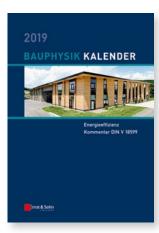
Leseprobe

Bauphysik-Kalender 2019





Es wird DIN V 18599 "Energetische Bewertung von Gebäuden" aus erster Hand für die Praxis kommentiert. Für alle Bilanzanteile werden die Hintergründe der Berechnungsverfahren, Nutzungsrandbedingungen, Kennwerte und erforderlichen Klimadaten erläutert. Mit zahlreichen Beispielen.

- Wirtschaftlichkeit energieeffizienter Maßnahmen im Wohnungsbau
- Bilanzierungsverfahren nach der neuen DIN V 18599 Teile 1 bis 12
- Endenergiebedarf Wohnungsbau
- Endenergiebedarf Nichtwohnungsbau
- Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten
- Energieeffizienz in Hotels

£140 *

■ Dämmstoffe und Recycling von Wärmedämmstoffen u.v.m.

Bestellschein

Bitte senden Sie mir

Datum / Unterschrift

St.	910-3-433-03203-4	Daupilys	ik-Kai	ender 2019 print	€ 149,-
St.	978-3-433-60986-6	Bauphys	sik-Kal	ender 2019 ebook (PDF)	€133,99*
St.	978-3-433-03265-4	Bauphys	ik-Kal	ender 2019 im Fortsetzungsb	ezug* €129,-*
St.	909046	Ernst & S	Sohn (Gesamtverzeichnis	€0
Liefer un	d Rechungsanschrift	privat	ge	schäftlich	
Firma /	Name				
Kundeni	nummer			UstID Nr.	
Straße /	Hausnummer		_	Telefon	
PLZ / Or	t / Land		_	Fax	
E-Mail-A	dresse für Online-Registri	erung		Ansprechpartner	

070 2 422 02265 4 Pourbyoik Kalandar 2010 print

Senden Sie Ihren ausgefüllten Bestellschein als E-Mail-Anhang marketing@ernst-und-sohn.de oder Fax +49 (0) 30 47031-240

www.ernst-und-sohn.de/

* Der €-Preis gilt ausschließlich für Deutschland. Inkl. MwSt. Die Versandkosten für Deutschland, Österreich, Schweiz, Liechtenstein und Luxemburg entfallen. Für alle anderen Länder gilt der Preis zzgl. Versandkosten.

Fortsetzungsbezug ist die Belieferung im Abonnement. Sie erhalten zukünftig erscheinende Kalender automatisch zum günstigen Fortsetzungspreis zugeschickt. Eine Kündigung des Abonnements kann bis zu drei Monate vor Erscheinen des neuen Kalenders erfolgen.

Widerruf: Dieser Auftrag kann innerhalb zwei Wochen beim Verlag Ernst & Sohn, Wiley-VCH, Boschstr. 12, D-69469 Weinheim, schriftlich widerrufen werden.

Wiley-VCH GmbH & Co.KGaA Kundenservice Boschstraße 12 69469 Weinheim Deutschland Bei Fragen wenden Sie sich an:

+49(0)30 47031-236

Irrtum und Änderungen vorbehalten Stand: 4/2019

Vorwort

Um die komplexen Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden zu erfüllen, gewinnen die bauphysikalischen Überlegungen im Bauplanungsprozess immer mehr an Bedeutung. Der vorliegende Bauphysik-Kalender 2019 stellt auf diesem Gebiet für die Planung, Ausführung und Bewertung bei Neubauten als auch im Bestand ein aktuelles, verlässliches und praxisgerechtes Nachschlagewerk dar.

Die folgenden Ziele sollen mit dem Bauphysik-Kalender erreicht werden, die sich überwiegend auch in seiner Gliederung widerspiegeln:

- Schaffung eines Überblicks über die geschichtliche Entwicklung, die neuesten Regelwerke und Normen sowie Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Bauphysik.
- Bauphysikalische Nachweisverfahren werden vorgestellt und erläutert.
- Die konstruktive Ausbildung ausgewählter Bauteile und Bauwerke unter Beachtung bauphysikalischer Kriterien werden dargestellt.
- Materialtechnische Grundlagen sowie materialtechnische Tabellen werden zur Verfügung gestellt.

Der Bauphysik-Kalender 2019 mit dem Schwerpunkt *Energieeffizienz; Kommentar DIN V 18599* enthält neben den jährlich aktualisierten und in Abschnitt E abgedruckten Beiträgen zu den materialtechnischen Tabellen insgesamt 20 Beiträge, die das Schwerpunktthema des Kalenders umfassend abdecken und die neuesten Erkenntnisse auf diesem Gebiet vorstellen.

In der Rubrik A *Allgemeines und Regelwerke* wird im ersten Beitrag ein Überblick über die geschichtliche Entwicklung der Energieeffizienz bei Gebäuden in Deutschland gegeben. Im zweiten Beitrag wird die Wirtschaftlichkeit energieeffizienter Maßnahmen im Wohnungsbau aufgezeigt.

Die Rubrik B Materialtechnische Grundlagen beinhaltet den im Bauphysik-Kalender regelmäßig erscheinenden und aktualisierten Beitrag zu Wärmedämmstoffen im Bauwesen. Ein weiterer Beitrag dieser Rubrik widmet sich der Problematik des Recycelns von Wärmedämmstoffen. Lösungsansätze für moderne aber auch für schon länger eingebaute Dämmstoffe, deren Zusammensetzung zum Teil heute nicht mehr bekannt sind, werden aufgezeigt.

In der dritten Rubrik Bauphysikalische Planungs- und Nachweisverfahren werden alle zwölf Teile der DIN V 18599 "Energetische Bewertung von Gebäuden" kommentiert. Es werden die Hintergründe der Berechnungsverfahren (mit Beispielen), Nutzungsrandbedingungen, Kennwerte und erforderlichen Klimadaten erläutert. Eine Kommentierung der Teile 11 und 12 dieser Vornormreihe wurde im Bauphysik-Kalender 2019 neu aufgenommen. Weiterhin wird das neue Wärmebrückenbeiblatt (DIN 4108 Beiblatt 2) im letzten Beitrag dieser Rubrik vorgestellt und kommentiert.

In der Rubrik D Konstruktive Ausbildung von Bauteilen und Bauwerken befasst sich der erste Beitrag mit dem möglichen Zukunftsstandard im Geschosswohnungsbau. Es werden die neuesten Ergebnisse eines Forschungsvorhabens, bei dem Wohnungsunternehmen, Industriepartner und ein interdisziplinär besetzter Beirat mitgewirkt haben, aufgezeigt. Im zweiten Beitrag werden die Ergebnisse eines weiteren Forschungsvorhabens zur Energieeffizienz von Hotels vorgestellt und erläutert. Der dritte Beitrag dieser Rubrik beschäftigt sich mit der Problematik der Temperaturwechselbeanspruchungen bei Fassaden aus baukonstruktiver Sicht. Im vierten Beitrag werden die Ergebnisse eines Forschungsvorhabens zur Systemuntersuchung und -optimierung eines solarbasierten Wärmepumpen-Heizsystems mit PVT-Kollektoren vorgestellt.

Der Bauphysik-Kalender 2019 möchte mit der dargestellten Themenvielfalt den Bogen von der Forschung zur Praxis und vom Planungsbüro zur ausführenden Firma spannen und dabei auch neue Entwicklungen und Tendenzen aufzeigen.

Für kritische Anmerkungen sind die Autoren, der Herausgeber und der Verlag dankbar.

Der Herausgeber möchte an dieser Stelle allen Autoren für ihre Mitarbeit und dem Verlag für die angenehme Zusammenarbeit herzlichst danken.

Hannover, im November 2018 Nabil A. Fouad

Inhaltsübersicht

ıg
1

A 1 40 Jahre Wärmeschutzverordnung 3 Karl Gertis, Andreas Holm

A 2 Wirtschaftlichkeit energieeffizienter Maßnahmen im Wohnungsbau 19 Andreas Holm

B Materialtechnische Grundlagen

- B 1 Dämmstoffe im Bauwesen 45 Wolfgang M. Willems, Kai Schild
- B 2 Recycling von Wärmedämmstoffen 121 Wolfgang Albrecht

C Bauphysikalische Nachweisverfahren

- C 1 Bilanzierungsverfahren nach der neuen DIN V 18599 (DIN V 18599-1) 141 Hans Erhorn, Kati Jagnow
- C 2 Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen (DIN V 18599-2) 171 Anton Maas, Kirsten Höttges
- C 3 Nutzenergie der thermischen Luftaufbereitung Neuausgabe der DIN V 18599-3 195 Heiko Schiller
- C 4 Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung (DIN V 18599-4) 209 Jan de Boer
- C 5 Endenergiebedarf für Heizsysteme und Warmwasserbereitungssysteme (DIN V 18599-5 und 8) 253 Kati Jagnow, Dieter Wolff
- C 6 Endenergiebedarf von Lüftungsanlagen, Luftheizungsanlagen und Kühlsystemen für den Wohnungsbau
 (DIN V 18599-6) 283
 Thomas Hartmann, Christine Knaus
- C 7 Endenergiebedarf von Raumlufttechnik und Klimasystemen für den Nichtwohnungsbau (DIN V 18599-7) 307 Claus Händel
- C 8 Ermittlung des End- und Primärenergieverbrauchs bei Kraft-Wärme-gekoppelten Systemen 315 Peter Loose
- C 9 Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten (DIN V 18599-10) 331 Anton Maas, Kirsten Höttges
- C 10 Gebäudeautomation (DIN V 18599-11) 347 Rainer Hirschberg
- C 11 Energetische Bewertung von Gebäuden: Tabellenverfahren für Wohngebäude (DIN V 18599-12) 361 Rainer Hirschberg
- C12 Neufassung DIN 4108 Beiblatt 2 381 Marc Klatecki, Anton Maas

					•••				
V١	 ln	h	al	tς	П	he	rs	ıc	ht

D Konstruktive Ausbildung von Bauteilen und Bauwerken

- D 1 Geschosswohnungsbau 2020 ff zukunftsfähiger Neubau 405 Burkhard Schulze Darup
- D 2 Energieverbrauch und Energieverbrauchsstruktur in der Hotellerie –
 Analysen, Feldstudien und Gebäudekennwerte 447
 Alexander Saurbier, Nils Nengel, Karsten Voss
- D 3 Temperaturwechselbeanspruchungen bei Fassaden: Konstruktionsweisen, Bewegungskonzepte und messtechnische Untersuchung 481 Mike Junghanns, Fabian C. Schmid
- D 4 Systemuntersuchungen und -optimierung eines solarbasierten Wärmepumpen-Heizsystems mit PVT-Kollektoren 511 Andreas Wagner, Amar Abdul-Zahra, Ulrich Leibfried

E Materialtechnische Tabellen

- E 1 Materialtechnische Tabellen für den Brandschutz 525 Nina Schjerve, Ulrich Schneider († 2011)
- E 2 Materialtechnische Tabellen 563 Rainer Hohmann

Stichwortverzeichnis 621

Hinweis des Verlages

Die Recherche zum Bauphysik-Kalender ab Jahrgang 2001 steht im Internet zur Verfügung unter www.ernst-und-sohn.de

	Brennwe	ertkessel			jahr ab 1 unbehei			°C - Erdg	as -	
3.38					Aufwand					
P _n in kW					$\beta_{\rm h}$	gen				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
5	1,013	1,019	1,024	1,042	1,061	1,079	1,098	1,117	1,135	1,15
10	1,011	1,017	1,023	1,041	1,059	1,077	1,096	1,114	1,132	1,15
20	1,010	1,016	1,022	1,040	1,057	1,075	1,093	1,111	1,129	1,14
30	1,009	1,016	1,021	1,039	1,056	1,074	1,092	1,109	1,127	1,14
40	1,009	1,015	1,021	1,038	1,056	1,073	1,091	1,108	1,126	1,14
50	1,009	1,015	1,020	1,038	1,055	1,073	1,090	1,107	1,125	1,14
60	1,008	1,015	1,020	1,037	1,055	1,072	1,089	1,107	1,124	1,14
70	1,008	1,014	1,020	1,037	1,054	1,072	1,089	1,106	1,123	1,14
80	1,008	1,014	1,020	1,037	1,054	1,071	1,088	1,105	1,122	1,14
90	1,008	1,014	1,020	1,037	1,054	1,071	1,088	1,105	1,122	1,13
100	1,008	1,014	1,019	1,036	1,053	1,070	1,087	1,104	1,121	1,13
120	1,008	1,014	1,019	1,036	1,053	1,070	1,087	1,104	1,121	1,13
140	1,008	1,014	1,019	1,036	1,053	1,069	1,086	1,103	1,120	1,13
160	1,007	1,013	1,019	1,036	1,052	1,069	1,086	1,103	1,119	1,13
180	1,007	1,013	1,019	1,035	1,052	1,069	1,085	1,102	1,119	1,13
200	1,007	1,013	1,019	1,035	1,052	1,068	1,085	1,102	1,118	1,13
250	1,007	1,013	1,018	1,035	1,051	1,068	1,084	1,101	1,117	1,13
300	1,007	1,013	1,018	1,034	1,051	1,067	1,084	1,100	1,117	1,13
350	1,007	1,012	1,018	1,034	1,050	1,067	1,083	1,099	1,116	1,13
400	1,007	1,012	1,018	1,034	1,050	1,066	1,083	1,099	1,115	1,13

Tabelle 3. Aufwandszahlen Brennwertkessel (aktuelle Standardwerte) – Gesamtaufwand

In Analogie zu den tabellarischen Berechnungen in DIN V 4108-6 [4] sind die Berechnungstabellen für die Berechnung der Wärmetransferkoeffizienten Transmission (siehe Tabelle 4; s. S. 371) und für Lüftung (Tabelle 5; s. S. 372) aufgestellt. Bei den beiden Tabellen sind die Eingabefelder hinterlegt. Zusätzlich zu den Transferkoeffizienten werden die maximalen Wärmeströme ausgewiesen. Bei Bauteilen die nicht an Außenluft grenzen, wird die veränderte angrenzende Temperatur über Temperaturkoeffizienten Fx berücksichtigt. Die Saldierung aller einzelnen Transferkoeffizienten und Wärmeströme ergeben die Gesamtsummen für die Transmission.

In der Tabelle 5 werden ergänzend der Wärmetransferkoeffizient für Lüftung und der daraus resultierende Wärmestrom bestimmt. Mit der Zusammenfassung zu einem Gesamt-Wärmetransferkoeffizient wird die maximale Heizlast in Abhängigkeit der Lüftungsart (mit oder ohne mechanische Lüftung) berechnet.

Aus den berechneten Werten kann über die Zuordnung der Gebäudeschwere die Zeitkonstante errechnet werden. Damit sind die maßgeblichen Größen für die Berechnung der Wärmesenken ermittelt. Die Berechnung erfordert bis auf die Bestimmung des maßgeblichen Luftwechsels keinen weiteren Rückgriff auf Tabellen.

3.2 Berechnung der Wärmeguellen

Die Berechnung der Wärmequellen infolge solarer Einstrahlung durch transparente Bauteile greift auf die entsprechenden Bauteilqualitäten und Bauteilabmessungen zurück. Die benötigten Werte der Einstrahlung selbst sind aus den meteorologischen Werten DIN V 18599-10 [3] umgerechnet und werden als Tabelle für verschiedene Orientierungen und Neigungen angegeben. Die Berechnung der Wärmequellen durch solare Einstrahlung erfolgt mithilfe der Berechnungstabelle (Tabelle 6; s. S. 373).

Für Wohngebäude werden die inneren Wärmequellen, die durch Personen, Geräte und Beleuchtung entstehen, flächenbezogen bewertet. Zur Zusammenstellung der gesamten Wärmequellen muss der Anteil der nutzbaren Wärmeeinträge aus der Anlagentechnik bestimmt werden. Wie in Abschnitt 2.2.1 beschrieben, erfolgt die Berechnung auf der Grundlage der Aufwandszahlen in den jeweiligen Anlagenteilbereichen. Als mittlere Belastung wird zunächst die der Wärmesenken eingesetzt. Damit erfolgt die Berechnung der nutzbaren Wärmeeinträge (Tabelle 7; s. S. 374).

Die Zusammenstellung und Berechnung der gesamten Wärmequellen ist in Tabelle 8 (S. 375) ersichtlich. Aus den Wärmesenken als Wärmestrom wird hier die Leis-

 Tabelle 4.
 Berechnung Wärmetransferkoeffizienten Transmission und des maximalen Wärmestroms

Objekt:			Gebäudedat	en			
Volumen (Außenmaß) [m³]	V _e =	525,60	m ³	$V_{\rm L} = n^* \cdot V_{\rm e}$	0,76		m ³
Nettogrundfläche [m²]	A _{NGF} =	154,20	m ²		6	e,min	-12 ℃
A/V _L -Verhältnis [1/m]			eine Gebäude b Vollgeschosse: (große Gebäu	0,76; de: 0,8		i.h.soll	20 °C
2,00		m	Wärmesenk			o Fred	
Wän	netransferko	effizient H		naximaler Wä	rmestron	a QT [W]	
Bauteil	Kurzbe- zeichnung	Fläche A _i	Wärme- durch- gangs- koeffizient U _i	H_{ti} , $U_i \cdot A_i$	Fx	H _{ti} U _i ·A _i ·Fx	maximaler Wärme- strom \dot{Q}_{ti} $H_{Ti} \cdot \Delta \theta_{max}$
		[m ²]	[W/(m ² K)]	[W/K]		[W/K]	[w]
	AW_W	32,27	0,20	6,45	1,00	6,45	207
Außenwand	AW_S	40,97	0,20	8,19	1,00	8,19	262
Ausenwand	AW_N	57,63	0,20	11,53	1,00	11,53	369
	AW_O	44,52	0,20	8,90	1,00	8,90	285
1 5 J	W_N	2,97	0,95	2,82	1,00	2,81	90
Fenster	W_O	4,30	0,95	4,09	1,00	4,09	131
Fenstertüren	W_S	19,62	0,95	18,64	1,00	18,64	596
	w_w	18,91	0,95	17,96	1,00	17,96	575
Haustūr	T1	2,35	1,30	3,06	1,00	3,06	98
Dach	Flachdach	89,09	0,13	11,58	1,00	11,58	371
Oberste Geschoßdecke							
Wand gegen Abseitenraum							
Wände, Türen und Decken zu unbeheizten Räumen							
Kellerdecke zum unbeheizten Keller, Fußboden auf Erdreich, Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich, aufgeständerter Fußboden	Bodenplatte	89,09	0,21	18,71	08,0	14,97	479
		Gesamt- hüll- fläche A $= \sum_{i} A_{i}$	Wärme- brücken- zuschlag Δ <i>U</i> _{WB}	H _{ti} . ΔU _{WB} ·A			maximaler Wärme- strom \hat{Q}_{ri} $H_{Ti} \cdot \Delta \theta_{max}$
Wärmebrücken	WB	401,72	0,03	12,05			3 848

Tabelle 5. Berechnung Wärmetransferkoeffizienten Lüftung, des maximalen Wärmestroms, der maximalen Heizlast und der Zeitkonstanten des Gebäudes

	Wärmetransfer		mesenken W/K] und maximaler	Wärmestrom I	wı
Bauteil	Luftwechsel n _i [1/h]	Volumen V _L aus Tabelle A.5 [m ³]	Wärmekapazität c-p [W/(m ³ ·h)]	$H_{\text{vi.ges}}$ = $n_i \cdot c \cdot \rho \cdot V_L$ [W/K]	maximaler Wärmestrom $\dot{Q}_{vi} = H_{vi,ges} \Delta \theta_{max}$ [W]
Lüftung	0,59	399,46	0,34	80,13	2 564
ımmen					2 564

Gesamter Wä	rmetransferkoeffizient	
Wärmetransferkoeffizient H _{ges} [V	V/K] und maximaler Wärmestrom $Q_{\rm ges}$	[w]
	H _{ges} = H _{ti,ges} +H _{vi,ges}	\dot{Q}_{ges} = $H_{ges}\cdot\Delta\Theta_{max}$
Gesamtsummen	200,37	6 412

Ohne mechanische Lüftung: $H^*_{ges} = H_{fi,ges} + 0.5 \ H_{vi,ges}$ $Mit mechanischer Lüftung:$ $H^*_{ges} = H_{ti,ges} + H_{vi,ges} \cdot 0.5 \ V_L \ c \cdot \rho \cdot (n_{0\%} \cdot n_{Ani})$	H*ges (1) [W/K]	$\Phi_{\text{h.max}} = (1)^* \Delta \Theta_{\text{max}}$ [W]
Maximale Heizleistung	160,31	5 130
Flächenbezogenen Heizleistung	$\varphi_{h,\text{max}}$ $= \phi_{h,\text{max}} / A_{\text{NGF}}$ $[W/m^2]$	33,27

Zeitkonstante des Gebäudes		
		τ
Gebäudeschwere	Cwirk	Cwirk ANGF/Hges
	[Wh/(K·m ²)]	[h]
leicht	50	
mittelschwer	90	
schwer	130	100

tung der Wärmesenke eingesetzt. Die inneren Wärmequellen aus Personen, Geräten und Beleuchtung fallen ganzjährig an und werden daher auch ungewichtet übernommen. Die Wärmequellen aus solarer Einstrahlung werden vereinfacht nur mit einem Ausnutzungsgrad von 50 Prozent angesetzt, da in den Sommermonaten keine Nutzung zu Heizzwecken gegeben ist. Aus der Summe der vorgenannten Wärmequellen wird über die gewichtete mittlere Belastung und dem Anteil der nutzbaren Wärmeabgabe der Anlagentechnik die Wärmequelle Anlagentechnik berechnet. In die Spalte Wärmequellen Anlagentechnik werden alle Wärmequellen, nicht nur von der Heizanlage, sondern auch von der Trinkwassererwärmung, zusammengefasst.

Damit können die gesamten Wärmequellen zusammenfassend und übersichtlich dargestellt werden (Tabelle 9; s. S. 376). In der letzten Spalte werden die Wärmequellen in Wärmequellenleistung umgerechnet.

3.3 Berechnung des Nutzenergiebedarfs

Nachdem die Wärmesenken und Wärmequellen bestimmt sind, kann die Energiebilanz monatlich durch Bestimmung des Wärmequellen-/Wärmesenken-Verhältnisses und dem daraus resultierenden Ausnutzungsgrad aufgestellt und die endgültigen mittlere Belastungen, die Heizstunden und der Nutzenergiebedarf für Heizen berechnet werden.

Seff = (2) · (4) · (5)

Tabelle 6. Berechnung der Wärmequellen durch solare Einstrahlung – transparente Flächen

			Warmen	delica durca s	MAIL LIBRAGE	warmequellen durch sozare Emstramung - transparente riachen	die ristines				
Orientierung	遊	Nord	W	West	7.	Sud		Ost			Gesamt
Neigung	5	-06	6	.06		-06€		-06			fläche
Bauteiffäche A in m2 (1)	2	2.97	81	18.91	1	19.62		430			
Gesamtenergie- durchlassgrad g (2) ²	0	09'0	ð	0.50		09'0		0.50			
Abm. Rahmenantell Fg (3)	0	0.70	0.	0.70	9	0.70		0.70	0	0.70	
Abm. Strabburgseinf. F _w (4)	0	06'0	0	06'0	9	06'0		060	0	06'0	Gesamt
Abm. Verschattung F _S (5)	0	060	0	.06'0	9	06'0		06'0	0	06'0	Smallens
wirks. Gesamtenergie durchlassgrad g _{eff} (6) ^b	0.	0,486	00-	0,486	0	0,486	0	0.486			
Mount	Esot aus Tabelle 17 kWh/m²	Q _{S,E}	Esol aus Tabelle 17 kWh/m²	^Q S.tr kWh	E _{sol} aus Tabelle 17 kWh,/m ²	PS.tr. KWB	E _{sol} aus Tabelle 17 kWh/m ²	PS.tr kWh	Esol aus Tabelle 17 kWh/m²	OS.tr. kwh	PS,tr kWh
	ω	(¿) · (g) · (t) = (g)	(9)	(10) = (1) · (3) · (6) · (9)	(11)	(12) = (1) · (3) · (6) · (11)	(13)	(E1) - (9) - (E) - (1) = (+1)	(15)	(16) = (1) · (3) · (6) · (15)	2 Q _{S,tr} = (8) + (10) + (12) + (14) + (16)
lan .	14/2	9	12.65	99	43,9	237	18.60	22			331
Feb	12,10	10	16,13	*8	31.58	171	19,49	23			288
Mrz	23.06	- 61	さ 手	233	72.91	364	50.59	99			206
Apr	92'14	34	82.08	428	105,84	572	84.36	114			1148
Mai	55.80	94	94.49	492	98.21	531	101,93	121			1 190
m[59,76	6‡	267.92	510	89,28	483	108.00	128		1-4	1170
Pr(50.26	6+	87.05	+5+	84.07	455	102.67	122			1079
Aug	42.41	35	78.12	405	64'46	211	85.56	101			1054
des	26,95	24	56.88	296	38,56	6/5	96.76	71			870
Okt	18.60	15	34.97	182	78.86	426	40.92	84			672
Nov	939	60	13.68	7.1	28.08	152	14.40	- 12			248
Dez	271	+	81.8	43	21.58	117	8.93	п		1	174
									Jahressumme	comme	8 930

Anlagen- Teilbereich	Aufwandszahl	Nutzbarer Anteil			Deckungs- anteil	
M	ece	a _{ce}	(e _{ce} -1)·a _{ce}	(2)	κ (3)	f _{A-1} =(1)·(2)·(3)
Übergabe	1,048	1	0,048		1	0,048
	e _d	ad	(e _d -1)·a _d	e _{ce}		
Verteilung	1,025	1	0,025	1,048	1	0,026
	e _s	a _s	(e _s -1)·a _s	€ _{ce} ·€ _d		
Speicherung	1,000	ņ	0,000	1,074	1.1	0,000
	e _{l.h.gen}	a_{gen}	e _{Lh.gen} ·a _{gen}	e _{ce} ·e _d ·e _s		
Erzeugung	0,001	1	0,001	1,074	1	0,001
					Summe (4)	0,075
Korrektur Bil: Innentemper				Korrektu Innentem	r Bilanz- peratur (5)	0,976
$(\theta_{i,h} - \theta_{e,min})/$	$(20-\theta_{\mathrm{e,min}})$			Korrektur Ein Belast		0,850
				Anteil f _{A-1}	=(4)·(5)·(6)	0,062

Tabelle 7. Berechnung der nutzbaren Wärmeeintrage für Heizanlagen

Die Ausnutzungsgrade sind für Wärmequellen-/Wärmesenken-Verhältnisse in Abhängigkeit der Zeitkonstanten, die in Abschnitt 3.1 (Tabelle 5; s. S. 372) berechnet wurde, tabelliert, sodass die Werte unmittelbar abgelesen und ggf. interpoliert werden können. Für die Berechnung der Heizstunden und des Nutzenergiebedarfs sind die auszuführenden Rechenoperationen in der Tabelle mit angegeben.

Die Saldierung der monatlichen Heizstunden und des monatlichen Nutzenergiebedarfs liefern die Jahreswerte für Heizstunden und der Nutzenergiebedarf der Zone.

Damit ist es möglich, mit wenigen Tabellen den Nutzenergiebedarf *Heizen* einer Zone zu berechnen. Durch die Transparenz der Rechenschritte ist ein hohes Maß an Nachvollziehbarkeit gegeben.

4 Anlagenbewertung

Nachdem der Nutzenergiebedarf als Monatsverfahren bestimmt wurde, kann die energetische Bewertung der Anlagentechnik mit Aufwandszahlen erfolgen, die als Eingangswert die mittlere jährliche Belastung des Nutzenergiebedarfs heranzieht.

Die mittlere jährliche Belastung des Nutzenergiebedarfs muss gewichtet bestimmt werden, weil die einzelnen Monate unterschiedliche Anzahl an Tagen besitzen. Die mittlere jährliche Belastung des Nutzenergiebedarfs beträgt dann:

$$\beta_{h,a} = \frac{\sum_{j=1-12} \beta_{h,j} \cdot d_{mth,j}}{\sum_{i=1-12} d_{mth,i}}$$

Die mittlere Belastung des Nutzenergiebedarfs entspricht der mittleren Belastung der Wärmeübergabe. Die hierzu gehörende Aufwandszahl kann für das gewählte Übergabesystem aus der entsprechenden Tabelle abgelesen werden. Damit kann dann die mittlere Belastung des nachfolgenden Anlagenteilbereichs bestimmt werden. Dieser Algorithmus setzt sich analog bis zum Anlagenteilbereich *Erzeugung* durch. Die Berechnung erfolgt mithilfe Tabelle 11 (s. S. 378).

Es muss beachtet werden, dass bei Erzeugungsanlagen, die über einen Speicher entkoppelt sind, die mittlere Belastung der Erzeugung 100 Prozent beträgt, weil der Wärmeerzeuger dann nur noch im Ein-/Aus-Modus in Volllast betrieben wird.

Mit der Bestimmung der mittleren Belastungen sind auch die Aufwandszahlen bereits bestimmt, sodass die Ergebnisse nur noch zusammenfassend in einer Tabelle festzuhalten sind (siehe Tabelle 12; s. S. 378). Dabei werden auch die Deckungsanteile eventuell vorhandener erneuerbarer Energien und die Deckungsanteile verschiedener Wärmeerzeuger eingesetzt. Parallel zu den Aufwandszahlen in jedem Anlagenteilbereich kann der in diesem Bereich anfallende Hilfsenergieaufwand aus den diesbezüglichen Tabellen und unmittelbar eingesetzt werden.

In der zusammenfassenden Tabelle 12 wird auch noch der Umrechnungsfaktor für die Endenergie und die primärenergetische Bewertung vorgenommen.

Tabelle 8. Berechnung der Wärmequellen aus Anlagentechnik

1	d_{mth}	Ph.sink aus Tabelle	(Q _{1,Source} +0,5'Q _{5,tt}) fum Werte zur Berechnung aus	P'h.sink =mæ((2)-(3);0)	β _{e,m}	Be.m/Be.max	fa(7) aus Tabelle A.8	Wärmequellen Anlagentechnik
Monat	3	(S)	Tabelle A.13 [W] (3)	(<u>w</u>	9/Tabelle 11 (5)	(9)	0,062	O _L source.h [kWh] (8)=(4)-(6)-(7)/fum
Januar	31	3 444	512	2 632	0.550	966'0		135
Februar	28	3 279	503	2776	0,524	0,948		110
März	31	2772	763	2 009	0,443	0,802		74
April	30	1957	1 087	870	0,313	995'0		22
Mai	31	1 070	1 089	0	0,171	602'0		0
ini	30	665	1 102	0	960'0	0,173		0
Tulf	31	181	1014	.0	620'0	0,052		0
August	31	254	266	0	0,041	0,074		0
September	30	1 035	893	141	6,165	0,299		2
Oktober	31	1 900	741	1 159	0,304	0,549		29
November	30	2 879	461	2417	0,460	0,832		90
Dezember	31	3 458	406	3 052	0,553	1,000		141
f =1000/f24-d al	14.d.m.			β _{0,mm} = max((5))= 0,553)=0,553	2001		

Die übersichtliche Gesamtzusammenstellung von Nutzenergiebedarf mehrerer Anlagen, des Gesamtaufwands an Endenergie mit Deckungsanteilen erneuerbarer Energien und primärenergetischer Bewertung weist dann nach entsprechender Saldierung eine primärenergetische bewertete Anlageaufwandszahl aus (siehe Tabelle 13). Diese Kenngröße erlaubt eine einfache Vergleichbarkeit verschiedener Anlagensysteme hinsichtlich ihrer Effizienz.

Die Tabelle 13 (s. S. 379) erfordert außer der Saldierung des Nutzenergiebedarfs und des Primärenergiebedarfs mit Bildung der Anlagenaufwandszahl keine weiteren Berechnungen mehr. Die Werte werden ansonsten aus der Tabelle 12 übernommen.

Durch die Berechnung des Endenergieaufwands und des Primärenergiebedarfs mit primärenergetisch bewerteter Anlagenaufwandszahl auf der Grundlage tabellierter und ggf. angepasster Aufwandszahlen und durch die Anlagenkopplung bestimmter mittlerer Belastungen, lässt sich die energetische Bewertung und damit die Energieeffizienz der Anlagentechnik in einfacher Weise durchführen. Das Tabellenverfahren zeichnet sich durch die hohe Transparenz der Berechnungsschritte aus, weil sich die Aufwandszahlen jedes Anlagenteilbereichs leicht in den entsprechenden Tabellen wiederfinden.

5 Validierung und Ausblick

Das Tabellenverfahren DIN V 18599-12 hat die Gleichungen, die die gesamten Berechnungen des Nutzenergiebedarfs und des Anlagenaufwands in DIN V 18599-1 bis DIN V 18599-11 umfassen, nahezu in allen Fällen ohne Einschränkung in Tabellen abgebildet.

Bei der energetischen Bewertung der Anlagentechnik ist lediglich bei der Bestimmung der Rohrleitungslängen von Verteilsystemen auf eine auf die Nettogrundfläche bezogene Methode zurückgegriffen worden. Es wurden für diesen Anlagenteilbereich jedoch zusätzlich längenbezogene Wärmeabgaben von Rohrleitungen angegeben, sodass auch mit auf andere Weise hergeleiteten Längen volle Übereinstimmung gegeben ist. Die letztgenannte Methode erfordert etwas mehr Zwischenrechnung zur Bestimmung der Aufwandszahl.

Die Bestimmung der Wärmesenken, der inneren Wärmequellen und der solaren Einstrahlung liefern exakt gleiche Ergebnisse wie sie sich bei Anwendung der Gleichungen in DIN V 18599-11 bis DIN V 18599-11 ergeben.

Mit dem Tabellenverfahren wurde eine Methode entwickelt, die auf eine Iteration bei der Bestimmung der Wärmeabgabe der Anlagentechnik verzichtet. Es ist im Tabellenverfahren lediglich erforderlich, die Aufwandszahlen in den Anlagenteilbereichen zweimal zu bestimmen, zunächst mit der mittleren Belastung der Wärmesenken und dann mit der mittleren Belastung des Nutzenergiebedarfs. Die methodische Vorgehensweise zur Bestimmung der Aufwandszahlen ist für alle Anlagensysteme gleich. Vor diesem Anspruch, der dem Tabellenverfahren zugrunde liegt, wurden mehrere Validierungen verschiedener Wohngebäude mit jeweils verschiedener Anlagentechnik durchgeführt. Die Validierungsrechnungen haben Abweichungen im einstelligen Prozentbereich gegenüber der strikten Anwendung der Gleichungen mit Iteration ergeben (im Bereich zwischen 3 bis 7 Prozent). So konnte belegt werden, dass mit dem Tabellenverfahren eine hinreichende Genauigkeit erreicht werden kann.

	Innere Wārme- quellen P _{iges}	W (8)=(7)/((24-(3))×1 000	1146	1111	1567	2144	2118	2144	1969	1936	1730	1 462	886	246	19257				
	innere Wärme- quellen Q _{iges}	kWh (7) = (4)+(5)+(6)		746	1166	1544	1576	1543	1 465	1 440	1246	1 088	711	701	14 079				
source	Wärmequellen Anlagentechnik Osearce	kWh ans Tabelle A.9 (8) + ans Tabelle A.12 (3) (6)		Wärmequellen Anlagentechnik Olsource kWh ams Tabelle A12 (3) (6)		264	245	187	171	165	171	171	167	200	255	312	9192		
Warmequellen Q _{source}	Solare Wärme- quellen Q _{S.tr}	KWh ans Tabelle A.7 (5)	331	288	.706	1148	1190	1170	1079	1054	870	672	248	174	8 930				
	Innere Wärme- guellen Ø _!	kWh (4) = (1) · (2) · (3) / 1 000	215	194	215	208	215	208	215	215	208	215	208	215	2 533	ħ/(m².d)*			
	Interne Wärme- quellen q ₁ (aus DIN V 18599-10 Tabelle 4)	Wh/(m²-d) (2) 45	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	Jahressummen	Interne Wärmequellen: EFH: $q_i = 45$ Wh/(m^2 ·d)*	THE PERSON NAMED IN COLUMN		
	Bezugsfläche Ange	m² (1) 154,20 Monet	Lan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Im	TR.	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahres	Interne Wärmequellen. EFH: q ₁ = 45 Wh/(m ² ·d	Total Control of the State of		

Tabelle 10. Nutzenergiebedarf Heizen der Zone

Comment of the Comment												
MIL AUSen	temperatur	Min Außentemperatur B _{e.min.} in °C		-12								Monntlich
max.Wārmestrom Q' _{max} in W (1)	strom Q _m	m mW(1)		6 258	= Q _{max}	· (O; O min)/(B ₁₅₀	· (and)	$=Q_{\max}\cdot(\theta_1\cdot\theta_{\mathrm{e-min}})/(\theta_{\mathrm{LSOII}}\cdot\theta_{\mathrm{e-min}}),Q_{\max}=Q_{\mathrm{per}}$	aus Tabel	le A.6	Monanti
Monat	Tage im Monat d _{esth}	Bilanz-Innen- temperatur aus Tabelle 8/Tabelle 10	B	Remans aus Tabelle 9/Tabelle 11	P _{h sink} [W]	Phsource = Piges aus Tabelle A13 (8) [W]	1/10	Tabelle	1-Л.т. У.т	Sh=	ф]	Qh [kwn]
Mittelwert		19,23	9,5	(2)	:03:	(+)	(5) = (4)/(3)	(e) = f(y)	(7) ≥1.(§)- (6)	(8) = (3) · (7)/(1)	(9)	(01)
Jan	31	18,60	1,0	0,550	3 444	1146	0,33	1,000	19'0	0,367	744	1710
Feb	28	18,67	1,9	0,524	3 279	1111	0,34	1,000	99'0	0,347	672	1 458
Mrz	31	18,88	4.7	0,443	2772	1567	0,57	266'0	14.0	0,194	744	905
Apr	30	19,21	9,2	0,313	1 957	2 144	1,10	0,835	80'0	0,027	383	59
Mai	31	19,57	14,1	0,171	1 070	2118	1,98	0,503	00'0	0,001	6	0
un(30	92'61	16,7	960'0	665	2144	3,58	0,280	00'0	00000	0	0
[a]	31	19,93	19,0	670'0	181	1 969	10,85	160'0	10'0	00000	3	0
Aug	31	06'61	18,6	0,041	254	1 936	19'/	0,131	00'0	00000	-1	0
Sep	30	19,58	14,3	0,165	1 035	1730	1,67	0,592	10'0	0,002	22	0
140	31	19,23	9,5	0,304	1 900	1 462	71.0	096'0	92'0	6/000	744	369
Nov	30	18,84	4,1	0,460	2 879	886	0,34	1,000	99'0	0,302	720	1362
Dez	31	18,60	6'0	0,553	3 458	942	0,27	1,000	67.3	0,402	744	1872
		Spatte (9): (8) > 0,) ← 50'	Spaire (9): (8) > 0,05 \rightarrow (9) = $d_{\rm mith}$ · 24; (8) \leq 0,05 \rightarrow (9) = (8)/0,05 · $d_{\rm mith}$ · 24	(6) ← 90	P- 50/0/(8) =	ath '24				Heizstunden	Heizstunden Summe [kWh/a]
		or .	palte (Spalte (10): (10) = (1) · (2) · (7) · (9) / 1 000	7-(9)/1	000					4786	7740

edarf a	Übe	rgabe	Verte	eilung	Speich	nerung	Erzei	igung
:								
Q _{nutz} in kWh/a	β_{ce}	e _{ce}	β_{d}	e _d	βς	e _s	$\beta_{\text{gen.n}}$	e _{gen.i}
7 740	0,315	1,048	0,330	1,065	0,342	1,000	0,342	1,052
1 311		1,000		2,445		1,165		1,204
	Q _{nutz} in kWh/a 7 740	a Ube c: Q _{nutz} in kWh/a β _{ce} 7 740 0,315	Q _{nutz} in kWh/a β _{ce} e _{ce} 7 740 0,315 1,048	Q _{nutz} in β _{ce} e _{ce} β _d 7740 0,315 1,048 0,330	a Ubergate Vertellung 2	a Ubergabe Vertening Speicr Q_{nutz} in β_{ce} e_{ce} β_{d} e_{d} β_{s} β_{s} 7.740 0.315 1.048 0.330 1.065 0.342	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Q_{nutz} in B_{ce} e_{ce} B_{d} B

Tabelle 11. Berechnung der mittleren Belastungen

Tabelle 12. Zusammenstellung der Aufwandszahlen und Deckungsanteile

Energiebed kWh/a	arf	Über- gabe	Ver- teilung	Spei- cherung	Flächen- bezogene Erzeugernutz- wärmeabgabe kWh/m²a	Erzeu- gung	Ge- samt	Deckungs- anteil erneuerbare Energie	Deckungs- anteil Erzeuger	Endenergie (brennwert -bezogen) kWh/a	Umrech- nungs- faktor für die End- energie	Primär- energie faktor	Primär- energie kWh/a
Gebäude/Zone:													-
Anlage	Q _{Nutz}	e _{ce}	ed	e _s	Q _{outg}	egen	eges	K _{EE}	Kgen	Q _{End}	<i>Г</i> нѕ/нг	f _p	Q _p = (Q _{End} /f _{HS/HI}) -f _P
Heizung	7 740	1,048	1,034	1,000	56,00	1,052	1,17	0,00	1,00	9 084	1,11	1,10	9 002
TWW	1311	1,000	2,445	1,165	24,21	1,204	3,43	0,52	1,00	3816	1,11	1,10	3 782
Anlage:													
Hilfsenergie- aufwand	V	W _{ce}	Wd	W _s		Wgen	Wges		- 1	WEnd	f _{HS/HI}	f _p	$W_{\rm p}$ = $(W_{\rm End})$ $f_{\rm HS/HI} f_{\rm P}$
		kWh/a	kWh/a	kWh/a	6.1	kWh/a	kWh/a	10		kWh/a			kWh/a
Heizung			73			285	358			358	1,0	1.8	644
TWW- Zirkulation		37					37			37	1,0	1,8	67
TWW			Total Control	12	4	22	34			34	1,0	1,8	61
Solarpumpe			108				108			108	1,0	1,8	194
									- 1	-			

Damit können auch öffentlich-rechtliche Nachweise mit dem Tabellenverfahren erstellt werden.

Das Tabellenverfahren nach DIN V 18599-12 ist für die Anwendung auf Wohngebäude beschrieben. In der Zukunft soll das Tabellenverfahren auch für eine Gruppe von Nichtwohngebäuden erweitert werden, wozu es erforderlich ist, auch Tabellen für die Aufwandszahlen von raumlufttechnischen Anlagen, Kälte- und Beleuchtungsanlagen zu erstellen. Die prinzipielle Methodik wird dabei aber erhalten bleiben.

6 Zusammenfassung

Die Anwendung der Normenteile DIN 18599-1 bis DIN V 18599-11 zielt auf die Anwendung von Berechnungsprogrammen ab, da die angegebenen Gleichungen zur Bestimmung des Nutzenergiebedarfs und des Energieaufwands der Anlagentechnik aufeinander aufbauen bzw. aufeinander verweisen. Dabei sind in den einzelnen Berechnungsabschnitten die erforderlichen Randbedingungen angegeben. Bei der rechnergestützten Berechnung muss und kann sich ein Anwender nur auf die Dateneingabe konzentrieren. Die Ergebnisausdrucke liefern meist nur auszugsweise tabellierte absolute Werte des Nutzenergiebedarfs und des Anlagenaufwands. Die Nachvollziehbarkeit der Berechnungen ist nicht mehr gegeben.

Mit dem Tabellenverfahren nach DIN V 18599-12 ist eine transparente Nachvollziehbarkeit aller Berechnungen, sowohl des Nutzenergiebedarfs als auch der Anlagenaufwandszahlen gegeben. Für jeden Anlagenteilbereich sind die Aufwandszahlen nachvollziehbar

Energiebed kWh/a	arf	Gesamt	Decktings- anteil erneuerbar Energie	Deckungs- anteil Erzeuger	Endenergie kWh/a	Umrechnungs- faktor für die Endenergie	Primär- energie faktor	Primärenergie kWh/a
Gebäude/Zone:		Ů						
Anlage	$Q_{ m Nutz}$	eges	ĸ _{EE}	Kgen	Q _{end} = Q _{Nutz} (e _{ges} - κ _{EE}) κ _{gen}	Унз/ні	f ₀	$Q_{\rm p} = (Q_{\rm End}/f_{\rm HS/HI}) \cdot f_{\rm p}$
Heizung	7 7 4 0	1,17	0,00	1.00	9 084	1,11	1,10	9 002
TWW	1 311	3,43	0,52	1,00	3 816	1,11	1,10	3 782
Anlage:								
Hilfsenergieaufwand	-	W _{ges}			W _{end} =W _{ges}	F _{HS/HI}	fp	$= (W_{\text{End}}/f_{\text{HS/HI}}) \cdot f_{\text{p}}$
W. C. C. C.		kWh/a			kWh/a			kWh/a
Heizung		358	4		358 37	1,0	1,8	644
TWW-Zirkulation TWW		37	1		34	1,0	1,8	67
Solarpumpe		108			108	1,0	1.8	194
ooia:pumpe		100			.,,0	210	4,0	***
Gesamt	Q _{nutz.ges}			173			e _p = Q _{P,ges} /Q _{nutz,ges}	$Q_{\mathrm{P,ges}}$
	9 051	1		Ani	agenaufwandszahl		1,52	13 751

Tabelle 13. Gesamtzusammenstellung der relevanten Aufwandsdaten und der primärenergetisch bewerteten Anlagenaufwandszahl

in den zugehörigen Tabellen zurückzuverfolgen. Die Übersichtlichkeit von Tabellen erhöht das Verständnis für die energetische Bewertung. Bei gleichen Eingangsgrößen von mittlerer Belastung und den aus dem Anlagenteilbereich sich ergebenden Randbedingungen liegt die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse vor.

Weil der Anwender des Tabellenverfahrens immer wieder in vergleichbaren Anlagenteilbereichen auf annähernd gleiche Größenordnungen der Aufwandszahlen stößt, entwickelt sich Präsenzwissen, das bei spontanen Stellungnahmen für den Experten enorme Wichtigkeit besitzt.

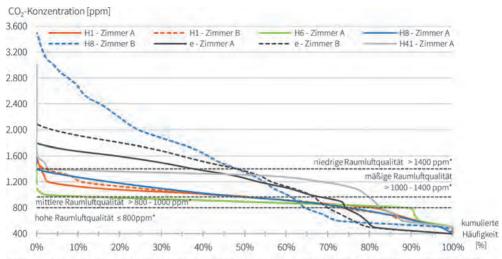
Die Vergleichsrechnungen unabhängiger Validierer haben ergeben, dass Abweichungen gegenüber der rechnergestützten Anwendung sich im einstelligen Prozentbereich bewegen, sodass hinreichende Genauigkeit vorliegt.

Sofern sich die am Markt befindlichen Programme zur energetischen Bewertung dazu entschließen würden, dass die Berechnungsausgaben für den Nutzenergiebedarf nach Tabelle 10 und die Anlagenbewertung nach den Tabellen 12 und 13 ausgegeben würden, wäre eine unmittelbare Vergleichbarkeit gegeben. Innerhalb der rechnergestützten energetischen Bewertung liegen alle benötigten Werte vor, sie brauchen lediglich geordnet ausgegeben werden.

Es ist zu erwarten, dass das Tabellenverfahren nach DIN V 18599-12 für die Anwendung auf ausgewählte Nichtwohngebäude erweitert wird.

7 Literatur

- [1] DIN V 18599 (2016) Energetische Bewertung von Gebäuden Teile 1–11, Beuth, Berlin.
- [2] DIN V 18599-12:2017-04 (2017) Energetische Bewertung von Gebäuden Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser Teil 12: Tabellenverfahren für Wohngebäude, Beuth, Berlin.
- [3] DIN V 18599:2016-10 (2016) Energetische Bewertung von Gebäuden Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten, Beuth, Berlin.
- [4] DIN V 4108 (2004) Teil 6, Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs, Beuth, Berlin.



*Bekanntmachung UBA, Gesundheitliche Bewertung von Kolendioxid in der Innenraumluft, Tabelle 3, Absolute CO₂-Konzentration in der Innenraumluft nach DIN EN 13779: 2007-09

Bild 20. Kumulierte Häufigkeit CO₂-Konzentration im Nachtruhezeitraum (22 Uhr – 6 Uhr)

festgestellt werden. Die Studie bezog sich allerdings lediglich auf eine Einzelperson. Die Schlafqualität wurde anhand des Aktivitätslevels während der Nacht gemessen, wobei Einflüsse durch verschiedene Lärmquellen nicht ausgeschlossen werden konnten [19]. Darüber hinaus zeigt eine weitergehende Untersuchung die Einflüsse des Lüftungsverhaltens auf den Schlafrhythmus der Personen. Hier wurde festgestellt, dass beispielsweise bei geöffnetem Fenster die Anzahl der Aufwachphasen in einer Nacht ansteigen. Eine direkte Verknüpfung zur CO₂-Konzentration wird hier nicht hergestellt [20].

In Bild 20 werden die gemessenen CO₂-Konzentrationen während der Belegungszeiten der Zimmer dargestellt. Da nicht bei allen Wintermessungen eine Messung der CO2-Konzentration durchgeführt wurde, unterscheidet sich die Anzahl der Objekte im Vergleich zur Kennzeichnung der durchgeführten Wintermessung in Tabelle 3. Auffallend ist, dass in allen Hotelzimmern der Grenzwert für eine mäßige Raumluftqualität deutlich überschritten wird. Lediglich Zimmer A im Objekt H6 unterschreitet diesen Wert in weniger als 10 Prozent der Belegungszeit. Bei diesem Objekt ist jedoch die Lüftungstechnik unbekannt. Die drei Objekte mit dem höchsten CO2-Niveau und damit schlechtester Luftqualität (H8-Zimmer B, Hotel e Zimmer A und B) weisen nur eine bedarfsgesteuerte Abluftanlage bzw. eine Anlage außer Betrieb auf. Die grö-Bere Lücke zu den vier ebenfalls untersuchten Zimmern lässt den Rückschluss zu, dass hier ein höherer Luftaustausch während der Nacht bzw. des Belegungszeitraumes stattgefunden hat. Die Kurven für das Untersuchungsobjekt H1 zeigen deutlich den Effekt einer Zu- und Abluftanlage. Die Zimmer erreichen nur in weniger als 2 Prozent der Fälle eine niedrige Raumluftqualität.

In Bild 21 werden für den gleichen Betrachtungszeitraum die gemessenen relativen Luftfeuchtigkeiten aufgetragen. Betrachtet man in diesem Diagramm das Objekt H1 erneut, wird ersichtlich, dass der Betrieb der Zu- und Abluftanlage zwar für eine gute Raumluftqualität sorgt (vgl. Bild 20), aber bei diesem Objekt auch dafür sorgt, dass die relative Luftfeuchtigkeit in etwa 50 Prozent der Fälle unter 30 Prozent in einen kritischen Bereich absinkt.

Hotel H 6 schneidet in der Betrachtung der CO₂-Konzentration mit dem niedrigsten Niveau ab, jedoch sinken hier die Messungen der relativen Luftfeuchtigkeit nie unter 30 Prozent ab. Da hier keine Angaben über die Lüftungstechnik vorliegen, kann die Ursache nicht weiter präzisiert werden. Auf Grundlage der Untersuchung der anderen Objekte ist jedoch von einer Befeuchtung der Zuluft bzw. Frischluft auszugehen.

Grundsätzlich besteht die Herausforderung bei Hotelzimmern darin, Lüftungssysteme mit sehr geringen Schallemissionen zu planen und zu betreiben. Nach wie vor haben viele Hotelzimmer keine Dauerlüftung, was bei bereits sanierten Fassaden und damit erhöhter Luftdichtheit zu Lasten der Luftqualität geht. Das gilt insbesondere für kompakte Zimmer. Klimageräte sind oft als reine Umluftanlagen ohne Frischluftanteil vorgesehen. Die Luftqualität profitiert dabei nicht.

Messungen Wellnessbereich

Über die Sommer- und Wintermessungen hinaus wurden exemplarisch in einem Hotel Messungen im Hallenbad und in Wellnessbehandlungsbereichen durchgeführt. Da hier keine Messungen in Hotelzimmern

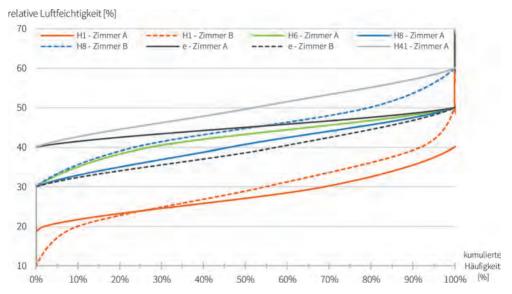


Bild 21. Kumulierte Häufigkeit Unterschreitungen relative Luftfeuchtigkeit im Nachtruhezeitraum (22 Uhr – 6 Uhr)

durchgeführt wurden, erscheint dieses Hotel nicht in der Übersicht Tabelle 3. Der Betrachtungszeitraum der Messung ist Anfang Oktober bis Mitte Dezember 2017. Es liegen keine Informationen über die Belegungszeiten der einzelnen Bereiche vor.

Anhand von Bild 22 werden die Temperaturniveaus der einzelnen Zonen aufgezeigt. Deutlich sticht hierbei das Hallenbad hervor, in dem in 90 Prozent des Betrachtungszeitraums Temperaturen von über 28 °C vorliegen. Dieses Temperaturniveau hat neben Behaglichkeitsaspekten auch die Ursache darin, dass bei winterlichen Außenbedingungen die Tauwasserfreiheit im Bereich der Fassade sichergestellt wird. Der flexible Behandlungsraum weist in 60 Prozent des Messzeitraumes eine Temperatur über 24 °C auf. Die Bereiche Pediküre und Empfang Wellnessbereich sind annähernd auf dem gleichen Niveau und liegen in 95 Prozent des Messzeitraumes über einer Temperatur von 22 °C. Es lässt sich ablesen, dass bedingt durch den geringeren Aktivitäts- und Bekleidungsgrad generell alle Bereiche mit einer erhöhten Raumtemperatur von mindestens 22 °C betrieben werden.

In Bild 23 und Bild 24 werden für den gleichen Betrachtungszeitraum die CO₂-Konzentrationen und relative Luftfeuchtigkeit für die Bereiche dargestellt. Aufgrund einer Zu- und Abluftanlage wird durchgehend eine sehr gute Luftqualität erzielt (Bild 23). Es zeigt sich jedoch in den Bereichen Pediküre und Behandlungsraum, dass in mehr als 50 Prozent und im Empfangsbereich Wellness in circa 10 Prozent der Zeit die Werte unter einer relativen Luftfeuchtigkeit von 30 Prozent liegen (Bild 24). Da die Luftqualität in diesen Bereichen wie dargestellt auf einem sehr guten Niveau liegt, könnten hier die Luftwechselraten reduziert werden, was jedoch eine entsprechende Anlagentechnik voraussetzt.

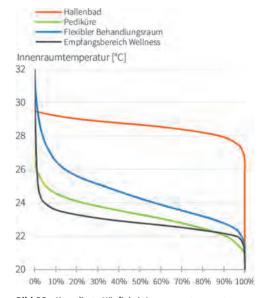


Bild 22. Kumulierte Häufigkeit Innenraumtemperatur Hallenbad- und Wellnessbereiche

5.3 Ausstattungsmerkmale von Hotelzimmern

Die Anzahl und Spezifikationen der erfassten Hotels sind Tabelle 4 zu entnehmen. Durch verschiedene Randbedingungen konnte nicht in allen Hotels eine vollständige Datenerfassung durchgeführt werden. So kann es sein, dass bestimmte Hotels in einzelnen Grafiken nicht wiederzufinden sind.

 Tabelle 4. Übersicht der Hotelgebäude aus Abschnitt 5.3.1, Zimmergrößen inklusive Badezimmer

Kürzel	Hoteltyp	Sterne	Anzahl der Zimmer	Zimmertyp	Zimmergröße	Minibar	Lüftung	Klimati- sierung	Sonnen- schutz	Karten- system
a	Tagungs-/ Urlaubshotel	3	60	DZ	15,0 m ²	nein	Bedarfslüftung Bad	ohne	Jalousie	nein
b	Tagungs-/ Urlaubshotel	3	60	DZ	27,0 m ²	nein	Bedarfslüftung Bad	ohne	Vorhang	nein
С	Stadthotel	3	34	DZ	30,0 m ²	nein	Abluft Bad konstant	ohne	Vorhang	k. A.
d	Motel	2	186	DZ	15,1 m ²	k. A.	Zu- und Abluft	ja	Vorhang	ja
e	Tagungs- hotel	4	160	DZ	17,2 m ²	nein	Zu- und Abluft	ohne	Vorhang	ja
f	Tagungs- hotel	4	230	DZ	21,8 m ²	nein	Abluft Bad konstant	ohne	Vorhang	nein
g	Stadthotel	4	181	DZ	25,0 m ²	nein	Zu- und Abluft	ja	Vorhang	ja
h	Tagungs-/ Urlaubshotel	3	36	DZ	24,0 m ²	ja	Bedarfslüftung Bad	ohne	Vorhang	k. A.
i	Urlaubs- hotel	5	374	DZ	25,0 m ²	ja	Zu- und Abluft	ja	Vorhang	ja
j	Urlaubs- hotel	3	50	DZ	16,3 m ²	nein	Bedarfslüftung Bad	ohne	Vorhang	nein
k	Stadthotel	3	40	DZ	13,6 m ²	nein	Abluft Bad konstant	ja	Vorhang	ja
1	Stadthotel	0	217	DZ	18,3 m ²	nein	Zu- und Abluft	ohne	Jalousie	nein
m	Pension	3	12	DZ	26,0 m ²	nein	Fensterlüftung	ohne	Vorhang	nein
n	Stadthotel	4	102	DZ	12,4 m ²	nein	Bedarfslüftung Bad	ohne	Vorhang	nein
0	Ressort	4	174	DZ	18,8 m ²	ja	Zu- und Abluft	ja	Vorhang	ja
p	Hostel	0	30	DZ	16,4 m ²	nein	Bedarfslüftung Bad	k. A.	k. A.	nein
q	Herberge	0	17	DZ	16,3 m ²	nein	Bedarfslüftung Bad	ohne	k. A.	nein
r	Tagungs-/ Urlaubshotel	0	128	DZ	19,5 m ²	nein	Zu- und Abluft	k. A.	Vorhang	ja
S	Tagungs-/ Urlaubshotel	0	20	DZ	29,0 m ²	nein	Bedarfslüftung Bad	ohne	ohne	nein
t	Tagungs- hotel	4	230	EZ	18,6 m ²	nein	Abluft Bad Konstant	ja	Vorhang	nein
u	Tagungs- hotel	4	185	EZ	19,0 m ²	ja	Bedarfslüftung Bad	ohne	Vorhang	ja
V	Stadthotel	4	72	EZ	20,0 m ²	ja	Bedarfslüftung Bad	ohne	Jalousie	nein

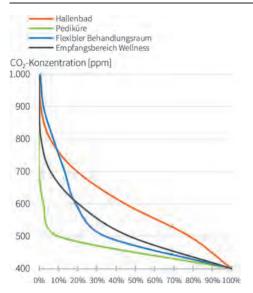


Bild 23. Kumulierte Häufigkeit CO₂-Konzentration Schwimmbad- und Wellnessbereiche

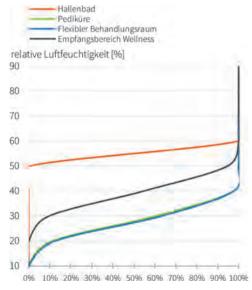


Bild 24. Kumulierte Häufigkeit relative Luftfeuchtigkeit Schwimmbad- und Wellnessbereiche

5.3.1 Zimmergrößen

Die Darstellung in Bild 25 zeigt, wie groß die Unterschiede zwischen den einzelnen Hotels sind. Es ist deutlich abzulesen, dass den verschiedenen Sternekategorien und Zimmertypen (Einzelzimmer/Doppelzimmer) nicht pauschal Zimmergrößen zugewiesen werden können. Zieht man an diesem Punkt den Kriterienkatalog für die deutsche Hotelklassifizierung hinzu, wird deutlich, dass es keine Mindestanforderungen an die Zimmergrößen gibt [21]. Mit einer durchschnittlichen

Zimmergröße von 21,7 m² weisen die Doppelzimmer in 3-Sterne-Hotels die größten Zimmer bei dieser Untersuchung auf.

5.3.2 Installierte elektrische Leistung

In Bild 26 werden die installierten Leistungen für die Beleuchtung dargestellt. Die in der Grafik dargestellten Vergleichskennwerte wurden auf Grundlage der Nutzungsprofile der DIN V 18599:2016-10 Teil 4 und DIN V 18599:2016-10 Teil 10 ermittelt. [22, 23] Es wird hierbei ein Einsatz von LED-Leuchten angenommen. So ergeben sich elektrische Bewertungsleistungen für eine direkte Beleuchtung von 3,4 W/m², für eine direkt/indirekte Beleuchtung von 4.6 W/m² und für eine indirekte Beleuchtung von 6,7 W/m². Die Bezugsfläche der dargestellten Werte bildet das komplette Hotelzimmer. Der Bezug zu den normativen Vergleichswerten zeigt ein inhomogenes Bild. Acht der dreizehn dargestellten Hotels liegen im normativen Korridor; fünf jedoch deutlich darüber. Hier wurden meist die Leuchtmittel noch nicht getauscht.

5.3.3 Wasserdurchfluss Armaturen

Die Durchflussmengen von Wasserhähnen und Duschen bestimmen nicht nur die Menge des verbrauchten Wassers, sondern auch den Energieverbrauch. Wie der Deutsche Hotel- und Gaststättenverband (DEHOGA) in "Energiesparblätter" der "Energiekampagne Gastgewerbe" beschreibt, kann die Durchflussmenge von Wasserhähnen durch den Einsatz von Perlatoren und Durchflussbegrenzern (basierend auf einem üblichen Durchfluss von 20 Litern pro Minute) auf 25 Prozent reduziert werden. Bezogen auf Duschen kann die Durchflussmenge mit gleichen Mitteln um 50 Prozent auf neun bis zehn Liter pro Minute reduziert werden [24].

In Bild 27 und Bild 28 werden die Messwerte für die untersuchten Duschen und Waschtische dargestellt. Es zeigt sich, dass die Durchflussmengenbegrenzung bis auf vereinzelte Objekte bereits durchgeführt worden ist. Bei einem Großteil der gemessenen Objekte bewegen sich die Durchflussmengen der Waschtische und der Duschen im Bereich von zehn Litern pro Minute. Auffällig im Bereich der Duschen (Bild 27) sind die Objekte "Hotel k" und "Hotel r". Hier wurden Durchflussmengen gemessen, die nicht mehr im Komfortbereich liegen.

5.3.4 Luftvolumenströme

Die erfassten Luftvolumenströme wurden sowohl in Hotels mit reiner Abluftanlage als auch in Hotels mit Zu- und Abluftanlage gemessen (Bild 29). Darüber hinaus liegen Situationen vor, bei denen eine Bedarfsregelung vorhanden ist und Situationen mit einem konstanten Lüftungsbetrieb. Da normativ für die Mindestaußenluftvolumenströme die unterschiedlichen Regelungen nicht berücksichtigt werden, wird

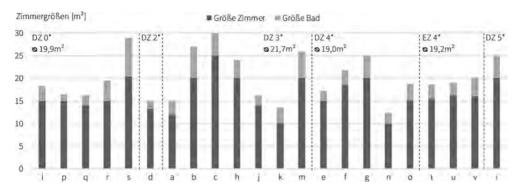
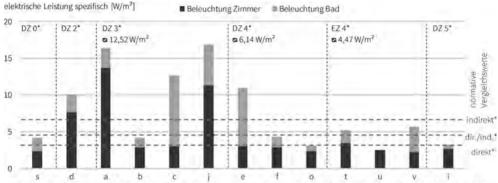


Bild 25. Zimmergrößen inklusive Badezimmer unterteilt nach Zimmertyp und Sternekategorie



^{*} Die normativen Vergleichswerte für die elektrische Bewertungsleistung wurden unter der Annahme des Einsatzes von LED-Leuchten für die Zone "Hotelzimmer" nach DIN V 18599:2016-10 Teil 4 bzw Teil 10 ermittelt.

Bild 26. Installierte elektrische Leistung Beleuchtung für Hotelzimmer und Badezimmer mit Vergleichswerten

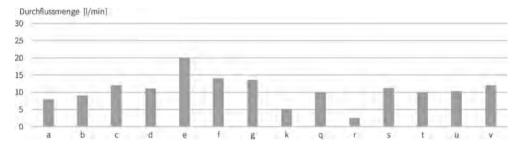


Bild 27. Durchflussmengen Duschen

dieses hier übernommen. Im normativen Bereich nach DIN V 18599:2016-10 Teil 10 ist für die Zone "Hotelzimmer" ein Mindestaußenluftvolumenstrom von 3 m³/(h m²) festgesetzt [23]. Übertragen auf eine Zimmergröße von 17 m² (Doppelzimmer, reine Zimmergröße ohne Badezimmer) bedeutet dieses rund 51 m³/h pro Zimmer bzw. 25 m³/h pro Person. Um die erfassten Luftvolumenströme mit den normativen Angaben vergleichen zu können, werden die Messwerte auf die Zimmergröße bezogen. Die Bezugsfläche umfasst also die Summe der Flächen aller Nutzungsbereiche im Hotelzimmer.

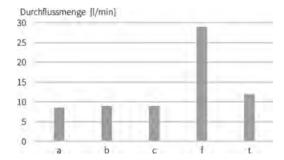


Bild 28. Durchflussmengen Wasserarmaturen Waschtische

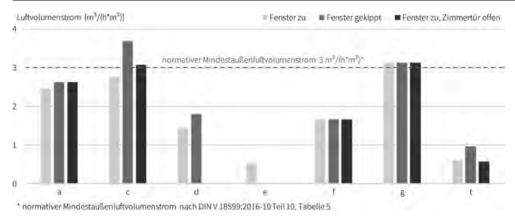


Bild 29. Luftvolumenströme der Lüftungsanlagen; Flächenbezug Zimmerfläche inklusive Badezimmer

Im Vergleich zu der normativen Vorgabe wird deutlich, dass bis auf "Hotel c" und "Hotel g" die lufthygienisch angemessenen Volumenströme nicht erreicht werden. Das korreliert, wie bereits dargestellt, mit der zeitweise schlechten Luftqualität (siehe Bild 20). Dieses spiegelt auch Erfahrungen aus der Praxis wider, da in der Realität die Volumenströme beispielsweise aufgrund der Schallemissionen der Lüftungstechnik oder aber im Winter zur Vermeidung einer zu niedrigen relativen Luftfeuchtigkeit (vgl. Bild 21) reduziert werden.

5.4 Schlussfolgerungen

Abschnitt 5 zeigt einen Querschnitt aus exemplarisch untersuchten Hotelzimmern. Die betrachtete Menge ist nicht als repräsentativ, sondern als Bestandsaufnahme anzusehen. Darüber hinaus ist bezüglich der Betrachtung der Innenraumtemperaturen zu betonen, dass nicht genau bestimmt werden konnte, wann Anwesenheitszeiten von Gästen vorliegen und somit die Messwerte für den thermischen Komfort von Bedeutung sind.

Die Untersuchung der Zimmergrößen zeigt, wie groß die Bandbreite in diesem Bereich ist. Eine direkte Verknüpfung zwischen Sternekategorie und Zimmergröße ist anhand dieser Analyse nicht erkennbar.

Die Darstellung der installierten Leistung für die Beleuchtung hat im normativen Vergleich gezeigt, dass hier ein inhomogenes Bild in den untersuchten Objekten vorliegt.

Durch die Analyse der Durchflussmengen der Duschen und Waschtische wird klar, dass in einem Großteil der untersuchten Objekte eine Begrenzung stattgefunden hat. Zwei der Objekte weisen einen so niedrigen Durchfluss in den Duschen auf, dass der Komfort fraglich ist. Als letzter Bereich der Auswertung aus den Erfassungsbögen werden die Luftvolumenströme aus den Zimmern dargestellt. Hier gibt es die Erkenntnis, dass lediglich zwei der sieben untersuchten Hotels die normativen Werte aus den Nutzungsprofilen aus der DIN V 18599:2016-10 Teil 10 erfüllen.

Volumenströme werden oft reduziert, um eine Lärmbelästigung zu verhindern. Die zeitweise nicht überzeugenden Luftqualitäten zeigen auf, dass dieser Weg nicht überzeugt.

Als Resümee aus den Sommermessungen lässt sich ablesen, dass in allen Sommerklimaregionen Fälle vorliegen, in denen in mehr als 10 Prozent des Betrachtungszeitraumes überhöhte Temperaturen vorliegen. Die Anpassung von Hotels an gestiegene Erwartungen der Gäste und zukünftig signifikantere Hitzeereignisse aufgrund des Klimawandels sind bedeutende Themen.

6 Geometrieanalysen für die Entwicklung von Teilenergiekennwerten für Hotels

Typologiebezogene Energiekennwerte als Zielsetzung für Gebäude, z. B. für die Typologie Hotel, haben den Vorteil, dass Planungsziele oder Förderkriterien vergleichsweise einfach kommunizierbar sind. Ein Beispiel: Bei Nichtwohngebäuden waren 70 kWh Endenergie bzw. 100 kWh Primärenergie pro m² beheizte Nettogrundfläche lange Zeit ein Förderkriterium für das Programm "Solar optimiertes Bauen" des Bundeswirtschaftsministeriums [25]. Diese Zahlen sind bis heute bei vielen Baubeteiligten ebenso etabliert wie die Kennwerte für die Passivhausbauweise im Wohnungsbau mit 15 kWh/m²a Jahresheizwärmebedarf und 120 kWh/m²a Primärenergiebedarf [26]. Anders als bei Referenzgebäudeverfahren gemäß EnEV sind diese Werte ausdrücklich nicht abhängig vom jeweiligen Entwurf, sondern fix.

Problematisch bei einem festen Kennwert für die Gebäudetypologie Hotel sind – wie bereits bei den Verbrauchsmessungen aufgezeigt – die großen Unterschiede in der Zusammensetzung unterschiedlicher Nutzungs- und Funktionsbereiche. Die ermittelten Zielwerte müssen folglich angemessen differenziert werden.

Um dieser Heterogenität gerecht zu werden und trotzdem klare energetische Ziele zu definieren wurde ein Verfahren entwickelt, das auf Nutzenergie-Referenzwerten für die normativen Nutzungsarten der DIN V 18599:2016-10 Teil 10 aufbaut [27]. Ein Katalog von nutzungsspezifischen Referenzwerten wird damit im Sinne eines "Baukastens" zur Ermittlung objektscharfer Zielwerte für ein konkretes Hotel mit seiner jeweiligen Zonenaufteilung herangezogen. Der Baukasten enthält feste Energiekennwerte als Referenzwerte für einzelne Nutzungsarten bezogen auf deren Fläche.

Die 41 unterschiedlichen Nutzungstypen der DIN V 18599:2016-10 Teil 10 weisen in der baulichen Praxis große Unterschiede in ihren Geometrien, also den dazugehörigen Außenwand-, Dach- Boden- und Fensterflächenanteilen pro Grundfläche auf. Verkehrsflächen haben relativ zu ihrer Grundfläche in der Regel kleinere Fensterflächenanteile als Hotelzimmer (fassadennahe Anordnung), EDV- oder Sanitärräume liegen oft vollständig im Gebäudekern. Eine diesbezügliche Analyse von Hotels liefert eine erste Basis für Erkenntnisse über die übliche Flächenzusammensetzung der Nutzungszonen in der Praxis. Weitere Studien ergänzen diese Ergebnisse [28].

Im Rahmen der Zonengeometrieuntersuchung wurden insgesamt 21 Gebäude betrachtet. Sie umfassen unterschiedlichste Arten von Beherbergungskonzepten, Standorten und Größen. So gibt es privat- und kettengeführte Hotelgebäude unterschiedlicher Größe und Klassifizierung, sowohl innerstädtisch wie auch ländlich gelegen. Hinzu kommen einige Jugendherbergen. Fünf der untersuchten Hotels sind aus dem Bestand einer einzelnen Hotelkette. Dreizehn Gebäude stammen aus dem Modellprojekt "Check-in Energieeffizienz" [5].

Als Basis für die Zonierungen standen Planunterlagen zur Verfügung. Aus diesen wurden die für die Untersuchung benötigten Daten mithilfe von 2D-und 3D-CAD Zeichnungen (Bild 30) erstellt.

6.1 Zonenverteilung und -häufigkeit

Ein Hotel besitzt typologiebedingt immer Hotelzimmer (Bild 31), Sanitäreinheiten und Verkehrsflächen. Neben Technikbereichen sind überwiegend Restaurants und Küchen, sowie kleine Bürobereiche vertreten. Je nach Zielgruppen kommen Konferenz- und Seminarräume, aber auch Wellness-, Sport- und Behandlungsbereiche hinzu. Große Foyerräume sowie Tiefgaragen sind in einer kleinen Zahl der Gebäude vorzufinden. An einige Hotels sind private Wohnräume angeschlossen.

Da viele der vorhandenen Zonen nur einen geringen Anteil an der Gesamtfläche haben, werden Hotelgebäude von einer kleinen Zahl an Zonen geprägt. Es zeigt sich, dass bereits 90 Prozent der Nettogrundfläche aus weniger als der Hälfte der Zonen besteht (Bild 32). Um einen Unterschied zwischen den verschiedenen Hotelgebäuden aufzeigen zu können, wurden die Ge-

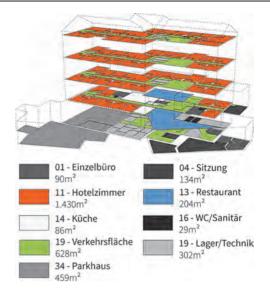


Bild 30. Beispielhafte Explosionszeichnung der Gebäudezonierung von einem der untersuchten Hotelgebäude

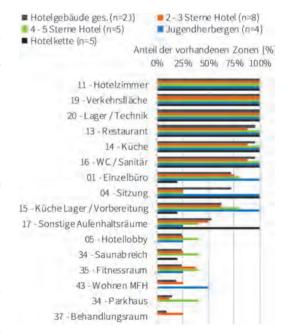


Bild 31. Prozentualer Anteil der Hotels und Herbergen, bei denen die entsprechende Nutzung vorhanden ist

bäude in Kategorien aufgeteilt. Dabei zeigte sich, dass eine Kategorisierung nach Inhabern und der Nettogrundfläche nur in Teilen zielführend war, da es weiterhin große Streuungen in den Zonengrößen gab. Einzig die Jugendhergeben und Hotelgebäude einer einzelnen Hotelkette erzeugten ein homogenes Bild in ihrer jeweiligen Kategorie. Die übrigen Gebäude wurden nach ihrer zugehörigen Sternekategorie unterteilt und

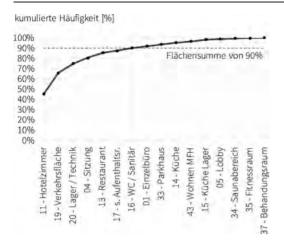


Bild 32. Gewichtete durchschnittliche Fläche der jeweiligen Nutzung nach DIN V 18599 in Prozent aller Gebäude (n = 21)

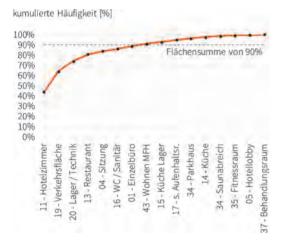


Bild 33. Gewichtete durchschnittliche Fläche der jeweiligen Nutzung nach DIN V 18599 in Prozent der Hotelkategorie 2–3 Sterne (n = 8)

untersucht. Der Gedanke dahinter ist, dass gerade Hotels mit einem höheren Standard darauf ausgelegt sind, in den Zimmern zu verweilen und so deren Flächenfokussierung auf der Zimmergröße liegt. Eine niedrige Sterneeinteilung lässt dagegen auf eine vornehmlich auf Beherbergung ausgerichteten Hotelbetrieb schließen. Daher ist in den niedrigeren Sternekategorien mit einer höheren Flächeneffizienz zu rechnen.

Das Ergebnis zeigt jedoch, dass alle Hotelgebäude zu etwa 80 Prozent gleich aufgebaut sind (Bild 33, Bild 34). Vertiefende Studien in diesem Bereich haben gezeigt, dass Jugendherbergen so aufgebaut sind, dass sie auf einer relativ kleinen Grundfläche durch Mehrbettzimmer ohne direkt zugewiesenen Sanitärbereich vergleichsweise viele Schlafplätze bereitstellen und viele Seminarräume für Gruppenreisende besitzen. Daher werden sie

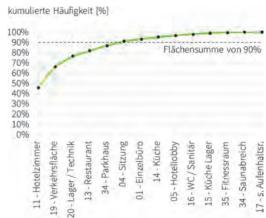


Bild 34. Gewichtete durchschnittliche Fläche der jeweiligen Nutzung nach DIN V 18599 in Prozent der Hotelkategorie 4–5 Sterne (n = 5)

neben Hotelzimmern, Verkehrsfläche und Lagerräume noch durch Seminar und Sanitärräume geprägt. Wird eine Hotelkette von einem einzelnen Inhaber geplant und geführt, so ist der Aufbau der Hotelgebäude gleich und streut nur gering.

6.2 Zonenenergiebedarfsverteilung

Die Betrachtung der Zonengrundflächen ergab, dass 90 Prozent der Nettogrundfläche von weniger als der Hälfte der Zonen abgebildet wird. Unter die übrigen 10 Prozent der Flächen fallen jedoch Zonen wie Küche, Restaurant und Sauna, sowie Sanitärräume. Diese Bereiche werden in den meisten Fällen mit Lüftungsanlagen mit hohen Luftwechseln betrieben. Darüber hinaus haben Sanitär- und Wellnessbereiche ein höheres Temperaturniveau. Aus diesem Grund liegt es nahe, einen Blick auf deren Anteil am Gesamtenergiebedarf zu werfen und diese den Zonenflächenanteilen gegenüberzustellen.

Für die Ermittlung des Nutzenergiebedarfs wurde wieder das Werkzeug EnerCalC verwendet. Mit diesem lässt sich eine vereinfachte Bedarfsberechnung auf Basis der DIN V 18599 erstellen [13]. Diese konnte aufgrund der Datenlage nur für 13 der 21 Datensätze erstellt werden. Für die Auswertung wurden nur die normativ ermittelten Nutzenergiebedarfe verwendet.

Die kumulierte Aufstellung der Zonen nach Nutzenergiebedarf (Bild 35) veranschaulicht eine andere Aufstellung der Zonen. Wie erwartet, stehen Küche und Restaurant deutlicher im Fokus. Den größten Anteil am Energiebedarf haben weiterhin Hotelzimmer und Verkehrsflächen, gefolgt von Küchen. Darüber hinaus benötigen die Bereiche Sitzung, Restaurant, Lager/Technik sowie die Sanitärräume jeweils etwa gleich viel Energie. Durch die stetig steigende Summe dieser Zonen werden etwa 95 Prozent des Energiebedarfs abgedeckt.

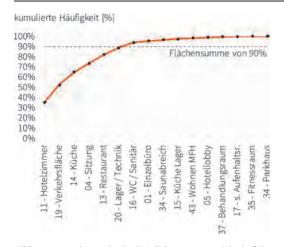


Bild 35. Gewichteter durchschnittlicher Nutzenergiebedarf der jeweiligen Nutzung nach DIN V 18599 in Prozent aller Gebäude (n = 13)

6.3 Hüllflächenverteilung

Die Hüllflächenwerte auf Zonenebene beschreiben den Anteil von an die Außenluft grenzenden Zonenumschließungsflächen an der Zonengrundfläche. Diese Zonenkennwerte werden über alle Untersuchungsobjekte gebildet und mit den zuvor festgelegten Unterkategorien verglichen.

Die einzelnen Hüllflächen der Zone "11 – Hotelzimmer" (Bild 36a) sind über alle Kategorien sehr homogen verteilt. Jedoch sind die Fassadenflächen pro Grundfläche der 4–5-Sterne-Hotels sowie der Jugendherbergen höher als der Durchschnitt. In diesen beiden Kategorien sind die Hotelzimmer stärker auf eine höhere Aufenthaltsdauer im Zimmer ausgelegt, wodurch diese stärker zur Fassade orientiert sind (= weniger tief).

Einzig die Bodenfläche gegen Erdreich/unbeheizt der Hotelzimmer in der Kategorie 4-5 Sterne weicht deutlich von denen der anderen Gebäudekategorien ab. Dies lässt darauf schließen, dass hochpreisige Hotels keine erdgeschossigen Hotelzimmer aufweisen. Die Hüllflächen der Zone "19 – Verkehrsfläche" (Bild 36b) zeigen eine geringe Streuung um das Gesamtbild aller Hotelgebäude. Jedoch ist auffällig, dass die Hotels der Kategorie 4-5 Sterne je Bauteil eine geringere Hüllfläche als der Durchschnitt aufweisen und die Jugendherbergen im Gegensatz dazu größere Hüllflächen. Zurückzuführen ist dies auf die höhere Verweildauer in den Hotelzimmern der höheren Hotelkategorien. Hier werden die Verkehrsflächen vornehmlich für die Erschließung genutzt, wohingegen gerade bei Jugendherbergen die Flure als zusätzlicher Aufenthaltsraum genutzt werden und damit einen stärkeren Außenraumbezug aufweisen.

Bei der Hüllflächenverteilung der Zone "20 – Lager/ Technik (Bild 36c) zeichnet sich über alle Gebäudekategorien ein gleichmäßiges Bild ab. Es zeigt sich, dass sowohl Fenster- als auch Fassadenflächen pro Grundfläche deutlich geringer sind als die der Hotelzimmer und Verkehrsflächen. Dafür fallen Boden und Wand gegen Erdreich/unbeheizt deutlich größer aus. Es lässt sich ableiten, dass Lager- und Technikräume vornehmlich in Untergeschossen angesiedelt sind.

Die Zone "04 – Sitzung" (Bild 36d) zeigt, dass sich die Hüllflächen bis auf die der 2–3-Sterne-Hotels über alle Kategorien gleich verteilen. Daraus lässt sich schließen, dass in den unteren Hotelkategorien seltener Konferenzräume angeschlossen sind. Die Hüllflächenverteilung zeigt, dass Konferenzräume große Fassadenund Fensterflächen aufweisen. Somit haben sie einen großen Bezug zur äußeren Umgebung, gerade weil sie in Hotelgebäuden auch als Festräume dienen. Da auch die Bodenfläche groß ist, sind diese Zonen oft erdgeschossig angesiedelt. Dem steht eine ähnlich große Dachfläche gegenüber. Daraus lässt sich ableiten, dass Sitzungsräume in einigen Hotelgebäuden nachträglich in Neben- und Anbauten realisiert werden.

Die Hüllflächen der Zone "13 – Restaurant" (Bild 36e) zeigen über alle Hotelkategorien eine ähnliche Verteilung wie die Hüllflächen der Konferenzräume. Sie weisen einen großen Fassaden- und Fensterflächenanteil, der auf den erhöhten Außenraumbezug hindeutet, und ebenso große Boden- und Dachflächenanteile auf. Dies lässt auf eine erdgeschossige Anordnung schließen.

Die Hüllflächen der Zone "16 – WC/Sanitär" (Bild 36f) veranschaulicht über alle Hotelkategorien und Bauteile ein gleichmäßiges Bild. Dabei sind die Fassadenflächen so hoch wie die der Hotelzimmer (Bild 36a). Das liegt im Bereich der Sanitärräume daran, dass diese oft eine kleine Grundfläche und bei einer Position an der Fassade im Verhältnis dazu eine große Fassadenfläche haben. Eine außenwandseitige Position im Kellergeschoss ist an der Größe der Bodenfläche und Wand gegen unbeheizt/Erdreich zu erkennen.

Die Bildung von Zonenkennwerten hinsichtlich der Zonengeometriedaten ist sinnvoll, da man erkennt, dass es über die wichtigsten Gebäudezonen der Hotelgebäude eine gleichmäßige Verteilung gibt. Man kann ebenso erkennen, wo die Zonen im Gebäude typischerweise verortet sind. Die Grundlage für die Hüllflächenuntersuchung war das arithmetische Mittel, denn: Hat ein Hotelgebäude eine bestimmte Zone, so werden die Geometriedaten der Zone für das Gebäude übernommen und wenn die Zone nicht vorhanden ist, dann wird diese auch nicht mit angerechnet.

Die hier ermittelten Zonengeometriedaten stehen für die Gebäudekategorie der Hotelgebäude. Zonen wie Verkehrsflächen, Lager- und Technikräume, Einzelbüros etc. kommen auch in anderen Gebäudekategorien vor und weisen dort andere Hüllflächengeometrien auf. So werden beispielsweise in einem Büro und Geschäftshaus die Büroräume im Fokus stehen und damit eine andere Geometrie besitzen als in einem Hotelgebäude in dem sie als eine kleine Anzahl von Verwaltungsräumen vorkommen.

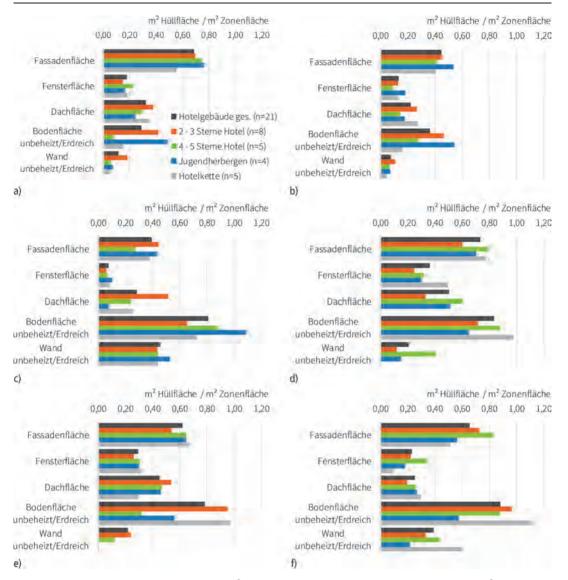


Bild 36. a) Hüllfläche der Zone 11 – Hotelzimmer je m² Zonenfläche, b) Hüllfläche der Zone 19 – Verkehrsfläche je m² Zonenfläche, c) Hüllfläche der Zone 20 – Lager/Technik je m² Zonenfläche, d) Hüllfläche der Zone 04 – Sitzung je m² Zonenfläche, e) Hüllfläche der Zone 13 – Restaurant je m² Zonenfläche, f) Hüllfläche der Zone 16 – WC/Sanitär je m² Zonenfläche

6.4 Referenzgeometrien für Hotels und Herbergen

Im Rahmen einer Forschungsarbeit des Zentrums für Umweltbewusstes Bauen e. V. (ZUB) [29] wurden 2010 Modellgebäude für verschiedene Gebäudetypologien entwickelt. Daraus entstanden synthetische Gebäude im Wohn- und Nichtwohnbereich als Referenzgeometrien. Bei den Nichtwohngebäuden wurden für die Gebäudekategorie Hotel drei Referenzgebäude gebildet, um damit unterschiedliche Hotelkategorien (mittlerer, gehobener und luxuriöser Standard) abzubilden. Aufgrund der Datenlage konnte der luxuriöse Stan-

dard nicht abgebildet werden. Grundsätzlich entstammen die vereinfachten Modellgebäude nicht einer Voruntersuchung mit einer statistisch relevanten Anzahl Hotels.

Für die beiden Hotelkategorien wurde je ein einzelnes Hotelgebäude entwickelt. Die unter 6.1 und 6.2 vorgestellten Untersuchungen im vorliegenden Beitrag haben gezeigt, dass reale Hotelgebäude zu heterogen aufgebaut sind und nicht durch ein einzelnes Gebäude zielführend beschrieben werden können. Ein individuelles Zusammensetzen aus einem Zonenbausatz erscheint erforderlich.



Bild 37. Prozentualer Anteil der Hotels und Herbergen, bei denen die entsprechende Nutzung vorhanden ist im Vergleich zu den Hotelgebäuden der ZUB-Studie

Die Beispielgebäude haben im Vergleich zu den bereits vorgestellten Hotels der jeweiligen Hotelkategorie deutlich weniger Zonen (Bild 37). In der Realität sind gerade die mittleren bis einfachen Hotelgebäude kleine familiengeführte Hotels, die vornehmlich auf Gastronomie ausgelegt sind und einige Hotelzimmer angeschlossen haben. Diese Realität bildet das Modellgebäude mittleren Hotelstandards nicht ab. Analog dazu verhält es sich mit den Hotels gehobenen Standards. Je nach Größe und Lage des Hotels haben die Gebäude Tiefgaragen oder Fitness- und Wellnessbereiche. Diese werden vom Hotelgebäude gehobenen Standards gar nicht abgebildet.

Dieses Problem entsteht damit auch bei der Erstellung von verbrauchsbasierten Energieausweisen für Hotels. Hier werden die Verbräuche mit den Referenzwerten aus der BMVBS-Bekanntmachung zur EnEV verglichen [30], die je Hotelkategorie nur einen festen Wert vorgeben.

In einem Forschungsprojekt der Bergischen Universität Wuppertal (BUW) in Zusammenarbeit mit dem Institut Wohnen und Umwelt (IWU) soll das Berechnungsverfahren des Energiebedarfsausweises überarbeitet werden und in Zukunft auf das vom IWU entwickelten Teilenergiewerteverfahren (TEK) [31, 32] aufbauen. Dabei kann bei Bestandsgebäuden für die energetische Berechnung über die Zonengrößen mit Zuhilfenahme der flächenspezifischen Zonengeometrien vereinfacht die Hüllfläche bestimmt werden, ohne diese aufwendig vor Ort aufnehmen zu müssen.

6.5 Schlussfolgerungen

Der Vergleich zwischen Zonengröße und Energiebedarf je Zone veranschaulicht, dass beide nicht in direkter Abhängigkeit zueinanderstehen. Es zeigt sich durch die Untersuchung der Zonengeometrien, dass diese auf Zonenebene unter verschiedenen Hotelkategorien ein gleichmäßiges Bild erzeugen. Daher erscheint es wenig zielführend, feste Referenzwerte der Gebäudekategorien auf Hotelkategorien herunterzubrechen, sondern hier Referenzwerte auf Zonenebene zu deutlich genaueren Ergebnissen führen.

7 Fazit

Die Dokumentation der Energieverbräuche von Hotels und Herbergen im Rahmen der vorgelegten Arbeit verdeutlicht, wie groß die Unterschiede in der Performance ausfallen. Die energetische Bewertung sollte daher objektscharf erfolgen. Tabellierte Kennwerte als Aufbereitung und Mittelung von Objekten mit bekannten Werten sind dafür nicht zielführend. Statistisch im Sinne einer Zufallsstichprobe belastbare Werte gibt es darüber hinaus nicht. Bei den objektscharfen Vergleichswerten liefern Bedarfsberechnungen auf Basis der Methodik von Beiblatt 1 der DIN V 18599 für den Wärmebedarf weitestgehend belastbare Werte. Methodisch bedingt gelingt das für den Stromverbrauch nicht. Verbrauchszähler bilden den Bilanzraum der normativen Berechnung nicht ab, da nutzungsspezifische Verbräuche inkludiert sind.

Anhand der beispielhaften Analyse von zeitaufgelösten Zählerdaten wird deutlich, dass die Betrachtung darauf basierender Kennfelder weitere Einblicke in das Verbrauchsprofil und die Betriebsführung eines Hotels liefern. Auch ohne zusätzliche Zähler kann diese Art der Analyse einen Mehrwert generieren. Hier sind im Verlauf des Projektes weitere Arbeiten in Verbindung mit dynamischen Simulationen vorgesehen.

Die Darstellungen der Untersuchungen auf der Ebene von Hotelzimmern haben einen Einblick in die raumklimatische Performance gegeben. Dabei zeigten sich insbesondere hohe winterliche CO₂-Konzentrationen in den Zimmern. Diese korrelieren stark mit der Problematik der Schallemissionen von lüftungstechnischen Anlagen. Hier liegen bei Hotels besonders hohe Ansprüche vor. Im Kontext des Klimawandels rücken die sommerlichen Temperaturen in den Fokus.

Die vorgestellten strukturellen und geometrischen Analysen von Hotelgebäuden tragen dazu bei, die Zonen- und Energiebedarfsstruktur von Hotels besser zu verstehen. Die geometrischen Analysen auf Basis einzelner Zonen liefern die Grundlage dafür, zukünftig über die Methode von Teilenergiekennwerten auf Zonenebene belastbare energetische Vergleichswerte zu generieren. Ein solches Verfahren könnte wesentliche Impulse für die Energieberatung im Hotelgewerbe auslösen und den Nutzwert von verbrauchsbasierten Energieausweisen deutlich erhöhen.

Die dargestellten Ergebnisse stammen aus einem laufenden Fördervorhaben. Abschließende Ergebnisse werden daher im Schlussbericht dokumentiert bzw. in weiteren Veröffentlichungen publiziert.

8 Danksagung

Die vorgelegten Untersuchungen erfolgten im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) auf Beschluss des deutschen Bundestages innerhalb der Förderinitiative "EnergieWendeBauen" geförderten Projektes "Hotelmonitoring" (Förderkennzeichen 03 ET 1369 A).

Wir danken den zahlreichen Hoteliers und den Vertretern der Hotelketten für das Zurverfügungstellen der Daten als Grundlage dieser Arbeit.

9 Literatur

- [1] DEHOGA Bundesverband (Hrsg.) *DEHOGA Zahlenspiegel I/2018*, Berlin, 05.2018.
- [2] Voss, K., Bernard, S. (2015) Statistische Erhebung Energieverbrauch und Energieeffizienz in der Hotellerie, hotel + energie Eine Sonderveröffentlichung der Fachzeitschrift Hotelbau, Forum Zeitschriften und Spezialmedien GmbH, Merching.
- [3] U.S. Department of Energy (Hrsg.) (2011) *Buildings Energy Data Book*. Online verfügbar unter http://buildingsdatabook.eren.doe.gov/ChapterIntro3.aspx, [Zugriff zuletzt geprüft Nov. 2011].
- [4] Deutscher Hotel- und Gaststättenverband e. V. (2016) Nachhaltiges Wirtschaften in Hotellerie und Gastronomie, Berlin, [online] https://www.dehoga-bundesverband.de/fileadmin/Startseite/05_Themen/Energie/DEHOGA_Umweltbroschu__re_Oktober_2016.pdf [Zugriff am 13.06.2018].
- [5] Deutsche Energieagentur (2018) Projektseite Modellvorhaben "Check-in Energieeffizienz", Berlin, [online] https://www.dena.de/themen-projekte/projekte/gebaeude/modellvorhaben-check-in-energieeffizienz/ [Zugriff am 13.06.2018].
- [6] Verein Deutscher Ingenieure (2007) VDI 3807, Blatt 1–4, *Verbrauchskennwerte für Gebäude*, Beuth Verlag, Düsseldorf.
- [7] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2009) Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand, Berlin.
- [8] DEHOGA Bundesverband (Hrsg.) (2011) Energiesparen leicht gemacht. Die wichtigsten Maßnahmen und Tipps für Hotellerie und Gastronomie, Berlin.
- [9] Bohdanowicz, P., Martinac, I. (2006) Determination and benchmarking of resource consumption in hotels.

- Case study of Hilton and Scandic in Europe, Stockholm, Honolulu, *Energy and Buildings* (39/2007), S. 82.
- [10] Hamele, H., Eckardt, S. (2006) *Umweltleistungen Europäischer Tourismusbetrieb*, EcoTrans, Saarbrücken.
- [11] Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (2015) Leitfaden Energiemanagement in der Hotellerie und Gastronomie, Fachverband Hotellerie, Fachverband Gastronomie, 3. Auflage, Wien.
- [12] Großklos, M. (2014) Kumulierter Energieaufwand und CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und -versorgungen, Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt.
- [13] Lichtmeß, M. (2017) *EnerCalC*, Excel-Werkzeug für Vereinfachte Energiebilanzen in Anlehnung an DIN V 18599:2011-12, Version 5.27.149, Luxemburg.
- [14] Abschlussbericht (2017) Monitoring eines Niedrigst-Energie-Hotels in der Sanierung, Hochschule für angewandte Wissenschaften Hochschule Rosenheim.
- [15] DIN 4108-2:2013-02 (2013) Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, Beuth, Berlin.
- [16] von Pettenkofer, M. (1858) Besprechung Allgemeiner auf die Ventilation bezüglicher Fragen. Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. J.G. Cottaische Buchhandlung, München.
- [17] DIN EN 13779:2007-09 (2007) Lüftung von Nichtwohngebäuden Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlagen und Raumkühlsysteme (zurückgezogen), Beuth, Berlin.
- [18] Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 2008 51:1358–1369 (2008), Bekanntmachung des Umweltbundesamtes "Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft" [online], Springer Medizin Verlag, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/kohlendioxid_2008.pdf [Zugriff am 22.06.2018].
- [19] Laverge, J., Janssens, A. (2009) *Bedroom indoor air comfort: a critical analysis*. Proceedings of Healthy Buildings Conference, Syracuse, New York, United States of America, paper no. 207.
- [20] Laverge, J., Janssens, A. (2011) Analysis of the influence of ventilation rate on sleep pattern, Proceedings of Indoor Air Conference, Austin, Texas, United States of America, June 5–10th, paper A51.
- [21] Deutscher Hotel- und Gaststättenverband e. V., hotelstars.eu (2015); Deutsche Hotelklassifizierung Kriterienkatalog 2015–2020 [online] https://www.hotelstars.eu/fileadmin/Dateien/GERMANY/Downloads/Files/Deutsche-Hotelklassifizierung_2015-2020.pdf [Zugriff am 15.06.2018].
- [22] DIN V 18599-4:2016-10 (2016) *Nutz- und Endenergie-bedarf für Beleuchtung*, Beuth, Berlin.