

Klaus Vogel, Silke Sous, Matthias Zöller,
Gunnar Grün, Victor Norrefeldt

Bewertung von Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen – Handlungsempfehlung für Baupraktiker

F 3012

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2017

ISBN 978-3-8167-9917-7

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung

Mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des
Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert



■ **Bewertung von
Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen
– Handlungsempfehlung für Baupraktiker**

Forschungsthema:

Bewertung von Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen – Handlungsempfehlung für Baupraktiker

Kurztitel: Bewertung von Luft-Leckagen

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der
Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes
für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.
(Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-14.20;
Bewilligungszeitraum: 20.10.2014 bis 20.10.2016)

Die Verantwortung für den Inhalt der jeweiligen
Berichtsteile liegt bei den AutorInnen.

Antragsteller und Zuwendungsempfänger

Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e. V.
Kekuléstraße 2-4
12489 Berlin
Tel.: +49 30 6392 53 94
Fax: +49 30 6392 53 96
E-Mail: info@flib.de
Internet: www.flib.de

Durchführende Institutionen

Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e. V.
Kekuléstraße 2-4, 12489 Berlin
(FLiB e. V.)
in Kooperation mit
Aachener Institut für Bauschadensforschung
und angewandte Bauphysik gGmbH
Theresienstraße 19, 52072 Aachen
(AIBAU gGmbH)
Fraunhofer-Institut für Bauphysik
Fraunhoferstraße 10, 83626 Valley
(Fraunhofer IBP)

Projektleitung

FLiB e. V. / Klaus Vogel

Institutionen / BearbeiterInnen

AIBAU gGmbH / Silke Sous, Matthias Zöller
FLiB e. V. / Klaus Vogel
Fraunhofer IBP / Gunnar Grün, Victor Norrefeldt

Fachliche Betreuung BBSR

Steffen Kisseler, Bonn

Mit externen Fachbeiträgen von

Andrea Burdack-Freitag, Holzkirchen/Valley
Ulf Köpcke, Freiburg
Josef Schmid † und Michael Stiller, Rosenheim
Jochen Zehfuß und Jan Lyzwa, Braunschweig
Joachim Zeller, Biberach
Martin Zerwas et al., Koblenz

Fremdmittel

Das Forschungsprojekt wurde finanziell
unterstützt von
Moll bauökologische Produkte GmbH, Schwetzingen
BlowerDoor GmbH, Springe
ISOCELL GmbH, A-Neumarkt am Wallersee

Satz und Layout

Gerd Kleinert, Kassel

	<i>Seite</i>
VORBEMERKUNG	7
ZUSAMMENFASSUNG	9
1 EINFÜHRUNG UND ZIELSETZUNG DES FORSCHUNGSPROJEKTES	11
1.1 Fehlstellen in raumbegrenzenden Flächen: zeitlos und interdisziplinär	11
1.2 Fehlstellen in raumbegrenzenden Flächen: von Druckdifferenzen beeinflusst	12
1.3 Fehlstellen in raumbegrenzenden Flächen: Wie dicht ist luftdicht?	12
1.4 Fehlstellen in raumbegrenzenden Flächen: Arten und Verteilung	13
1.5 Fehlstellen in raumbegrenzenden Flächen: lokalisier- und visualisierbar	15
1.6 Fehlstellen in raumbegrenzenden Flächen: vermeidbar und reduzierbar	16
1.7 Fehlstellen in raumbegrenzenden Flächen: Bewertungsprobleme	18
1.7.1 Bewertungsprobleme im Rahmen der Messpraxis	18
1.7.2 Bewertungsprobleme im Rahmen feuchtebedingter Bauschäden	21
1.8 Zielsetzung des Forschungsprojektes	21
1.9 Literaturverzeichnis	22
2 LECKAGESYSTEMATIK	25
2.1 Definitionen	25
2.2 Parameter der Leckagebewertung	25
2.3 Literaturverzeichnis	27
3 UMFRAGE UNTER SACHVERSTÄNDIGEN UND MESSDIENSTLEISTERN	29
3.1 Methodisches Vorgehen	29
3.2 Umfrageergebnisse	29
3.2.1 Tätigkeitsfelder und Tätigkeitsdauer der Umfrageteilnehmer	29
3.2.2 Objektanzahl pro Umfrageteilnehmer und Objektalter	29
3.2.3 Erfahrungen mit Schadens- und Nichtschadensfällen	30
3.3 Zusammenfassung	35
3.4 Danksagung	36
3.5 Literaturverzeichnis	36
4 OBJEKTDOKUMENTATION DER PRAXISFÄLLE	37
5 SIMULATIVE BEWERTUNG VON LECKAGEN	83
5.1 Methodisches Vorgehen	83
5.2 Grundlagen	83
5.2.1 Hygrothermische Grundlagen	83
5.2.2 Thermisch induzierte Druckdifferenz	83
5.2.3 Strömungsrechnung	83
5.2.4 Simulationswerkzeuge	84
5.3 Implementierung der HygZO Modellbibliothek	86
5.3.1 Erweiterung des Materialmodells	86
5.3.2 Implementierung des Leckagemodells	86
5.3.3 Implementierung des thermischen Strömungsantriebes	86
5.3.4 Verifikation des implementierten Codes	86
5.4 Referenz-Untersuchungsfall	89
5.4.1 Dokumentation des Referenzfalles	89
5.4.2 Kategorisierung des Referenzdaches	90
5.4.3 Aufnahme der Leckagen	90
5.5 Bewertung der Feuchterelevanz von Leckagen	91
5.5.1 Referenzfall	92
5.5.2 Variantenbildung Luftdichtheit	93

5.5.3	Variantenbildung Dachaufbau	98
5.6	Energetische und Komfortbewertung des Daches	102
5.6.1	Modellaufbau	102
5.6.2	Simulationsergebnisse	102
5.7	Zusammenfassung und Ausblick	102
5.8	Literaturverzeichnis	104
6	LECKAGEBEWERTUNG UNTER DEM GESICHTSPUNKT LÜFTUNG	105
	<i>Joachim Zeller</i>	
6.1	Luftdichtheit und Lüftung	105
6.2	Freie Lüftung	106
6.3	Zu-Abluft-Anlagen	106
6.4	Abluftanlagen	107
6.5	Zuluftanlagen	108
6.6	Leckagebewertung - Zusammenfassung	108
6.7	Auswahl von Lüftungssystemen in Abhängigkeit von der Luftdichtheit	109
6.8	Literaturverzeichnis	109
7	BEWERTUNG VON LECKAGEN UNTER DEM ASPEKT DES EINTRAGS VON GERÜCHEN	111
	<i>Andrea Burdack-Freitag</i>	
7.1	Einleitung	111
7.2	Phänomen Geruch	112
7.2.1	Physiologie	112
7.2.2	Emotionale Faktoren	112
7.2.3	Sensitivität und Selektivität	112
7.2.4	Intensität	112
7.2.5	Adaption	112
7.3	Charakterisierung eines Geruchs	112
7.4	Vorgehensweise bei der Geruchsbegehung	113
7.4.1	Begehungskonzept	113
7.4.2	Probenahme-Planung und Laboranalytik	115
7.4.3	Vor-Ort-Begehung	115
7.4.4	Bewertung	116
7.5	Empfehlungen für weitere Maßnahmen	118
7.6	Zusammenfassung und Fazit für die Baupraxis	118
7.7	Literaturverzeichnis	119
8	LECKAGEBEWERTUNG BEI FENSTERN UND AUSSENTÜREN	121
	<i>Josef Schmid † und Michael Stiller</i>	
8.1	Ebenenmodell	121
8.1.1	Trennung zwischen Raum- und Außenklima (Ebene 1)	121
8.1.2	Funktionsbereich (z. B. Wärmeschutz – Ebene 2)	122
8.1.3	Wetterschutz (Ebene 3)	122
8.2	Fugendurchlässigkeit und Leckagen in den Dichtebenen	122
8.3	Überprüfung der Dichtheit	123
8.4	Bewertung der Luft-Leckagen	123
8.5	Zusammenfassung	124
8.6	Literaturverzeichnis	124
9	BEWERTUNG VON LUFT-LECKAGEN IM HINBLICK AUF DEN BRANDSCHUTZ	127
	<i>Jochen Zehfuß und Jan Lyzwa</i>	
9.1	Einleitung	127
9.2	Gefahren des Brandrauchs	127
9.3	Abschlüsse	128
9.3.1	Feuerschutzabschlüsse und Brandschutztüren	128
9.3.2	Rauchschutztüren	128
9.3.3	Brand- und Rauchschutzklappen	129

9.3.4	Rauchschutzhänge	129
9.4	Sicherheitstreppe	129
9.4.1	Allgemeines	129
9.4.2	Differenzdrucksysteme	130
9.5	Fazit	130
9.6	Literaturverzeichnis	130
10	BEWERTUNG VON LUFT-LECKAGEN IM HINBLICK AUF DEN SCHALLSCHUTZ	131
<i>Martin Zerwas, Stefan Mock, Dirk Lahr, Ann-Sophie Schumacher</i>		
10.1	Schalldruckpegel	131
10.2	Schalldämm-Maß R	131
10.3	Bewertetes Schalldämm-Maß R_w	132
10.4	Schalltechnisches Verhalten von Bauteilen	132
10.4.1	Einschalige massive Bauteile	132
10.4.2	Vorsatzschalen auf massiven Bauteilen	132
10.5	Gebäudeausstattung	133
10.6	Makro- und Mikrobetrachtung von Leckagen	133
10.7	Rechnerische Betrachtung eines Musterraumes	134
10.8	Zusammenfassung	134
10.9	Literaturverzeichnis	135
11	LUFT-LECKAGEN UND DEREN BEURTEILUNG AUS JURISTISCHER SICHT	137
<i>Ulf Köpcke</i>		
11.1	Einleitung und Fragestellung	137
11.2	Der „Hohwächter Leckagepegel“ als juristisch basierte Orientierungshilfe	137
11.2.1	Rechtliche Bewertung planungsbedingter Luftdichtheitsmängel	138
11.2.2	Rechtlich sachgerechter Umgang mit Luftdichtheitsmängeln bei Bauüberwachung und baubegleitender Qualitätssicherung	139
11.2.3	Beurteilung und Bewertung der Luftdichtheit bei Abnahme	142
11.2.4	Rechtliche Aspekte der Luftdichtheitsprüfung kurz vor Ablauf der Gewährleistungsfrist	144
11.2.5	Rechtliche Aspekte der Prüfung der Luftdichtheit nach Schadenseintritt	144
11.3	Ergebnis: Juristisch begründete Handlungsempfehlungen	144
11.4	Literatur- und Rechtsprechungsverzeichnis	144
11.4.1	Literatur	144
11.4.2	Rechtsprechung (sortiert nach Stichworten)	145
12	HANDLUNGSEMPFEHLUNG	147
12.1	Leckagebewertung im Allgemeinen	147
12.1.1	Risikoeinschätzung	147
12.1.2	Restleckagen	147
12.1.3	Leckageströme	147
12.1.4	Betrachtungszeitpunkt	148
12.2	Leckagebewertung im Speziellen	148
12.2.1	Leckagen	148
12.2.2	Feuchtetechnische Aspekte	148
12.3	Ausblick	149
13	ANHANG	151
13.1	Formelzeichen – Abkürzungen – Glossar	151
13.2	Bildverzeichnis	153
13.3	Tabellenverzeichnis	155