	$f_{t,90,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0,4	0,28
Druck	$f_{c,0,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	21,0	14,54
	$f_{c,90,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2,5	1,73
Schub und Torsion	$f_{v,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2,7	1,87
Rollschub	$f_{r,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1,0	0,69
Elastizitätsmodul	$E_{0,\text{mean}}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	11.000	
	$E_{90,\text{mean}}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	370	
	$E_{0,05}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	7.333	
Schubmodul	$G_{0,\text{mean}}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	690	
	$G_{90,\text{mean}}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	69	
	$G_{0,05}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	460	
Rohdichte	$\rho_k$ [kg/m <sup>3</sup> ]	350	

Tab. 5.1 Baustoffeigenschaften für die Festigkeitsklasse C24 nach ÖN EN 338

## 5.2 Ermittlung der Querschnittswerte

Der Vergleichs-E-Modul wurde mit  $E_{ref} = 11.000 \text{ N/mm}^2$  angenommen.

Die Nachweisführung für die BSP-Elemente des bearbeiteten Dachgeschossausbaus erfolgen auf Basis eines Trägerrostmodells. Dazu werden vorab die Querschnittswerte um die y-Achse (starke Achse) bzw. die x-Achse (schwache Achse) benötigt. Zur Anwendung kommt ein 5-schichtiges, 184 mm dickes Brettsperrholz-Element mit den Lagenstärken 39 - 33 - 40 - 33 - 39 mm. Die Berechnung der Tragstruktur erfolgt mit Hilfe des Programmpakets RFEM 4 unter Berücksichtigung des orthotropen Materialverhaltens um beide Achsen. Die Eingabe erfolgt dabei auf Basis von äquivalenten Dicken um beide Achsen. Die Steifigkeiten der Querlagen werden vernachlässigt.

### 5.2.1 Querschnittswerte um die y-Achse (starke Achse)

Der nachstehenden Tabelle sind die Querschnittswerte um die y-Achse (starke Achse) zu entnehmen.

Nr.	b [mm]	h [mm]	E-Modul [N/mm <sup>2</sup> ]	m	A [mm <sup>2</sup> ]	m <sup>2</sup> A [mm <sup>2</sup> ]	e [mm]	m <sup>2</sup> A <sup>2</sup> e [mm <sup>3</sup> ]	m <sup>2</sup> A <sup>2</sup> e <sup>2</sup> [mm <sup>4</sup> ]	I [mm <sup>4</sup> ]	m <sup>2</sup> I [mm <sup>4</sup> ]
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	164,50	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	164,50	0,00	0,00	0,00	0,00
5	1000,00	39,00	11000,00	1,00	39000,00	39000,00	145,00	5655000,00	819975000,00	4943250,00	4943250,00
4	1000,00	33,00	0,00	0,00	33000,00	0,00	109,00	0,00	0,00	2994750,00	0,00
3	1000,00	40,00	11000,00	1,00	40000,00	40000,00	72,50	2900000,00	210250000,00	5333333,33	5333333,33
2	1000,00	33,00	0,00	0,00	33000,00	0,00	36,00	0,00	0,00	2994750,00	0,00
1	1000,00	39,00	11000,00	1,00	39000,00	39000,00	0,00	0,00	0,00	4943250,00	4943250,00
					184000,00	118000,00		8555000,00	1030225000,00		15219833,33

184,00

Schwerpunktsabstand: 72,50 [mm]  
 Schwerpunktsabstand von UK BSH: 92,00 [mm]

**I<sub>y</sub> = 1045444833,33 [mm<sup>4</sup>]**

Trägheitsmoment um Schwerpunkt I<sub>y</sub> = 425207333,33 [mm<sup>4</sup>]      i<sub>y</sub> = 60,03 [mm]

Tab. 5.2 Querschnittswerte um die starke Achse

- Ermittlung der effektiven Biegesteifigkeit  $k_{eff}$ :

$$K_{eff} = 11000 \cdot 425207333 = 4,68 \cdot 10^{12} \quad [\text{Nm}^2]$$

- Ermittlung der effektiven Dehnsteifigkeit  $EA_{eff}$ :

$$(E \cdot A)_{eff} = 11000 \cdot 118000 = 1,30 \cdot 10^9 \quad [\text{N}]$$

- Ermittlung des Schubsteifigkeit  $S_{eff}$ :

$$S_{eff} = 0,24 \cdot 1000 \cdot (2 \cdot 39 \cdot 690 + 40 \cdot 680 + 2 \cdot 33 \cdot 69)$$

$$S_{eff} = 0,24 \cdot 8,52 \cdot 10^7 = 2,04 \cdot 10^7 \quad [\text{N}]$$

### 5.2.2 Querschnittswerte um die x-Achse (schwache Achse)

Die nachstehende Tabelle enthält die Querschnittswerte um die x-Achse (schwache Achse).

Nr.	b [mm]	h [mm]	E-Modul [N/mm <sup>2</sup> ]	m	A [mm <sup>2</sup> ]	m <sup>2</sup> A [mm <sup>2</sup> ]	e [mm]	m <sup>2</sup> A <sup>2</sup> e [mm <sup>2</sup> ]	m <sup>2</sup> A <sup>2</sup> e <sup>2</sup> [mm <sup>4</sup> ]	I [mm <sup>4</sup> ]	m <sup>4</sup> I [mm <sup>4</sup> ]
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	164,50	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	164,50	0,00	0,00	0,00	0,00
5	1000,00	39,00	0,00	0,00	39000,00	0,00	145,00	0,00	0,00	4943250,00	0,00
4	1000,00	33,00	11000,00	1,00	33000,00	33000,00	109,00	3597000,00	392073000,00	2994750,00	2994750,00
3	1000,00	40,00	0,00	0,00	40000,00	0,00	72,50	0,00	0,00	5333333,33	0,00
2	1000,00	33,00	11000,00	1,00	33000,00	33000,00	36,00	1188000,00	42768000,00	2994750,00	2994750,00
1	1000,00	39,00	0,00	0,00	39000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4943250,00	0,00
					184000,00	66000,00		4785000,00	434841000,00		5989500,00

184,00

 $I_x = 440830500,00 \text{ [mm}^4\text{]}$ 

 Schwerpunktsabstand: 72,50 [mm]  
 Schwerpunktsabstand von UK BSH: 92,00 [mm]

 Trägheitsmoment um Schwerpunkt  $I_{xSP} = 93918000,00 \text{ [mm}^4\text{]}$   $i_{xSP} = 37,72 \text{ [mm]}$ 

Tab. 5.3 Querschnittswerte um die schwache Achs

- Ermittlung der effektiven Biegesteifigkeit  $k_{eff}$ :

$$K_{eff} = 11000 \cdot 93918000 = 1,03 \cdot 10^{12} \quad [\text{Nmm}^2]$$

- Ermittlung der effektiven Dehnsteifigkeit  $EA_{eff}$ :

$$(E \cdot A)_{eff} = 11000 \cdot 66000 = 7,26 \cdot 10^8 \quad [\text{N}]$$

- Ermittlung des Schubsteifigkeit  $S_{eff}$ :

$$S_{eff} = 0,24 \cdot 1000 \cdot (2 \cdot 33 \cdot 690 + 40 \cdot 68 + 2 \cdot 39 \cdot 69)$$

$$S_{eff} = 0,24 \cdot 5,36 \cdot 10^7 = 1,29 \cdot 10^7 \quad [\text{N}]$$

### 5.2.3 Ermittlung der Orthotropiedicken

Die Ermittlung der äquivalenten Schichtdicken des orthotropen Brettsperrholz-Elementes erfolgt durch Bezug auf einen 1 m-Plattenstreifen. Allgemein lässt sich diese nach folgender Formel ermitteln.

$$d = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot J_{eff}}{b}}$$

um die y-Achse (starke Achse)

$$d_y = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 4,25 \cdot 10^8}{1000}} = 172,2 \quad [\text{mm}]$$

um die x-Achse (schwache Achse)

$$d_x = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 9,39 \cdot 10^7}{1000}} = 104,1 \quad [\text{mm}]$$

## 5.3 Bemessung Dach 1

### 5.3.1 Nachweisführung in Längsrichtung (Richtung der Decklagen)

In Längsrichtung sind 3 Lagen der Brettspertholzplatte wirksam.

Der nachstehenden Tabelle sind die maßgebenden Schnittkräfte für die Nachweisführung zu entnehmen.

führende LFK	Schnee halbseitig	
Fall	A	B
	maximale Normalkraft	maximales Moment
$n_x$ [kN/m]	-91,81	-23,90
$m_x$ kN/m]	-5,21	-22,82

Tab. 5.4 maßgebende Schnittkräfte für die Nachweisführung in Längsrichtung

#### Fall A (max N - zugeh. M)

Ermittlung der Normalspannungen

$$\sigma_{c,d} = \frac{91,81 \cdot 10^3}{1,30 \cdot 10^9} \cdot 11000 = 0,78 \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{5,21 \cdot 10^6}{4,68 \cdot 10^{12}} \cdot 11000 \cdot \frac{184}{2} = 1,13 \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Bestimmung des Knickbeiwertes  $k_c$

- Berechnung der elastischen, ideellen Knicklast  $n_{cr}$  im Bereich des Fensterabschnittes

$$n_{cr,1} = \frac{4,68 \cdot 10^{12} \cdot \pi^2}{1200^2 \cdot \left( 1 + \frac{4,68 \cdot 10^{12}}{1200^2 \cdot 8,52 \cdot 10^7} \right)} = 3,09 \cdot 10^7 \quad [\text{N}]$$

$$n_{cr,2} = \frac{4,68 \cdot 10^{12} \cdot \pi^2}{1200^2} = 3,21 \cdot 10^7 \quad [\text{N}]$$

$$n_{cr} = \min \begin{cases} n_{cr,1} = 3,09 \cdot 10^7 \\ n_{cr,2} \end{cases} \quad [\text{N}]$$

- Bestimmung der relativen Schlankheit  $\lambda_{rel}$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{118000 \cdot 23,0}{3,09 \cdot 10^7}} = 0,30$$

- Bestimmung des Wertes k:

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,30 + 0,30) + 0,30^2] = 0,575$$

- Bestimmung des Knickbeiwertes  $k_c$ :

$$k_c = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{1}{0,575 + \sqrt{0,575^2 - 0,30^2}} \end{array} \right. = 0,94 = 0,94$$

Nachweisführung

$$\frac{0,78}{17,28 \cdot 0,94} + \frac{1,13}{1,1 \cdot 17,28} = 0,12 \leq 1,0$$

**Fall B (max. M - zugeh. N)**

Ermittlung der Normalspannungen

$$\sigma_{c,d} = \frac{23,90 \cdot 10^3}{1,30 \cdot 10^9} \cdot 11000 = 0,20 \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{22,82 \cdot 10^6}{4,68 \cdot 10^{12}} \cdot 11000 \cdot \frac{184}{2} = 4,93 \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Bestimmung von  $k_c$

- Berechnung der elastischen, ideellen Knicklast  $n_{cr}$

$$n_{cr,1} = \frac{4,68 \cdot 10^{12} \cdot \pi^2}{9400^2 \cdot \left( 1 + \frac{4,68 \cdot 10^{12}}{9400^2 \cdot 8,52 \cdot 10^7} \right)} = 5,22 \cdot 10^5 \quad [\text{N}]$$

$$n_{cr,2} = \frac{4,68 \cdot 10^{12} \cdot \pi^2}{9400^2} = 5,23 \cdot 10^5 \quad [\text{N}]$$

$$n_{cr} = \min \left\{ \begin{array}{l} n_{cr,1} \\ n_{cr,2} \end{array} \right. = 5,22 \cdot 10^5 \quad [\text{N}]$$

- Bestimmung der relativen Schlankheit  $\lambda_{\text{rel}}$

$$\lambda_{\text{rel}} = \sqrt{\frac{118000 \cdot 23,0}{5,22 \cdot 10^5}} = 2,28$$

- Bestimmung des Wertes k:

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (2,28 + 0,30) + 2,28^2] = 3,23$$

- Bestimmung des Knickbeiwertes  $k_c$ :

$$k_c = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{1}{3,23 + \sqrt{3,23^2 - 2,28^2}} \end{array} \right. = 0,18 = 0,18$$

Nachweisführung

$$\frac{0,20}{17,28 \cdot 0,18} + \frac{4,93}{1,1 \cdot 17,28} = 0,34 \leq 1,0$$

### 5.3.2 Nachweisführung in Querrichtung (normal zu den Decklagen)

In Querrichtung sind 2 Lagen der Brettsperrholzplatte wirksam.

Der nachstehenden Tabelle sind die maßgebenden Schnittkräfte für die Nachweisführung zu entnehmen.

führende LFK	Schnee halbseitig	
Fall	A	B
	maximale Normalkraft	maximales Moment
$n_Y$ [kN/m]	-65,09	-23,06
$m_Y$ kN/m]	0,86	6,74

Tab. 5.5 maßgebende Schnittkräfte für die Nachweisführung in Querrichtung

#### Fall A (max. N - zugeh. M)

Ermittlung der Normalspannungen

$$\sigma_{c,d} = \frac{65,09 \cdot 10^3}{7,26 \cdot 10^8} \cdot 11000 = 0,99 \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{0,86 \cdot 10^6}{1,03 \cdot 10^{12}} \cdot 11000 \cdot \frac{106}{2} = 0,49 \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Bestimmung von  $k_c$

- Berechnung der elastischen, ideellen Knicklast  $n_{cr}$

$$n_{cr,1} = \frac{1,03 \cdot 10^{12} \cdot \pi^2}{4912^2 \cdot \left(1 + \frac{1,03 \cdot 10^{12}}{4912^2 \cdot 5,36 \cdot 10^7}\right)} = 4,21 \cdot 10^5 \quad [\text{N}]$$

$$n_{cr,2} = \frac{1,03 \cdot 10^{12} \cdot \pi^2}{4912^2} = 4,21 \cdot 10^5 \quad [\text{N}]$$

$$n_{cr} = \min \begin{cases} n_{cr,1} \\ n_{cr,2} \end{cases} = 4,21 \cdot 10^5 \quad [\text{N}]$$

- Bestimmung der relativen Schlankheit  $\lambda_{rel}$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{66000 \cdot 23,0}{4,21 \cdot 10^5}} = 1,99$$

- Bestimmung des Wertes  $k$ :

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,99 + 0,30) + 1,99^2] = 2,57$$

- Bestimmung des Knickbeiwertes  $k_c$ :

$$k_c = \min \begin{cases} 1,0 \\ \frac{1}{2,57 + \sqrt{2,57^2 - 1,98^2}} \end{cases} = 0,24 = 0,24$$

Nachweisführung

$$\frac{0,99}{17,28 \cdot 0,24} + \frac{0,49}{1,1 \cdot 17,28} = 0,43 \leq 1,0$$

**Fall B (max. M - zugeh. N)**

Ermittlung der Normalspannungen

$$\sigma_{c,d} = \frac{23,06 \cdot 10^3}{7,26 \cdot 10^8} \cdot 11000 = 0,35 \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{6,74 \cdot 10^6}{1,03 \cdot 10^{12}} \cdot 11000 \cdot \frac{106}{2} = 3,81 \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Nachweisführung

$$\frac{0,35}{17,28 \cdot 0,14} + \frac{3,81}{1,1 \cdot 17,28} = 0,34 \leq 1,0$$

## 5. 3. 3 Nachweisführung auf Schub

Der nachstehenden Tabelle sind die maßgebenden Schnittkräfte für die Nachweisführung auf Schub in Längsrichtung zu entnehmen.

Schubkräfte in Längsrichtung			
Fall	A	B	C
	max $v_x$	max $v_y$	max $n_{xy}$
$v_x$ [kN/m]	53,92	28,99	3,78
$v_y$ [kN/m]	3,06	33,37	10,80
$n_{xy}$ [kN/m]	14,70	52,13	63,17

Tab. 5.6 maßgebende Schubkräfte für die Nachweisführung auf Schub

**Fall A (max.  $v_x$  - zugeh.  $v_y$ )**

Ermittlung der Schubspannungen

$$\tau_{r,x,d} = \frac{53,92 \cdot 10^3}{4,68 \cdot 10^{12} \cdot 10^3} \cdot 11000 \cdot 10^3 \cdot 39 \cdot \left( \frac{39}{2} + 33 + \frac{40}{2} \right) = 0,36 \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\tau_{v,x,d} = \frac{53,92 \cdot 10^3}{4,68 \cdot 10^{12} \cdot 10^3} \cdot 11000 \cdot 10^3 \cdot \left( 39 \cdot 72,5 + \frac{40}{8} \right) = 0,36 \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\tau_{v,y,d} = \frac{3,06 \cdot 10^3}{1,03 \cdot 10^{12} \cdot 10^3} \cdot 11000 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot (40 + 33) \cdot \frac{1}{2} = 0,048 \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Bestimmung der Ersatzdicke  $t$ :

$$t_1' = \min \begin{cases} 2 \cdot t_1 = 2 \cdot 39 \\ t_2 = 33 \end{cases} = 33 \quad \text{mm}$$

$$t_2' = \min \begin{cases} t_2 = 33 \\ t_3 = 40 \end{cases} = 33 \quad \text{mm}$$

$$\sum t = 2 \cdot t_1' + 2 \cdot t_2' = 132 \quad \text{mm}$$

$$\tau_s = \frac{14,70 \cdot 10^3}{1000 \cdot 132} \cdot 1,5 = 0,17 \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

## Schubnachweis

Der kombinierte Schubnachweis wird mangels geregelter Nachweisführung, mit dem kombinierten Nachweis für Vollholz geführt.

$$\left(\frac{0,36}{1,94}\right)^2 + \left(\frac{0,048}{1,94}\right)^2 = 0,04 \leq 1,0$$

## Rollschubnachweis

$$\frac{0,36}{0,90} = 0,40 \leq 1,0$$

## Kombiniertes Nachweis aus Schubkraft und Querkraft

$$\left(\frac{0,36}{1,94}\right)^2 + \left(\frac{0,048}{1,94}\right)^2 + \frac{0,16}{3,60} = 0,08 \leq 1,0$$

**Fall B (max.  $v_y$  - zugeh.  $v_x$ )**

Ermittlung der Schubspannungen

$$\tau_{r,x,d} = \frac{28,99 \cdot 10^3}{4,68 \cdot 10^{12} \cdot 10^3} \cdot 11000 \cdot 10^3 \cdot 39 \cdot \left(\frac{39}{2} + 33 + \frac{40}{2}\right) = 0,19 \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\tau_{v,x,d} = \frac{28,99 \cdot 10^3}{4,68 \cdot 10^{12} \cdot 10^3} \cdot 11000 \cdot 10^3 \cdot \left(39 \cdot 72,5 + \frac{40}{8}\right) = 0,19 \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\tau_{v,y,d} = \frac{33,37 \cdot 10^3}{1,03 \cdot 10^{12} \cdot 10^3} \cdot 11000 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot (40 + 33) \cdot \frac{1}{2} = 0,52 \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\tau_s = \frac{52,13 \cdot 10^3}{1000 \cdot 132} \cdot 1,5 = 0,59 \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

## Schubnachweis

$$\left(\frac{0,19}{1,94}\right)^2 + \left(\frac{0,52}{1,94}\right)^2 = 0,08 \leq 1,0$$

## Rollschubnachweis

$$\frac{0,19}{0,90} = 0,21 \leq 1,0$$

Kombinierter Nachweis aus Schubkraft und Querkraft

$$\left(\frac{0,19}{1,94}\right)^2 + \left(\frac{0,52}{1,94}\right)^2 + \frac{0,59}{3,60} = 0,24 \leq 1,0$$

**Fall C (max.  $n_{xy}$  - zugeh.  $v_x$  - zugeh.  $v_y$ )**

Ermittlung der Schubspannungen

$$\tau_{r,x,d} = \frac{3,78 \cdot 10^3}{4,68 \cdot 10^{12} \cdot 10^3} \cdot 11000 \cdot 10^3 \cdot 39 \cdot \left(\frac{39}{2} + 33 + \frac{40}{2}\right) = 0,03 \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\tau_{v,x,d} = \frac{3,78 \cdot 10^3}{4,68 \cdot 10^{12} \cdot 10^3} \cdot 11000 \cdot 10^3 \cdot \left(39 \cdot 72,5 + \frac{40}{8}\right) = 0,03 \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\tau_{v,y,d} = \frac{10,80 \cdot 10^3}{1,03 \cdot 10^{12} \cdot 10^3} \cdot 11000 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot (40 + 33) \cdot \frac{1}{2} = 0,17 \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\tau_s = \frac{63,17 \cdot 10^3}{1000 \cdot 132} \cdot 1,5 = 0,72 \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

Schubnachweis

$$\left(\frac{0,03}{1,94}\right)^2 + \left(\frac{0,17}{1,94}\right)^2 = 0,0(08) \leq 1,0$$

Rollschubnachweis

$$\frac{0,03}{0,90} = 0,03 \leq 1,0$$

Kombinierter Nachweis aus Schubkraft und Querkraft

$$\left(\frac{0,03}{1,94}\right)^2 + \left(\frac{0,07}{1,94}\right)^2 + \frac{0,72}{3,60} = 0,21 \leq 1,0$$

## 5.3.4 Nachweisführung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Der nachstehenden Tabelle sind die maximalen Verformungen in Feldmitte zu entnehmen.

Verformung	[mm]
$w_1$	7,3
$w_2$	1,2
$w_3$	6,6

Tab. 5.7 maximale Verformung in Feldmitte aus RFEM3

mit:

$$\begin{aligned}
 w_1 & \dots \Sigma_{i>1} G_{k,i} \\
 w_2 & \dots \Sigma_{i>1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \\
 w_3 & \dots Q_{k,1} + \Sigma_{i>1} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}
 \end{aligned}$$

## Nachweisführung in Längsrichtung

$$l_{\max} = 9400 \text{ mm}$$

Lastfallkombinationen		Ermittlung der Verformung		Grenzwerte [mm]	
charakteristische Kombination	$t = 0$	6,6	<	9400 / 300	31,3
	$t = \infty$	$6,6 + 0,8 \cdot (7,3 + 1,2)$ = 13,4 mm	<	9400 / 200	47,0
quasi-ständige Kombination	$t = \infty$	$(1 + 0,8) \cdot (7,3 + 1,2)$ = 15,3 mm	<	9400 / 250	37,6

Tab. 5.8 Nachweisführung in Längsrichtung

### Nachweisführung in Querrichtung

$$l_{\max} = 4912 \text{ mm}$$

Lastfallkombinationen		Ermittlung der Verformung	Grenzwerte [mm]	
charakteristische Kombination	$t = 0$	6,6	< 4912 / 300	16,3
	$t = \infty$	$6,6 + 0,8 \cdot (7,3 + 1,2)$ = 13,4 mm	< 4912 / 200	24,6
quasi-ständige Kombination	$t = \infty$	$(1 + 0,8) \cdot (7,3 + 1,2)$ = 15,3 mm	< 4912 / 250	19,7

Tab. 5.9 Nachweisführung in Querrichtung

## 5. 4 Bemessung Dach 2

Die Nachweisführung für diesen Teil des Daches erfolgte mit dem Programm CLTdesigner des Institutes für Holzbau und Holztechnologie an der TU Graz.

### 5. 4. 1 Nachweisführung in Längsrichtung (in Richtung der Decklagen)

In Längsrichtung sind 3 Lagen der Brettsperrholzplatte wirksam.

Der nachstehenden Tabelle sind die maßgebenden Schnittkräfte zu entnehmen.

führende LFK	Schnee halbseitig	
	A	B
Fall		
	maximale Normalkraft	maximales Moment
$n_x$ [kN/m]	-68,67	-25,69
$m_x$ kN/m]	-10,12	-25,30

Tab. 5.10 maßgebende Schnittkräfte für die Nachweisführung in Längsrichtung

Fall A (max. N - zugeh. M)

3 Schnittgrößen, Bemessungsfaktoren und Ergebnisse

Biegemoment	$M_d = -10,12 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Normalkraft	$N_d = -68,67 \text{ kN}$
Querkraftkraft	$V_d = 0,0 \text{ kN}$
Knicklänge	$l_k = 1,2 \text{ m}$
Knickbeiwert	$k_c = 1,0$
Modifikationsbeiwert	$k_{mod} = 0,9$
Teilsicherheitsbeiwert	$\gamma_M = 1,3$
Systembeiwert	$k_1 = 1,1$

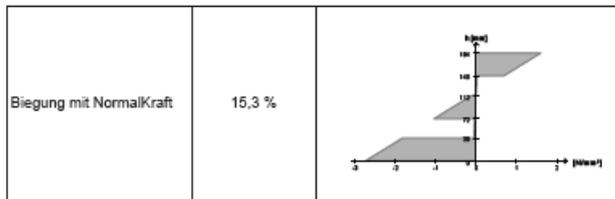


Abb. 5.2 Nachweisführung in Längsrichtung  $N_{max} - M_{zug}$

Fall B (max. M - zugeh. N)

3 Schnittgrößen, Bemessungsfaktoren und Ergebnisse

Biegemoment	$M_d = -25,3 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Normalkraft	$N_d = -25,69 \text{ kN}$
Querkraftkraft	$V_d = 0,0 \text{ kN}$
Knicklänge	$l_k = 10,51 \text{ m}$
Knickbeiwert	$k_c = 0,13$
Modifikationsbeiwert	$k_{mod} = 0,9$
Teilsicherheitsbeiwert	$\gamma_M = 1,3$
Systembeiwert	$k_1 = 1,1$

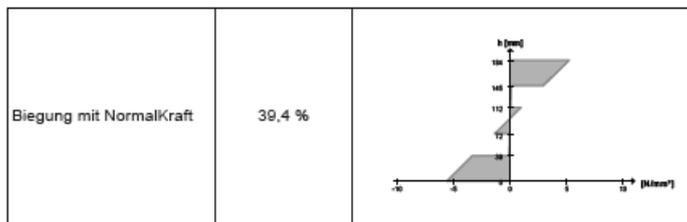


Abb. 5.3 Nachweisführung in Längsrichtung  $M_{max} - N_{zug}$

5. 4. 2 Nachweisführung in Querrichtung (normal zu den Decklagen)

In Querrichtung sind 2 Lagen der Brettsperrholzplatte wirksam.

Nachstehende Tabelle zeigt die maßgebenden Schnittkräfte.

führende LFK	Schnee halbseitig	
	A	B
Fall	maximale Normalkraft	maximales Moment
$n_Y$ [kN/m]	-65,84	-15,07
$m_Y$ kN/m]	0,91	8,09

Tab. 5.11 maßgebende Schnittkräfte für die Nachweisführung in Querrichtung

Fall A (max. N - zugeh. M)



Projekt  
Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse

3 Schnittgrößen, Bemessungsfaktoren und Ergebnisse

Biegemoment	$M_d = 0,91 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Normalkraft	$N_d = -65,84 \text{ kN}$
Querkraftkraft	$V_d = 0,0 \text{ kN}$
Knicklänge	$l_k = 4,91 \text{ m}$
Knickbeiwert	$k_c = 0,26$
Modifikationsbeiwert	$k_{mod} = 0,9$
Teilsicherheitsbeiwert	$\gamma_M = 1,3$
Systembeiwert	$k_1 = 1,1$

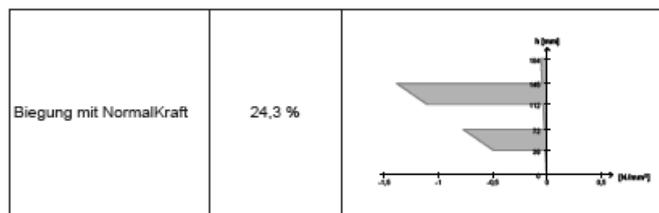
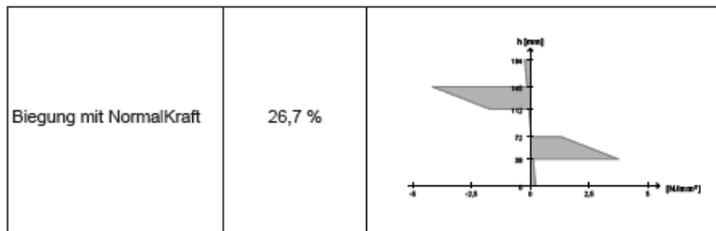


Abb. 5.4 Nachweisführung Querrichtung  $N_{max}$ -  $M_{zug}$

## Fall B (max. M - zugeh. N)

**3 Schnittgrößen, Bemessungsfaktoren und Ergebnisse**

Biegemoment	$M_d = 8,09 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Normalkraft	$N_d = -15,07 \text{ kN}$
Querkraftkraft	$V_d = 0,0 \text{ kN}$
Knicklänge	$l_k = 4,91 \text{ m}$
Knickbeiwert	$k_c = 0,26$
Modifikationsbeiwert	$k_{mod} = 0,9$
Teilsicherheitsbeiwert	$\gamma_M = 1,3$
Systembeiwert	$k_1 = 1,1$


 Abb. 5.5 Nachweisführung Querrichtung  $M_{max} - N_{zug}$ 

## 5. 4. 3 Nachweisführung auf Schub

Aus der nachstehende Tabelle sind die maßgebenden Schnittkräfte für die Nachweisführung auf Schub zu entnehmen.

Schubkräfte in Längsrichtung			
Fall	A	B	C
	$\max v_x$	$\max v_y$	$\max n_{xy}$
$v_x$ [kN/m]	51,42	24,20	6,92
$v_y$ [kN/m]	9,41	38,47	5,60
$n_{xy}$ [kN/m]	17,56	44,49	44,75

Tab. 5.12 maßgebende Schubkräfte für die Nachweisführung auf Schub

Fall A (max.  $v_x$  - zugeh.  $v_y$ )

Ermittlung der Schubspannungen

$$\tau_{r,x,d} = \frac{51,42 \cdot 10^3}{4,68 \cdot 10^{12} \cdot 10^3} \cdot 11000 \cdot 10^3 \cdot 39 \cdot \left( \frac{39}{2} + 33 + \frac{40}{2} \right) = 0,34 \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\tau_{v,x,d} = \frac{51,42 \cdot 10^3}{4,68 \cdot 10^{12} \cdot 10^3} \cdot 11000 \cdot 10^3 \cdot \left( 39 \cdot 72,5 + \frac{40}{8} \right) = 0,34 \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\tau_{v,y,d} = \frac{9,41 \cdot 10^3}{1,03 \cdot 10^{12} \cdot 10^3} \cdot 11000 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot (40 + 33) \cdot \frac{1}{2} = 0,15 \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Bestimmung der Ersatzdicke  $t$ :

$$t_1' = \min \begin{cases} 2 \cdot t_1 = 2 \cdot 39 \\ t_2 = 33 \end{cases} = 33 \quad \text{mm}$$

$$t_2' = \min \begin{cases} t_2 = 33 \\ t_3 = 40 \end{cases} = 33 \quad \text{mm}$$

$$\sum t = 2 \cdot t_1' + 2 \cdot t_2' = 132 \quad \text{mm}$$

$$\tau_s = \frac{17,56 \cdot 10^3}{1000 \cdot 132} \cdot 1,5 = 0,20 \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

kombinierter Schubnachweis

Der kombinierte Schubnachweis wird mangels geregelter Nachweisführung, mit dem kombinierten Nachweis für Vollholz geführt.

$$\left( \frac{0,34}{1,94} \right)^2 + \left( \frac{0,17}{1,94} \right)^2 = 0,04 \leq 1,0$$

Rollschubnachweis

$$\frac{0,34}{0,90} = 0,37 \leq 1,0$$

Kombinierter Nachweis aus Schubkraft und Querkraft

$$\left( \frac{0,34}{1,94} \right)^2 + \left( \frac{0,17}{1,94} \right)^2 + \frac{0,20}{3,60} = 0,09 \leq 1,0$$

**Fall B (max.  $v_y$  - zugeh.  $v_x$ )**

Ermittlung der Schubspannungen

$$\tau_{r,x,d} = \frac{24,20 \cdot 10^3}{4,68 \cdot 10^{12} \cdot 10^3} \cdot 11000 \cdot 10^3 \cdot 39 \cdot \left(\frac{39}{2} + 33 + \frac{40}{2}\right) = 0,16 \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\tau_{v,x,d} = \frac{24,20 \cdot 10^3}{4,68 \cdot 10^{12} \cdot 10^3} \cdot 11000 \cdot 10^3 \cdot \left(39 \cdot 72,5 + \frac{40}{8}\right) = 0,16 \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\tau_{v,y,d} = \frac{38,47 \cdot 10^3}{1,03 \cdot 10^{12} \cdot 10^3} \cdot 11000 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot (40 + 33) \cdot \frac{1}{2} = 0,60 \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\tau_s = \frac{44,49 \cdot 10^3}{1000 \cdot 132} \cdot 1,5 = 0,51 \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

Schubnachweis

$$\left(\frac{0,16}{1,94}\right)^2 + \left(\frac{0,60}{1,94}\right)^2 = 0,10 \leq 1,0$$

Rollschubnachweis

$$\frac{0,16}{0,90} = 0,18 \leq 1,0$$

Kombiniertes Nachweis aus Schubkraft und Querkraft

$$\left(\frac{0,16}{1,94}\right)^2 + \left(\frac{0,60}{1,94}\right)^2 + \frac{0,51}{3,60} = 0,24 \leq 1,0$$

**Fall C (max.  $n_{xy}$  - zugeh.  $v_x$  - zugeh.  $v_y$ )**

Ermittlung der Spannungen

$$\tau_{r,x,d} = \frac{6,92 \cdot 10^3}{4,68 \cdot 10^{12} \cdot 10^3} \cdot 11000 \cdot 10^3 \cdot 39 \cdot \left(\frac{39}{2} + 33 + \frac{40}{2}\right) = 0,05 \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\tau_{v,x,d} = \frac{6,92 \cdot 10^3}{4,68 \cdot 10^{12} \cdot 10^3} \cdot 11000 \cdot 10^3 \cdot \left(39 \cdot 72,5 + \frac{40}{8}\right) = 0,05 \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\tau_{v,y,d} = \frac{5,60 \cdot 10^3}{1,03 \cdot 10^{12} \cdot 10^3} \cdot 11000 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot (40 + 33) \cdot \frac{1}{2} = 0,09 \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\tau_s = \frac{44,75 \cdot 10^3}{1000 \cdot 132} \cdot 1,5 = 0,51 \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Schubnachweis

$$\left( \frac{0,05}{1,94} \right)^2 + \left( \frac{0,09}{1,94} \right)^2 = 0,00 \leq 1,0$$

Rollschubnachweis

$$\frac{0,05}{0,90} = 0,05 \leq 1,0$$

Kombinierter Nachweis aus Schubkraft und Querkraft

$$\left( \frac{0,05}{1,94} \right)^2 + \left( \frac{0,09}{1,94} \right)^2 + \frac{0,51}{3,60} = 0,14 \leq 1,0$$

#### 5. 4. 4 Nachweisführung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Nachstehende Tabelle zeigt die maximalen Verformungen in Feldmitte an.

Verformung	[mm]
$w_1$	8,6
$w_2$	1,4
$w_3$	7,6

Tab. 5.13 maximale Verformung in Feldmitte (aus RFEM3)

mit:

$$w_1 \quad \dots \quad \sum_{i>1} G_{k,i}$$

$$w_2 \quad \dots \quad \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$w_3 \quad \dots \quad Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

### Nachweisführung in Längsrichtung

$$l_{\max} = 1051 \text{ mm}$$

Lastfallkombinationen		Ermittlung der Verformung	Grenzwerte [mm]	
charakteristische Kombination	$t = 0$	7,60	1051 / 300	33,50
	$t = \infty$	$7,6 + 0,8 \cdot (8,6 + 1,4)$ = 15,40 mm	1051 / 200	50,30
quasi-ständige Kombination	$t = \infty$	$(1 + 0,8) \cdot (8,6 + 1,4)$ = 18,00 mm	1051 / 250	40,20

Tab. 5.14 Nachweisführung in Längsrichtung

### Nachweisführung in Querrichtung

$$l_{\max} = 4912 \text{ mm}$$

Lastfallkombinationen		Ermittlung der Verformung	Grenzwerte [mm]	
charakteristische Kombination	$t = 0$	7,60	4912 / 300	16,33
	$t = \infty$	$7,6 + 0,8 \cdot (8,6 + 1,4)$ = 15,40 mm	4912 / 200	24,56
quasi-ständige Kombination	$t = \infty$	$(1 + 0,8) \cdot (8,6 + 1,4)$ = 18,00 mm	4912 / 250	19,65

Tab. 5.15 Nachweisführung in Querrichtung

## 6 Bemessung der Geschossdecke

[67],[68]

Die Geschossdecke wird als Zweifeldträger modelliert. Die Bemessung erfolgt mittels CLTdesigners des Institutes für Holzbau und Holztechnologie an der TU Graz. Nachstehende Abbildung zeigt eine Übersicht über die Spannrichtungen der BSP-Geschossdecke.

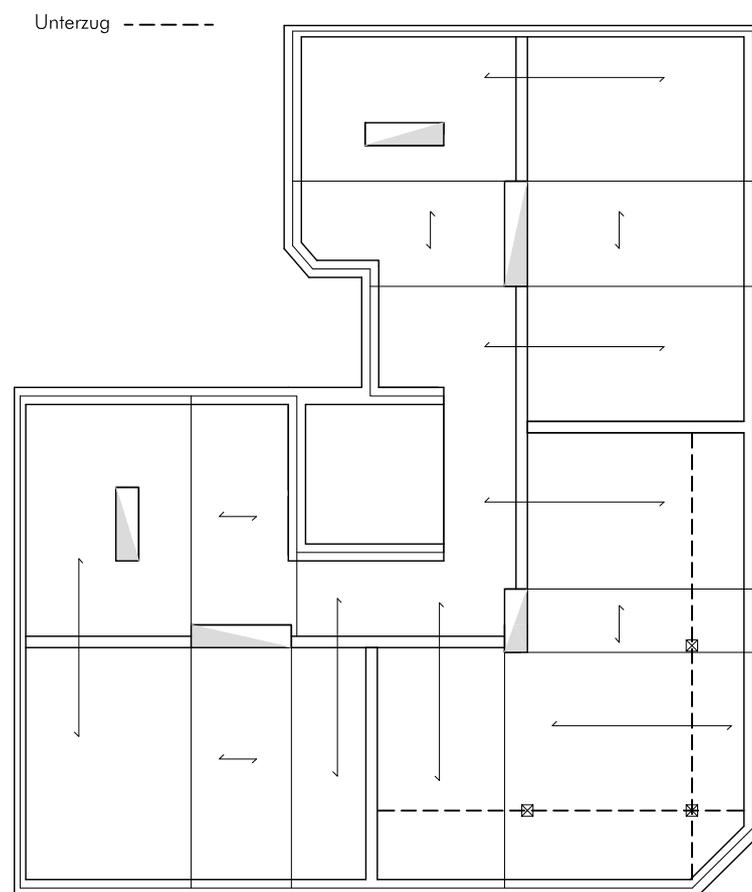


Abb. 6.1 Spannrichtung Geschossdecke M 1:200

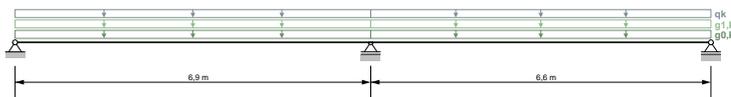
## 6.1 Bemessung mittels CLTdesigner

### 1 Allgemeines

Nutzungsklasse 1

### 2 Statisches System

Durchlaufträger mit 2 Feldern



#### 2.1 Auflagerbreiten

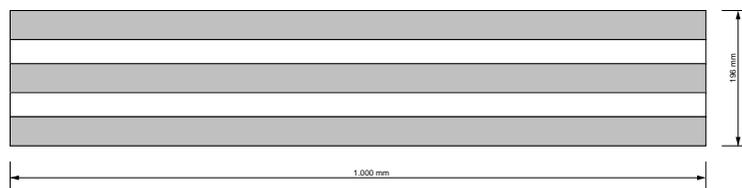
Auflager	x	Breite
A	0,0 m	0,1 m
B	6,9 m	0,1 m
C	13,5 m	0,1 m

Seite 3

Abb. 6.2 Auszug aus der Bemessungsbericht Seite 3

### 3 Querschnitt

benutzerdefinierter Querschnitt  
5 Schichten (Breite: 1.000 mm / Höhe: 196 mm)



#### 3.1 Schichtaufbau

Schicht	Höhe	Orientierung	Material
# 1	42 mm	0	C24
# 2	35 mm	90	C24
# 3	42 mm	0	C24
# 4	35 mm	90	C24
# 5	42 mm	0	C24

#### 3.2 Materialparameter

Materialparameter für C24	
Biegefestigkeit	24,0 N/mm <sup>2</sup>
Zugfestigkeit parallel	14,0 N/mm <sup>2</sup>
Zugfestigkeit senkrecht	0,4 N/mm <sup>2</sup>
Druckfestigkeit parallel	21,0 N/mm <sup>2</sup>
Druckfestigkeit senkrecht	2,5 N/mm <sup>2</sup>
Schubfestigkeit	4,0 N/mm <sup>2</sup>
Rollschubfestigkeit	1,0 N/mm <sup>2</sup>

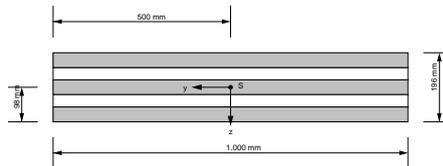
Seite 4

Abb. 6.3 Auszug aus der Bemessungsbericht Seite 4

Materialparameter für C24	
Elastizitätsmodul parallel	11.000,0 N/mm <sup>2</sup>
5%-Quantile des Elastizitätsmodul parallel	7.400,0 N/mm <sup>2</sup>
Elastizitätsmodul senkrecht	370,0 N/mm <sup>2</sup>
Schubmodul	690,0 N/mm <sup>2</sup>
Rollschubmodul	69,0 N/mm <sup>2</sup>
Dichte	350,0 kg/m <sup>3</sup>
Mittelwert Dichte	420,0 kg/m <sup>3</sup>

### 3.3 Querschnittswerte

$EA_{ef}$	1,412E9 N
$EJ_{ef}$	5,723E12 N-mm <sup>2</sup>
$GA_{ef}$	2,259E7 N



### 4 Lasten

Feld	$q_{0,k}$	$q_{1,k}$	$q_k$	Kategorie	$s_k$	Höhe/Region	$w_k$
1	1,078 kN/m	2,212 kN/m <sup>2</sup>	2,5 kN/m <sup>2</sup>	A			
2	1,078 kN/m	2,212 kN/m <sup>2</sup>	2,5 kN/m <sup>2</sup>	A			

## 5 Brandangaben

Keine Angaben vorhanden

## 6 Schwingungsangaben

Keine Angaben vorhanden

Seite 6

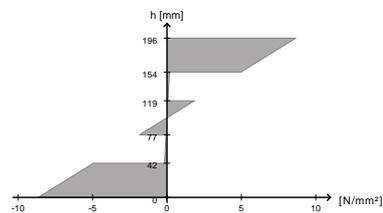
Abb. 6.5 Auszug aus der Bemessungsbericht Seite 6

## 7 Ergebnisse

### 7.1 ULS

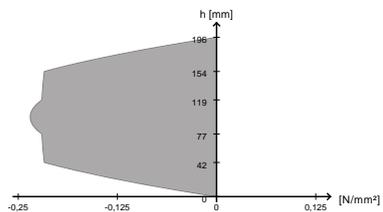
#### 7.1.1 Biegung

Ausnutzung	51,2 %
$k_{mod}$	0,8
bei x	6,9 m
Grundkombination	$1,35 \cdot g_{0,k} +$ $1,35 \cdot g_{1,k} +$ $1,50 \cdot 1,00 \cdot q_k$



#### 7.1.2 Schub

Ausnutzung	27,5 %
$k_{mod}$	0,8
bei x	6,9 m
Grundkombination	$1,35 \cdot g_{0,k} +$ $1,35 \cdot g_{1,k} +$ $1,50 \cdot 1,00 \cdot q_k$



Seite 7

Abb. 6.6 Auszug aus der Bemessungsbericht Seite 7

**7.1.3 Auflagerpressung**

Ausnutzung	22,8 %
$k_{mod}$	0,8
bei x	6,9 m
Grundkombination	$1,35 \cdot g_{0,k} +$ $1,35 \cdot g_{1,k} +$ $1,50 \cdot 1,00 \cdot q_k$



**7.2 SLS**

**7.2.1 Durchbiegung**

Ausnutzung	99,1 %
$k_{def}$	0,85
bei x	3,45 m
Endverformung $w_{net,fin}$	$t = inf$



Abb. 6.7 Auszug aus der Bemessungsbericht Seite 8

## 7 Detailbemessung

Nachstehend werden die wichtigsten Details des Dachgeschossausbau dargestellt und nachgewiesen.

### 7.1 Detail 1: Aussparung

Die Abbildung zeigt eine Aussparung im Bereich eines Dachfensters. Um die Spannungsspitzen in den Kanten der Aussparungen bzw. Durchbrüche abdecken zu können, werden konstruktiv 2x20 mm dicke KertoQ Platten kreuzweise aufgeklebt. Eine detaillierte Berechnung dieses Details ist derzeit mit einfachen ingenieurmässigen Mitteln nicht möglich. An dieser Stelle soll lediglich darauf hingewiesen werden, dass für Brettsperrholz mit größeren Durchbrüchen entsprechende konstruktive Maßnahmen zu ergreifen sind.

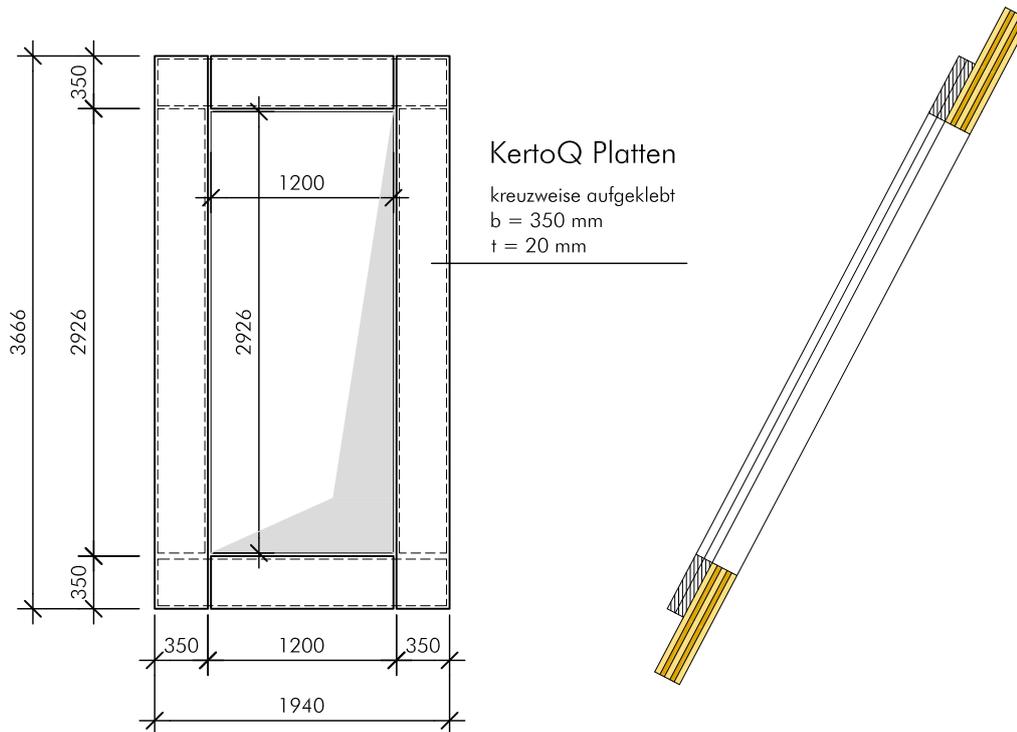


Abb. 7.1 Detail 1: Aussparung M 1:50

## 7.2 Detail 2: Kantenstoß

Die Kantenstöße des Dachgeschossausbaus werden mit Hilfe einer eingeschlitzten Stahlblech-Holzverbindung realisiert. Als Verbindungsmittel kommen Dübel besonderer Bauart zum Einsatz, diese werden mittels Vollgewindeschrauben konstruktiv gesichert.

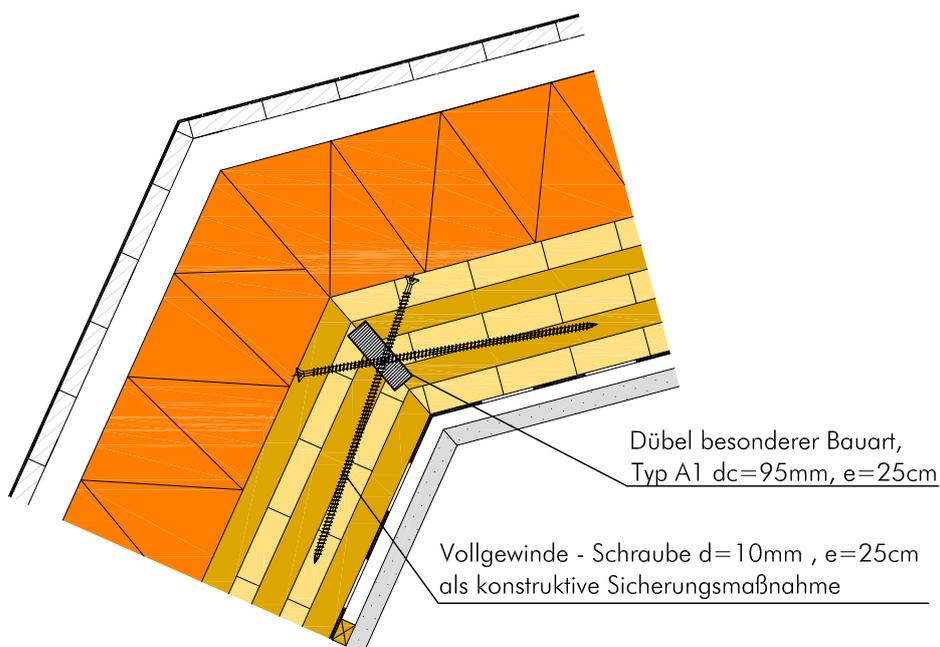


Abb. 7.2 Kantenausbildung M 1:10

Die zu übertragenden maßgebenden Schnittgrößen sind aus nachstehender Tabelle zu entnehmen. Der Nachweis wird exemplarisch an der Kante des Daches 1 geführt. Die maximalen Schnittkräfte sind der nachstehenden Tabelle zu entnehmen.

	[kN/m]
$n_y$	-65,09
$n_{xy}$	-20,24
$v_y$	7,18

Tab. 7.1 maximale Schnittkräfte

Die Resultierende der beiden Kräfte  $n_y$  und  $v_y$  ergibt sich zu

$$R = \sqrt{65,09^2 + 7,18^2} = 65,48 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{65,09}{7,18}\right) = 83,7^\circ$$

Die Querkraft  $v_y$  und Normalkraftkomponente  $n_y$  werden auf die Schnittfuge projiziert und weisen die nachstehenden Beträge auf.

Die Normalkraftkomponente ergibt sich zu

$$R_N = 65,48 \cdot \sin(180 - 83,7 - 40,5) = 54,16 \text{ kN}$$

Die Schubkraftkomponente ergibt sich zu

$$R_{II} = 65,48 \cdot \cos(180 - 83,7 - 40,5) = 36,81 \text{ kN}$$

### 7.2.1 Übertragung der Normalkraftkomponente $R_N$

Die Normalkraftkomponente  $R_N$  wird über Flächenpressung der beiden Brettsperrholzplatten übertragen.

- für die linke Seite

$$\frac{R_N}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \frac{54,16 \cdot 10^3}{1000 \cdot (184 - (2 \cdot 33))} = 0,26 < 1,0$$

- für die rechte Seite

$$\frac{54,16 \cdot 10^3}{1000 \cdot (184 - (2 \cdot 39 + 40))} = 0,47 < 1,0$$

### 7.2.2 Übertragung der Schubkraftkomponente $R_{II}$ und der Schubkraft $n_{xy}$

Die resultierende einwirkende Kraft ergibt sich zu

$$N = \sqrt{36,81^2 + 20,24^2} = 42,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Als Verbindungsmittel kommen 4 Stk./m Dübel besonderer Bauart Typ A1 mit einem Durchmesser  $d_c = 95 \text{ mm}$  zur Anwendung. Als Sicherungsmaßnahme werden zwei gekreuzte Vollgewindeschrauben Durchmesser 10 mm /  $l = 400 \text{ mm}$  eingesetzt.

Die Beanspruchbarkeit der Dübel ergibt sich zu:

$$R_{H,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} 35 \cdot d_c^{1,5} \\ 31,5 \cdot d_c \cdot h_e \end{array} \right\} \cdot \frac{k_H \cdot k_\alpha}{(1,3 + 0,001 \cdot d_c)} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} \cdot n$$

mit:

$k_H = 0,80$  und  $k_\alpha = 1,0$  ergibt sich

$$R_{H,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} 35 \cdot 95^{1,5} \\ 31,5 \cdot 95 \cdot 15 \end{array} \right\} \cdot \frac{0,80 \cdot 1,0}{1,3 + 0,001 \cdot 95} \cdot \frac{0,9}{1,25} \cdot 4 = 53,50 \text{ kN}$$

Nachweisführung:

$$\frac{N}{R_{H,d}} = \frac{42,0}{53,5} = 0,79 < 1,0$$

### 7.2.3 Mindestabstände

Aus nachstehender Tabelle lassen sich die Mindestabstände dieser Verbindung entnehmen.

Mindestabstände		erforderlich [mm]	vorhanden [mm]
in Faserrichtung	$a_1$	$(1,2+0,8) \cdot \cos 0 \cdot 95$ $= 190$	250
unbelasteter Rand	$a_{4,c}$	75	91

Tab. 7.2 Mindestabstände

### 7.3 Detail 3: Anschluss Feuermauer

Das Dach wird an den Enden des Querschotts mit Hilfe eines Stahlbetonrostes an der Feuermauer angeschlossen.

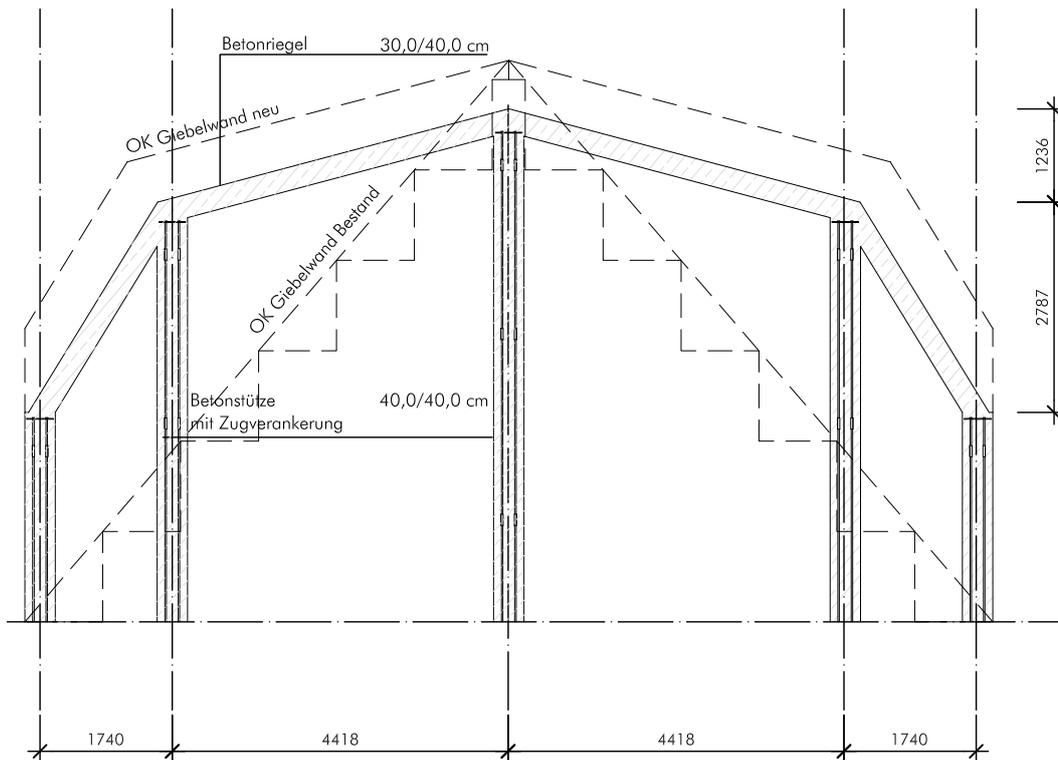


Abb. 7.3 Übersicht Stahlbetonrost an den Querschottenden M 1:50 [mm]

Um abhebende Kräfte (resultierend aus der Windbelastung) sicher abzutragen, wird der Betonrost mittels Zugverankerungen, die in die unteren Geschosse oder die nächste Deckenkonstruktion führen, nach unten gehalten.

Unten stehende Abbildung zeigt den Anschluss des Daches an die Feuermauer.

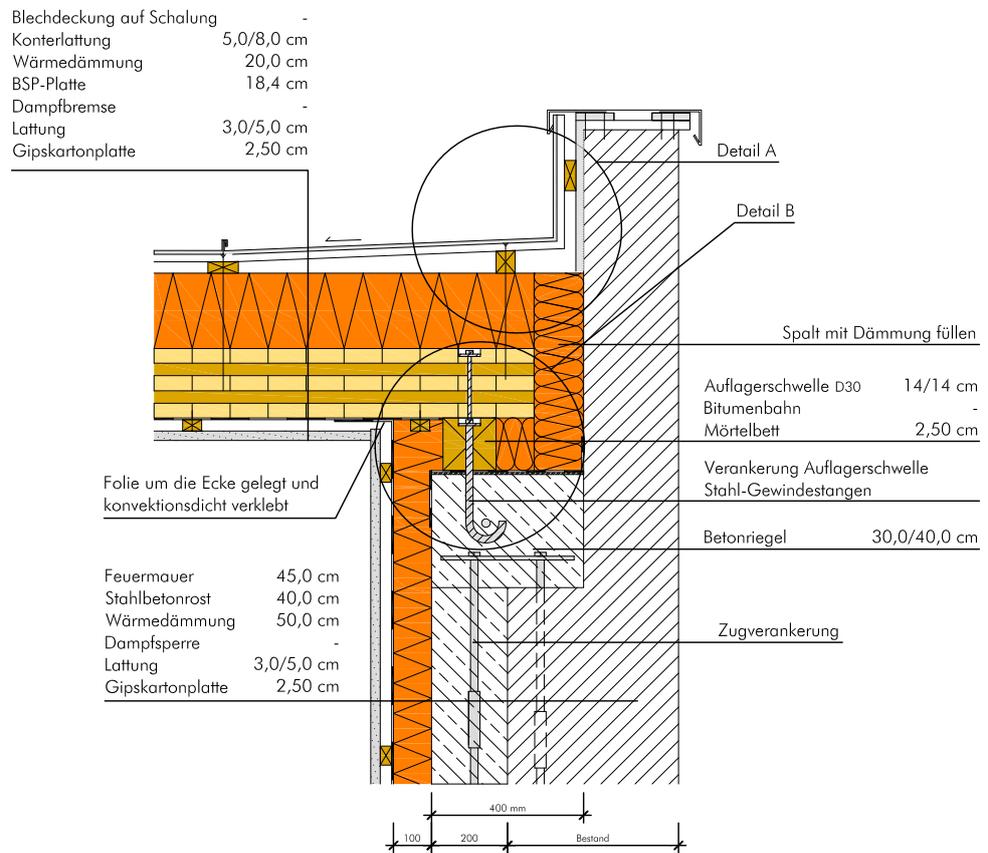


Abb. 7.4 Anschluss Feuermauer M 1:10 [mm]

Um einen Eintritt von Wasser zu verhindern, wird ein Einlegen einer Dichtschnur empfohlen.

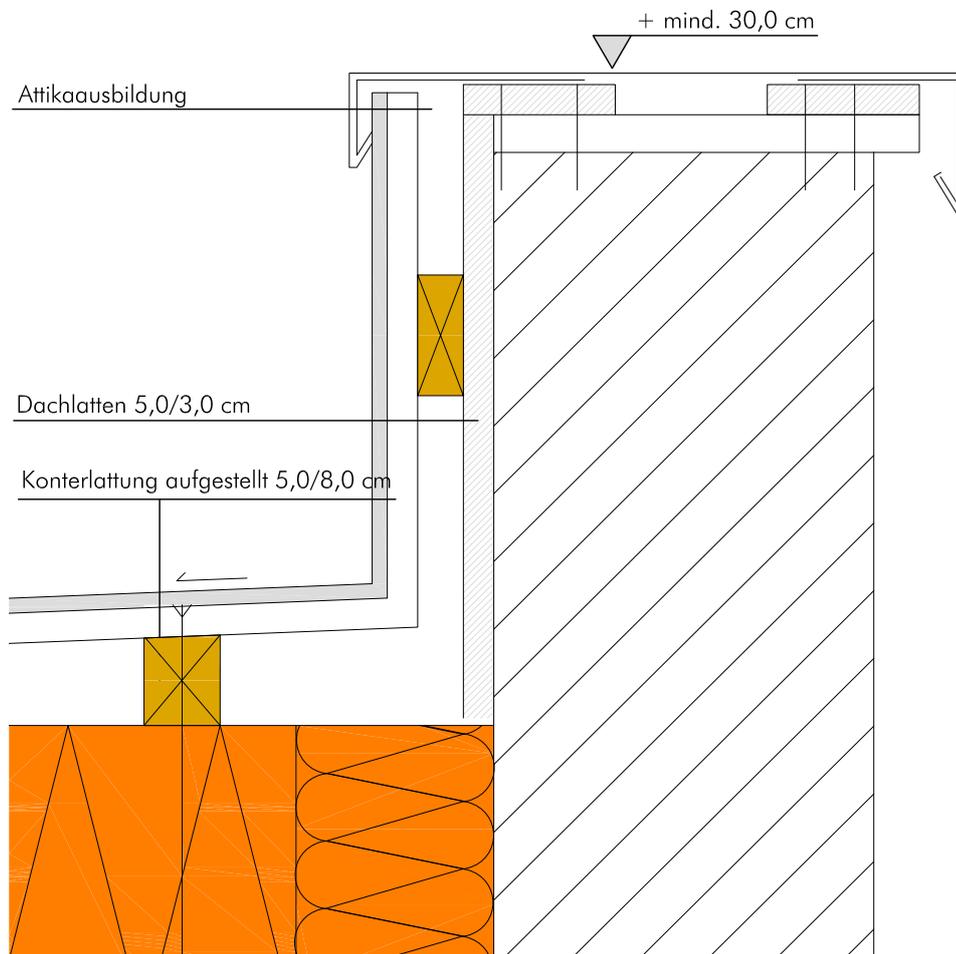


Abb. 7.5 Detail A: Anschluss Dachdeckung mit Feuermauer M 1:5

Nachstehende Abbildung zeigt den Anschluss der Brettsperrholzplatte an die Feuermauer im Detail.

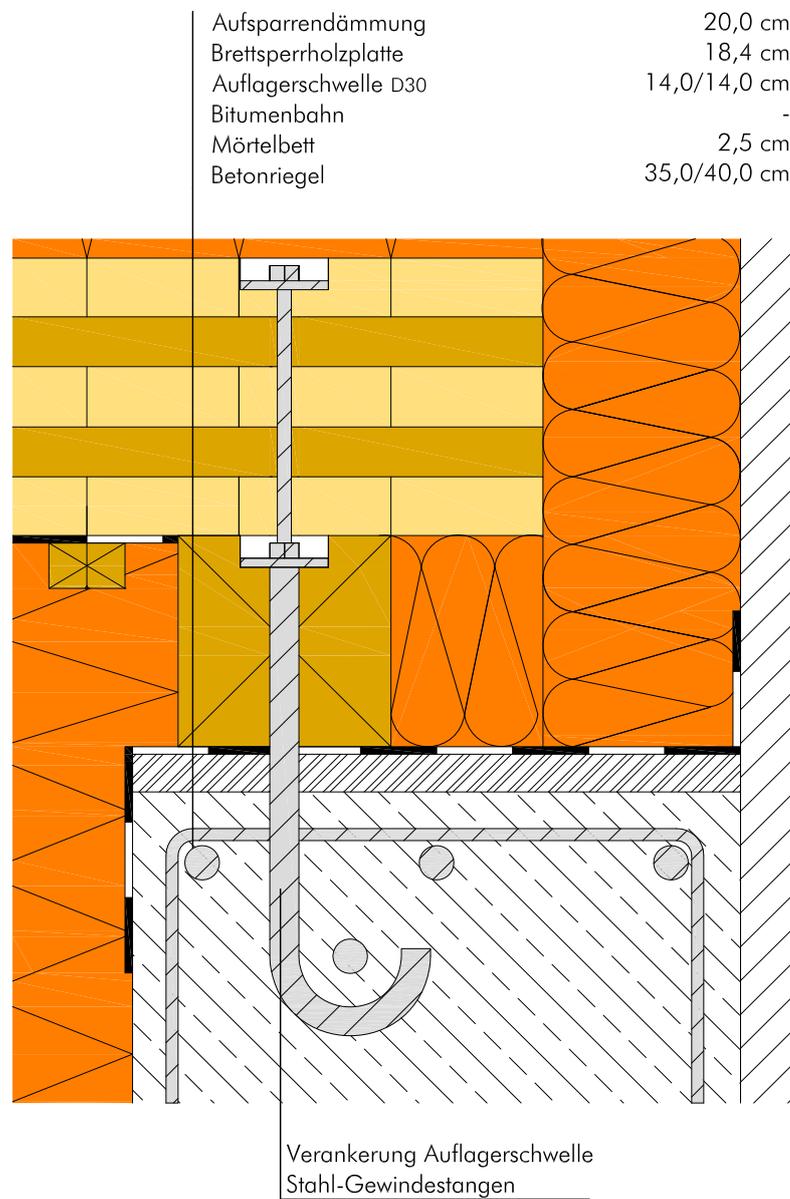


Abb. 7.6 Detail B: Anschluss BSP-Platte – Auflagerschwelle – Betonriegel M 1:5

## 7.4 Detail 4: Anschluss Hauptgesimse

Für den Anschluss an das Hauptgesimse wird ein Abtrag des Alten empfohlen. Die bestehenden Dippelbaumdeckenköpfe werden in einen Abstand von  $e = 1,0$  m auf eine Tiefe von 20,0 cm entfernt, um Platz für in Abständen von rund 1,0 m eingebaute Betonaufleger zu schaffen. Die ausgesparten Dippelbäume werden durch Schrägverschraubung gesichert. Als Auflager für die BSP-Decke und die BSP-Wand dient ein Elastormerauflager.

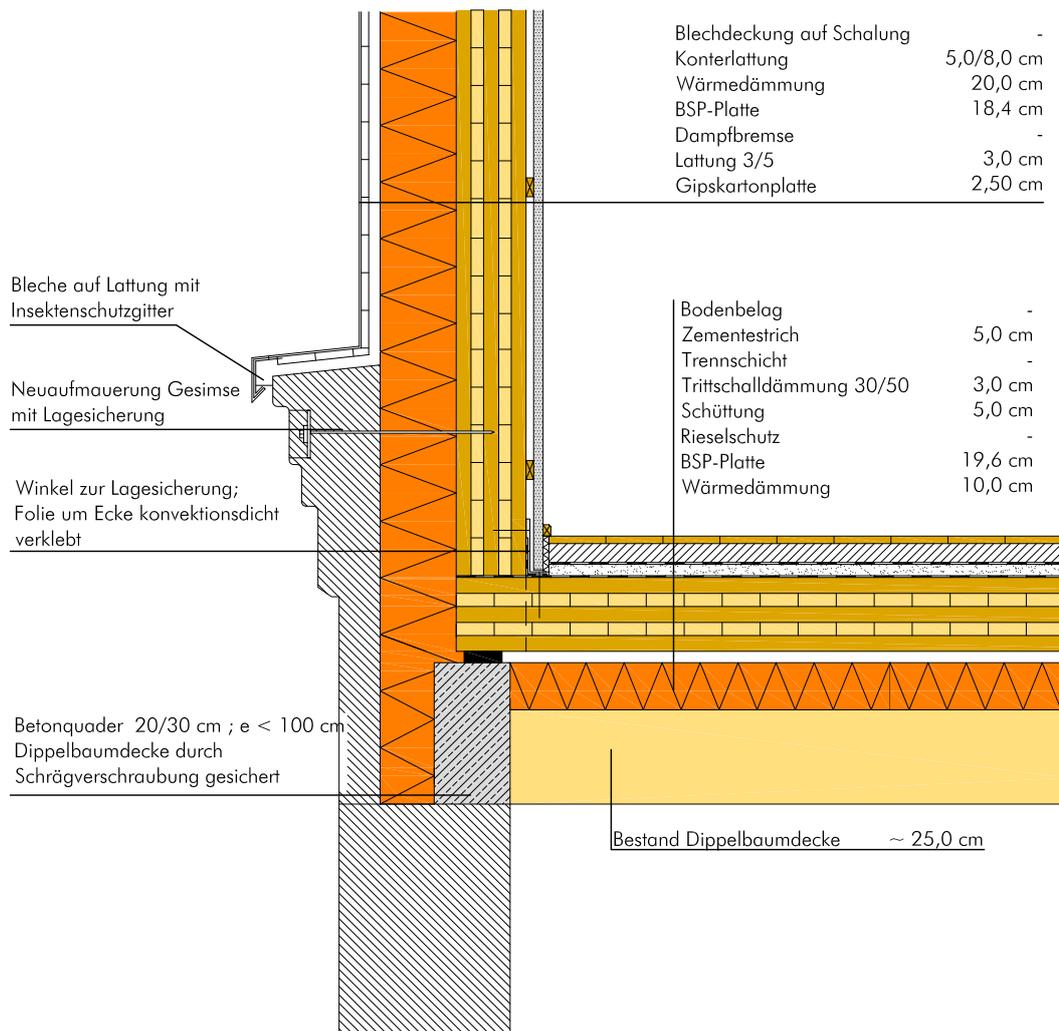


Abb. 7.7 Anschluss Hauptgesimse M 1:20

## Conclusio

Das Holzprodukt Brettsperrholz (BSP) gewinnt im Bereich des konstruktiven Ingenieurholzbaus immer mehr an Bedeutung. Bei einem Einsatz im Wohnbau übernimmt die Brettsperrholzplatte die Funktion als Scheibe bei Wandkonstruktionen, als Platte bei Deckenkonstruktionen oder in zusammengesetzter Form als Faltwerk bei komplexeren Tragstrukturen.

Ziel dieser Masterarbeit war es die wesentlichen Punkte im Bezug auf den Dachgeschossausbau darzustellen und zu erläutern, dabei standen die städtebaulichen, rechtlichen, statisch-konstruktiven und bauphysikalischen Aspekte im Vordergrund.

Dachgeschossausbauten in den größeren Städten können einer Abwanderung der Bevölkerung in die stadtnahen Grünlandgebiete entgegenwirken und erzielen so eine Verdichtung der bestehenden Stadtstruktur. Ein heikler Punkt bei Dachgeschossausbauten in den Großstädten stellt das Denkmalschutzgesetz und beispielsweise für Graz, die UNESCO-Weltkulturerbekonvention dar. Eine möglichst frühzeitige Miteinbeziehung von Behörden in den ersten Planungsphasen eines Dachgeschossausbaus kann spätere Verzögerungen bzw. Änderungen in der Planung verhindern.

Durch eine Umfeldanalyse für die Städte Wien und Graz hat sich das Potenzial an Dachgeschossausbauten darstellen lassen. Vor allem in den Gründerzeitvierteln der Städte sind in den vielen Fällen Dachböden ungenützt und könnten ausgebaut werden. In Wien könnte eine Wohnraumverdichtung von rund 3 bis 5 Prozent durch Dachgeschossausbauten erzielt werden. Als Voraussetzung für einen Dachgeschossausbau gilt jedoch das Vorhandensein einer guten Altbausubstanz.

Eine Analyse des Gründerzeithauses, aus hochbaulicher und statisch-konstruktiver Sicht, sowie mögliche Verstärkungsmaßnahmen von bestehenden Deckenkonstruktionen stellte weitere Bearbeitungspunkte dieser Masterarbeit dar. Im Zuge dieser Bearbeitung wurden einige praxisrelevante Dach- und Deckenaufbauten im Hinblick auf ihr bauphysikalisches Verhalten berechnet. Durch den Einsatz des Produktes Brettsperrholz ergeben sich wesentlich höhere speicherwirksame Massen, als bei konventionellen Holzrahmenbauweisen. Dieser Vorteil wirkt sich positiv auf die sommerliche Übererwärmung

aus.

Aufbauend auf diesen Grundlagen wurde ein Dachgeschossausbau (Standort in Graz) berechnet und dargestellt. Zur Anwendung kam dabei eine 5s-Brettsperrholzplatte. Grundlage des Entwurfes stellte ein Falwerk dar. Durch die Aussparungen im Bereich des Firstes (Kaminschächte und Liftschacht), sowie in den Bereichen der Fenster, lässt sich nur eine geringere Falwerkswirkung erzielen. Durch diesen Umstand erhöhen sich die Verformungen der Dachkonstruktion und es wird eine stärkere Platte, als bei einer reinen Falwerkskonstruktion, erforderlich.

Die Bemessung einer Brettsperrholzplatte erfolgte exemplarisch per Handrechnung. Beispielhaft wurde eine Platte mit Hilfe des Programmes CLTdesigner des Institutes für Holzbau und Holztechnologie an der TU Graz berechnet. Die Schubspannungsberechnungen wurde, mangels fehlender Festlegungen in Normen bzw. Zulassungen, vereinfacht über einen kombinierten Schubspannungsnachweis, wie er für Vollholz zu führen ist.

Weiters wurden die wichtigsten Details dieses Dachgeschossausbaus berechnet und dargestellt, auf eine richtige bauphysikalische Ausbildung wurde geachtet. Bei der Kantenausbildung von Brettsperrholz-Falwerken sollte der Montageablauf bzw. -aufwand berücksichtigt werden. Die Verwendung von selbstbohrenden Holzschrauben oder eingeschlitzten Stahlblechen in Verbindung mit Bolzen bietet sich für die Kantenausbildung an. Nicht unerwähnt soll in diesem Zusammenhang bleiben, dass im Bereich der Verbindungsmitteltechnik von Falwerken bzw. faltwerksähnlichen Tragstrukturen durchaus noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich der Einsatz von Brettsperrholz (BSP) für Dachgeschossausbauten in bester Weise eignet, jedoch ist eine detaillierte, spezifische Betrachtung der jeweiligen Situation unumgänglich.

## 1 Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] Werkstattberichte:  
„Draufsetzen, 19 Dachausbauten realisiert | projektiert“  
Werkstattbericht Nr. 62, Stadtentwicklung Wien, Magistratsabteilung 18,  
Stadt Wien ,2004
- [2] Werkstattberichte:  
„Dachausbauten in der Stadtlandschaft. Ein Vergleich der Situation in Wien,  
Berlin, Budapest und München“  
Werkstattbericht Nr. 63, Stadtentwicklung Wien, Magistratsabteilung 18,  
Stadt Wien ,2004
- [3] Stadt Wien  
<http://www.wien.gv.at/>  
abgerufen am: 26.10.2009
- [4] Statistik Austria  
<http://www.statistik.at/>  
abgerufen am: 30.10.2009
- [5] Stadt Graz  
<http://www.graz.at/>  
abgerufen am: 28.10.2009
- [6] Dipl.Ing. Lengger, Alfred  
„Die linksufrige Stadterweiterung von Graz im 19. Jahrhundert unter der Be-  
rücksichtigung der Tätigkeit von Landesbaudirektor Martin Ritter von Link“  
Dissertation, Fakultät für Architektur, Technische Universität Graz  
Graz, 1978

- [7] Sokratis, Dimitriou  
„Stadterweiterung von Graz“  
Leykam-Verlag, ISBN 3-7011-7083-5  
Graz-Wien, 1979
- [8] Projektgruppe Räumliches Leitbild  
„Räumliches Leibild der Landeshauptstadt Graz“  
Magistrat Graz - Stadtplanungsamt,  
Stadt Graz, 2004  
eingesehen auf der Homepage am 15.12.2009:  
<http://www.graz.at/cms/beitrag/10053154/985245>
- [9] Projektgruppe Stadtentwicklungskonzept - Flächenwidmungsplan  
„3.0 Stadtentwicklungskonzept der Landeshauptstadt Graz“  
Magistrat Graz - Stadtplanungsamt  
Stadt Graz, 2003, Kapitel 5 „ Sachprogramm Wohnen“  
eingesehen auf der Homepage am 15.12.2009:  
<http://www.graz.at/cms/beitrag/10023905/1604103>
- [10] Baldia, Clemens-Andreas  
„Vergleich der Baustoffe Holz, Stahl und Beton im Dachgeschossausbau“  
Diplomarbeit, Fachhochschul-Studiengang Bauingenieurwesen-Projektma-  
nagent, Technikum Kärnten,  
Spittal an der Drau, 2000
- [11] Klein, D.; Kupf, M.; Schediwy, R.  
„Stadtbildverluste Wien; Ein Rückblick auf fünf Jahrzehnte“  
Lit Verlag; 3. Auflage 2005  
Wien, 2005, S. 9-10, S.67ff., S. 220ff.
- [12] Architekt Stade, Franz  
„Die Holzkonstruktionen“  
Reprint der Orig.-Ausg. Leipzig, Schäfer von 1904  
Weltbild Verlag GmbH  
Augsburg, 1997
- [13] Duden  
<http://www.duden-suche.de/>  
gesucht nach: Altbau, Ausbau, ausbauen, Instandsetzung, Neubau, Um-  
bau, Zubau  
eingesehen am: 29.12.2009

- [14] Wikipedia, die freie Enzyklopädie  
<http://de.wikipedia.org/>  
gesucht nach: Altbau, Bassena, Dachgeschossausbau, Graz, Wien  
eingesehen am: 29.12.2009
- [15] Werkstattberichte:  
„Kleinräumige Bevölkerungsprognose für Wien 2005 bis 2035“  
Werkstattbericht Nr. 86, Stadtentwicklung Wien, Magistratsabteilung 18,  
Stadt Wien, 2007
- [16] Werkstattberichte:  
„Stadtentwicklungsbericht 2000“  
Werkstattbericht Nr. 38, Stadtentwicklung Wien, Magistratsabteilung 18,  
Stadt Wien, 2001
- [17] STEP 05  
„Stadtentwicklungsplan Wien 2005“  
Stadtentwicklung Wien, Magistratsabteilung 18  
Stadt Wien, 2005
- [18] Nextroom  
Dachbodenausbau Neutorgasse  
<http://www.nextroom.at/building.php?id=18391>  
eingesehen am: 30.12.2009
- [19] Kleine Zeitung  
Dachaufbau Kastner&Öhler in Graz  
<http://www.kleinezeitung.at/steiermark/graz/graz/601490/index.do>  
eingesehen am: 30.12.2009
- [20] www.gats.at  
Ausbau von Kastner&Öhler in Graz  
<http://www.gat.st/pages/de/nachrichten/1347.htm>  
eingesehen am: 30.12.2009
- [21] Nextroom  
Dachbodenausbau Magaretenplatz  
<http://www.nextroom.at/building.php?id=29229>  
eingesehen am: 30.12.2009
- [22] Nextroom  
Wohnen am Dach  
<http://www.nextroom.at/building.php?id=17848>  
eingesehen am: 30.12.2009

- [23] Maier, J.  
„Ausbau von Dachgeschossen; Ein Praxisleitfaden zum Bauen im Bestand“  
Fraunhofer IRB Verlag, 2005  
Stuttgard, 2005
- [24] Stadt Wien  
Wiener Bauordnung  
<http://www.wien.gv.at/recht/landesrecht-wien/rechtsvorschriften/html/b0200000.htm>  
eingesehen am: 10.01.2009
- [25] Frank; Fischer; Teschinegg; Skalicki  
„Bauvorschriften für das Land Steiermark“  
Medienfabrik Graz; 9. Auflage; 2008  
Graz; 2008
- [26] Land Steiermark  
Grazer Altstadterhaltungsgesetz mit Durchführungsverordnungen 2008  
und Erläuterungen  
<http://www.umwelt.steiermark.at/cms/ziel/686617/DE/>  
eingesehen am: 20.01.2009
- [27] Blauensteiner, Björn  
„Denkmalschutzrecht im Überblick“  
WUV Universitätsverlag; Wien; 2006  
Wien; 2006
- [28] Bundesdenkmalamt Österreich  
Denkmalschutzgesetz, Charta von Venedig, Internationale Charta zur  
Denkmalpflege in historischen Städten  
<http://www.bda.at/>  
eingesehen am: 24.01.2010
- [29] UNESCO Kommission  
„Welterbe-Manual; Handbuch zur Umsetzung der Welterbekonvention in  
Deutschland, Luxemburg, Österreich und der Schweiz“  
Grafische Werkstatt Druckerei und Verlag; 2. erweiterte Auflage; 2009  
Bonn; 2009
- [30] Stadt Graz Stadtbaudirektion  
„Weltkulturerbe - Historische Altstadt Graz - Managementplan 2007“  
<http://www.graz.at/cms/beitrag/10067402/384408/>  
abgerufen am: 09.02.2010  
Graz; 2007

- [31] Kolbitsch, Andreas  
„Praxis der Erhaltung von Bauten; Altbaukonstruktionen“  
Österreichische Gesellschaft zur Erhaltung von Bauten; Springer Verlag;  
Wien; 1989
- [32] Schriftenreihe der Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen  
„Probleme der Tragkonstruktion, Bauphysik, Technologie und Verfahrenstechnik bei der Erneuerung von Altbauten“  
Heft 103;  
Wien, 1986
- [33] Meisl, Andreas  
„Historische Dachstühle - Tradsysteme, Bestandserfassung, statische Analyse und Sanierung mit flächenhaften Holzstoffen“  
Diplomarbeit; Institut für Holzbau und Holztechnologie; Technische Universität Graz  
Graz; 2009
- [34] Schunk; Finke; Jenisch; Oster  
„Dachatlas - geneigte Dächer“  
Birkhäuser Verlag; 3. Auflage  
Berlin; 1996
- [35] Irnberger, Bernhard  
„Kostenanalyse von Generalunternehmerleistungen im Altbau“  
Diplomarbeit; Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, Projektentwicklung und Projektmanagement; Technische Universität Graz  
Graz; 2009
- [36] Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI)  
[http://www.hoai.de/online/HOAI\\_2009/HOAI\\_2009.php](http://www.hoai.de/online/HOAI_2009/HOAI_2009.php)  
eingesehen am: 05.04.2010
- [37] Neddermann, Rolf  
„Kostenermittlung von Bauerneuerungsmaßnahmen“  
Dissertation; Institut für Bauökonomie; Universität Stuttgart  
Bauök-Papiere 57; 1. Auflage  
Stuttgart; 1995
- [38] 8. Grazer Holzbau-Fachtagung  
„Bestandsanalyse und Instandhaltung von Holzkonstruktionen“  
Tagungsband; Institut für Holzbau und Holztechnologie; Technische Universität Graz  
Graz; 2009

- [39] Dartsch, Bernhard  
„Bauen Heute in alter Substanz - Historische Baubestimmungen und  
aktuelle Hinweise“  
Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH;  
Köln; 1990
- [40] Passer; Alexander  
Vorlesungunterlagen zu „Ökologische Bewertung von Bauprodukten“  
Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie; Technische Universität  
Graz  
Graz; 2009
- [41] Woschitz, Richard  
„Beitrag zur Tragfähigkeitserhöhung alter Dippelbaumdecken in Trocken-  
bauweise“  
Dissertation; Fakultät für Bauingenieurwesen; Technische Universität Wien;  
Wien; 1996
- [42] Sieber; Trening  
„Die Verstärkung von Bauteilen bei der Rekonstruktion von Gebäudes“  
Sankt Petersburg; 2000
- [43] Flesch, Rainer  
„Baudynamik praxisgerecht - Band 1 Berechnungsgrundlagen“  
Bauverlag GmbH;  
Wiesbaden und Berlin; 1993
- [44] ÖNORM EN 1998-1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für  
Hochbauten
- [45] Riccabona, Christoph  
„Baukonstruktionslehre 1 - Rohbauarbeiten“  
Manz Verlag; 8. Auflage  
Wien; 2008
- [46] Institut für Holzbau und Holztechnologie  
„Skriptum zur Lehrveranstaltung „Holzbau VO“ - Teil 1“  
Skriptum; Version 1.2  
Institut für Holzbau und Holztechnologie; Technische Universität Graz  
Graz; 2006
- [47] Weglage, Andreas  
„Energieausweis – Das große Kompendium  
Grundlagen – Herstellung – Haftung“  
Vieweg; 1. Auflage;  
Wiesbaden; 2007

- [48] Konrad, Frank  
„Planung von Photovoltaikanlagen“  
Vieweg; 1. Auflage;  
Wiesbaden; 2007
- [49] Riccabona  
„Baukonstruktionslehre 4 - Bauphysik“  
Manz Verlag; 7. Auflage  
Wien; 2003
- [50] Ferk, Heinz  
„Guter Schallschutz mit Wohnungstrennwänden in Holzbauweise“  
<http://www.bauphysik.tugraz.at/index.php>  
eingesehen am: 30.03.2010
- [51] Institut für Hoch- und Industriebau  
„Feststellung von Behaglichkeitskriterien und Energiebilanzen für Altbauten“  
Forschungsbericht  
<http://www.bauphysik.tugraz.at/index.php>  
eingesehen am: 30.03.2010
- [52] Institut für Hoch- und Industriebau  
„Enzyklopädie der Bauphysik“  
Skriptum; Technische Universität Graz;  
Graz; 2004
- [53] Bauteilkatalog dataholz.com  
<http://www.dataholz.com/>  
eingesehen am: 14.04.2010
- [54] ÖNORM B 8110-1: „Wärmeschutz im Hochbau - Anforderungen an den Wärmeschutz und Nachweisverfahren“
- [55] ÖNORM B 8110-2: „Wärmeschutz im Hochbau - Wasserdampfdiffusion und Kondensationschutz“
- [56] ÖNORM B 8110-3: „Wärmeschutz im Hochbau - Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse“
- [57] Zürcher, C.; Franz T.  
„Bauphysik - Bau und Energie - Leitfaden für Planung und Praxis“  
2. Band;  
Hochschulverlag AG an der ETH Zürich;  
Zürich; 1997

- [58] Battisti, Valentin  
„Faltwerke aus Brettsperrholz“  
Diplomarbeit; Institut für Holzbau und Holztechnologie; Technische Universität Graz  
Graz; 2009
- [59] Institut für Holzbau und Holztechnologie  
„Studienblätter zur Lehrveranstaltung „Holzbau 2““  
Skriptum;  
Institut für Holzbau und Holztechnologie; Technische Universität Graz  
Graz; 2008
- [60] Jöbstl, R.; Schickhofer, G.  
Institut für Holzbau und Holztechnologie  
„Traglastnachweis für Brettsperrholz auf Basis der starren Verbundtheorie unter Berücksichtigung von Systemeffekten“  
Institut für Holzbau und Holztechnologie; Technische Universität Graz  
Graz; 2007
- [61] Institut für Holzbau und Holztechnologie  
„BSPHandbuch - Holz-Massivbauweise in Brettsperrholz“  
Institut für Holzbau und Holztechnologie; Technische Universität Graz;  
Verlag der Technischen Universität Graz; 1. Auflage;  
Graz; 2009
- [62] Labor für Bauphysik  
„Leitdetails für den Holzwohnbau“  
<http://www.bauphysik.tugraz.at/index.php>  
abgerufen am: 29.04.2010
- [63] ÖNORM EN 1991 - 1 - 1: Allgemeine Einwirkungen - Wichten, Eigengewichte und Nutzlasten für den Hochbau
- [64] ÖNORM EN 1991 - 1 - 2: Allgemeine Einwirkungen - Einwirkungen im Brandfall
- [65] ÖNORM EN 1991 - 1 - 3: Allgemeine Einwirkungen - Schneelasten
- [66] ÖNORM EN 1991 - 1 - 4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten
- [67] ÖNORM EN 1995 - 1 - 1: Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau
- [68] ÖNORM EN 1995 - 1 - 2: Allgemeine Regeln - Bemessung für den Brandfall

## 2 Abbildungsverzeichnis

### 2.1 Kapitel 1 – Status Quo des Dachgeschossausbaus

Abb. 2.1	Dachgeschossausbau [Arch. Leitner]	3
Abb. 2.2	Gründerzeithaus - der Altbau der Zukunft [Arch. Bauer; helehmann; SFB-Gruppe]	7
Abb. 2.3	Wiener Wohnungsbestand 2004 [4]	8
Abb. 2.4	Blick über die Stadt [www.staedtereisen-blog.com; www.staedteforum.at]	9
Abb. 2.5	Umstrittener Dachgeschossausbau: Kastner & Öhler (Graz) [Nieto Sobejano arquitectos]	10
Abb. 2.6	Der 45°-Steildach Typ	11
Abb. 2.7	Der Steiler-als-45° Typ	11
Abb. 2.8	Der Kiste-Schachtel-Box Typ	12
Abb. 2.9	Der unbeschreiblich-amorphe Typ	12
Abb. 2.10	Der kombinierte Typ	13
Abb. 2.11	Beispiele für Camouflage [2]	13
Abb. 2.12	Beispiele für Mimikry-Häuser [2]	14
Abb. 2.13	Solitär [2]	14
Abb. 2.14	Kontrastierung [2]	15
Abb. 2.15	Tarnkappenhäuser [2]	15
Abb. 2.16	Die Antithese [2]	16
Abb. 2.17	Das Staffelgeschoss [2]	16
Abb. 2.18	Sargdeckelkonstruktion [wohnbeton.at]	18
Abb. 2.19	Varianten „Sargdeckelkonstruktion“	18
Abb. 2.20	Sparrendach	19
Abb. 2.21	Pfettendach	20
Abb. 2.22	Mansardendach [www.proholz.de]	20
Abb. 2.23	Walmdach [www.zimmerer.de]	21
Abb. 3.1	Blick über Wien	23
Abb. 3.2	Wien um 1900 [A. Stauda]	24
Abb. 3.3	Wiener Gemeindebezirke	25
Abb. 3.4	Bevölkerungsentwicklung 1991 - 2001 [17]	25
Abb. 3.5	ausgewählte Szenarien der Bevölkerungsprognose [4]	26
Abb. 3.6	Wohnfläche in m <sup>2</sup> pro Kopf [17]	27
Abb. 3.7	Abbau an Substandardwohnungen [17]	28
Abb. 3.8	Gründerzeitliche Blockrandbebauung [17]	29
Abb. 3.9	Beispiel Nettogeschossflächenzahl [17]	29
Abb. 3.10	Leitbild - bauliche Entwicklung [17]	30
Abb. 3.11	typische Bebauung in der Inneren Stadt	31
Abb. 3.12	Bevölkerungsentwicklung im 1. Bezirk [5]	31

Abb. 3.13	Erdgeschosszonen des Gründerzeithauses [17]	33
Abb. 3.14	Hofseite eines Gründerzeithauses nach einer Sanierung [17]	34
Abb. 3.15	Blick über die Grazer Altstadt	35
Abb. 3.16	Stadterweiterung von Graz 1843 bis 1852 [7]	36
Abb. 3.17	Stadterweiterung von Graz 1872 bis 1894 [7]	38
Abb. 3.18	Stadterweiterung von Graz 1894 bis 1911 [7]	39
Abb. 3.19	Bevölkerungsentwicklung der Stadt Graz von 1470 bis 2009 [5]	40
Abb. 3.20	Historische Altstadt [8]	44
Abb. 3.21	Vorstadtbereiche [8]	44
Abb. 3.22	Blockrandbebauung [8]	45
Abb. 3.23	Villenviertel [8]	45
Abb. 3.24	Veränderung Innenstadt (1992, 1996, 2004) [8]	49
Abb. 3.25	Entwicklung der Karl-Franzens-Universität (1992, 1996, 2004) [8]	49
Abb. 3.26	Veränderung Zentraler Murraum (1992, 1996, 2004) [8]	50
Abb. 5.1	Blick von der Straße [21]	54
Abb. 5.2	Gesamtansicht [21]	55
Abb. 5.3	Innenausbau [21]	55
Abb. 5.4	Ansichten [22]	56
Abb. 5.5	Einheben der Holzelemente [22]	56
Abb. 5.6	Innen- und Außenansicht [22]	56
Abb. 5.7	Haupteingang Kastner & Öhler Sackstrasse [Kastner & Öhler]	57
Abb. 5.8	Aufstockung Kastner & Öhler [[Nieto Sobejano arquitectos]	58
Abb. 5.9	Blick vom Schlossberg auf die zukünftige Innenstadt [Nieto Sobejano arquitectos]	58
Abb. 5.10	Blick auf die Neutorgasse [18]	59
Abb. 5.11	Glasatrium mit Dachterrasse [18]	60
Abb. 5.12	Dachgauben [18]	60

## 2. 2 Kapitel 2 – Rechtliche Rahmenbedingungen

Abb. 1.1	Überblick Rechtsgrundlage	62
Abb. 2.1	Gliederung der Wiener Bauordnung	63
Abb. 2.2	Wiener Schutzzonen [3]	64
Abb. 3.1	Dachraumnutzung 100 %-Regel	68
Abb. 3.2	Dachraumnutzung 150 %- Regel	68
Abb. 4.1	Bauvorschriften für das Land Steiermark	70
Abb. 4.2	Gliederung des Steiermärkischen Baugesetzes	71
Abb. 4.3	I. Hauptstück	72
Abb. 4.4	II. Hauptstück	76
Abb. 5.1	Grazer Altstadterhaltungsgesetz	82
Abb. 5.2	Schutzzonen in der Grazer Innenstadt [5]	83

Abb. 5.3	UNESCO Weltkulturerbe Schutzzone und die Pufferzone [5]	84
Abb. 5.4	Übersicht Durchführungsverordnungen zum GEAG	86
Abb. 7.1	UNESCO Welterbelogo [29]	91
Abb. 7.2	Überblick Welterbekonvention	92
Abb. 7.3	Grazer Schutzzonen [5]	96
Abb. 7.4	Komponenten des Weltkulturerbe-Managementplanes 2007 [30]	98
Abb. 7.5	Kartographische Darstellung des Weltkulturerbes [5]	98

## 2.3 Kapitel 3 – Bestandsanalyse eines Gründerzeithauses

Abb. 2.1	Normalfundament [32]	107
Abb. 2.2	Fundament bei angrenzendem Gebäude [32]	107
Abb. 2.3	abgetrepptes Fundament [32]	108
Abb. 2.4	Pfeilerfundament [32]	108
Abb. 2.5	Beispiel eines umgekehrten Gewölbes [32]	109
Abb. 4.1	volles Tonnengewölbe [31]	114
Abb. 4.2	Kappengewölbe zwischen Stahlträgern [32]	115
Abb. 4.3	Doppelbaumdecke [32]	116
Abb. 4.4	einfache Tramdecke [32]	117
Abb. 4.5	Fehltramdecke [32]	117
Abb. 4.6	Tramdecke mit versenkter Sturzschalung [32]	118
Abb. 4.7	Tramtraversendecke [32]	119
Abb. 4.8	Dimensionen der Deckenbalken [31]	121
Abb. 4.9	Lösung Abmessungen Tramdeckenquerschnitt	121
Abb. 6.1	Kragstufen [31]	123
Abb. 6.2	wandunterstützte Treppen [31]	124
Abb. 6.3	traversenunterstützte Treppen [31]	124
Abb. 6.4	rechts: Keilstufenausbildung; links: Blockstufenausbildung [32]	125
Abb. 7.1	Sparrendachsystem	127
Abb. 7.2	Detail A: Scherzapfenverbindung	128
Abb. 7.3	Detail B: Fußpunktausbildung	128
Abb. 7.4	Kehlbalkendach	129
Abb. 7.5	Detail A: Kehlbalkenanschluss Variante 1	130
Abb. 7.6	Detail A: Kehlbalkenanschluss Variante Schwalbenschanz	130
Abb. 7.7	Pfettendach: einfach stehender Stuhl	131
Abb. 7.8	Auflagerausbildung: Aufklauung	132
Abb. 7.9	Pfettendach mit doppelten Stuhl	133
Abb. 7.10	Detail A: Anschluss Mittelpfette - Sparren - Zange	133
Abb. 7.11	Pfettendachstuhl mit zweifach liegendem Stuhl	134

## 2. 4 Kapitel 4 – Bauen im Bestand

Abb. 1.1	Dreieck der Nachhaltigkeit [40]	136
Abb. 2.1	Fertigteilrippendecke [41]	139
Abb. 2.2	alleintragende Ortbetonplatte [41]	140
Abb. 2.3	eingeschlitzte T-Träger [41]	140
Abb. 2.4	neue Tramdecke auf vorhandenen Bundträmen [41]	141
Abb. 3.1	ungünstige und günstige Grundrissgestaltung [43]	145
Abb. 3.2	Massen- und Steifigkeitsverteilung im Grundriss	146
Abb. 3.3	günstige Steifigkeitsverteilung über die Höhe [43]	146
Abb. 3.4	Verstärkungsmöglichkeiten [43]	147
Abb. 4.1	Energieflussdiagramm eines Gebäudes [57]	149
Abb. 4.2	Wärmedurchgang durch mehrschichtige Bauteile [52]	150
Abb. 4.3	Energieausweis	160
Abb. 4.4	Glaserdiagramm	163
Abb. 4.5	Beispiel für den Aufbau eines Warmdaches	165
Abb. 4.6	Beispiel für den Aufbau eines Kaltdaches	165
Abb. 4.7	Holz nach Brandeinwirkung	171
Abb. 4.8	Wohnungstrennwand in Holzständerbauweise	176
Abb. 4.9	Wohnungstrennwand in Holzmassivbauweise	177
Abb. 4.10	Trenndecke in Holzmassivbauweise	178
Abb. 4.11	Trenndecke in Holzrahmenbauweise	183
Abb. 4.12	Steildach in Holzrahmenbauweise, hinterlüftet	188
Abb. 4.13	Temperaturermittlung in den einzelnen Schichten	192
Abb. 4.14	Graphische Temperaturermittlung	192
Abb. 4.15	Taupunktsdiagramm	193
Abb. 4.16	Steildach in Holzrahmenbauweise, hinterlüftet mit Dampfbremse	194
Abb. 4.17	Außenwand in Holzrahmenbauweise	195
Abb. 4.18	Flächengewichtung	199
Abb. 4.19	Temperaturermittlung in den einzelnen Schichten	202
Abb. 4.20	Graphische Temperaturermittlung	202
Abb. 4.21	Taupunktsdiagramm	203
Abb. 4.22	Außenwand in Holzrahmenbauweise	204
Abb. 4.23	Flächengewichtung	207
Abb. 4.24	Temperaturermittlung in den einzelnen Schichten	210
Abb. 4.25	Graphische Temperaturermittlung	210
Abb. 4.26	Taupunktsdiagramm	211
Abb. 4.27	Abmessung Fenster	212
Abb. 5.1	Beispiel schrittweise Elementeinbau [38]	216

## 2. 5 Kapitel 5 – Brettsperrholz

Keine Abbildungen vorhanden.

## 2. 6 Kapitel 6 – Projekt Dachgeschossausbau

Abb. 1.1	Lage des ausgewählten Objektes in der Stadt Graz	235
Abb. 2.1	Grundriss Dach M 1:200 (alle Maße in mm)	236
Abb. 2.2	Ansichten M 1:200 (alle Maße in mm)	237
Abb. 2.3	Grundriss Dachgeschoss Ebene 1 M 1:200 (Maße in mm)	238
Abb. 2.4	Grundriss Dachgeschoss Ebene 2 M 1:200 (Maße in mm)	239
Abb. 2.5	Schnitt Dachgeschoss M 1:200 (Maße in mm)	240
Abb. 3.1	Dachaufbau	242
Abb. 3.2	Geschossdeckenaufbau	242
Abb. 3.3	Überlagerung von negativen und positiven Innen- und Außendrücken	246
Abb. 3.4	Wandenteilung [66]	247
Abb. 3.5	Einteilung der einzelnen Teilbereiche bei Windbeanspruchung [66]	251
Abb. 5.1	Systemskizze M 1:300	261
Abb. 5.2	Nachweisführung in Längsrichtung $N_{\max} - M_{\text{zug}}$	274
Abb. 5.3	Nachweisführung in Längsrichtung $M_{\max} - N_{\text{zug}}$	274
Abb. 5.4	Nachweisführung Querrichtung $N_{\max} - M_{\text{zug}}$	275
Abb. 5.5	Nachweisführung Querrichtung $M_{\max} - N_{\text{zug}}$	276
Abb. 6.1	Spannrichtung Geschossdecke M 1:200	281
Abb. 6.2	Auszug aus der Bemessungsbericht Seite 3	282
Abb. 6.3	Auszug aus der Bemessungsbericht Seite 4	283
Abb. 6.4	Auszug aus der Bemessungsbericht Seite 5	284
Abb. 6.5	Auszug aus der Bemessungsbericht Seite 6	285
Abb. 6.6	Auszug aus der Bemessungsbericht Seite 7	286
Abb. 6.7	Auszug aus der Bemessungsbericht Seite 8	287
Abb. 7.1	Detail 1: Aussparung M 1:50	288
Abb. 7.2	Kantenausbildung M 1:10	289
Abb. 7.3	Übersicht Stahlbetonrost an den Querschottenden M 1:50 [mm]	292
Abb. 7.4	Anschluss Feuermauer M 1:10 [mm]	293
Abb. 7.5	Detail A: Anschluss Dachdeckung mit Feuermauer M 1:5	294
Abb. 7.6	Detail B: Anschluss BSP-Platte – Auflagerschwelle – Betonriegel M 1:5	295
Abb. 7.7	Anschluss Hauptgesimse M 1:20	296

## 3 Tabellenverzeichnis

### 3.1 Kapitel 1 – Status Quo des Dachgeschossausbaus

Tab. 3.1	Umsetzungsstrategie: Bewahren - Verändern - Entwickeln [8]	46
----------	--	----

### 3.2 Kapitel 2 – Rechtliche Rahmenbedingungen

Tab. 4.1	Brandschutzanforderungen für Decken und Wände [25]	79
----------	--	----

Tab. 7.1	räumliches Leitbild der Stadt Graz	99
----------	------------------------------------	----

### 3.3 Kapitel 3 – Bestandsanalyse eines Gründerzeithauses

Tab. 3.1	diverse Ziegelsorten [31]	110
----------	---------------------------	-----

Tab. 3.2	Außenwandstärken in Abhängigkeit der Geschossanzahl [31]	111
----------	--	-----

Tab. 3.3	Zwischenwandstärken in [cm] [32]	112
----------	----------------------------------	-----

Tab. 3.4	U - Werte Mauerwerk [32]	113
----------	--------------------------	-----

Tab. 3.5	U - Werte Mauerwerk in Abhängigkeit der Geschosszahl und Deckenkonstruktion [32]	113
----------	--	-----

Tab. 4.1	Beschüttungsmaterial [31]	120
----------	---------------------------	-----

### 3.4 Kapitel 4 – Bauen im Bestand

Tab. 4.1	Beispiele von $\lambda$ - Werte von Baustoffen	151
----------	--	-----

Tab. 4.2	Wärmeübergangswiderstand [49]	152
----------	-------------------------------	-----

Tab. 4.3	Wärmedurchlasswiderstand von ruhenden Luftschichten	153
----------	---	-----

Tab. 4.4	U-Werte von div. Verglasungen bei einem Rahmenanteil von 20%	155
----------	--	-----

Tab. 4.5	U-Werte von Fenstern und Türen Rahmen	156
----------	---------------------------------------	-----

Tab. 4.6	$\Psi_g$ - Werte	156
----------	------------------	-----

Tab. 4.7	Brandwiderstandsklassen	170
----------	-------------------------	-----

Tab. 4.8	Ertrag einer Photovoltaikanlage [48]	172
----------	--------------------------------------	-----

Tab. 4.9	Verschattung [48]	172
----------	-------------------	-----

Tab. 4.10	Montagepositionen [48]	174
-----------	------------------------	-----

Tab. 4.11	Schichtaufbau Trenndecke in Holzmassivbauweise	178
-----------	--	-----

Tab. 4.12	Wärmedurchgangswiderstand mit der Glaswolle	179
-----------	---	-----

Tab. 4.13	Wärmedurchgangswiderstand mit der Lattung	179
-----------	---	-----

Tab. 4.14	Flächengewichteter Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes	180
-----------	---	-----

Tab. 4.15	gewichteter Flächenanteil	180
-----------	---------------------------	-----

Tab. 4.16	Wärmedurchgangswiderstand mit der flächengewichteten Wärmeleitfähigkeit	181
-----------	---	-----

Tab. 4.17	Schichtaufbau Trenndecke in Holzrahmenbauweise	183
-----------	--	-----

Tab. 4.18	Wärmedurchgangswiderstand mit der Konstruktionsholz	184
-----------	---	-----

Tab. 4.19	Wärmedurchgangswiderstand mit der Glaswolle	185
Tab. 4.20	Flächengewichteter Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes	185
Tab. 4.21	gewichteter Flächenanteil	186
Tab. 4.22	Wärmedurchgangswiderstand mit der flächengewichteten Wärmeleitfähigkeit	186
Tab. 4.23	Schichtaufbau Steildach in Holzrahmenbauweise	188
Tab. 4.24	Wärmedurchgangswiderstand mit Konstruktionsholz	189
Tab. 4.25	Wärmedurchgangswiderstand mit der Glaswolle	190
Tab. 4.26	Flächengewichteter Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes	190
Tab. 4.27	gewichteter Flächenanteil	190
Tab. 4.28	Wärmedurchgangswiderstand mit der flächengewichteten Wärmeleitfähigkeit	191
Tab. 4.29	Schichtaufbau Steildach in Holzrahmenbauweise	194
Tab. 4.30	Schichtaufbau Aussenwand in Holzrahmenbauweise	195
Tab. 4.31	Wärmedurchgangswiderstand der Variante 1	196
Tab. 4.32	Wärmedurchgangswiderstand der Variante 2	197
Tab. 4.33	Wärmedurchgangswiderstand der Variante 3	197
Tab. 4.34	Wärmedurchgangswiderstand der Variante 4	198
Tab. 4.35	Flächengewichteter Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes	198
Tab. 4.36	Berechnung der Flächenanteile	200
Tab. 4.37	Wärmedurchgangswiderstand der flächengewichteten Wärmeleitfähigkeiten	201
Tab. 4.38	Schichtaufbau Aussenwand in Holzmassivbauweise	204
Tab. 4.39	Wärmedurchgangswiderstand der Variante 1	205
Tab. 4.40	Wärmedurchgangswiderstand der Variante 3	206
Tab. 4.41	Wärmedurchgangswiderstand der Variante 4	206
Tab. 4.42	Flächengewichteter Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes	207
Tab. 4.43	Berechnung der Flächenanteile	208
Tab. 4.44	gewichtete Längenteile	208
Tab. 4.45	Wärmedurchgangswiderstand der längengewichteten Wärmeleitfähigkeiten	209
Tab. 5.1	Kostengliederung lt. ÖNORM 1801.1 214	

### 3. 5 Kapitel 5 – Brettsperrholz

Tab. 2.1	Ermittlung der effektiven Querschnittswerte	219
Tab. 2.2	Schubkorrekturfaktor $\kappa$	221
Tab. 2.3	Nachweiskombinationen im SLS	231

### 3. 6 Kapitel 6 – Projekt Dachgeschossausbau

Tab. 3.1	Dachaufbau	241
Tab. 3.2	Schichtaufbau der Trenndecke in Holzmassivbauweise	243
Tab. 3.3	Außendruckbeiwerte [66]	248

Tab. 3.4	Windbelastung	249
Tab. 3.5	summierte Windbelastung [kN/m <sup>2</sup> ]	249
Tab. 3.6	Windbelastung	250
Tab. 3.7	summierte Windbelastung [kN/m <sup>2</sup> ]	250
Tab. 3.8	Außendruckbeiwerte $c_{pe}$ für $\Theta = 0^\circ$ [66]	252
Tab. 3.9	Windbelastungen $w_e$ auf die einzelnen Dachbereiche	252
Tab. 3.10	resultierende Windbelastung für die einzelnen Dachbereiche [kN/m <sup>2</sup> ]	253
Tab. 3.11	Außendruckbeiwerte $c_{pe}$ für $\Theta = 90^\circ$ [66]	254
Tab. 3.12	Windbelastung $w_e$ auf die einzelnen Dachbereiche	254
Tab. 3.13	resultierende Windbelastung für die einzelnen Dachbereiche [kN/m <sup>2</sup> ]	254
Tab. 3.14	Windbelastung auf das Dach	255
Tab. 3.15	resultierende Windbelastung für die einzelnen Bereiche [kN/m <sup>2</sup> ]	255
Tab. 3.16	Windbelastungen $w_e$ auf die Dachbereiche	256
Tab. 3.17	resultierende Windbelastung für die einzelnen Dachbereiche [kN/m <sup>2</sup> ]	256
Tab. 4.1	Teilsicherheitsbeiwerte nach ON EN 1990	258
Tab. 5.1	Baustoffeigenschaften für die Festigkeitsklasse C24 nach ÖN EN 338	262
Tab. 5.2	Querschnittswerte um die starke Achse	263
Tab. 5.3	Querschnittswerte um die schwache Achse	264
Tab. 5.4	maßgebende Schnittkräfte für die Nachweisführung in Längsrichtung	265
Tab. 5.5	maßgebende Schnittkräfte für die Nachweisführung in Querrichtung	267
Tab. 5.6	maßgebende Schubkräfte für die Nachweisführung auf Schub	269
Tab. 5.7	maximale Verformung in Feldmitte aus RFEM3	272
Tab. 5.8	Nachweisführung in Längsrichtung	272
Tab. 5.9	Nachweisführung in Querrichtung	273
Tab. 5.10	maßgebende Schnittkräfte für die Nachweisführung in Längsrichtung	273
Tab. 5.11	maßgebende Schnittkräfte für die Nachweisführung in Querrichtung	275
Tab. 5.12	maßgebende Schubkräfte für die Nachweisführung auf Schub	276
Tab. 5.13	maximale Verformung in Feldmitte (aus RFEM3)	279
Tab. 5.14	Nachweisführung in Längsrichtung	280
Tab. 5.15	Nachweisführung in Querrichtung	280
Tab. 7.1	maximale Schnittkräfte	289
Tab. 7.2	Mindestabstände	291

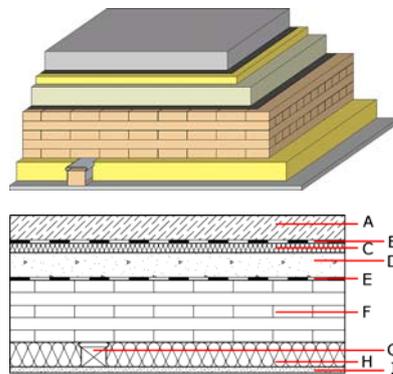
# 4 dataholz.com Angaben

## 4.1 Trenndecke - Holzmassivbauweise

dataholz.com

Bezeichnung: tm.nva01a-00  
 Stand: 06.04.2010  
 Quelle: Holzforschung Austria  
 Bearbeiter: HFA, SP

Trenndecke - Holzmassivbau, abgehängt, nass



Benutzung: ACHTUNG! In diesem Fall wurde der bewertete Standard-Trittschallpegel mit W gemessen. Aus datenbank-technischen Gründen scheint der In w Wert auf W zu beruhen dies zu entschuldigen.

**Bauphysikalische und ökologische Bewertung**

Brandschutz	F	60
	REI	60

statischer Nachweis am Restholzeschnitt Höhe 104mm  
 Beurteilung durch IBS

Wärmeschutz	U [W / m <sup>2</sup> K]	0,29
	Diffusionsverhalten	geeignet
	m <sub>w,BA</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]	15,7

speichermassive Masse oben: 103 kg/m<sup>2</sup>  
 Beurteilung durch HFA

Schallschutz	R <sub>w</sub> (C <sub>tr</sub> )	58 (r)
	I <sub>n,w</sub> (C <sub>1</sub> )	48 (l)

Beurteilung durch TU-GRAZ

Ökologie*	O <sub>13,km</sub>	11 A
-----------	--------------------	------

Beurteilung durch IBO

**Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau**  
 (von außen nach innen, Maße in mm)

	Dicke	Baustoff	Wärmeschutz				Brennbarkeitsk.	
			λ	μ m in - max	ρ	c	ON	EN
A	50,0	Zementestrich od. Anhydritestrich	1,330	50 -100	2000	1,080	A	A1
B		Trennschicht Kunststoff	0,200	1000000	1400	1,400	B2	E
C	30,0	Trittschalldämmung MW-F	0,035	1	68	1,030	A	A1
D	50,0	Schlüttung	0,700	2	1800	1,000	A	A1
E		Rieseckschutz	0,200	423	636	0,000	B2	E
F	125,0	Massivholz (z.B. Buchenholz)	0,130	50	500	1,600	B2	D
G	70,0	Holz-Fichte-Lattung (40/50) auf Schwelbögeln	0,130	50	500	1,600	B2	D
H	50,0	Glaswolle [0,040; R=16]	0,040	1	16	1,030	A	A2
I	12,5	GKFOder	0,250	10	800	1,050	B1	A2
I	10,0	Gipsfaserplatte	0,320	21	1000	1,100	A	A2

\*Ökologische Bewertung in Detail

GW P [kg CO <sub>2</sub> Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> Äqv.]	PEIne [MJ]	PEIe [MJ]	EP [kg PO <sub>4</sub> Äqv.]	POCP [kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äqv.]
-50,7	0,225	785,9	1,339,9	0,032	0,014

\*Flächenbezogene Masse

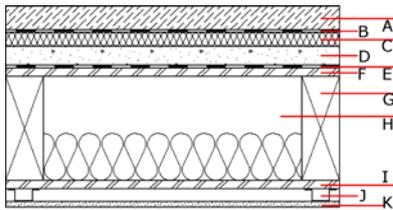
m [kg/m <sup>2</sup> ]	Berechnet mit
271,3	GKF

## 4.2 Trenndecke - Holzrahmenbau

dataholz.com

Bezeichnung: gdrxa03a-00  
 Stand: 10.03.2010  
 Quelle: Holzforschung Austria  
 Bearbeiter: HFA, SP

Geschossdecke - Holzrahmenbau, abgehängt, nass



Bemerkung: Aufgrund des verbleibenden Restholzquerschnittes ist die Lastabtragung für das jeweilige Objekt gesondert nachzuweisen.

### Bauphysikalische und ökologische Bewertung

Brandschutz	F	30
	REI	30

Beurteilung durch BS

Wärmeschutz	U [W / m <sup>2</sup> K]	0,25
	Diffusionsverhalten	geeignet
	m <sub>w,pl</sub> [kg / m <sup>2</sup> ]	29,2

Beurteilung durch HFA

Schallschutz	R <sub>w</sub> (C,C <sub>50</sub> )	67 (-8;-17)
	I <sub>n,w</sub> (C <sub>1</sub> )	50 (6)

Beurteilung durch TGM

Ökologie*	OI <sub>kon</sub>	24 β
-----------	-------------------	------

Beurteilung durch B0

### Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau

(von außen nach innen, Maße in mm)

	Dicke	Baustoff	Wärmeschutz				Brennbarkeitsk.	
			λ	μ m in - max	ρ	c	ON	EN
A	50 ρ	Anhydritestrich od. Zementestrich	0,700	10	2200	1,300	A	A1
B		Trennschicht: Kunststoff	0,200	100000	1400	1,400	E2	E
C	30 ρ	Trittschalldämmung MW-T	0,035	1	68	1,030	A	A1
D	40 ρ	Schüttung	0,700	2	1800	1,000	A	A1
E		Riesel Schutz	0,200	423	636	0,000	E2	E
F	18 ρ	OSB	0,130	200	650	1,700	E2	D
G	220 ρ	Konstruktionsholz (80 / je=625)	0,130	50	500	1,600	E2	D
H	100 ρ	Glaswolle [0,040; R=16]	0,040	1	16	1,030	A	A2
I	18 ρ	OSB	0,130	200	650	1,700	E2	D
J	27 ρ	Redeschüme					A	
K	12,5	GKF oder	0,250	10	800	1,050	B1	A2
K	12,5	Gipsfaserplatte	0,320	21	1000	1,100	A	A2

\*Ökologische Bewertung im Detail

GW P	AP	PEIne	PEIe	EP	POCP
[kg CO <sub>2</sub> ÄqV.]	[kg SO <sub>2</sub> ÄqV.]	[MJ]	[MJ]	[kg PO <sub>4</sub> ÄqV.]	[kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ÄqV.]
-23,7	0,304	729 ρ	888 β	0,053	0,011

\*Flächenbezogene Masse

m	Berechnet mit
[kg / m <sup>2</sup> ]	
-	-

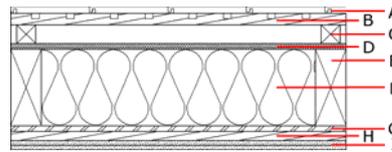
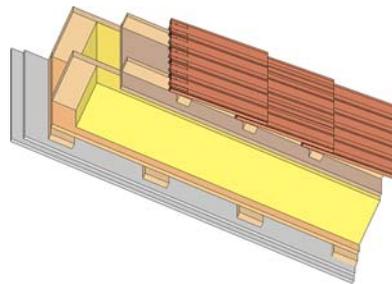
dataholz.com - Katalog bauphysikalisch und ökologisch geprüfter und/ oder zugelassener Holz und Holzwerkstoffe, Baustoffe, Bauteile und Bauteilansätze für den Holzbau, freigegeben von akkreditierten Prüfanstalten.  
 Die Kennwerte können als Grundlage für die Nachweisführung gegenüber österreichischen Baubehörden herangezogen werden.

### 4.3 Steildach - Holzrahmenbau, hinterlüftet

dataholz.com

Bezeichnung: sdhzi09b-01  
Stand: 10.03.2010  
Quelle: Holzforschung Austria  
Bearbeiter: HFA, SP

Steildach - Holzrahmenbau, hinterlüftet, mit Installationsebene



Bauphysikalische und ökologische Bewertung		
Brandschutz	F	60
	REI	60
Einstufung für Brandbelastung von unten Beurteilung durch IBS		
Wärmeschutz	U [W / m <sup>2</sup> K]	0,19
	Diffusionsäquivalent	geeignet
	m <sub>W,BA</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]	37,2
Beurteilung durch HFA		
Schallschutz	R <sub>w</sub> (C,C <sub>tr</sub> )	53 (-1;-7)
	T <sub>n,w</sub> (C)	-
m ± Dachziegeldeckung R <sub>w</sub> = 51 (-1;-7) dB Beurteilung durch TGM		
Ökologie*	OI <sub>kon</sub>	7,8
Beurteilung durch IBO		

Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau  
(von außen nach innen, Maße in mm)

	Dicke	Baustoff	Wärmeschutz				Brennbarkeitsk.		
			λ	μ m in - max	ρ	c	ON	EN	
A		Betondachstein od. Ziegeldachstein				2100		A	A1
B	30	Holz Fichte Lattung (30/50)	0,130	50	500	1.600	B2	D	
C	50	Holz Fichte Kontrelattung (Mindesthöhe 50mm)	0,130	50	500	1.600	B2	D	
D	15	MDF	0,120	11	600	1.700	B2	D	
E	220	Konstruktionsholz (80/100; e=800)	0,130	50	500	1.600	B2	D	
F	220	Glaswolle (0,040; R=16)	0,040	1	16	1.030	A	A2	
G	15	OSB (Liniert verklebt)	0,130	200	650	1.700	B2	D	
H	24	Holz Fichte Sparschalung (24/100; a=400)	0,130	50	500	1.600	B2	D	
I	25	GKF (2x1,25 mm) oder	0,250	10	800	1.050	B1	A2	
I	25	Gipsfaserplatte (2x1,25 mm)	0,320	21	1000	1.100	A	A2	

\*Ökologische Bewertung in Detail

GW P [kg CO <sub>2</sub> Äq.v.]	AP [kg SO <sub>2</sub> Äq.v.]	PEIne [MJ]	PEIe [MJ]	EP [kg PO <sub>4</sub> Äq.v.]	POCP [kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äq.v.]
-33,9	0,210	653,4	935,7	0,035	0,009

\*Flächenbezogene Masse

m [kg/m <sup>2</sup> ]	Berechnet mit
55,9	GKF

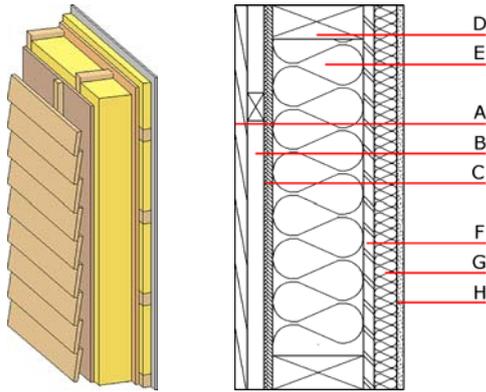
dataholz.com - Katalog bauphysikalisch und ökologisch geprüfter und/oder zugelassener Holz und Holzwerkstoffe, Baustoffe, Bauteile und Bauteilanschlüsse für den Holzbau, freigegeben von akkreditierten Prüfanstalten.  
Die Kennwerte können als Grundlage für die Nachweiseführung gegenüber österreichischen Baubehörden herangezogen werden.

## 4. 4 Außenwand - Holzrahmenbau, hinterlüftet

dataholz.com

Bezeichnung: awrhnd4a-03  
 Stand: 10.03.2010  
 Quelle: Holzforschung Austria  
 Bearbeiter: HFA, SP

Außenwand - Holzrahmenbau, hinterlüftet, mit Installationsebene, geschalt



Bemerkung: Aufgrund des verbleibenden Restholzquerschnittes ist der Steher unter Druckbelastung für das jeweilige Objekt gesondert auf Knicken nachzuweisen.

### Bauphysikalische und ökologische Bewertung

Brandschutz	F	30
	REI	30

mit statischem Nachweis an Restholzquerschnitt (45/192mm) Beurtelung durch BS

Wärmeschutz	U [W/m <sup>2</sup> K]	0,18
	Diffusionsverhalten	geeignet
	m <sub>w,pa</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]	19,9

Beurteilung durch HFA

Schallschutz	R <sub>w</sub> (C,C <sub>50</sub> )	51 (-3;-10)
	I <sub>n,w</sub> (C)	-

Wird die Lattung der Hinterlüftungsebene mit dem Konstruktionsholz verschraubt, die Lattung der Installationsebene senkrecht ausgeführt und ebenfalls mit dem Konstruktionsholz verschraubt, so ergibt sich R<sub>w</sub> (C,C<sub>50</sub>): 44 (-1;-5) Beurteilung durch MA 39

Ökologie*	O <sub>3,ext</sub>	6,9
-----------	--------------------	-----

Beurteilung durch BO

### Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau

(von außen nach innen, Maße in mm)

	Dicke	Baustoff	Wärmeschutz				Brennbarkeitsk.	
			λ	μ m in - max	ρ	c	ON	EN
A	24 ρ	Holz Lärche Außenwandverkleidung	0,150	50	600	1,600	E2	D
B	30 ρ	Holz Fichte Lattung versetzt (30/50/30/80) H hinterlüftung	0,130	50	500	1,600	E2	D
C	15 ρ	MDF	0,120	11	600	1,700	E2	D
D	200 ρ	Konstruktionsholz (60/12e=625)	0,130	50	500	1,600	E2	D
E	200 ρ	Glaswolle [0,040;R=16]	0,040	1	16	1,030	A	A2
F	15 ρ	OSB	0,130	200	650	1,700	E2	D
G	40 ρ	Holz Fichte Querlattung (a=400) bzw. Lattung versetzt	0,130	50	500	1,600	E2	D
H	40 ρ	Glaswolle [0,040;R=16] bzw. Luftschicht bei Variante 02	0,040	1	16	1,030	A	A2
I	12,5	GKF oder	0,250	10	800	1,050	B1	A2
I	12,5	Gipsfaserplatte	0,320	21	1000	1,100	A	A2

### \*Ökologische Bewertung im Detail

GW P [kg CO <sub>2</sub> Äqvt.]	AP [kg SO <sub>2</sub> Äqvt.]	PEI <sub>ne</sub> [MJ]	PEI <sub>e</sub> [MJ]	EP [kg PO <sub>4</sub> Äqvt.]	FOCP [kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äqvt.]
-48,1	0,226	633,3	1051,1	0,038	0,010

### \*Flächenbezogene Masse

m [kg/m <sup>2</sup> ]	Berechnet mit
44,3	GKF

dataholz.com - Katalog bauphysikalischer und ökologischer geprüfter und/oder zugelassener Holz- und Holzwerkstoffe, Baustoffe, Bauteile und Bauteilanschlüsse für den Holzbau, freigegeben von akkreditierten Prüfanstalten.

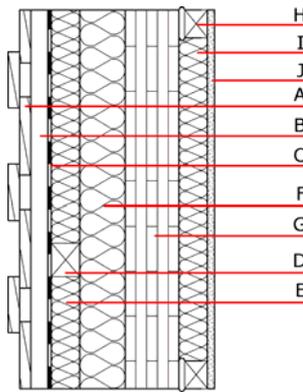
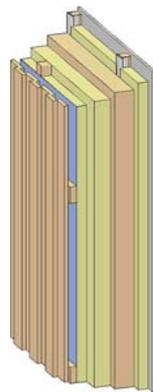
Die Kennwerte können als Grundlage für die Nachweiseführung gegenüber österreichischen Baubehörden herangezogen werden.

## 4.5 Außenwand - Holzmassivbau, hinterlüftet

dataholz.com

Bezeichnung: awm ohD1a-00  
 Stand: 06.04.2010  
 Quelle: Holzforschung Austria  
 Bearbeiter: HFA, SP

Außenwand - Holzmassivbau, nicht hinterlüftet, mit Installationsebene, geschalt



Benennung: Aufgrund des verbleibenden Restholzschnittes ist die Lastabtragung für das jeweilige Objekt gesondert nachzuweisen.

Bauphysikalische und ökologische Bewertung		
Brandschutz	F	60
	REI	60
mit statischen Nachweis an Restholzschnitt 65mm Beurteilung durch IBS		
Wärmeschutz	U [W / m <sup>2</sup> K]	0,19
	Diffusionsverhalten	geeignet
	m <sub>w,BA</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]	16,6
Beurteilung durch HFA		
Schallschutz	R <sub>w</sub> (C,C <sub>2</sub> )	51 (r)
	I <sub>n,w</sub> (C <sub>1</sub> )	-
R <sub>w</sub> +C <sub>tr</sub> ≥ 42 Beurteilung durch TU-GRAZ		
Ökologie*	O <sub>IS,con</sub>	1,1
Beurteilung durch IBO		

Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau  
 (von außen nach innen, Maße in mm)

	Dicke	Baustoff	Wärmeschutz				Brennbarkeitsk.	
			λ	μ m in - max	ρ	c	ON	EN
A	200	Holz-Lärche Außenwandverkleidung	0,150	50	600	1.600	B2	D
B	300	Holz-Fichte Lattung (30/60)	0,130	50	500	1.600	B2	D
C		diffusionsdichte Folie sd ≤ 0,3m						
D	500	Holz-Fichte Lattung (50/60 bzw. 80/60; e=625)	0,130	50	500	1.600	B2	D
E	500	Steinwolle (0,040; R≥70)	0,040	1	70	1.030	A	A1
F	800	Steinwolle (0,040; R≥70)	0,040	1	70	1.030	A	A1
G	950	Massivholz (z.B. Buchenholz)	0,130	50	500	1.600	B2	D
H	500	Holz-Fichte Lattung (40/50; e=625) auf Schwingbügel	0,130	50	500	1.600	B2	D
I	500	Glaswolle (0,040; R=16)	0,040	1	16	1.030	A	A2
J	125	GKF oder	0,250	10	800	1.050	B1	A2
Ü	100	Gipsfaserplatte	0,320	21	1000	1.100	A	A2

\*Ökologische Bewertung im Detail

GW P [kg CO <sub>2</sub> ÄqV.]	AP [kg SO <sub>2</sub> ÄqV.]	PEIne [MJ]	PEIe [MJ]	EP [kg PO <sub>4</sub> ÄqV.]	POCP [kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ÄqV.]
-731	0,219	611,5	1.403,3	0,036	0,045

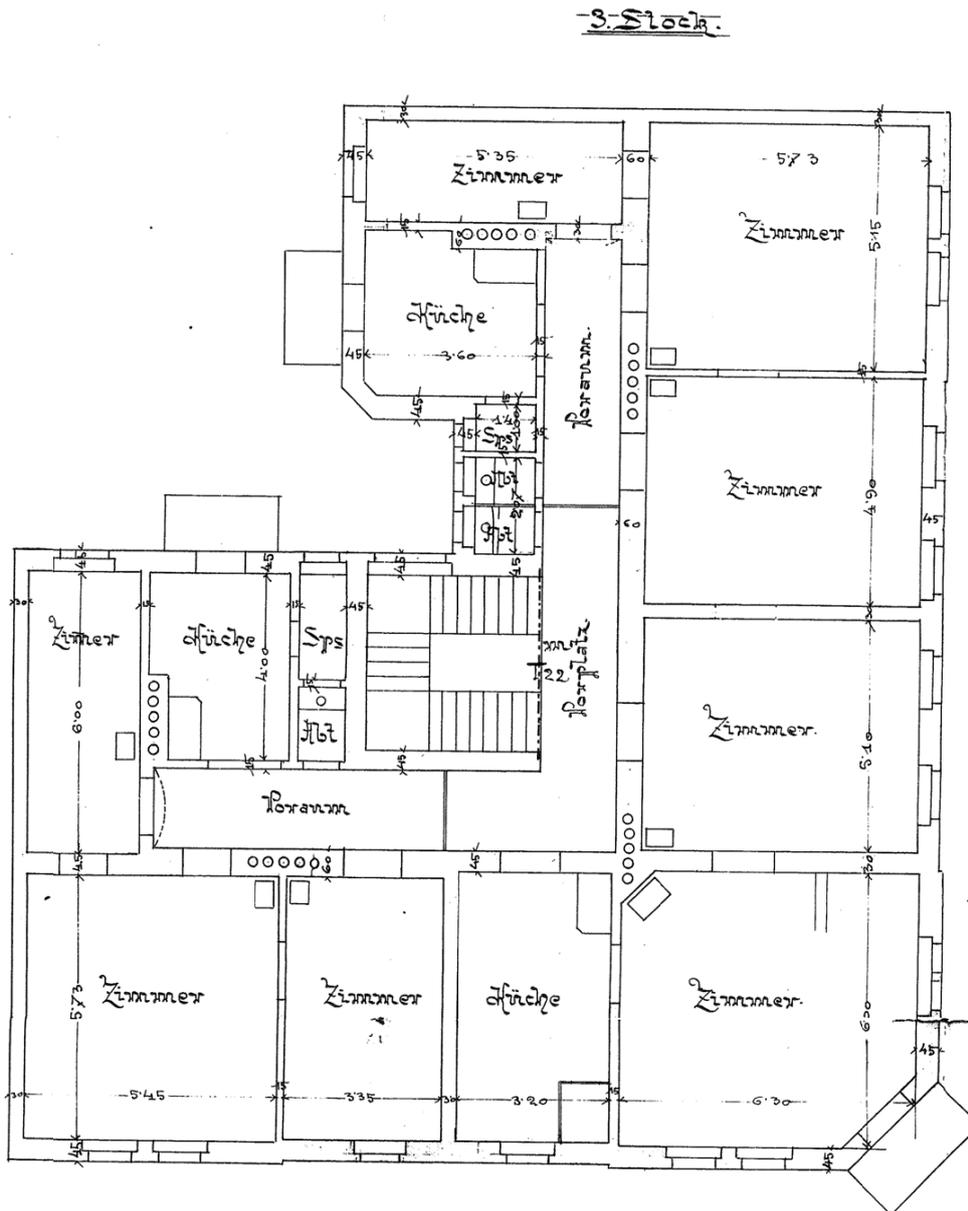
\*Flächenbezogene Masse

m [kg/m <sup>2</sup> ]	Berechnet mit
71,8	GKF

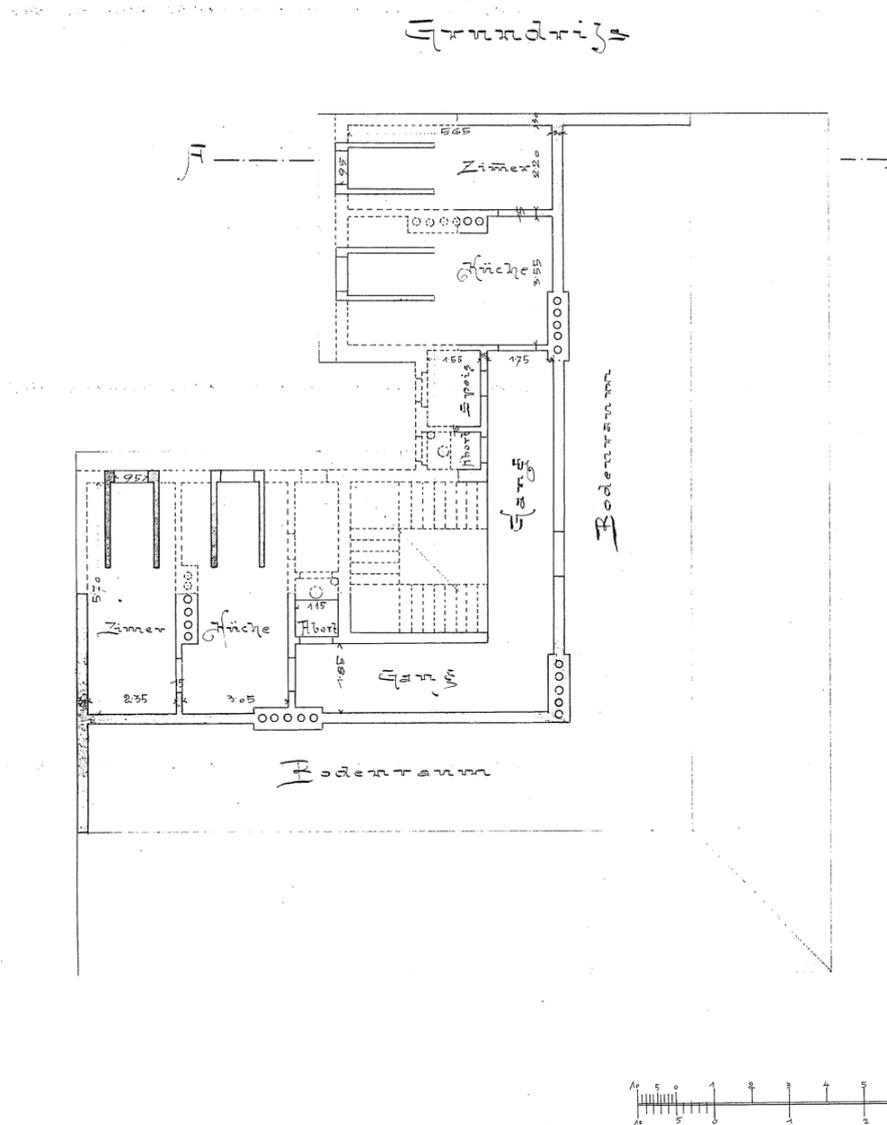
dataholz.com - Katalog bauphysikalisch und ökologisch geprüfter und/oder zugelassener Holz- und Holzwerkstoffe, Baustoffe, Bauteile und Bauteilanschlüsse für den Holzbau, freigegeben von akkreditierten Prüfanstalten.  
 Die Kennwerte können als Grundlage für die Nachweiseführung gegenüber österreichischen Baubehörden herangezogen werden.

## 5 Objekt Nibelungengasse/Katzianergasse

### 5.1 Grundriss 3. Obergeschoss

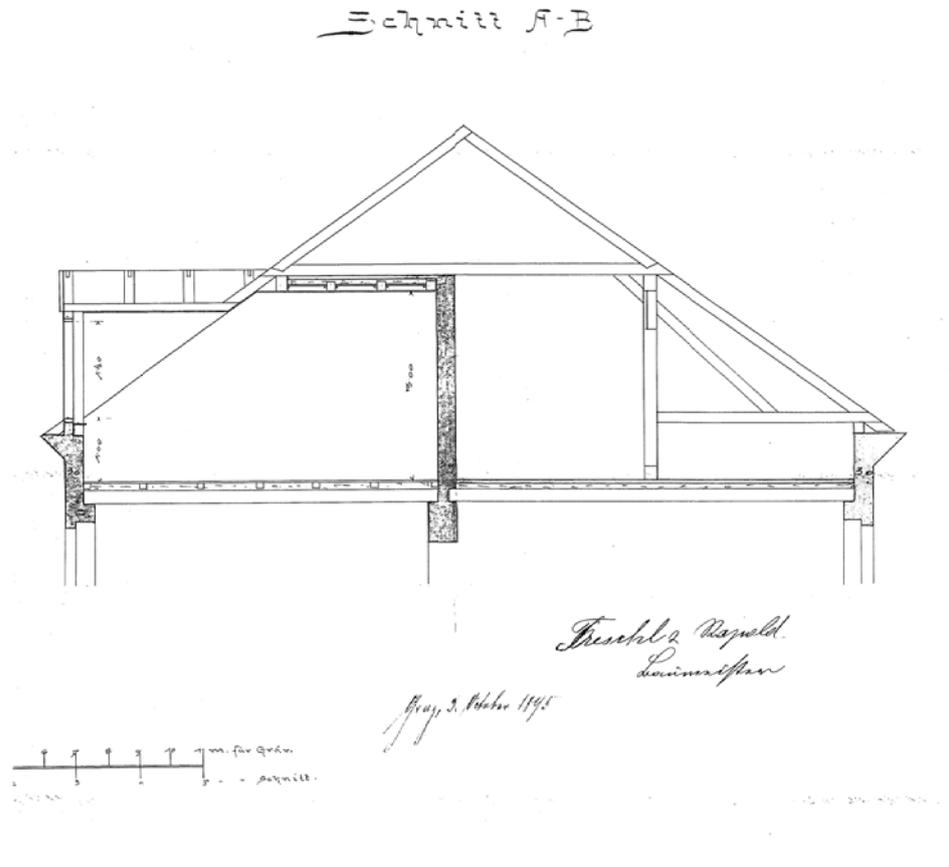


## 5.2 Grundriss Dachgeschoss





## 5.4 Schnitt durch das Dach



# 6 RFEM - Eingabedaten



Technische Universität Graz Institut f. Holzbau  
 Lessingstraße 25/III, 8010 GRAZ  
 Tel: 316873/6702 - Fax: 316873/6707

Seite: 1/6  
 Blatt: 1

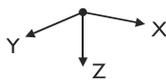
## STRUKTUR

Projekt: Dachgeschossausbau Position: Dachgeschossausbau Datum: 17.05.2010

INHALT		INHALT	
1.3	Struktur	1	LF 1 - Eigengewicht
1.7	Materialien	1	LF 2 - Schnee - konstant
1.8	Knotenlager	1	LF 3 - Schnee - verweht 1
1.10	Linienlager	1	LF 4 - Schnee - verweht 2
1.12	Linienlager	1	LF 5 - Wind in +x Richtung
1.14	Orthotrope Flächen	2	LF 6 - Wind in -x Richtung
	Stabendgelenke	3	LF 7 - Wind in +y Richtung
	Belastung	4	LF 8 - Wind in -y Richtung
	Lastfälle	4	Lastfallkombinationen
			5

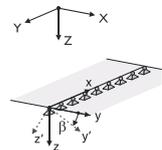
### 1.3 MATERIALIEN

Material Nr.	Material-Bezeichnung	Elast.-Modul E [kN/cm <sup>2</sup> ]	Schubmodul G [kN/cm <sup>2</sup> ]	Querdehnz. $\mu$ [-]	Sp. Gewicht $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Wärmedehnz. $\alpha$ [1/°C]	Beiwert $\gamma_M$ [-]
3	Pappel und Nadelholz C24   DIN EN 1995-1-1: 2005-12 Materialmodell - Isotrop...	1100.00	69.00	0.000	6.00	5.0000E-06	1.300



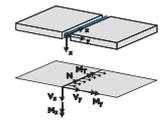
### 1.7 KNOTENLAGER

Lager Nr.	Knoten Nr.	Folge	Lagerdrehung [°]	Stütze In Z	Lagerung bzw. Feder [kN/m] [kNm/rad]
			um X um Y um Z		$u_x$ $u_y$ $u_z$ $\phi_x$ $\phi_y$ $\phi_z$
1	1,3,6,7,9	XYZ	0.00 0.00 0.00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
4	2,4,5,8	XYZ	0.00 0.00 0.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>



### 1.8 LINIENLAGER

Lager Nr.	Linien Nr.	Bezugs-achse	Lagerdrehung $\beta$ [°]	Wand In Z	Feste Stützung bzw. Einspannung
					$u_x$ $u_y$ $u_z$ $\phi_x$ $\phi_y$ $\phi_z$
1	5-7,12,17,20,26,40,45,62,126,151,217	Global		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	1-4,9,11,93,94,215,216	Global		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	8,10,117-120,154,167,218	Global		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>



### 1.10 LINIENGELENKE

Gelenk Nr.	Linien-Nr.	Flächen-Nr.	Seite	Axial/Quer-Gelenk [kN/m <sup>2</sup> ]			Momentengelenk [kNm/rad/m]		
				N	$V_y$	$V_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
1	24	52	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	54	52	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	156	52	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	202	52	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	205	52	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	206	52	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	208	52	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	25	12	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	33	1	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	71	1	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	115	1	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	116	1	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	170	1	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	200	1	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	74	2	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	52	3	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	60	3	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	201	4	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	113	5	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	63	57	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	78	57	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	214	57	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	35	51	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	57	51	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	179	51	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26	155	48	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27	204	47	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28	207	46	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29	143	45	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30	203	44	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31	142	43	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32	137	37	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33	139	37	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34	147	37	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35	21	39	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



RFEM 4.03.0002 - Allgemeine 3D-Tragwerke nach FEM

www.dlupal.de



**Technische Universität Graz Institut f. Holzbau**  
Lessingstraße 25/III, 8010 GRAZ  
Tel: 316873/6702 - Fax: 316873/6707

Seite: 2/6  
Blatt: 1

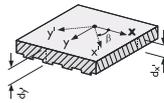
**STRUKTUR**

Projekt: **Dachgeschossausbau** Position: **Dachgeschossausbau**

Datum: 17.05.2010

**1.10 LINIENGELENKE**

Gelenk-Nr.	Linien-Nr.	Flächen-Nr.	Seite	Axial/Quer-Gelenk [kN/m <sup>2</sup> ]			Momentengelenk [kNm/rad/m]		
				N	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
36	32	39	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37	37	40	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38	153	40	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39	14	60	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40	121	60	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
41	135	59	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
42	138	65	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
43	191	65	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
44	50	10	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
45	111	9	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
46	46	8	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
47	110	8	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48	85	6	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
49	86	6	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
50	87	6	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
51	18	17	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
52	34	17	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
53	180	17	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
54	44	21	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
55	185	21	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56	55	18	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
57	82	18	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
58	83	18	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
59	181	16	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
60	175	55	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
61	176	55	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
62	174	50	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
63	68	57	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
64	69	53	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
65	27	1	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
66	28	52	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
67	13	60	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
69	136	67	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
70	165	67	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



**1.12 ORTHOTROPE FLÄCHEN**

Fläche-Nr.	Definitionsart	Orth. Richtung β [°]	Schub-Dicke t* [mm]	Richtung x'		Richtung y'		Drillsteifigkeit Wirkung [%]
				Dicke d <sub>x</sub> [mm]	E <sub>0</sub> [kN/cm <sup>2</sup> ]	Dicke d <sub>y</sub> [mm]	E <sub>90</sub> [kN/cm <sup>2</sup> ]	
1	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
2	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
3	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
4	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
5	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
6	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
7	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
8	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
9	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
10	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
11	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
12	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
13	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
14	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
15	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
16	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
17	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
18	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
19	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
20	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
21	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
22	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
23	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
24	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
26	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
34	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
37	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
38	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
39	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
40	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
41	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
42	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
43	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
44	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
45	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
46	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
47	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
48	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
50	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
51	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
52	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
53	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
54	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
55	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
56	Dicken	90,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
57	Dicken	0,00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0



RFEM 4.03.0002 - Allgemeine 3D-Tragwerke nach FEM

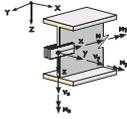
www.dlubal.de



Projekt: Dachgeschossausbau Position: Dachgeschossausbau Datum: 17.05.2010

1.12 ORTHOTROPE FLÄCHEN

Fläche Nr.	Definitionsart	Orth. Richtung $\beta$ [°]	Schub-Dicke $t^*$ [mm]	Richtung x'		Richtung y'		Drillsteifigkeit Wirkung [%]
				Dicke $d_x$ [mm]	$E$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	Dicke $d_y$ [mm]	$E_{eq}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	
58	Dicken	0.00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
60	Dicken	0.00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
61	Dicken	90.00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
62	Dicken	90.00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
63	Dicken	90.00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
64	Dicken	90.00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
65	Dicken	0.00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
66	Dicken	90.00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0
67	Dicken	0.00		104.1	1100.0	172.2	37.0	25.0



1.14 STABENGELENKE

Gelenk Nr.	Axial/Quer-Gelenk bzw. Feder [kN/m]			Momentengelenk bzw. Feder [kNm/rad]			Kommentar
	N	$V_y$	$V_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	





**Technische Universität Graz Institut f. Holzbau**  
Lessingstraße 25/III, 8010 GRAZ  
Tel: 316873/6702 - Fax: 316873/6707

Seite: 4/6  
Blatt: 1  
**BELASTUNG**

Projekt: **Dachgeschossausbau** Position: **Dachgeschossausbau** Datum: 17.05.2010

**LASTFÄLLE**

LF-Nr.	LF-Bezeichnung	LF-Faktor	Eigenschaften des Lastfalls	Eigengewicht	Berechnungs-Theorie
1	Eigengewicht	1.0000	Ständig	1.00	I. Ordnung
2	Schnee - konstant	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung
3	Schnee - verweht 1	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung
4	Schnee - verweht 2	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung
5	Wind in +x Richtung	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung
6	Wind in -x Richtung	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung
7	Wind in +y Richtung	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung
8	Wind in -y Richtung	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung

LF1  
Eigengewicht

**2.4 FLÄCHENLASTEN**

LF1

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Symbol	Lastparameter	
						Wert	Einheit
1	1-19,21-24,26,34,37-48,50-58,60-67	Kraft	Konstant	ZL	p <sub>1</sub>	0.790	kN/m <sup>2</sup>
2	20	Kraft	Konstant	ZL	p <sub>1</sub>	0.790	kN/m <sup>2</sup>

LF2  
Schnee - konstant

**2.4 FLÄCHENLASTEN**

LF2

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Symbol	Lastparameter	
						Wert	Einheit
1	6-11,13-15,22-24,34,37-42,50,54-56 61,62,64,66	Kraft	Konstant	ZP	p <sub>1</sub>	1.320	kN/m <sup>2</sup>
2	20	Kraft	Konstant	ZP	p <sub>1</sub>	1.320	kN/m <sup>2</sup>

LF3  
Schnee - verweht 1

**2.4 FLÄCHENLASTEN**

LF3

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Symbol	Lastparameter	
						Wert	Einheit
1	13-15,19,20,22-24,34,54-56,61-64, 66	Kraft	Konstant	ZP	p <sub>1</sub>	1.320	kN/m <sup>2</sup>
2	23	Kraft	Konstant	ZP	p <sub>1</sub>	1.320	kN/m <sup>2</sup>
3	6-11,37-42,50	Kraft	Konstant	ZP	p <sub>1</sub>	0.660	kN/m <sup>2</sup>

LF4  
Schnee - verweht 2

**2.4 FLÄCHENLASTEN**

LF4

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Symbol	Lastparameter	
						Wert	Einheit
1	13-15,19,20,22-24,34,54-56,61-64, 66	Kraft	Konstant	ZP	p <sub>1</sub>	0.660	kN/m <sup>2</sup>
2	6-11,37-42,50	Kraft	Konstant	ZP	p <sub>1</sub>	1.320	kN/m <sup>2</sup>

LF5  
Wind in +x Richtung

**2.4 FLÄCHENLASTEN**

LF5

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Symbol	Lastparameter	
						Wert	Einheit
1	60	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.616	kN/m <sup>2</sup>
2	2-5,16-18,21,57	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.784	kN/m <sup>2</sup>
3	52	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.224	kN/m <sup>2</sup>
4	1	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.784	kN/m <sup>2</sup>
5	67	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.784	kN/m <sup>2</sup>
6	26	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.784	kN/m <sup>2</sup>
7	12	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.504	kN/m <sup>2</sup>
8	6-11,13-15,20,22,50,54,55	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.840	kN/m <sup>2</sup>
9	58,65	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.577	kN/m <sup>2</sup>
10	23,24,34,56,61-64,66	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.280	kN/m <sup>2</sup>
11	37-42	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.616	kN/m <sup>2</sup>
12	43-48,51	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.280	kN/m <sup>2</sup>
13	53	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.280	kN/m <sup>2</sup>

LF6  
Wind in -x Richtung

**2.4 FLÄCHENLASTEN**

LF6

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Symbol	Lastparameter	
						Wert	Einheit
1	23,24,34,52,56,61-64,66	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.616	kN/m <sup>2</sup>
2	1,26,67	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.784	kN/m <sup>2</sup>





**BELASTUNG**

Projekt: Dachgeschossausbau Position: Dachgeschossausbau Datum: 17.05.2010

LF6  
 Wind in -x Richtung

**2.4 FLÄCHENLASTEN**

LF6

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Lastparameter		
					Symbol	Wert	Einheit
3	2-5,16-18,21,57	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.784	kN/m <sup>2</sup>
4	60	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.224	kN/m <sup>2</sup>
5	12	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.084	kN/m <sup>2</sup>
6	6-8,10,11,13-15,19,20,22,50,54,55	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.840	kN/m <sup>2</sup>
7	58,65	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.280	kN/m <sup>2</sup>
8	37-42	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.280	kN/m <sup>2</sup>
9	43-48,51	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.577	kN/m <sup>2</sup>
10	53	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.577	kN/m <sup>2</sup>

LF7  
 Wind in +y Richtung

**2.4 FLÄCHENLASTEN**

LF7

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Lastparameter		
					Symbol	Wert	Einheit
1	60	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.728	kN/m <sup>2</sup>
2	52	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.728	kN/m <sup>2</sup>
3	17	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.616	kN/m <sup>2</sup>
4	1,26,67	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.224	kN/m <sup>2</sup>
5	12	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.476	kN/m <sup>2</sup>
6	23,24,34,37-42,56,61-64,66	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.840	kN/m <sup>2</sup>
7	43-46,48,51,58,65	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.784	kN/m <sup>2</sup>
8	16,18,21	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.577	kN/m <sup>2</sup>
9	13-15,19,20,22,54,55	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.280	kN/m <sup>2</sup>
10	6-11,50	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.616	kN/m <sup>2</sup>
11	2-5,57	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.280	kN/m <sup>2</sup>
12	53	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.280	kN/m <sup>2</sup>

LF8  
 Wind in -y Richtung

**2.4 FLÄCHENLASTEN**

LF8

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Lastparameter		
					Symbol	Wert	Einheit
1	12	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.056	kN/m <sup>2</sup>
2	1,13-15,19,20,54,55	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.616	kN/m <sup>2</sup>
3	52	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.728	kN/m <sup>2</sup>
4	60	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.728	kN/m <sup>2</sup>
5	26	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.616	kN/m <sup>2</sup>
6	67	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.616	kN/m <sup>2</sup>
7	17	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.224	kN/m <sup>2</sup>
8	23,24,34,37-42,56,61-64,66	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.840	kN/m <sup>2</sup>
9	43-48,51,58,65	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.784	kN/m <sup>2</sup>
10	2-5,57	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.577	kN/m <sup>2</sup>
11	53	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.577	kN/m <sup>2</sup>
12	6-11,50	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	0.280	kN/m <sup>2</sup>
13	16,18,21	Kraft	Konstant	z	p <sub>1</sub>	-0.280	kN/m <sup>2</sup>

**LASTFALLKOMBINATIONEN**

LK Nr.	LK-Bezeichnung	Kombinationskriterium
1	LG 1	1.35*LF1/S
2	LG 2	1.35*LF1/S + 1.5*LF2
3	LG 3	1.35*LF1/S + 1.5*LF3
4	LG 4	1.35*LF1/S + 1.5*LF4
5	LG 5	1.35*LF1/S + 1.5*LF2 + 0.9*LF5
6	LG 6	1.35*LF1/S + 1.5*LF3 + 0.9*LF5
7	LG 7	1.35*LF1/S + 1.5*LF4 + 0.9*LF5
8	LG 8	1.35*LF1/S + 1.5*LF2 + 0.9*LF6
9	LG 9	1.35*LF1/S + 1.5*LF3 + 0.9*LF6
10	LG 10	1.35*LF1/S + 1.5*LF4 + 0.9*LF6
11	LG 11	1.35*LF1/S + 1.5*LF2 + 0.9*LF7
12	LG 12	1.35*LF1/S + 1.5*LF3 + 0.9*LF7
13	LG 13	1.35*LF1/S + 1.5*LF4 + 0.9*LF7
14	LG 14	1.35*LF1/S + 1.5*LF2 + 0.9*LF8
15	LG 15	1.35*LF1/S + 1.5*LF3 + 0.9*LF8
16	LG 16	1.35*LF1/S + 1.5*LF4 + 0.9*LF8
17	LG 17	1.35*LF1/S + 1.5*LF5
18	LG 18	1.35*LF1/S + 1.5*LF6
19	LG 19	1.35*LF1/S + 1.5*LF7
20	LG 20	1.35*LF1/S + 1.5*LF8
21	LG 21	1.35*LF1/S + 1.5*LF5 + 0.75*LF2
22	LG 22	1.35*LF1/S + 1.5*LF5 + 0.75*LF3
23	LG 23	1.35*LF1/S + 1.5*LF5 + 0.75*LF4
24	LG 24	1.35*LF1/S + 1.5*LF6 + 0.75*LF2





Technische Universität Graz Institut f. Holzbau  
Lessingstraße 25/III, 8010 GRAZ  
Tel: 316873/6702 - Fax: 316873/6707

Seite: 6/6

Blatt: 1

**BELASTUNG**

Projekt: Dachgeschossausbau

Position: Dachgeschossausbau

Datum: 17.05.2010

#### LASTFALLKOMBINATIONEN

LK Nr.	LK-Bezeichnung	Kombinationskriterium
25	LG 25	$1.35 \cdot LF1/S + 1.5 \cdot LF6 + 0.75 \cdot LF3$
26	LG 26	$1.35 \cdot LF1/S + 1.5 \cdot LF6 + 0.75 \cdot LF4$
27	LG 27	$1.35 \cdot LF1/S + 1.5 \cdot LF7 + 0.75 \cdot LF2$
28	LG 28	$1.35 \cdot LF1/S + 1.5 \cdot LF7 + 0.75 \cdot LF3$
29	LG 29	$1.35 \cdot LF1/S + 1.5 \cdot LF7 + 0.75 \cdot LF4$
30	LG 30	$1.35 \cdot LF1/S + 1.5 \cdot LF8 + 0.75 \cdot LF2$
31	LG 31	$1.35 \cdot LF1/S + 1.5 \cdot LF8 + 0.75 \cdot LF3$
32	LG 32	$1.35 \cdot LF1/S + 1.5 \cdot LF8 + 0.75 \cdot LF4$
33	ULS - maßgebend	LK1 oder LK2 oder LK3 oder LK4 oder LK5 oder LK6 oder LK7 oder LK8 oder LK9 oder LK10 oder LK11 oder LK12 oder LK13 oder LK14 oder LK15 oder LK16 oder LK17 oder LK18 oder LK19 oder LK20 oder LK21 oder LK22 oder LK23 oder LK24 oder LK25 oder LK26 oder LK27 oder LK28 oder LK29 oder LK30 oder LK32
34	LG 01 Schnee	LF2 oder LF3 oder LF4
35	LG 02 Wind	LF5 oder LF6 oder LF7 oder LF8
36	SLS w1	LF1/S
37	SLS w2	$0.2 \cdot LK34$
38	SLS w3 - Schnee führend	$LK34 + 0.6 \cdot LK35$
39	SLS w3 - wind führend	$LK35 + 0.5 \cdot LK34$



RFEM 4.03.0002 - Allgemeine 3D-Tragwerke nach FEM

www.dlubal.de



Dies ist eine Veröffentlichung des

### **FACHBEREICHS INGENIEURBAUKUNST (IBK) AN DER TU GRAZ**

Der Fachbereich Ingenieurbaukunst umfasst die dem konstruktiven Ingenieurbau nahe stehenden Institute für Baustatik, Betonbau, Stahlbau & Flächentragwerke, Holzbau & Holztechnologie, Materialprüfung & Baustofftechnologie, Baubetrieb & Bauwirtschaft, Hochbau & Industriebau, Bauinformatik und Allgemeine Mechanik der Fakultät für Bauingenieurwissenschaften an der Technischen Universität Graz.

Dem Fachbereich Ingenieurbaukunst ist das Bautechnikzentrum (BTZ) zugeordnet, welches als gemeinsame hochmoderne Laboreinrichtung zur Durchführung der experimentellen Forschung aller beteiligten Institute dient. Es umfasst die drei Laboreinheiten für konstruktiven Ingenieurbau, für Bauphysik und für Baustofftechnologie.

Der Fachbereich Ingenieurbaukunst kooperiert im gemeinsamen Forschungsschwerpunkt „Advanced Construction Technology“. Dieser Forschungsschwerpunkt umfasst sowohl Grundlagen- als auch praxisorientierte Forschungs- und Entwicklungsprogramme.

Weitere Forschungs- und Entwicklungskooperationen bestehen mit anderen Instituten der Fakultät, insbesondere mit der Gruppe Geotechnik, sowie nationalen und internationalen Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft.

Die Lehrinhalte des Fachbereichs Ingenieurbaukunst sind aufeinander abgestimmt. Aus gemeinsam betreuten Projektarbeiten und gemeinsamen Prüfungen innerhalb der Fachmodule können alle Beteiligten einen optimalen Nutzen ziehen.

Durch den gemeinsamen, einheitlichen Auftritt in der Öffentlichkeit präsentiert sich der Fachbereich Ingenieurbaukunst als moderne Lehr- und Forschungsgemeinschaft, welche die Ziele und Visionen der TU Graz umsetzt.

Nummerierungssystematik der Schriftenreihe

S – Skripten, Vorlesungsunterlagen | F – Forschungsberichte  
V – Vorträge, Tagungen | D – Diplomarbeiten

Institutskenzahl:

1 – Allgemeine Mechanik | 2 – Baustatik | 3 – Betonbau  
4 – Holzbau & Holztechnologie | 5 – Stahlbau & Flächentragwerke  
6 – Materialprüfung & Baustofftechnologie | 7 – Baubetrieb & Bauwirtschaft  
8 – Hochbau & Industriebau | 9 – Bauinformatik

Fortlaufende Nummer pro Reihe und Institut / Jahreszahl