

# **BAUTECHNIK DER GEBÄUDEHÜLLE**

BAU & ENERGIE

**Marco Ragonesi**

**Mitarbeit:**

**Axel Paulus**

**Iwan Plüss**

**Gregor Notter**

**David Burkhardt**

**Reto Miloni**

**Severin Lenel**

**Jürgen Scandone**

**Eduard Schüller**

**Urs Wolfisberg**

**Benno Zurfluh**

3. Auflage

**v/dlf**

vdf Hochschulverlag AG  
an der ETH Zürich

# INHALT

<b>VORWORT</b>	<b>5</b>		
<b>1 BAUEN</b>			
<b>1.1 Bauvorhaben</b>	<b>11</b>		
1.1.1 Beteiligte	12		
1.1.2 Projektorganisation	13		
1.1.3 Organigramm	14		
<b>1.2 Entwurf und Konstruktion</b>	<b>18</b>		
1.2.1 Der architektonisch-konstruktive Entwurf	18		
1.2.2 Die Materialisierung der Gebäudehülle	18		
1.2.3 Das konstruktive Vokabular oder der Aktionsraum des Konstrukteurs	23		
<b>1.3 Gebäudehülle seit 1900</b>	<b>25</b>		
<b>2 ANFORDERUNGEN</b>			
<b>2.1 Behaglichkeit</b>	<b>27</b>		
2.1.1 Thermische Behaglichkeit	27		
2.1.2 Luftfeuchte	32		
2.1.3 Luftqualität	33		
<b>2.2 Wärmeschutz im Winter</b>	<b>34</b>		
2.2.1 Kriterien	34		
2.2.2 Entwicklung der Anforderungen	34		
2.2.3 Beurteilung und Nachweise	34		
2.2.4 Übereinstimmung der Rechenmodelle mit der «Realität»	38		
2.2.5 Bauteiloptimierung über Einzelbauteilbetrachtung	40		
<b>2.3 Wärmeschutz im Sommer</b>	<b>44</b>		
2.3.1 Einflussfaktoren	44		
2.3.2 Anforderungen	45		
2.3.3 Nachweisverfahren	46		
2.3.4 Einfache Kriterien	46		
2.3.5 Anforderungen an die Nachtauskühlung	47		
2.3.6 Nachweis des Sonnenschutzes	47		
2.3.7 Anforderungen an die Wärmedämmung/Wärmekapazität	49		
2.3.8 Sommerlicher Wärmeschutz mittels dynamischer Gebäudesimulation	51		
2.3.9 Beispiel Gebäudesimulation	51		
<b>2.4 Feuchteschutz</b>	<b>55</b>		
2.4.1 Vermeidung von Oberflächenkondensat und Schimmelpilzbefall an Oberflächen	55		
2.4.2 Verhinderung von unzulässiger Feuchte in Bauteilen durch Diffusions- und Kapillarprozesse	56		
2.4.3 Verhindern von zu grossen Formänderungen organischer Materialien infolge zu langer Feuchte- oder Trockenperioden	62		
2.4.4 Feuchtigkeitsprobleme in Kellerräumen	62		
2.4.5 Feuchtigkeitsprobleme in Autoeinstellhallen	64		
<b>2.5 Luftdichtheit</b>	<b>66</b>		
2.5.1 Geschichtliches	66		
2.5.2 Begriffe	66		
2.5.3 Anforderungen gemäss Norm SIA 180	67		
2.5.4 Luftdichtheit in Abhängigkeit der Bauweise	68		
2.5.5 Planung/konzeptionelle Überlegungen	69		
2.5.6 Ausführungshinweise	69		
2.5.7 Untersuchungs- und Messmethoden	73		
<b>2.6 Schallschutz, Lärmschutz und Raumakustik</b>	<b>75</b>		
2.6.1 Schutz gegen Luftschall von innen	75		
2.6.2 Schutz gegen Luftschall von aussen	79		
2.6.3 Schutz gegen Trittschall	79		
2.6.4 Schutz gegen Geräusche haustechnischer Anlagen	82		
2.6.5 Schallschutz innerhalb einer Nutzungseinheit	83		
2.6.6 Raumakustische Anforderungen	83		
<b>2.7 Brandschutz</b>	<b>93</b>		
2.7.1 Grundlagen	93		
2.7.2 Kriterien für Brandschutzanforderungen	93		
2.7.3 Brandschutzkonzepte	93		
2.7.4 Definitionen	94		
2.7.5 Qualitätssicherung	96		
2.7.6 Baustoffe	97		
2.7.7 Bauteile	98		
2.7.8 Abgrenzung zwischen Gebäudehülle und Gebäudeausbau	99		
2.7.9 Vorgehensweise bei der Materialisierung	99		
2.7.10 Anforderungen aufgrund der Gebäudegeometrie	99		
2.7.11 Anforderungen an Aussenwandkonstruktionen	100		

2.7.12 Anforderungen an Dachkonstruktionen	101	3.1.9 Verlegeunterlage für Deckung	167
2.7.13 Publikationen	101	3.1.10 Deckung	168
<b>2.8 Tageslicht</b>	<b>103</b>	<b>3.2 Flachdächer</b>	<b>170</b>
2.8.1 Anforderungen	103	3.2.1 Definition	170
2.8.2 Begriffe, Richtwerte und Normen	103	3.2.2 Konzeptionelle Überlegungen	170
2.8.3 Gebäudeform, Gebäudetiefe und Baukörpergestaltung	106	3.2.3 Flachdachschichten	171
2.8.4 Fensterorientierung	107	3.2.4 Abdichtungssysteme	172
2.8.5 Lichteinbringöffnungen	107	3.2.5 Unterkonstruktion	177
2.8.6 Rückstrahlvermögen	110	3.2.6 Gefälle	178
2.8.7 Versprossung und Verschmutzung	110	3.2.7 Dampfbremse und Luftdichtschicht	181
2.8.8 Glaswahl	110	3.2.8 Wärmedämmung	182
2.8.9 Sonnenschutz und Blendschutz	112	3.2.9 Ausgleichs-, Trenn- und Gleitschichten	184
2.8.10 Transluzide Photovoltaik	113	3.2.10 Abdichtung	185
2.8.11 Tageslichtsimulationen	113	3.2.11 Schutz- und Nutzschichten	186
2.8.12 Modellversuche und Messungen unter künstlichem Himmel	115	3.2.12 Schallschutz	189
<b>2.9 Ökologie</b>	<b>116</b>	3.2.13 Dachentwässerung	191
2.9.1 Kriterien des ökologischen Bauens	116	3.2.14 An- und Abschlüsse	193
2.9.2 Gebäudelabels des nachhaltigen Bauens	122	3.2.15 Abdichtungen mit Gefälle kleiner als 1,5 %	197
2.9.3 Wärmeschutz aus ökologischer Sicht	125	3.2.16 Schwellenanschlüsse unter 60 mm Aufbordungshöhe über der Nutzschicht	198
2.9.4 Baustoffe und Baukonstruktion aus ökologischer Sicht	133	<b>3.3 Deckenkonstruktion</b>	<b>201</b>
2.9.5 Baukonstruktion aus gesundheitlicher Sicht	136	3.3.1 Definition	201
<b>2.10 Regeln der Baukunde, Normen und Empfehlungen</b>	<b>144</b>	3.3.2 Anforderungen	201
2.10.1 Beeinflussung der Anforderungen	144	3.3.3 Wärmeschutz	202
2.10.2 Bauphysikalische Anforderungen	144	3.3.4 Luftdichtheit	203
2.10.3 Regeln der Baukunde	144	3.3.5 Dampfdiffusion/Feuchtigkeitsverlagerung	203
2.10.4 Normen und Empfehlungen	146	3.3.6 Schallschutz	203
<b>3 BAUKONSTRUKTION BEIM NEUBAU</b>		<b>3.4 Bodenkonstruktion</b>	<b>204</b>
<b>3.1 Geneigte Dächer</b>	<b>147</b>	3.4.1 Definition	204
3.1.1 Definition	147	3.4.2 Anforderungen	204
3.1.2 Wahl des Konstruktionssystems	147	3.4.3 Wärmeschutz	204
3.1.3 Unterkonstruktion	149	3.4.4 Estriche	205
3.1.4 Verlegeunterlage für Luftdichtung und Dampfbremse	149	3.4.5 Bodenkonstruktionen über Aussenluft und nicht beheizten Räumen	208
3.1.5 Luftdichtung und Dampfbremse	150	3.4.6 Bodenkonstruktionen bei nicht drückendem (Erdreich) und drückendem Wasser (Grundwasser)	209
3.1.6 Wärmedämmung	155	3.4.7 Konstruktionsaufbauten über Erdreich (nicht drückendes Wasser)	212
3.1.7 Unterdach und spezielle Abdichtung	160	3.4.8 Konstruktionsaufbauten im Grundwasser	214
3.1.8 Durchlüftung	164		

# INHALT

<b>3.5 Aussenwände</b>	<b>217</b>	<b>4.2 Vermeiden von Wärmebrücken</b>	<b>295</b>
3.5.1 Aussenwandsysteme	218	4.2.1 Die Bedeutung von Wärmebrücken	295
3.5.2 Aussenwand gegen Aussenklima	218	4.2.2 Wärmebrücken bei Bauteilübergängen	298
3.5.3 Aussenwand im Erdreich	228	4.2.3 Beispiele für Wärmebrücken bei Bauteilübergängen	300
3.5.4 Aussenwand im Grundwasser	229	<b>4.3 Gewährleisten der Luftdichtheit</b>	<b>306</b>
<b>3.6 Fenster — Verglasung — Sonnen-, Wetter- und Blendschutz</b>	<b>232</b>	4.3.1 Konzeptionelle Überlegungen	306
3.6.1 Fenster	232	4.3.2 Luftdichtheit bei Massivbauweise	306
3.6.2 Verglasung	246	4.3.3 Luftdichtheit bei Holzbauweise u.Ä.	306
3.6.3 Sonnen-, Wetter- und Blendschutz	255	<b>5 GEBÄUDETECHNIK UND ENERGIE</b>	
<b>3.7 Türen und Tore</b>	<b>261</b>	<b>5.1 Heizungsanlagen</b>	<b>307</b>
3.7.1 Definitionen	261	5.1.1 Elemente der Heizungsanlage	307
3.7.2 Öffnungsarten	262	5.1.2 Wärmeabgabesysteme (Auswahl)	307
3.7.3 Türrahmen	263	5.1.3 Wärmeerzeugung (Auswahl)	308
3.7.4 Türblätter	264	5.1.4 Umweltbelastung der Wärmeerzeugersysteme	311
3.7.5 Türschwellen	264	<b>5.2 Lüftungsanlagen</b>	<b>314</b>
3.7.6 Wärmeschutz	265	5.2.1 Luftwechsel	314
3.7.7 Schallschutz	266	5.2.2 Manuelle Fensterlüftung	314
3.7.8 Brandschutz	269	5.2.3 Automatisierte Fensterlüftung	314
3.7.9 Sicherheit	270	5.2.4 Einfache Lüftungsanlagen	314
3.7.10 Tore	271	5.2.5 Lüftungsanlagen mit aktiven Überströmern	318
<b>3.8 Geschossdecken</b>	<b>280</b>	5.2.6 Einzelraum-Lüftungsgeräte	318
3.8.1 Anforderungen	280	5.2.7 Abluftsysteme mit Aussenbauteil-Luftdurchlass (ALD)	319
3.8.2 Wärmeschutz	280	5.2.8 Energetische Betrachtungen	319
3.8.3 Schallschutz	280	5.2.9 Hygiene-Anforderungen	320
3.8.4 Konstruktionsbeispiele	281	<b>6 SONNENENERGIENUTZUNG</b>	
<b>3.9 Trennwände</b>	<b>284</b>	<b>6.1 Ressourcen und Nutzung erneuerbarer Energien</b>	<b>323</b>
3.9.1 Anforderungen	284	6.1.1 Einstrahlungspotenzial für energie-erzeugende Systeme	323
3.9.2 Wärmeschutz	284	6.1.2 Rolle der Gebäudegeometrie und Ausrichtung zur Sonne	323
3.9.3 Schallschutz	284	<b>6.2 Passive Solarenergienutzung</b>	<b>326</b>
3.9.4 Konstruktionsbeispiele	284	6.2.1 Orangerien oder Gewächshäuser und Palmenhäuser	326
<b>3.10 Erschliessungszonen: Treppen, Lift</b>	<b>287</b>	6.2.2 Wintergärten	326
3.10.1 Problemstellung, Grundanforderung	287	6.2.3 Trombewand und transparente Wärmedämmung (TWD)	326
3.10.2 Wärmeschutz	288	6.2.4 Kollektorfassaden und solare Direktgewinnhäuser	327
3.10.3 Schallschutz	289		
3.10.4 Raumakustik	290		
<b>4 BAUTEILÜBERGÄNGE</b>			
<b>4.1 Vom Einzelbauteil zur Gebäudehülle</b>	<b>291</b>		
4.1.1 Konstruktive Auseinandersetzung mit der Gebäudehülle	291		
4.1.2 Konstruieren von Bauteil, Übergang und Ganzem	291		
4.1.3 Anforderungen an Bauteilübergänge	291		
4.1.4 Konstruktionsdetail: Folge von Problemtyp und Bauteilvariante	292		

6.2.5	Passivsolare Kombinationslösungen	328	7.5.2	Mängel ohne bautechnische Auswirkung	385
<b>6.3</b>	<b>Aktive Solarenergienutzung</b>	<b>329</b>	7.5.3	Mängel mit Schadenfolge	385
6.3.1	Energieziele und Förderung von Solarkollektoren und Photovoltaik	329	7.5.4	Sanierung	388
6.3.2	Vergleich von Solarwärme und Solarstrom	329	<b>8</b>	<b>OBJEKTBEISPIELE</b>	
6.3.3	Solarthermische Kollektoren	330	<b>8.1</b>	<b>MFH Lindenhausstrasse, Luzern</b>	<b>389</b>
6.3.4	Photovoltaik	334	8.1.1	Randbedingungen	389
6.3.5	Weiterführende Informationen	344	8.1.2	Baukonstruktion, Bauausführung und Qualitätskontrolle	392
6.3.6	Simulationssoftware, Designtools und Links	344	8.1.3	Energieverbrauch über 12 Betriebsjahre	401
<b>7</b>	<b>INSTANDHALTUNG/RENOVATION/UMNUTZUNG</b>		8.1.4	Weitere Angaben zum Objekt	401
<b>7.1</b>	<b>Aufgabenbereiche</b>	<b>345</b>	<b>8.2</b>	<b>Wohn- und Geschäftshaus Renggli, Sursee</b>	<b>403</b>
7.1.1	Nutzung	345	8.2.1	Architektonische Überlegungen	403
7.1.2	Unterhalt bzw. Instandhaltung	345	8.2.2	Baukonstruktion	405
7.1.3	Instandsetzung	345	8.2.3	Wärmeschutz/Energie	406
7.1.4	Renovation/Erneuerung	345	8.2.4	Schallschutz	407
7.1.5	Sanierung	347	8.2.5	Brandschutz	410
7.1.6	Umbau/Umnutzung	347	8.2.6	Ingenieurholzbau	412
7.1.7	Rückbau, evtl. Neubau	347	8.2.7	Bauausführung	415
<b>7.2</b>	<b>Energetische Gebäudeerneuerung</b>	<b>348</b>	8.2.8	Qualitätskontrolle/Nutzungserfahrungen	416
7.2.1	Randbedingungen und konzeptionelle Überlegungen	348	8.2.9	Weitere Angaben zum Objekt	417
7.2.2	Innen- oder Aussenwärmedämmung	350	<b>8.3</b>	<b>MINERGIE-P-Sanierung Bohlstrasse 37, Zug</b>	<b>418</b>
7.2.3	Massnahmen bei einzelnen Bauteilen	356	8.3.1	Zielvorgaben der Bauherrschaft	418
<b>7.3</b>	<b>Referenzbeispiele</b>	<b>374</b>	8.3.2	Analyse der bestehenden Gebäudesubstanz	418
7.3.1	Wärmetechnische Ertüchtigung mit Aussenwärmedämmung	374	8.3.3	Gebäudesimulationen und F+E-Projekt	419
7.3.2	Wärmetechnische Ertüchtigung mit Wärmedämmputz	375	8.3.4	Projektbescrieb	420
7.3.3	Neue Struktur in altem Gemäuer	376	8.3.5	Baukonstruktion, Bauausführung	421
7.3.4	Wärmetechnische Ertüchtigung mit Innenwärmedämmung	377	8.3.6	Wärmeschutz/Energie	425
7.3.5	Umnutzung	378	8.3.7	Schallschutz	425
<b>7.4</b>	<b>Ausbau von Untergeschossräumen</b>	<b>379</b>	8.3.8	Brandschutz	426
7.4.1	Zwei verschiedene Untergeschosstypologien	379	8.3.9	Haustechnik-Anlagen	426
7.4.2	Untersuchung des Istzustandes	379	8.3.10	Planungserfahrung, Qualitätskontrolle und Nutzungserfahrungen	427
7.4.3	Einzelmassnahmen bei Trockenlegung	380	8.3.11	Energieverbrauch	428
7.4.4	Fallbeispiel 1	382	8.3.12	Weitere Angaben zum Objekt	429
7.4.5	Fallbeispiel 2	383	<b>9</b>	<b>ANHANG</b>	
<b>7.5</b>	<b>Baumangel/Bauschaden, Sanierung</b>	<b>385</b>	<b>9.1</b>	<b>Glossar</b>	<b>431</b>
7.5.1	Entstehung und Verhinderung	385	<b>9.2</b>	<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>456</b>