

# Doppelfassaden

Hans-Jürgen Blum  
Andrea Compagno  
Klaus Fitzner  
Winfried Heusler  
Michael Hortmanns  
Dietmar Hosser  
Helmut Müller  
Christoph Nolte  
Dieter Schwarzkopf  
Gerhard Sedlacek  
Dieter Thiel  
Claudia Ziller

Verzeichnis der Verfasser . . . . .	VIII	3.1.2.1	Elektromagnetische Wellen . . . . .	31
Vorwort . . . . .	IX	3.1.2.2	Solarkonstante . . . . .	32
Wichtige Zeichen und Symbole . . . . .	XI	3.1.2.3	Absorption, Streuung, Reflexion und Berechnung . . . . .	32
<b>1 Einleitung . . . . .</b>	<b>1</b>	3.1.2.4	Kurzwellige und langwellige Strahlung . . . . .	33
1.1 Historischer Abriß . . . . .	1	3.1.2.5	Direktstrahlung, Diffusstrahlung, Globalstrahlung . . . . .	34
1.2 Floatglas und International Style . . . . .	2	3.1.2.6	Energiebilanz der Erdoberfläche . . . . .	36
1.3 Passive und aktive Klimakontrolle . . . . .	3	3.1.2.7	Tageslichtbedingungen . . . . .	37
1.4 Aktive Klimakontrolle . . . . .	4	3.1.3	Wind . . . . .	38
1.5 Die Energiekrise . . . . .	5	3.1.3.1	Entstehung des Windes . . . . .	38
1.6 Doppelfassaden . . . . .	5	3.1.3.2	Windrichtungen . . . . .	38
<i>Literatur</i> . . . . .	7	3.1.4	Stadtklima . . . . .	41
<b>2 Arten und Prinzipien . . . . .</b>	<b>9</b>	3.1.4.1	Temperamententwicklung . . . . .	41
2.1 Grundtypen . . . . .	9	3.1.4.2	Windverhältnisse . . . . .	43
2.2 Konzeptionelle Gesichtspunkte . . . . .	9	3.2	Aero- und thermodynamische Grundlagen . . . . .	44
2.2.1 Passives oder aktives System? . . . . .	10	3.2.1	Strömungstechnische Grundlagen . . . . .	44
2.2.2 Vorteile von Doppelfassaden . . . . .	10	3.2.1.1	Eigenschaften der Luft . . . . .	44
2.3 Abluftsysteme . . . . .	11	3.2.1.2	Grundgleichungen der Strömung . . . . .	45
2.3.1 Abluftfenster . . . . .	12	3.2.1.3	Laminare und turbulente Strömungen . . . . .	45
2.3.2 Abluftfassadenelemente . . . . .	13	3.2.1.4	Aerodynamische Beiwerte . . . . .	46
2.3.3 Abluftfassaden . . . . .	14	3.2.2	Thermodynamische Grundlagen . . . . .	47
2.4 Zweite-Haut-Systeme ohne Fensterlüftung . . . . .	14	3.2.2.1	Wärmestrahlung . . . . .	47
2.4.1 Zweite-Haut-Fenster . . . . .	15	3.2.2.2	Wärmeleitung . . . . .	47
2.4.2 Zweite-Haut-Fassadenelemente . . . . .	15	3.2.2.3	Wärmeübergang, Konvektion . . . . .	47
2.4.3 Zweite-Haut-Fassaden . . . . .	15	3.2.2.4	Lüftung durch thermische induzierte Druckdifferenzen . . . . .	48
2.5 Zweite-Haut-Systeme mit Fensterlüftung . . . . .	17	3.2.3	Der Wind . . . . .	48
2.5.1 Natürliche Lüftung durch Zweite-Haut-Fenster . . . . .	17	3.2.3.1	Windgrenzschicht . . . . .	48
2.5.2 Natürliche Lüftung durch Zweite-Haut-Fassadenelemente . . . . .	18	3.2.3.2	Turbulenz und Böenspektrum . . . . .	49
2.5.3 Natürliche Lüftung durch Zweite-Haut-Fassaden . . . . .	22	3.2.3.3	Windlasten . . . . .	49
2.5.4 Natürliche Lüftung durch Schacht-Fassaden . . . . .	25	3.2.3.4	Außendruck und Innendruck . . . . .	50
<i>Literatur</i> . . . . .	28	3.2.3.5	Windlastkonzepte . . . . .	50
<b>3 Außenklima, Aero- und thermodynamische Grundlagen . . . . .</b>	<b>29</b>	3.2.4	Grundlagen der Gebäudeumströmung . . . . .	51
3.1 Außenklima . . . . .	29	3.2.4.1	An- und Umströmung von Gebäuden . . . . .	51
3.1.1 Atmosphäre . . . . .	29	3.2.4.2	Winddruckverteilung . . . . .	52
3.1.1.1 Erdatmosphäre . . . . .	29	3.2.4.3	Innendruckbeiwerte . . . . .	53
3.1.1.2 Luftdruck . . . . .	29	3.2.4.4	Windbelastung hinterlüfteter Fassadensysteme . . . . .	53
3.1.1.3 Lufttemperatur . . . . .	30	3.2.5	Freie Lüftung von Räumen durch Doppelfassaden . . . . .	56
3.1.1.4 Luftfeuchte . . . . .	30	3.2.5.1	Lüftungsprinzip . . . . .	56
3.1.2 Sonnenstrahlung . . . . .	31	3.2.5.2	Der Luftwechsel und seine Meßmethoden . . . . .	56
		3.2.5.3	Einfluß der Fassadenausbildung auf den Luftwechsel . . . . .	57
		3.2.5.4	Einfluß der Temperaturdifferenz . . . . .	58
		3.2.5.5	Einfluß der Sonneneinstrahlung . . . . .	59

3.2.5.6	Einfluß des Windes, Querlüftungsmechanismen	60	5.3	Tageslichtnutzung	111
3.2.5.7	Einfluß des Außenklimas	63	5.3.1	Grundlagen der Tageslichtnutzung	112
	<i>Literatur</i>	63	5.3.2	Anforderungen an die Raumbelichtung	114
<b>4</b>	<b>Raumklima, Behaglichkeit,</b>		5.3.3	Anforderungen an Tageslichtsysteme	116
	<b>Raum- und Gebäudedurchströmung</b>	65	5.3.4	Einfluß von Fassadenkomponenten und Materialien auf die Tageslichtbeleuchtung	116
4.1	Thermische Behaglichkeit	65	5.3.4.1	Diffuslichtlenkung	117
4.1.1	Temperatur	65	5.3.4.2	Sonnenschutz (richtungsselektiv) mit Diffuslichtdurchlaß	121
4.1.2	Asymmetrie der Strahlung	67	5.3.4.3	Sonnenlichtlenkung	124
4.1.3	Luftgeschwindigkeiten	68	5.3.4.4	Lichttransport	129
4.1.4	Auswirkungen von zu niedrigen oder zu hohen Temperaturen	69	5.3.4.5	Sonnenstandsabhängige Lichtlenk-/Sonnenschutzsysteme	129
4.2	Luftqualität	69	5.3.4.6	Lichtstreuende Systeme	130
4.2.1	Luftverunreinigungen	69	5.3.5	Helligkeitsverteilung für Beispiele der Tageslichtlenkung und richtungsselektiven Verschattung in Doppelfassaden	130
4.2.2	Empfundene Luftqualität	70	5.4	Blendschutz	131
4.2.3	Luftfeuchtigkeit	73	5.4.1	Grundlagen des Blendschutzes	134
4.2.4	Entscheidung zwischen Lärm, Luftqualität und Temperatur	75	5.4.2	Anforderungen an Blendschutzmaßnahmen	135
4.3	Äußere Einflüsse auf die Raum- und Gebäudedurchströmung	77	5.4.3	Blendschutzmaßnahmen	135
4.3.1	Wirkung der freien und maschinellen Lüftung auf den Raum	77	5.4.3.1	Passive Blendschutzmaßnahmen	135
4.3.2	Durchströmung des Gebäudes bei freier und maschineller Lüftung	77	5.4.3.2	Aktive Blendschutzmaßnahmen	136
4.3.3	Raumlufttechnische Anlagen	82		<i>Literatur</i>	137
4.4	Einflüsse auf die Raumströmung durch Luftdurchlässe und Raumbehandlung	82	<b>6</b>	<b>Bauphysik</b>	139
4.4.1	Deckenkühlung und Deckenheizung	82	6.1	Brandschutz	139
4.4.2	Mischströmung	83	6.1.1	Sicherheitstechnische Grundüberlegungen	140
4.4.3	Verdrängungsströmung	85	6.1.2	Verhältnisse an Einfachfassaden	143
4.4.4	Quelluftströmung	85	6.1.3	Verhältnisse an Doppelfassaden	144
4.4.5	Grenzen der freien Lüftung	92	6.1.4	Theoretische Grundlagen	149
	<i>Literatur</i>	94	6.1.5	Schlußfolgerungen und Empfehlungen	150
<b>5</b>	<b>Solarstrahlung und Tageslicht</b>	97	6.1.6	Anwendungsbeispiele	151
5.1	Sonnenschutz	98	6.2	Schallschutz	153
5.1.1	Grundlagen zum Sonnenschutz	98	6.2.1	Akustische Grundlagen	153
5.1.2	Anforderungen an Sonnenschutzmaßnahmen	100	6.2.2	Schalldämmung durch die Doppelfassade	155
5.1.3	Sonnenschutzmaßnahmen	101	6.2.2.1	Schalldämmung des Außenlärms	155
5.1.3.1	Passive Sonnenschutzmaßnahmen	101	6.2.2.2	Längsschalldämmung in Doppelfassaden	157
5.1.3.2	Aktive Sonnenschutzmaßnahmen	104	6.2.2.3	Bewertung	157
5.2	Sonnenenergienutzung	107	6.2.3	Windinduzierter Schall	158
5.2.1	Grundlagen der Sonnenenergienutzung	108		<i>Literatur</i>	158
5.2.2	Anforderungen an Solarsysteme	108	<b>7</b>	<b>Gebäudetechnik</b>	161
5.2.3	Passive Sonnenenergienutzung	109	7.1	Grundlagen	161
			7.1.1	Lärm	161
			7.1.2	Windverhältnisse	162

7.1.3	Thermische Lasten	162
7.1.4	Nutzeranforderungen	162
7.2	Raumkonditionierungssysteme	
	herkömmlicher Art	163
7.2.1	Lüftung	163
7.2.1.1	Freie Lüftung	163
7.2.1.2	Mechanische Lüftung	163
7.2.1.3	Unterstützende Lüftung	163
7.2.2	Kühl- und Heizsysteme	165
7.2.2.1	Leistungsbereiche	165
7.2.2.2	Heizung	167
7.2.2.3	Kühlung	167
7.3	Aktivspeichersysteme,	
	Bauteiltemperierung	168
7.3.1	Ausführungsformen von	
	Aktivspeichersystemen	170
7.3.2	Leistungsfähigkeit und Energieverbrauch	171
7.4	Wirtschaftlichkeit	173
	<i>Literatur</i>	176
<b>8</b>	<b>Fensterlüftung</b>	177
8.1	Physikalische Anforderungen	177
8.1.1	Wind und Thermodynamik als	
	Einflußfaktoren	177
8.1.1.1	Lüftungswirkung durch Wind	177
8.1.1.2	Lüftungswirkung durch Thermodynamik	177
8.1.2	Lüftungswirkung bei Überlagerung	
	von Wind und Thermodynamik	178
8.1.3	Strömungsvorgänge an Raumöffnungen	178
8.1.3.1	Strömung aus Öffnungen	179
8.1.3.2	Lüftung durch Einzelöffnung	179
8.1.3.3	Lüftung mit einer einzelnen	
	Lüftungseinrichtung	180
8.1.4	Hallenlüftung als Sonderform	
	der freien Lüftung	181
8.2	Anforderungen an die Fensterlüftung	182
8.2.1	Rechtliche Anforderungen	182
8.2.2	Technische Anforderungen	183
8.3	Natürliches Raumklimakonzept – ein	
	praktisches Beispiel für Fensterlüftung	
	bei Doppelfassaden	185
8.3.1	Konzeptbeschreibung	185
8.3.2	Raumluftwechsel	187
8.3.3	Raumklimabedingungen	
	im Winter (Heizperiode)	188
8.3.4	Raumklimabedingungen	
	im Sommer (Kühlperiode)	191

8.3.5	Wirtschaftliche Gesichtspunkte	193
8.3.6	Vor- und Nachteile des natürlichen	
	Raumklimakonzeptes	193
	<i>Literatur</i>	195
<b>9</b>	<b>Gebaute Beispiele</b>	197
9.1	Konstruktionssysteme	197
9.2	Sechs Leitfunktionen einer	
	Systematik für Lösungsprinzipien	197
9.2.1	Sommerlicher Wärmeschutz	198
9.2.2	Winterlicher Wärmeschutz	198
9.2.3	Lüftung	198
9.2.4	Lichtführung	199
9.2.5	Schallschutz	199
9.2.6	Brandschutz	199
9.3	Systematische Übersicht von	
	Lösungsprinzipien	199
	<i>Literatur</i>	201
9.4	Beispiele im Überblick	202
9.4.1	Hochhaus RWE AG, Essen,	
	Kastenfenstersystem	202
9.4.2	Commerzbank, Frankfurt,	
	Kastenfenstersystem	204
9.4.3	Victoria-Versicherung, Düsseldorf,	
	Kastenfenstersystem	206
9.4.4	ARCA-Haus, Frankfurt am Main,	
	Korridorfassade	208
9.4.5	Verwaltungsgebäude der VTG, Hamburg	
	Korridorfassade	210
9.4.6	Niederlassung der Siemens AG,	
	Dortmund, Korridorfassade	212
9.4.7	Bürohaus Halensee, Berlin,	
	Korridorfassade	214
9.4.8	Verwaltungsgebäude des Staatlichen	
	Bauamtes Dortmund, Korridorfassade	216
9.4.9	Victoria-Ensemble, Köln,	
	Pufferfassadensystem	218
9.4.10	Daimler-Chrysler Gebäude C1, Berlin,	
	Pufferfassadensystem	220
9.4.11	Verwaltungsgebäude Götz, Würzburg,	
	Pufferfassadensystem	222
9.4.12	Galerie für Architektur und Arbeit,	
	Gelsenkirchen, Pufferfassade mit	
	integrierten Kastenfenstern	224
	Register	227