

Kirsten Höttges, Michael Krause
Juan Rodriguez Santiago, Matthias Kersken
Thomas Haussmann, Stephan Schlitzberger

Erarbeitung von Bewertungsverfahren zur Berücksichtigung der Eigenschaften von PCM-Produkten im Rahmen der DIN V 18599 und DIN 4108 Teil 2

F 3116

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) 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

2019

ISBN 978-3-7388-0285-6

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

Erarbeitung von Bewertungsverfahren zur Berücksichtigung der Eigenschaften von PCM-Produkten im Rahmen der DIN V 18599 und DIN 4108 Teil 2

Abschlussbericht

Erarbeitung von Bewertungsverfahren zur Berücksichtigung der Eigenschaften von PCM-Produkten im Rahmen der DIN V 18599 und DIN 4108 Teil 2

Abschlussbericht

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

(Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-15.38)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.

Dipl.-Ing. Kirsten Höttges, IEE
Dr.-Ing. Michael Krause, IEE
Dr. Juan Rodriguez Santiago, IEE
Dipl.-Ing. Matthias Kersken, IBP
Dipl.-Ing. Thomas Haussmann, ISE
Dr.-Ing. Stephan Schlitzberger, IBH

Projektpartner:

Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE, Kassel
Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Holzkirchen
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg
Ingenieurbüro Hauser IBH, Kassel
BASF SE, Ludwigshafen
Rubitherm Technologies GmbH, Berlin
Gütegemeinschaft PCM e.V., Stuttgart
Knauf Gips KG, Iphofen

Kassel, 25.07.2018

Inhalt

1	Zusammenfassung	8
2	Projektbeschreibung	9
2.1	Projektbeteiligte	9
2.2	Anlass / Ausgangslage	10
2.3	Gegenstand des Forschungsvorhabens	10
3	Untersuchungsmethodik	11
4	Einführung in die Berechnungsverfahren	14
4.1	Energetische Bewertung gemäß DIN V 18599 (Monatsbilanzverfahren)	14
4.1.1	Energieeinsparverordnung und Normung	14
4.1.2	Kurzbeschreibung der Inhalte der Norm	14
4.1.3	Berechnungsansatz Nutzwärme und Nutzkälte	15
4.2	Mindestanforderung an den sommerlichen Wärmeschutz gemäß DIN 4108-2	17
4.2.1	Anwendungsbereich	17
4.2.2	Vereinfachtes Verfahren, Sonneneintragskennwerte	18
4.2.3	Nachweis mittels thermischer Gebäudesimulation	20
4.3	Thermische Gebäudesimulation	21
5	Mögliche Schnittstellen zu den Verfahren der Norm	21
6	Variantenbildung	24
6.1	Gebäude (Nutzung, Geometrie, Bauteile)	24
6.2	Gebäudemodell (Einraummodul)	26
6.3	Gebäudetechnik	26
6.4	Kühldecke und PCM	27
7	Funktionsbeschreibung PCM-Systeme	28
7.1	Passive PCM-Flächenkühlsysteme	28
7.2	Aktive PCM-Flächenkühlsysteme	30
7.3	Dezentrale PCM-Lüftungssysteme	33
7.4	Einschätzung hinsichtlich der positiven Eigenschaften der drei betrachteten PCM-Systeme	35
8	Simulationsmodelle	37
8.1	PCM - Baustoffe (esp-r)	37

8.1.1	Fallunterscheidung	37
8.2	PCM - Kühldecke (TRNSYS)	38
8.2.1	Grundidee Fallunterscheidung	38
8.2.2	Basismodell, Variantenbildung und globale Variablen	39
8.2.3	Systemregelung	41
8.3	Lüftungsanlage	42
8.3.1	Untersuchtes Lüftungssystem	42
8.3.2	Auswahl des PCMs	47
9	Ergebnisse	51
9.1	Variantenbezeichnungen in Tabellen und Diagrammen	51
9.2	Auswertung der Simulationsrechnungen - Methode	54
9.2.1	Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2	54
9.2.2	Nutzenergie DIN V 18599	57
9.3	Bauplatte - sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2	60
9.3.1	Einfluss Gebäudeschwere - mittlerer Parametersatz	61
9.3.2	Einfluss Orientierung und Klimaregion	64
9.3.3	Einfluss Nachtlüftung	69
9.3.4	Gegenüberstellung Simulation und Sonneneintragskennwerte	73
9.3.5	Erfahrungen mit dem Einsatz von Simulationsrechnungen für die Bewertung des sommerlichen Wärmeschutzes	76
9.3.6	Fazit zur Nutzbarkeit der Ergebnisse der Simulationsrechnungen für die Entwicklung neuer Berechnungsansätze	77
9.4	Bauplatte - Nutzenergie Kühlen DIN V 18599	78
9.4.1	Vorbemerkung zur Behandlung der Lüftung in DIN V 18599	78
9.4.2	Vergleichbarkeit Simulation und normative Berechnung - ohne PCM	78
9.4.3	Vergleich mit/ohne PCM (Simulation) - Einfluss Gebäudeschwere - mittlerer Parametersatz	80
9.4.4	Vergleich mit/ohne PCM (Simulation) - Einfluss Orientierung	82
9.4.5	Vergleich Simulation und normative Berechnung - mit PCM - neuer Ansatz für DIN V 18599	83
9.5	Lüftungsanlage - sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2	89
9.5.1	Einfluss Gebäudeschwere - mittlerer Parametersatz	89
9.5.2	Fazit zur Nutzbarkeit der Ergebnisse der Simulationsrechnungen für die Entwicklung neuer Berechnungsansätze	92
9.6	Lüftungsanlage - Nutzenergie Kühlen DIN V 18599	93
9.6.1	Vergleichbarkeit Simulation und normative Berechnung - ohne PCM	93

9.6.2	Berechnung Nutzkältebedarf gem. DIN V 18599 bei Einsatz mechanischer Lüftung	94
9.6.3	Fazit für die Behandlung der Lüftung im Berechnungsansatz des Nutzkältebedarfs gem. DIN V 18599	96
9.7	Kühldecke - Nutzenergie Kühlen DIN V 18599	97
9.7.1	Simulationsmodell Kühldecke: Modellierung und Steuerung/Betriebsweise	97
9.8	Kühldecke - Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2	103
1 0	Fazit und Ausblick	105
1 1	Literaturverzeichnis	110
1 2	Anhang: Randbedingungen DIN 4108-2	113
12.1	Randbedingungen vereinfachtes Verfahren (Sonneneintragskennwerte)	113
12.1.1	Nettogrundfläche und Raumtiefe	113
12.1.2	Fensterrahmenanteil und Fensterfläche	113
12.1.3	g-Wert, Sonnenschutz und bauliche Verschattung	113
12.1.4	Bauart (wirksame Wärmespeicherfähigkeit)	114
12.2	Berechnungsrandbedingungen für thermische Gebäudesimulationsrechnungen	114
a)	Simulationsumgebung	114
b)	Nutzungen/Nutzungszeiten	114
c)	Klimadaten für die Berechnungen	114
d)	Beginn der Simulationsrechnungen und Zeitraum für die Auswertung	115
e)	Interne Wärmeeinträge	115
f)	Soll-Raumtemperatur für Heizzwecke (ohne Nachtabsenkung)	115
g)	Grundluftwechsel	115
h)	Erhöhter Tagluftwechsel	116
i)	Nachtluftwechsel	116
j)	Steuerung Sonnenschutz	117
k)	Wärmeübergangswiderstände	117
l)	Bauliche Verschattung	118
m)	Passive Kühlung	118
12.3	Ausgabe/Ergebnis Simulation	118
1 3	Anhang: Randbedingungen DIN V 18599	119
13.1	Wärmebrücken - DIN V 18599-2	119
13.2	Luftwechsel - DIN V 18599-2	119

13.3	Saisonaler Fensterluftwechsel bei Wohnnutzung - DIN V 18599-2	120
13.4	Steuerung Sonnenschutz - DIN V 18599-2	120
13.5	Bauart (wirksame Wärmespeicherfähigkeit) - DIN V 18599-2	121
13.6	Nutzungsprofile - DIN V 18599-10	123
13.7	Klimadaten - DIN V 18599-10	124
1 4	Anhang: Nutzungsrandbedingungen DIN V 18599-10 Ausgabe 2016-10.	125
1 5	Anhang: Weitere Quellen für Randbedingungen	129
15.1	DIN 4108-4 : 2013-02	129
15.2	DIN EN 12831 : 2003-08	129
15.3	DIN EN 13779 : 2007-09 (DIN SPEC 2009-12 Nationaler Anhang)	129
15.4	DIN EN 15251 : 2012-12	130
15.5	DIN EN ISO 10456 : 2010-05	130
15.6	DIN EN ISO 13370 : 2008-04 (Entwurf 2015-06)	130
15.7	DIN EN ISO 13789 : 2008-04 (Entwurf 2015-06)	131
15.8	DIN EN ISO 13791 : 2012-08	132
15.9	DIN EN ISO 13792 : 2012-08	133
15.10	DIN EN ISO 13786 : 2008-04 (Entwurf 2015-06)	133
15.11	DIN EN ISO 6946 : 2008-04 (Entwurf 2015-06)	134
15.12	VDI 2078 : 2015-06	134
15.13	VDI 6007-1 : 2007-10	135
15.14	VDI 6007-2 : 2012-03	135
15.15	VDI 6007-3 : 2015-06	135
15.16	VDI 6020-1 : 2001-05	136
15.17	Regeln zur Datenaufnahme	136
1 6	Anhang: Umsetzung Randbedingungen für die Berechnungen/Simulationen	137
16.1	Geometrie	137
16.1.1	Berechnungsmodell Einraummodul	137
16.1.2	Geometrische Randbedingungen	138
16.2	Bauteile (Kennwerte, Gebäudeschwere)	139
16.2.1	Kenndaten opake und transparente Bauteile	139
16.2.2	Wärmeübergang (U-Wert-Berechnung)	140
16.2.3	Gebäudeschwere, wirksame Wärmespeicherfähigkeit	141
16.2.4	Bauteilaufbauten	142
16.2.5	Anpassung der Bauteilaufbauten bezüglich U-Wert und Zeitkonstante	146
16.2.6	Sonnenschutz	149
16.3	Nutzungsbedingte Randbedingungen	150

16.4	Raumtemperaturen - DIN V 18599-2	152
16.4.1	Raumtemperatur in der bilanzierten Zone - Heizfall	152
16.4.2	Raumtemperatur in der bilanzierten Zone - Kühlfall	152
16.5	Klimadaten	155
16.6	Luftwechsel	155
16.7	Zeitabhängige Parameter	157
16.8	Randbedingungen operative Temperatur/thermischer Komfort	159
1 7	Anhang: Validierung der Simulationsmodelle mittels Messdaten	160
17.1	Validierung Bauplatte	160
17.1.1	Messaufbau	160
17.1.2	Simulationsmodell	162
17.1.3	Validierung	163
17.2	Validierung Kühldecke	165
17.2.1	Messaufbau	165
17.2.2	Simulationsmodell	167
17.2.3	Statische Simulation	169
17.2.4	Dynamische Simulation	170
17.3	Validierung Lüftung	171
17.3.1	Datengrundlage der Validierung	171
17.3.2	Simulationsmodell	173