



## **■ Gebäude-Luftdichtheit**

### **Band 1**

**Gründe für eine Luftdichtheit der Gebäudehülle**

**Anforderungen im Wandel – Luftdichtheit damals und heute**

**Messung der Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle**

**Kleben - Materialien und Verarbeitung**

**Lüftung in luftdichten (Wohn-)Gebäuden**

**Die Luftdichtheit der Gebäudehülle im öffentlichen und privaten Baurecht**

		Seite
	<i>Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser</i>	
	<b>VORWORT</b>	7
	<i>Wilfried Walther</i>	
	<b>EINLEITUNG</b>	9
<b>1</b>	<b>GRÜNDE FÜR EINE LUFTDICHTHEIT DER GEBÄUDEHÜLLE</b>	<b>11</b>
	<i>Torsten Bolender und Armin Weissmüller</i>	
<b>1.1</b>	<b>Luftdichtheit = Wärmeschutz</b>	12
<b>1.2</b>	<b>Luftdichtheit = Feuchteschutz</b>	12
<b>1.3</b>	<b>Luftdichtheit = Schallschutz</b>	13
<b>1.4</b>	<b>Luftdichtheit = Brandschutz</b>	13
<b>1.5</b>	<b>Kontrollierte Lüftung</b>	14
<b>1.6</b>	<b>Luftdichtheit = Behaglichkeit</b>	14
<b>1.7</b>	<b>Luftdichtheit = Schadstofffreiheit</b>	15
<b>1.8</b>	<b>Normen / Verordnungen</b>	15
	<i>Wolfgang Bischof</i>	
<b>1.9</b>	<b>Luftqualität und Luftdichtheit von Gebäuden</b>	17
1.9.1	Raumluftqualität und Außenluft	17
1.9.2	Protektive Effekte luftdichter Gebäude	18
1.9.2.1	Feinstaub	19
1.9.2.2	Stickstoffdioxid	19
1.9.2.3	Ozon	20
1.9.2.4	Pollen und Schimmelpilzsporen	20
1.9.2.5	Radon	20
1.9.3	Anforderungen an das Emissionsverhalten in luftdichten Gebäuden	22
1.9.3.1	Feuchtigkeit	22
1.9.3.2	Bioaerosole	23
1.9.4	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	24
<b>2</b>	<b>ANFORDERUNGEN IM WANDEL – LUFTDICHTHEIT DAMALS UND HEUTE</b>	<b>27</b>
	<i>Anne Fingerling</i>	
<b>2.1</b>	<b>Luftdichtheit im Wandel der Zeit</b>	27
2.1.1	Atmende Wände?	27
2.1.2	Entdeckung der Luftdichtheit	28
2.1.3	Verbände formieren sich	28
2.1.4	Hartnäckige Vorurteile und Irrglaube	29
2.1.5	Anfänge der Normung	29
2.1.6	Einheitlicher Standard	30
2.1.7	Vom „Blower-Window“ zur „Blower-Door“	30
2.1.8	Messungen	30
2.1.9	Luftdichtheit im Baurecht	32
2.1.10	Nach den Regeln der Technik	32
	<i>FLiB</i>	
<b>2.2</b>	<b>Luftdichtheitsanforderungen in der Vergangenheit</b>	34
2.2.1	Teil A: Zitate aus Regelwerken	34
2.2.1.1	Wärmeschutzverordnung(en) (WSchV)	34

2.2.1.2	DIN 4108 Teil 2, Ausgabe August 1981	34
2.2.1.3	DIN V 4108-7, Ausgabe November 1996	35
2.2.1.4	Bundesanzeiger Nr. 140, 31. Juli 1998, S. 10.885	35
2.2.2	Teil B: Fachliche Argumentationen und Hinweise	35
2.2.2.1	Allgemein anerkannte Regeln der Technik	35
2.2.2.2	DIN V 4108-7	35
2.2.2.3	Dichtheitsanforderungen an Gebäude mit freier (natürlicher) Lüftung	36
2.2.2.4	Dichtheitsanforderungen an Gebäude mit ventilatorgestützter Lüftung	36
	<i>Joachim Zeller</i>	
<b>2.3</b>	<b>Anforderungen an die Luftdichtheit in der Gegenwart</b>	<b>38</b>
2.3.1	Grenzwerte nach Energieeinsparverordnung	38
2.3.2	Verpflichtung zur Messung	38
2.3.3	Grenzwerte nach DIN 4108, Teil 7	38
2.3.4	Grenzwerte für spezielle Zertifikate	38
2.3.5	Qualitative Anforderungen	38
2.3.6	Spezielle Vereinbarungen	39
	<i>Johannes Werner, Matthias Laidig</i>	
<b>2.4</b>	<b>Empfehlung von Luftdichtheitsanforderungen</b>	<b>43</b>
2.4.1	Zusammenfassung	43
2.4.2	Luftdichtheit als Voraussetzung für bedarfsgerechte Lüftung	43
2.4.2.1	Luftdichtheit als notwendige Eigenschaft	43
2.4.2.2	Gesicherte Lüftung als eine Voraussetzung gesunden Wohnens	43
2.4.3	Zusammenwirken von mechanischer Lüftung und Infiltration	43
2.4.4	Lüftungswärmeverluste von Gebäuden mit balancierten Wärmerückgewinnungsanlagen	44
2.4.5	Auswirkungen von Luftdichtheit und Wärmerückgewinnung auf die Heizlast	45
2.4.6	Gebäude mit Abluftanlagen	45
2.4.6.1	Luftdichtheit der Gebäudehülle	45
2.4.6.2	Bemessung von Außenluftdurchlässen	45
2.4.7	Gebäude ohne mechanische Lüftung	46
2.4.8	Fazit und Ausblick	46
<b>3</b>	<b>MESSUNG DER LUFTDURCHLÄSSIGKEIT DER GEBÄUDEHÜLLE</b>	<b>49</b>
	<i>Joachim Zeller</i>	
<b>3.1</b>	<b>Messprinzip</b>	<b>49</b>
<b>3.2</b>	<b>Durchführung der Messung</b>	<b>50</b>
3.2.1	Messgeräte	50
3.2.2	Zu untersuchender Gebäudeteil	50
3.2.3	Messzeitpunkt	51
3.2.4	Wetterbedingungen	52
3.2.5	Gebäudevorbereitung	53
3.2.6	Einbau von Gebläse und Druckmessgerät	54
3.2.7	Suche nach Lecks	55
3.2.8	Nullpunkteinstellung und Messung der natürlichen Druckdifferenz	55
3.2.9	Differenzdruck-Messreihe	55
<b>3.3</b>	<b>Auswertung</b>	<b>56</b>
3.3.1	Bezugsgrößen	56
3.3.2	Berechnung des Leckagestroms mit Dichtekorrektur	57
3.3.3	Abgeleitete Größen / Kenngrößen	60
3.3.4	Prüfbericht	61

<b>3.4</b>	<b>Messgenauigkeit und Fehlerrechnung</b>	62
3.4.1	Messfehler von $V_{50}$ für Unter- bzw. Überdruck	62
3.4.2	Messfehler des Mittelwertes von $V_{50}$	63
3.4.3	Messfehler der abgeleiteten Größen	63
<b>3.5</b>	<b>Hinweise für Messdienstleister</b>	63
3.5.1	Richtigstellung häufiger Irrtümer	63
3.5.2	Weitere Hinweise für Messdienstleister	64
	<i>Markus Renn</i>	
<b>3.6</b>	<b>Hinweise zur Verwendung des Thermo-Anemometers bei der Leckagesuche</b>	66
<b>3.7</b>	<b>Überprüfung der Luftdichtheit Teil 1</b>	68
	<i>Klaus Vogel, Markus Renn</i>	
<b>3.8</b>	<b>Überprüfung der Luftdichtheit Teil 2</b>	70
<b>4</b>	<b>KLEBEN - MATERIALIEN UND VERARBEITUNG</b>	73
	<i>Ulrich Höing</i>	
4.1	<b>Materialien zur Herstellung luftdichter Ebenen</b>	73
4.2	<b>Kompakte Einführung in das Kleben</b>	74
4.3	<b>Die Verarbeitung</b>	75
4.4	<b>Prüfung von Klebematerialien</b>	78
4.5	<b>Dauerhaftigkeit von Klebeverbindungen</b>	79
4.6	<b>Normenarbeit zum Thema Klebemittel für die Herstellung luftdichter Ebenen</b>	79
<b>5</b>	<b>LÜFTUNG IN LUFTDICHTEN (WOHN-)GEBÄUDEN</b>	88
	<i>Ehrenfried Heinz</i>	
<b>5.1</b>	<b>Notwendigkeit der Lüftung von Gebäuden bzw. Räumen</b>	88
<b>5.2</b>	<b>Außenluftbedarf zur Erfüllung der Anforderungen an die Lüftung bzw. Luftzuführung</b>	90
5.2.1	Anforderungen an die Lüftung	90
5.2.1.1	Schutz des Menschen und des Gebäudes vor Schäden durch zu hohe (Raum-)Luftfeuchtigkeit	90
5.2.1.2	Sicherung der raumlufthygienischen Erfordernisse	91
5.2.1.3	Sicherung des Verbrennungsluftbedarfs raumluftabhängiger Feuerstätten	91
5.2.2	Außenluftbedarf von Wohnungen bzw. ähnlichen Nutzungseinheiten	92
<b>5.3</b>	<b>Einfluss von Gebäudeumfeld und Gebäudehülle auf die Lüftung</b>	95
5.3.1	Gebäudeumfeld	95
5.3.2	Lüftungstechnische Eigenschaften des Gebäudes	96
5.3.2.1	Externe Undichtheit bzw. Luftdurchlässigkeit (Außenwände und Dachkonstruktion)	96
5.3.2.2	Interne Undichtheit bzw. Luftdurchlässigkeit (Trennwände und -decken)	98
<b>5.4</b>	<b>Lüftungskonzepte</b>	99
5.4.1	Freie Lüftung	99
5.4.1.1	Nicht planbare Lüftung (Nutzerverhalten)	99
5.4.1.2	Geplante Lüftung	100
5.4.2	Ventilatorgestützte Lüftung	102
5.4.2.1	Abluftsysteme	102
5.4.2.2	Zu-/ Abluftsysteme	103
5.4.2.3	Zuluft-Systeme	106
<b>5.5</b>	<b>Hinweise zur Lüftungstechnischen Planung, Ausführung, Abnahme und Instandhaltung</b>	106
5.5.1	Freie Lüftung	106

5.5.1.1	Planung und Ausführung	106
5.5.1.2	Abnahme und Instandhaltung	108
5.5.2	Ventilatorgestützte Lüftung	109
5.5.2.1	Planung und Ausführung	109
5.5.2.2	Abnahme und Instandhaltung	110
<b>5.6</b>	<b>Schlussbemerkungen</b>	<b>111</b>
<b>6</b>	<b>DIE LUFTDICHTHEIT DER GEBÄUDEHÜLLE IM ÖFFENTLICHEN UND PRIVATEN BAURECHT</b>	<b>115</b>
	<i>Ulf Köpcke</i>	
<b>6.1</b>	<b>Luftdichtheit der Gebäudehülle im öffentlichen Recht</b>	<b>115</b>
6.1.1	Das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) als grundlegende Rechtsquelle	115
6.1.1.1	Europarechtliche Bezüge	116
6.1.1.2	Innerstaatliche Regelung durch Rechtsverordnungen	116
6.1.1.3	Das Wirtschaftlichkeitsgebot des § 5 EnEG als Eingriffsgrenze	116
6.1.2	Anforderungen an die Luftdichtheit nach WSchVO, EnEV 2002/2004 und EnEV 2007	116
6.1.2.1	Luftdichtheit in der Wärmeschutzverordnung (WSchV)	117
6.1.2.2	Luftdichtheit in der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2002/2004	118
6.1.2.3	Bedeutung der Luftdichtheitsprüfung nach DIN EN 13829 in der EnEV	118
6.1.2.4	Luftdichtheit in der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2007	119
6.1.3	Luftdichtheit nach „Stand der Technik“ und „allgemein anerkannten Regeln der Technik“	119
6.1.3.1	Begriffsklärung (3-Stufen-Modell)	120
6.1.3.2	Technikregeln im Rahmen unbestimmter Rechtsbegriffe	121
6.1.3.3	Luftdichtheit in § 23 EnEV und im Bauproduktrecht	121
6.1.3.4	Zwischenergebnis	122
<b>6.2.</b>	<b>Luftdichtheit der Gebäudehülle im Zivilrecht</b>	<b>122</b>
6.2.1	Garantieverantwortung des Werkunternehmers	122
6.2.1.1	Der subjektive Fehlerbegriff im privaten Baurecht	123
6.2.1.1.1	Prüfschema Stufe 1: Beschaffenheitsvereinbarung	123
6.2.1.1.2	Prüfschema Stufe 2: Vertraglich vorausgesetzte Gebrauchstauglichkeit	124
6.2.1.1.3	Prüfschema Stufe 3: Übliche Gebrauchstauglichkeit	125
6.2.1.2	Beachtung des Bauordnungsrechts als geschuldete Gebrauchstauglichkeit	125
6.2.2	Technische Regeln und technische Normen im Werkvertragsrecht	125
6.2.2.1	Die (fragwürdige) Anwendung des § 13 VOB/B in der Rechtsprechung	126
6.2.2.2	Technische Regeln als (Ersatz-)Beurteilungsmaßstab und Beweislastumkehr	127
6.2.2.3	Insbesondere: Fehlerhafte Anwendung von DIN-Normen im Zivilrecht	128
6.2.3	Rechtliche Kontrolle der Luftdichtheit der Gebäudehülle	129
6.2.3.1	Leckagefreiheit als abnahmefähige Gestaltungseigenschaft	129
6.2.3.2	Kein Nachweis der Fehlerfreiheit durch normgerechte Prüfung	129
6.2.3.3	Dauerhaftigkeit der Luftdichtheit als nicht prüfbare Verwendungseigenschaft	130
6.2.4	Mängelhaftung beim mehrgliedrigen Vertrieb von Luftdichtheits-Bauprodukten	130
<b>6.3</b>	<b>Haftungsrisiken bei Planung, Ausführung, Beurteilung und Vertrieb luftdichter Gebäudehüllen</b>	<b>131</b>
6.3.1	(Gesamtschuldnerische) Haftung für Planungsfehler	131
6.3.2	(Gesamtschuldnerische) Haftung für unzureichende Bauüberwachung	132
6.3.3	(Gesamtschuldnerische) Haftung bei unterlassener Bedenkenanmeldung	132
6.3.4	(Gesamtschuldnerische) Haftung für Arglist und Organisationsverschulden	132
6.3.5	Haftungsrisiken für Messunternehmer und Sachverständige	133
<b>6.4</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>134</b>
	<b>SCHLAGWORTREGISTER</b>	<b>138</b>