

Anton Maas, Kirsten Höttges, Swen Klauß, Horst Stiegel

Auswirkung des Einsatzes der DIN V 18599 auf die energetische Bewertung von Wohngebäuden – Reflexion der Berechnungsansätze

F 2817

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

2012

ISBN 978-3-8167-8773-0

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/bauforschung



Abschlussbericht

Auswirkung des Einsatzes der DIN V 18599 auf die energetische Bewertung von Wohngebäuden - Reflexion der Berechnungsansätze

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

(Aktenzeichen: SF - 10.08.18.7- 09.43 / II 3 - F20-09-1-143)

Die Verantwortung für den Inhalt liegt beim Autor.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Anton Maas
Dipl.-Ing. Kirsten Höttges
Dipl.-Ing. Swen Klauß
Dipl.-Ing. Horst Stiegel

Kassel, Dezember 2011

Projektleitung

Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Anton Maas

Bearbeitung
(ZUB)

Dipl.-Ing.
Swen Klauß

Bearbeitung
(IBP)

Dipl.-Ing.
Kirsten Höttges

Inhalt

1	Kurzbeschreibung	4
2	Forschungsziel, Hintergrund und Projektbearbeitung	4
2.1	Forschungsziel	4
2.2	Hintergrund	5
2.3	Projektbearbeitung	6
3	Ergebnisse und Auswirkung auf die Normungsarbeit	11
3.1	Anpassung der Formelzeichen in DIN V 18599	11
3.2	DIN V 18599-2: Nutzenergie, maximale Leistung, Betriebszeit	13
3.2.1	Rauminnentemperatur und Gebäudestandard (Wohngebäude)	13
3.2.2	Temperaturkorrekturfaktoren F_x und Wärmestrom über Erdreich	17
3.2.2.1	Präzisere Fassung des Zusammenwirkens mit DIN EN ISO 13370	17
3.2.2.2	Definition der geometrischen Bezugsgrößen zur Bestimmung des charakteristischen Bodenplattenmaßes	18
3.2.2.3	Randbedingungen für die Anwendung des vereinfachten Verfahrens mittels F_x -Werten	25
3.2.3	Wärmebrücken	26
3.2.3.1	Hintergrund und Problemstellung	26
3.2.3.2	Beiblatt 2: Zielsetzung, Umfang, Darstellung, Gleichwertigkeitsnachweis	27
3.2.3.2.1	Zielsetzung	27
3.2.3.2.2	Umfang des Beiblattes	28
3.2.3.2.3	Darstellungstechnik	29
3.2.3.2.4	Gleichwertigkeitsnachweis allgemein	31
3.2.3.2.5	Gleichwertigkeitsnachweis bei Erdreich berührten Bauteilen	32
3.2.3.2.6	Gleichwertigkeitsnachweis auch für f_{Rsi} ?	32
3.2.3.3	Energetische Betrachtungen - pauschaler Ansatz ΔU_{WB}	32
3.2.3.3.1	Bilanzierung durch H_{WB} bzw. ΔU_{WB} DIN V 4108-6:2000-11 bzw. 2003-0432	34
3.2.3.3.2	Ermittlung/Festlegung der normativen Vorgabe für ΔU_{WB}	34
3.2.3.3.3	Pauschaler Bilanzierungsansatz nach EnEV	35
3.2.3.3.4	Bilanzierung von H_{WB} bzw. ΔU_{WB} in DIN V 18599-2	35
3.2.3.3.5	Erdreich berührte Bauteile nach DIN-V 4108-6:2003-06 bzw. DIN EN ISO 13370:1998-12	36
3.2.3.3.6	Erdreich berührte Bauteile nach DIN EN ISO 13370:2008-12	37
3.2.4	Energetischer Luftwechsel	38
3.2.4.1	Bestimmung der Lüftungswärmesenken gemäß DIN V 18599	38
3.2.4.2	Berechnung der Infiltration und Kennwert Gebäudedichtheit	42
3.2.4.3	Bedarfsgeregelte Fensterlüftung in Nichtwohngebäuden	46
3.2.4.4	Berücksichtigung saisonaler Änderungen des Luftwechsels	48
3.2.4.4.1	Sachverhalt	48
3.2.4.4.2	Modellansatz	50
3.2.4.4.3	Quantifizierung	51
3.2.4.4.4	Beispielrechnungen (Fensterlüftung in Wohngebäuden)	52

3.2.4.4.5	Modell für den rechnerischen Ansatz zur Quantifizierung	55
3.2.5	Sonnenschutz	62
3.2.6	Randbedingungen bei der Bestimmung der Zeitkonstante	65
3.2.7	Bestimmung der maximalen Heizleistung	66
3.3	DIN V 18599-5 und -8: Heizungssystem und Trinkwarmwasserbereitung	67
3.3.1	Speicherung Trinkwarmwasser - Korrekturen in DIN V 18599-8	68
3.3.2	Speicherung Trinkwarmwasser - Vergleich der Verfahren DIN V 4701-10 vs. DIN V 18599-8	69
3.3.2.1	Indirekt beheizte Speicher	69
3.3.2.2	Bivalente Solarspeicher	73
3.4	DIN V 18599-10: Randbedingungen	74
3.4.1	Definition der Bezugsflächen bei Wohngebäuden	74
3.4.2	Wohngebäude: Randbedingungen Kühlung	77
3.4.3	Nichtwohngebäude: Ermittlung der Tages- und Nachtstunden	77
3.4.4	Nichtwohngebäude: Mischnutzung	78
3.4.5	Klimadaten und Windgeschwindigkeiten	79
3.5	Vergleich Nutzkälte gemäß DIN V 18599 vs. thermische Gebäudesimulation	84
3.5.1.1	Randbedingungen	84
3.5.1.1.1	Berechnungsmodell Einraummodul	84
3.5.1.1.2	Randbedingungen der Berechnung gemäß DIN V 18599 - Berechnungsverfahren	85
3.5.1.1.3	Randbedingungen der Berechnung gemäß DIN V 18599 - Parameter	85
3.5.1.1.4	Variierte Parameter bei der Berechnung gemäß DIN V 18599	86
3.5.1.1.5	Randbedingungen bei den Simulationsrechnungen	86
3.5.1.2	Berechnungsergebnisse	88
3.5.1.2.1	Gegenüberstellung Monatsbilanz - Simulation	88
3.5.1.2.2	Gegenüberstellung Ausgabe 2007 und 2011 der Norm	93
3.5.1.2.3	Geplante Änderungen in Ausgabe 2011 der Norm	94
3.5.1.2.4	Einfluss erhöhter Nachtlüftung	98
3.5.1.2.5	Exkurs: Gegenüberstellung Nutzwärme Monatsbilanz - Simulation	102
3.6	Entwicklung von Kennzahlen und Methoden zur Erhöhung der Transparenz	103
3.6.1	Vereinfachungen der Datenaufnahme und -eingabe	103
3.6.2	Gebäudeunabhängige Kenngrößen für Anlagentechnik	106
3.6.3	Weitergehende Ergebnisausgabe	108
4	Modellgebäude als Grundlage der Variationsrechnungen	111
5	Literatur	112

1 Kurzbeschreibung

Im Rahmen des Forschungsvorhabens erfolgt eine Reflexion der Berechnungsansätze der DIN V 18599 mit der Zielsetzung der Verbesserung der normativen Basis für die energetische Bewertung von Wohngebäuden.

Grundlage bildet die methodische Analyse der Berechnungsansätze und der definierten Randbedingungen. Darauf aufbauend erfolgen ggf. Variantenbildungen und Vergleichsrechnungen, in einigen Fällen auch die Nutzung genauerer ingenieurmäßiger Verfahren - in erster Linie thermische Simulationsrechnungen - zur Verifizierung der Methodik der DIN V 18599.

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Verbesserung der Berechnungsansätze und der Randbedingungen sowie der Handhabbarkeit und der Transparenz des Verfahrens. Darüber hinaus werden Berechnungsbeispiele bereitgestellt.

2 Forschungsziel, Hintergrund und Projektbearbeitung

2.1 Forschungsziel

Ziel des Forschungsprojektes ist die Verbesserung der normativen Basis hinsichtlich der energetischen Bewertung von Wohngebäuden. Die Erreichung dieses Ziels erfolgt in enger Kooperation mit dem Normungskreis, so dass die rasche Umsetzung und der Wissenstransfer der Ergebnisse in die einschlägige Normung und die Baupraxis gewährleistet ist.

Nachstehende Ansatzpunkte stellen den Umfang der im Rahmen des vorliegenden Forschungsantrages zu behandelnden Themenbereiche dar.

Modellierung

- Verfahren zur Bewertung der erneuerbaren Energien
- Kriterien für die Festlegung der Systemgrenzen

Methodik und Anwendung

- Anpassung des Bilanzierungsansatzes des Kühlkältebedarfs für Wohnnutzung
- Berechnungsansätze für Wärmepumpen allgemein
- verbesserte Berücksichtigung von Einzelraumfeuerung
- präzisere Fassung des Zusammenwirkens mit DIN EN ISO 13370

- Prüfung der Rohrleitungslängen für Heizung und Warmwasser
- Entwicklung von Kennzahlen und Methoden zur Erhöhung der Transparenz

Randbedingungen

- energetischer Luftwechsel
- Wärmebrückenkorrekturwerte
- aktualisierte Klimadaten
- Nutzungsrandbedingungen Wohngebäude allgemein

2.2 Hintergrund

Der Berechnungsansatz der DIN V 18599 wurde primär für Nichtwohngebäude entwickelt und setzt auch hier den Schwerpunkt. Bisherige Untersuchungen und Erfahrungen zeigen, dass beim Einsatz für Wohnnutzung hinsichtlich der Methodik sowie der Randbedingungen ein Bedarf besteht, die Normung fortzuschreiben, um die abweichenden Gegebenheiten im Wohngebäudebereich optimal abbilden zu können.

Weiterhin ist in der EnEV 2009 vorgesehen, das Referenzgebäudeverfahren, welches bisher der Nachweisführung für Nichtwohngebäude vorbehalten war, auf den Einsatz im Wohngebäudebereich zu erweitern. Damit einhergehend wird auch das bislang nur für Nichtwohngebäude eingesetzte Berechnungsverfahren der DIN V 18599 für Wohngebäude alternativ Anwendung finden.

Die Handhabung und die Grundlagen des Verfahrens der DIN V 18599 in der Anwendung auf Wohngebäudenutzung wird v.a. aus dem Kreis der Planer skeptisch gesehen. Hier wurden Erfahrungen gemacht, die einige Problematiken der DIN V 18599 aufzeigen. Zudem führen die unterschiedlichen Berechnungsansätze (bisherige und neue Verfahren) z.T. zu abweichenden Ergebnissen. Dieser Umstand erfordert genaue Prüfung, Ursachenfindung und Erläuterung. Insgesamt gilt es, Vorbehalte gegenüber dem Verfahren der DIN V 18599 für Wohngebäude zu lokalisieren und auszuräumen.

Ein weiterer Bereich ist die Anwendung des Verfahrens selbst. Der Anwenderkreis umfasst dabei Planer und Ingenieure, die über die Anwendung der bisherigen Nachweisverfahren für den Wohnungsbau hinaus erst Erfahrungen mit den weitergehenden Modellierungsmöglichkeiten der DIN V 18599 sammeln müssen, um so die Optimierungspotentiale in der gesamtenergetischen Gebäudeplanung nutzen zu können. In der aktuellen Formulierung der Methodik sowie der softwaretechnischen Umsetzung ist nicht gewährleistet, dass dabei alle betroffenen Gewerke zur Energieeffizienzsteigerung optimal ausgelotet werden können.

Durch die Steigerung der Komplexität des Berechnungsverfahrens ist zudem die Anzahl der Parameter insgesamt angewachsen. Dem Anwender stehen jedoch v.a. bei den neu entwickelten

Verfahrensansätzen kaum Richtwerte zur Verfügung. Auch müssen geeignete Kennzahlen bereitgestellt werden, um allgemein die Transparenz des Verfahrens und die energetische Bewertung zu verbessern. Beides gilt es zu erarbeiten und zu ergänzen.

Darüber hinaus können von Planern und Bauherren die energetischen Auswirkungen verschiedener Maßnahmen in manchen Fällen nicht hinreichend nachvollzogen werden. Hier bietet sich in der Methodik und der Umsetzung des Verfahrens an, Potentiale zu erarbeiten sowie Einflüsse auf die gesamtenergetische Bewertung besser quantifizieren und nachvollziehen zu können.

Die genannten Problemfelder sind auch im Normungskreis bekannt, der sich im Rahmen der Fortschreibung der Norm durchaus dieser Themen annimmt. Im vorliegenden Forschungsvorhaben werden diese Problematiken behandelt, in enger Kooperation mit dem Normungskreis bearbeitet und der zeitnahe Rückfluss der Ergebnisse in die Normungsarbeit ist gewährleistet.

2.3 Projektbearbeitung

Die folgende Auflistung fasst die Ansatzpunkte der inhaltlichen Bereiche des Forschungsprojekts zusammen und stellt damit auch den Umfang der im Rahmen des ursprünglichen Forschungsantrages zu behandelnden Themenbereiche dar.

1 Modellierung

1.1 Allgemein bessere Anpassung der Verfahren für die Quantifizierung des Einsatzes erneuerbarer Energien an die speziellen Besonderheiten des Wohngebäudebereichs, z.B. bei der Nutzung thermischer Solarenergie.

Entwicklung eines Verfahrens zur Ausweisung der erneuerbaren Energien im Rahmen der Deckung des Wärmeenergiebedarfs gemäß EEWärmeG.

1.2 Die im Mehrgeschosswohnungsbau häufig anzutreffenden unbeheizten Treppenhäuser zeigen beispielhaft, dass bessere Kriterien für die Festlegung der Systemgrenzen nötig sind, auch für andere Fälle wie z.B. Keller und Tiefgaragen.

2 Methodik und Anwendung

2.1 Anpassung des Bilanzierungsansatzes des Kühlkältebedarfs für Wohnnutzung mit eventueller Erweiterung der Bilanz durch eine Bonifizierung baulicher Maßnahmen ("vermeidene Kühlkälte").

2.2 Die Berechnungsansätze für Wärmepumpen v.a. im Zusammenhang mit Wohnungslüftungsanlagen bedürfen der Überarbeitung, insbesondere vor dem Hintergrund von Diskussionen über deren Effizienz. Weiterhin besteht Bedarf bei der Behandlung der Wärmeübergabe von Wohnungslüftungsanlagen.

2.3 Entwicklung technischer Regeln zur verbesserten Berücksichtigung von Einzelraumfeuerung, welche im Wohngebäudebereich relevant sind.

- 2.4 Das Zusammenwirken mit DIN EN ISO 13370 (Wärmeübertragung über das Erdreich) muss präziser gefasst werden.
- 2.5 Rohrleitungslängen für Heizung und Warmwasser müssen auf eine verlässlichere Basis gestellt werden, die Verfahren sowie die charakteristischen Abmessungen sind zu prüfen. Die Problematik tritt v.a. bei Nichtwohngebäuden auf, durch die Verwendung analoger Ansätze besteht jedoch die Gefahr, diese Problematik auf Wohngebäude zu übertragen.
- 2.6 Entwicklung von Kennzahlen (z.B. Aufwandszahlen) und Methoden (z.B. Bilanzanteile, Energieflüsse) um den energetischen Einfluss verschiedener Maßnahmen transparenter nachvollziehen zu können um so gezielt den Planungsprozess zu verbessern.

3 Randbedingungen

- 3.1 Prüfung der Randbedingungen für den energetischen Luftwechsel, v.a. für Wohngebäude mit sehr geringem Energiebedarf. Herleitung von Werten, die die Nutzung und den Jahresgang besser abbilden.
- 3.2 Prüfung der Wärmebrückenkorrekturwerte insbesondere der für Nachweisrechnungen anzusetzenden Referenzwerte.
- 3.3 Prüfung der Einsatzmöglichkeiten aktualisierter Klimadaten.
- 3.4 Im Zuge des demographischen Wandels sowie sich ändernder Wohnformen besteht Bedarf, die Randbedingungen der Wohnnutzungen anzupassen, z.B. Belegungsdichten, Nutzungszeiten, Kriterien für die Typisierung von Ein- und Mehrfamilienhäuser.

Aus den vielseitigen Themenbereichen und je nach Aktualität z.B. in den "verarbeitenden" Normungskreisen ergeben sich unterschiedliche Bearbeitungsschwerpunkte, d.h.

- a) extern laufende Projekte
Inhalte, welche bereits komplett oder teilweise in anderen, extern laufenden Projekten bearbeitet werden.
- b) DIN V 18599 : 2011
Inhalte, welche als Grundlage für die Normungsarbeiten für die Neuauflage der DIN V 18599 : 2011 dienen.
- c) DIN V 18599 : 20xy
Inhalte, welche als Grundlage für die Normungsarbeiten für die darauf folgende Neuauflage der DIN V 18599 : 20xy dienen.
- d) Anwendungsrelevanz
Inhalte, welche darüber hinaus für die Anwendung Relevanz haben, z.B. Beispielberechnungen, Arbeitshilfen, Leitfaden EEWärmeG, Datenaufnahme Bestand und weitere Richtlinien zur EnEV.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht der Inhalte und eine Zuordnung zu den beschriebenen Bearbeitungsschwerpunkten wieder. Die Themenbereiche sowie deren Zuordnung hat sich im Zuge der Normungsarbeit entwickelt und verändert und wurde an den aktuellen Stand angepasst. Der Punkt 3.1, welcher die Randbedingungen für den energetischen Luftwechsel behandelt, wurde dabei bereits in drei Unterpunkte aufgegliedert.

Tabelle 1: Übersicht und Zuordnung der Bearbeitungsschwerpunkte.

	a) extern laufende Projekte	b) DIN V 18599 : 2011	c) DIN V 18599 : 20xy	d) Anwendungsrelevanz
1.1 Modellierung - erneuerbare Energien	✓	✓		✓
1.2 Modellierung - Systemgrenzen				✓
2.1 Methodik/Anwendung - Wohnkälte	✓	✓		
2.2 Methodik/Anwendung - Wärmepumpen	✓			
2.3 Methodik/Anwendung - Einzelraumfeuerung			✓	
2.4 Methodik/Anwendung - DIN EN ISO 13370		✓	✓	
2.5 Methodik/Anwendung - Rohrleitungslängen	✓			
2.6 Methodik/Anwendung - Erhöhung der Transparenz	✓		✓	✓
3.1.1 Randbedingungen - saisonaler Luftwechsel		✓		
3.1.2 Randbedingungen - Nachlüftung/-kühlung			✓	
3.1.3 Randbedingungen - Infiltration		✓		
3.2 Randbedingungen - Wärmebrücken-korrekturwerte		✓		✓
3.3 Randbedingungen - Aktualisierte Klimadaten	✓	✓	✓	
3.4 Randbedingungen - Wohngebäude allgemein			✓	

Weitergehende Erläuterungen zu den extern laufenden Projekten sind in der folgenden Auflistung zusammengefasst.

- Zu 1.1 Erneuerbare Energien ist bekannt, dass im Rahmen verschiedener Projekte und Studien das Verfahren der thermischen Solaranlagen geprüft wurde (Jagnow, ITW Stuttgart). Die Ergebnisse dieser Studien liegen im Rahmen dieses Projektes jedoch nicht vor und die Ergebnisse sind auch nur teilweise in die Normungsarbeit eingeflossen.

- Zu 2.1 Anpassung des Bilanzierungsansatzes des Kühlkältebedarfs für Wohnnutzung laufen im Zuge der Überarbeitung des Teil 6 der DIN V 18599 (Wohnungslüftung) Arbeiten beim ITG und ILK in Dresden. Ergebnisse dieser Arbeiten sind bereits in das Manuskript der Neuauflage der Norm eingeflossen. Darüber hinaus wurden in Teil 10 der DIN V 18599 die entsprechenden Randbedingungen aufgenommen.
- Zu 2.2 Berechnungsansätze für Wärmepumpen allgemein erfolgt ebenfalls eine externe Bearbeitung im Rahmen von BBR- und DIN-NHRS-Projekten, in welchen z.T. das ITG in Dresden eingebunden ist.
- Zu 2.5 Prüfung der Rohrleitungslängen für Heizung und Warmwasser lief ein BMVBS/BBR-Projekt (Jagnow/Oschatz/Wolff), dessen Ergebnisse z.T. bereits in die Normentwürfe der Teil 5 und 8 der DIN V 18599 eingearbeitet wurden.
- Zu 2.6 Entwicklung von Kennzahlen und Methoden zur Erhöhung der Transparenz liegen dem Normenkreis Vorschläge vor (Hirschberg, Erhorn), die jedoch z.T. noch nicht ausgearbeitet sind.
- Zu 3.3 aktualisierte Klimadaten hat der Deutsche Wetterdienst die Klimadaten der Testreferenzjahre (TRY) überarbeitet, welche seit 2010 vorliegen. Auf Grundlage dieser Daten wurden die Klimadaten in Teil 10 der DIN V 18599 angepasst und erweitert.

Die Auflistungen und Erläuterungen der zu Themenbereiche orientiert sich an den Stand der Projektbeantragung. Da die Bearbeitung des Projektes sehr eng an die Bearbeitung der Norm angelehnt ist und der Normenkreis oft schnell auf aktuelle neue Fragestellungen reagieren muss, unterliegen die zu bearbeitenden Themenbereiche immer wieder einer starken Veränderung und Neuausrichtung. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen und die Projektbearbeitung zielorientiert - primäres Ziel ist die Zuarbeit im Rahmen der Normungsarbeit - zu dokumentieren, werden die Ergebnisse im Folgenden in einer Gliederung dargestellt, welche sich an der Gliederung der Normenteile der DIN V 18599 orientiert.

Die im Rahmen des Projektes und der Normungsarbeit über die ursprünglichen Inhalte hinausgehenden Themenbereiche, welche zusätzlich bearbeitet wurden, sind im Folgenden zusammengefasst. Die Ergebnisse sind unter den unten genannten Überschriften im Abschnitt der Ergebnisdokumentation enthalten

DIN V 18599-2:

- Raumtemperatur und Gebäudestandard
- Berechnung der Infiltration und Kennwert Gebäudedichtheit
- Bedarfsgeregelte Fensterlüftung in Nichtwohngebäuden
- Sonnenschutz
- Randbedingungen bei der Bestimmung der Zeitkonstante
- Bestimmung der maximalen Heizleistung

DIN V 18599-5 und -8:

- Speicherung Trinkwarmwasser

DIN V 18599-10:

- Nichtwohngebäude: Ermittlung der Tages- und Nachtstunden
- Nichtwohngebäude: Mischnutzung

Allgemein:

- Anpassung der Formelzeichen in DIN V 18599
- Vergleich Nutzkälte gemäß DIN V 18599 vs. thermische Gebäudesimulation

3 Ergebnisse und Auswirkung auf die Normungsarbeit

Wie schon in den vorangehenden Abschnitten erläutert, werden die Ergebnisse im Folgenden in einer Gliederung dargestellt, welche sich an der Gliederung der Normenteile der DIN V 18599 orientiert. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass die zu bearbeitenden Themenbereiche im Zuge der parallelen Projektbearbeitung und Normungsarbeit immer wieder angepasst wurden. Somit kann die Projektbearbeitung zielorientiert - primäres Ziel ist die Zuarbeit im Rahmen der Normungsarbeit - dokumentiert werden.

Für einige der hier dargestellten Änderungen in den Normentwürfen der Ausgabe 2011 der DIN V 18599 werden bezüglich der Auswirkungen auf die Berechnung der Nutzenergie Kälte in Abschnitt 3.5.1.2.2 Berechnungsergebnisse der bisherigen Norm gegenübergestellt.

3.1 Anpassung der Formelzeichen in DIN V 18599

Der Normenkreis hat sich im Mai/Juni 2011 darüber abgestimmt, die Formelzeichen der Normenreihe DIN V 18599 anzupassen. Die Überarbeitung sieht dabei einen Abgleich der Normenteile untereinander sowie einen Abgleich mit nationalen und internationalen Begleitnormen vor. Die im folgenden zusammengefassten Änderungen sind z.T. bereits in die Manuskripte der Neuauflage der Norm (voraussichtlich Dezember 2011) eingeflossen.

Tabelle 2: Anpassung der Formelzeichen in DIN V 18599 - Indizes.

alt	neu	Bezeichnung und Erläuterung
ABL, exh	ETA	Abluft (en: extract air), falls explizit Fortluft gemeint ist, dann siehe unten
Adap	Adapt	Adaption
a, A, ext	e	außen, äußere oder außerhalb thermischer Hülle (betrifft nicht Index "r" in Teil 2)
AUL	ODA	Außenluft (en: outdoor air)
standby	PO	Bereitschaft
t	op	Betrieb (en: operating)
m*	m*	Befeuchtung (bleibt)
St	St oder m*	wenn explizit Dampfbefeuchtung gemeint ist, dann St, sonst allgemein m*
F	f	End-(energie)
FW	DH	Fernwärme (en: district heating)
ex	EHA	Fortluft (en: exhaust air)
H	h	Heizsystem oder Heizung, Raumheizung
intern	i	intern
C	c	Kälte allgemein
L	a	Luft (en: air)
H	LH	Luftherhitzer
E, V	f oder v	Luftförderung (noch unklar)
m	av	mittel, Mittelwert (en: average)
km	gen,av	mittlere Kessel-(Temperatur)
M, m	mth	Monat, monatlich
N	NA	Nacht, Nachtabschaltung/-absenkung
N	Ne	Nutzebene
B	b	Nutzenergiebedarf
s	upper	oberer
part	par	Parallelbetrieb Kälteerzeuger
P	p	Primär-
d, P, pump	Pu	Pumpe
r	rel	relativ
Soll	soll	Sollwert
T	day	Tag, täglich
TB	tb	teilbeheizt, Teilbeheizung
V, Vent	fan	Luftförderung (nicht Ventilator)
pipe, Verbindung	con	Verbindung (en: connection)
l, loss	ls	Verlust (en: loss)
g	ls,g	Verluste der Erzeugung (en: generation)
s	ls,s	Verluste der Speicherung (en: storage)
d	ls,d	Verluste der Verteilung (en: distribution)
ce	ls,ce	Verluste der Übergabe (en: control and emission)
W, H	h	Wärme
WP	hp	Wärmepumpe (en: heat pump)
WRG, hr	rec, hrec	Wärmerückgewinnung (noch unklar)
rot	WRG,rot	Wärmerückgewinnung Rotor
WA	we	Wochenend-/Ferienbetrieb
sup, ZUL	SUP	Zuluft (en: supply air)

Tabelle 3: Anpassung der Formelzeichen in DIN V 18599 - Symbole.

alt	neu	Bezeichnung und Erläuterung
ϑ	θ	Temperatur, Celsius-temperatur (in allen Variationen)
Q_{aux}	W	Hilfsenergie

Weitere denkbare Anpassungen der Symbole sind in der geplanten Ausgabe der Norm noch nicht umgesetzt, sind jedoch in der Diskussion. Hier ist v.a. ein Abgleich mit der internationalen Normung zu prüfen.

Tabelle 4: Weitere denkbare Anpassung der Formelzeichen in DIN V 18599 - Symbole.

alt	neu	Bezeichnung und Erläuterung
PLV, F, f	f_{Pint} oder β	Teillastfaktor, Teilbetriebsfaktor
k	f	Korrekturfaktor (betrifft Teil 3)
\dot{Q}, Φ	P	Leistung (in allen Variationen, nur wenn Einheit W oder kW)
t_d	t_{Pu}	Pumpenbetriebszeit in der Zeitperiode
T	t	Zeit, Zeitperiode in Stunden
d	d	Zeit, Zeitperiode in Tagen

3.2 DIN V 18599-2: Nutzenergie, maximale Leistung, Betriebszeit

3.2.1 Rauminnentemperatur und Gebäudestandard (Wohngebäude)

Im Rahmen einer Studie wurde durch das Institut Wohnen und Umwelt IWU der Einfluss des Nutzerverhaltens auf den Heizenergieverbrauch von Wohngebäuden untersucht [Loga2003]¹. Dabei wurde der Einfluss der zeitlich und räumlich eingeschränkten Beheizung auf die anzusetzenden Raumtemperaturen neu quantifiziert und durch den Einfluss des Gebäudestandards erweitert. Die folgenden Gleichungen geben den Zusammenhang wieder (ohne Normierung durch "Nutzungsfaktor").

$$\theta_i = \theta_e + f_{ze} \cdot f_{re} \cdot (\theta_{i,h,soll} - \theta_e) \quad [^{\circ}C] \quad (1)$$

mit

¹ [Loga2003] Loga, T.; Großklos, M.; Knissel, J.: Der Einfluss des Gebäudestandards und des Nutzerverhaltens auf die Heizkosten - Konsequenzen für die verbrauchsabhängige Abrechnung. Institut für Wohnen und Umwelt IWU, Darmstadt 2003.

$$f_{ze} = 0,9 + 0,1/(1 + h) \quad (2)$$

$$f_{re} = 1/(0,5 \cdot h^{0,5} \cdot n_{re}^2 + 1) \quad (3)$$

$$n_{re} = 0,25 + 0,2 \cdot \arctan((A_{WE} - 100)/50) \quad (4)$$

Dabei steht das Symbol "h" für flächenbezogenen Wärmeverlust, d.h. der Summe der Wärmetransferkoeffizienten für Transmission und Lüftung bezogen auf die Wohnfläche. Der Einfluss der zeitlich eingeschränkten Beheizung (Nachtabsenkung) wird durch den Faktor f_{ze} ausgedrückt, die räumlich eingeschränkte Beheizung (Teilbeheizung) durch den Faktor f_{re} . Weiterhin ist ein Zusammenhang definiert für nicht direkt beheizten Raumanteil innerhalb der thermischen Hülle n_{re} , welcher mit bei mit Zunahme der mittleren Wohnungsgröße A_{WE} zunimmt. Die nachfolgende Abbildung gibt den Zusammenhang zwischen der Größe der Wohneinheit und des nicht direkt beheizten Raumanteils wieder.

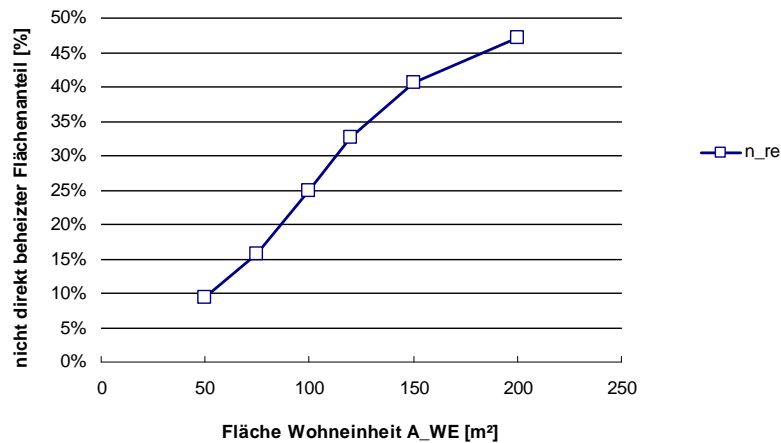


Bild 1: Zusammenhang zwischen nicht direkt beheiztem Flächenanteil und Wohnungsgröße.

Der oben beschriebene Ansatz für die mittlere Rauminnentemperatur θ_i bei zeitlich und räumlich eingeschränkter Beheizung ist für verschiedene Wärmeschutzniveaus - repräsentiert durch unterschiedliche Wärmetransferkoeffizienten $H = H_T + H_V$ bezogen auf die Wohnfläche je Wohnung - und für verschiedene Wohnungsgrößen (50 bis 200 m²) graphisch dargestellt. In der Legende ist je Wohnungsgröße in Klammern der Anteil nicht direkt beheizter Fläche angegeben (gemäß Ansatz oben). Die Berechnungswerte beruhen auf einer Sollinnentemperatur von $\theta_{i,h,soll} = 20^\circ\text{C}$ und einer Außentemperatur von $\theta_e = 5^\circ\text{C}$.

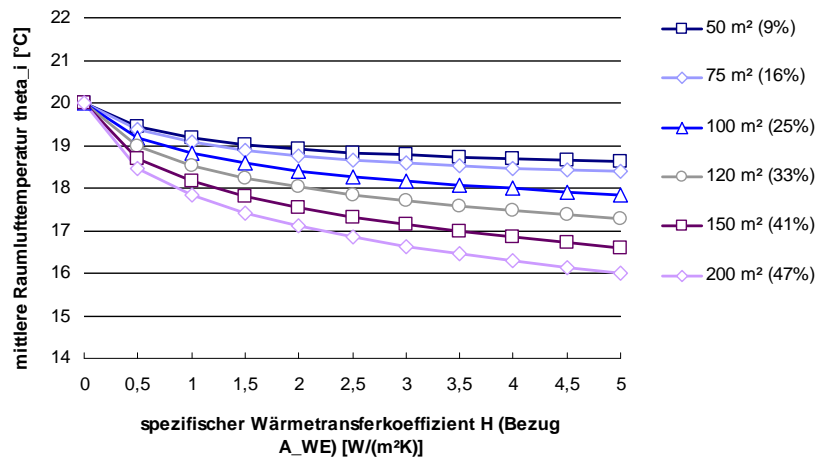


Bild 2: Mittlere Raumtemperaturen θ_i bei zeitlich und räumlich eingeschränkter Beheizung für unterschiedliche Wärmeschutzniveaus (Wärmetransferkoeffizienten) gemäß [Loga2003].

In DIN V 18599-10 [18599-10]² wird bezüglich der Wohnungsgröße nur zwischen Einfamilienhäusern EFH und Mehrfamilienhäusern unterschieden. Für beide wird von unterschiedlichen Betriebsweisen bei der zeitlich eingeschränkten Beheizung (Nachtabstaltung und -absenkung) sowie der Teilbeheizung (a_{tb} Anteil der mitbeheizten Fläche an der Gesamtfläche) ausgegangen. Dabei ist gemäß DIN V 18599 bei der Teilbeheizung als zusätzliche Einflussgröße die maximale Heizleistung des Gebäudes enthalten.

Für den Vergleich der berechneten Innentemperaturen gemäß Ansatz IWU und DIN V 18599 wird ein Zusammenhang zwischen Heizleistung und spezifischem Wärmetransferkoeffizient benötigt. Eine Querauswertung zahlreicher berechneter Wohngebäude ergibt näherungsweise den Ansatz $Q'_{h,max} = 0,032 \cdot (h \cdot A_{wo})$. Unter Verwendung dieser Näherungsgleichung kann analog zu den Ergebnissen des Ansatzes nach IWU die mittlere Raumtemperatur gemäß DIN V 18599 wie folgt als Funktion des Wärmetransferkoeffizienten dargestellt werden (gleiche Randbedingungen).

² [18599-10] DIN V 18599-10 : 2007-02: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten.

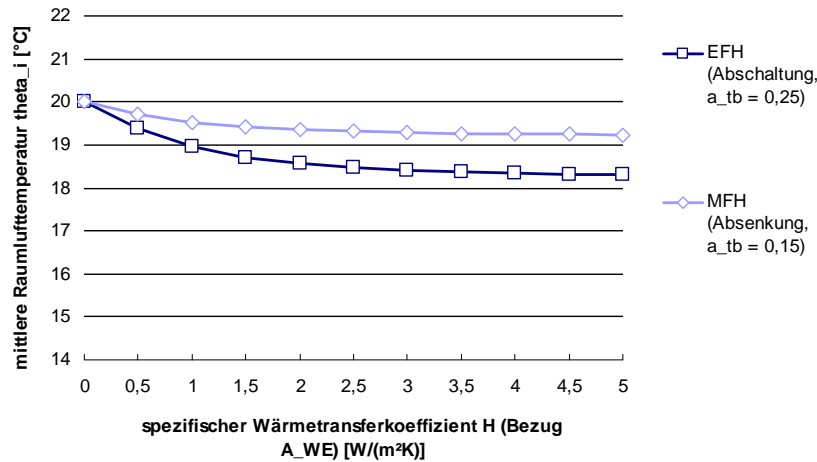


Bild 3: Mittlere Raumtemperaturen θ_i bei zeitlich und räumlich eingeschränkter Beheizung für unterschiedliche Wärmeschutzniveaus (Wärmetransferkoeffizienten) gemäß DIN V 18599-2.

Es zeigt sich im Vergleich der letzten beiden Abbildungen, dass bei abnehmendem Wärmeschutzniveau (hohe Abszissenwerte) höhere Werte für die mittlere Raumtemperatur gemäß DIN V 18599 ergeben, als durch die Studie des IWU angenommen. Ein direkter Vergleich der Berechnungsansätze und der gewählten Korrekturfaktoren ist jedoch nicht möglich, da der formelmäßige Ansatz gemäß DIN V 18599 von dem der IWU-Studie abweicht.

Bei Übernahme des Berechnungsansatzes für den mitbeheizten Flächenanteil n_{re} gemäß IWU für die Berechnung gemäß DIN V 18599, d.h. a_{tb} , ergeben sich die in der folgenden Abbildung wiedergegebenen mittleren Rauminnentemperaturen.

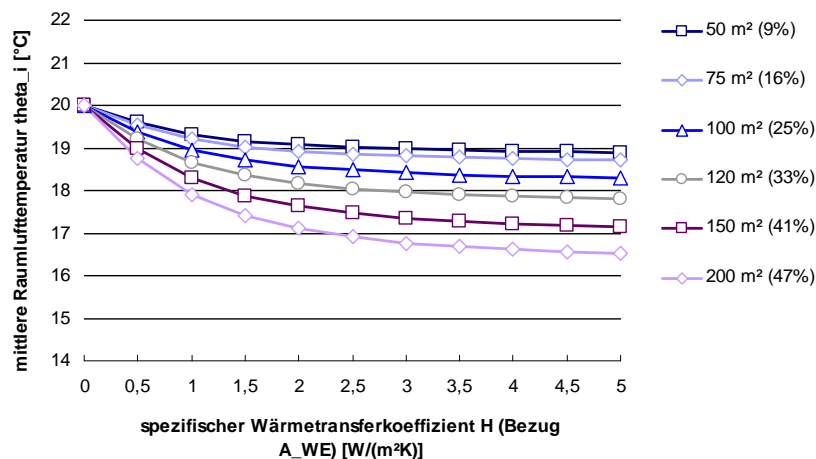


Bild 4: Mittlere Raumtemperaturen θ_i bei zeitlich und räumlich eingeschränkter Beheizung für unterschiedliche Wärmeschutzniveaus (Wärmetransferkoeffizienten) gemäß DIN V 18599-2 zzgl. $a_{tb} = n_{re}$ aus IWU-Studie.

Die Werte liegen annähernd auf dem Niveau der in der IWU-Studie hergeleiteten Raumtemperaturen. Da dieser Ansatz durch den Normungskreis als sinnvoll erachtet wurde, ist im Manuskript der Neuausgabe der Norm die folgende Änderung aufgenommen.

Auszug aus Entwurfsfassung der Neuausgabe DIN V 18599-2 (Stand Ende Juni 2011)

Erläuterung zu Gleichung (34), d.h. Bestimmung des Korrekturfaktors f_{tb} :

Vereinfacht kann alternativ a_{tb} mit folgendem Ansatz bestimmt werden (Angabe des Winkels im Bogenmaß)

$$a_{tb} = 0,25 + 0,2 \cdot \arctan\left(\frac{A_{WE} - 100}{50}\right)$$

3.2.2 Temperaturkorrekturfaktoren F_x und Wärmestrom über Erdreich

3.2.2.1 Präzisere Fassung des Zusammenwirkens mit DIN EN ISO 13370

Mit der Einführung der DIN V 18599 wird die Energiebilanz auf ein mehrzonig modelliertes Gebäude angewendet. Die Modellierung mehrerer Zonen je Gebäude war auch schon gemäß DIN EN 832 vorgesehen, kommt mit dem neuen Berechnungsverfahren jedoch nun obligatorisch für Nichtwohngebäude zum Einsatz. In DIN V 18599-2 wird bezüglich der Behandlung des unteren Gebäudeabschlusses auf DIN EN ISO 13370 [13370]³ verwiesen. Dieser liegt jedoch das Prinzip zugrunde, den unteren Abschluss als Gesamtheit zu betrachten. Diese Unstimmigkeit bedarf der Klärung, da auch die Normenwerke hierzu keine Hilfestellung bieten. Daher ist ein Verfahren zu entwickeln, welches das Zusammenwirken mit der DIN EN ISO 13370 hinsichtlich der Definition der Bezugsgrößen präziser fasst.

Diese Problematik tritt auch bei Wohngebäuden auf, wenn sie z.B. als Zeilenbebauung vorliegen. Hier sieht die DIN EN ISO 13370 zwei mögliche Verfahren vor, d.h. die Zugrundelegung der Geometrie der einzelnen Gebäude einer Häuserzeile oder die Einbeziehung der gesamten Häuserzeile (siehe Beispiel in Anhang K der Norm, im Folgenden in Auszügen aufgeführt).

³ [13370] DIN EN ISO 13370 : 2008-04: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Wärmeübertragung über das Erdreich – Berechnungsverfahren.

3.2.2.2 Definition der geometrischen Bezugsgrößen zur Bestimmung des charakteristischen Bodenplattenmaßes

Um das räumliche Verhalten des Wärmestromes im Erdreich zu berücksichtigen, werden die Gleichungen in DIN EN ISO 13370 mit dem "charakteristischen Maß" der Bodenplatte B' angegeben, das als Quotient aus Fläche A und halbem Umfang der Bodenplatte P definiert ist, d.h.

$$B' = A / (0,5 \cdot P) \quad [m] \quad (5)$$

In der Norm ist P der exponierte Umfang der Bodenplatte (Perimeter), d.h. die Gesamtlänge der Außenwand, die das beheizte Gebäude von der Außenumgebung oder von einem unbeheizten Raum außerhalb der gedämmten Gebäudehülle trennt. Die nachfolgende Abbildung enthält den Text der Norm, welcher zur näheren Erläuterung dient.

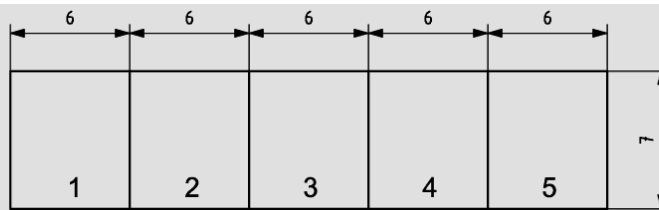
- berücksichtigt P bei der Berechnung des Wärmeverlustes eines Gebäudeteils (z. B. eines einzelnen Wohnhauses in einer Reihenbebauung) die Längen der Außenwände, die den beheizten Raum von der Außenumgebung abgrenzen, wobei die Wandlängen, die den betrachteten Teil von weiteren beheizten Gebäudeteilen trennen, nicht berücksichtigt werden; hierbei ist A die betrachtete Grundfläche;
- werden bei der Ermittlung von P und A unbeheizte Räume außerhalb der gedämmten Gebäudehülle, z. B. Eingangshallen, Garagenanbauten oder Lagerräume, nicht berücksichtigt (die Wandlänge zwischen dem beheizten Gebäude und dem unbeheizten Raum ist jedoch im Umfang enthalten: die Wärmeverluste an das Erdreich werden so behandelt, als wären die unbeheizten Räume nicht vorhanden).

Bild 5: Auszug aus DIN EN ISO 13370 Abschnitt 8.1 [13370].

Somit werden bei der Bestimmung des Umfangs der Bodenplatten jene Kantenlängen berücksichtigt, welche den betrachteten Bereich nach außen (Erdreich) oder zu unbeheizten Bereichen abgrenzen. Kantenlängen, welche an beheizte Bereiche grenzen, werden nicht in Ansatz gebracht.

Im Fall einer Zeilenbebauung lohnt ein Blick in Anhang K der Norm, welcher praktische Beispiele bereitstellt. Dort werden die Ergebnisse der Einzelgebäude, d.h. drei Reihenmittelhäuser und zwei Reihenendhäuser (siehe nachfolgende Abbildung), dem Ergebnis gegenübergestellt, welches sich auf die Geometrie der gesamten Grundfläche der Häuserzeile bezieht. In der Summe ergeben sich Abweichungen unter 1%, bei den Einzelergebnissen jedoch ergeben sich für die Reihenmittelhäuser H_g -Werte, welche um 27% unter denen der Reihenendhäuser liegen. Auch die Werte für B' weichen stark ab.

Hinweis: In der Ausgabe 2008-04 der DIN EN ISO 13370 gilt als Formelzeichen für den "stationären Wärmeübertragungskoeffizient über das Erdreich" H_g . Dieser entspricht dem bisher als "stationären thermischen Leitwert" bezeichneten L_s .



Legende
1, 2, 3, 4, 5 Hausnummer

Bild K.1 — Häuserzeile

K.1.3 Häuser 1 und 5

P berücksichtigt nicht die Gebäudetrennwände, wie in 8.1 beschrieben.

$$P = 6 + 7 + 6 = 19 \text{ m und } A = 42 \text{ m}^2, \text{ folglich ist } B' = 4,421 \text{ m}$$

$$d_t = 0,615 \text{ m, wie oben}$$

Daraus ergeben sich folgende Werte:

$$U = 0,654 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \text{ und } H_g = 27,4 \text{ W/K}$$

K.1.4 Häuser 2,3 und 4

$$P = 6 + 6 = 12 \text{ m und } A = 42 \text{ m}^2, \text{ folglich ist } B' = 7,0 \text{ m}$$

$$d_t = 0,615 \text{ m, wie oben}$$

Daraus ergeben sich folgende Werte:

$$U = 0,478 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \text{ und } H_g = 20,1 \text{ W/K}$$

K.1.5 Vergleich des Gesamtgebäudes mit der Summe der einzelnen Häuser

Die Addition von H_g für die einzelnen Häuser ergibt:

$$2 \times 27,4 + 3 \times 20,1 = 115,1 \text{ W/K}$$

Dieser Wert weicht geringfügig vom Wert 116,1 W/K ab, der bei der Beurteilung für das Gesamtgebäude erhalten wird. Diese Abweichung von weniger als 1 % ist für die Größenordnung des Fehlers typisch, der sich ergibt, wenn das Verfahren nicht auf das Gesamtgebäude, sondern auf die Teile des Gebäudes bezogen wird.

Bild 6: DIN EN ISO 13370 Anhang K, Beispiel 1: Bodenplatte auf Erdreich, rechteckige Bodenplatte [13370].

Das Beispiel zeigt, dass die Unterscheidung Einzelgebäude zu Gesamtgebäude in der Summe keine nennenswerte Abweichung im Ergebnis der stationären Berechnung ergibt. Verallgemeinert trifft das dann zu, wenn die Randbedingungen (Geometrie, Ausführung der Bauteile) der Einzelgebäude nicht grundsätzlich abweichen, was in der Regel beim unteren Gebäudeabschluss der Fall ist. Daher kann davon ausgegangen werden, dass dieser Effekt auch auf die mehrzonige Betrachtung von Nichtwohngebäuden übertragen werden kann, d.h. für die Bestimmung des Perimeters der einzelnen Zonen wird auf die Geometrie der jeweiligen Zone zurückgegriffen, nicht auf das Gesamtgebäude. Dies trifft sowohl auf die Auswahl der F_x -Werte gemäß Tabelle 3 der DIN V 18599-2 zu, als auch auf die detaillierte Berechnung gemäß DIN EN ISO 13370.

Fazit 1: In DIN V 18599-2 sollte zur Präzisierung des Zusammenwirkens mit DIN EN ISO 13370 aufgenommen werden, dass aus Gründen der Vereinheitlichung bei der Betrachtung von einzonig modellierten Gebäuden einer Gebäudezeile oder mehrzoniger Modellierung eines Gebäudes jeweils die geometrischen Randbedingungen des betrachteten Gebäudebereiches bei der Bestimmung des charakteristischen Bodenplattenmaßes zugrunde zu legen sind.

Allerdings führt das beschriebene Vorgehen in Grenzfällen zu weiteren Unstimmigkeiten, welche einer Klärung bedürfen und anhand nachfolgend aufgeführtem Beispiel erläutert werden. Das Beispiel liegt als Anfrage des BBSR vor [Friederichs] ⁴ und besteht im Erdgeschoß aus den Zonen Werkstatthalle, Büro, Verkehrsfläche, Lager-Technik und Sanitär-WC. Das Gebäude gründet auf einer Bodenplatte auf Erdreichoberkante.



Bild 7: Beispiel-Gebäude zur Erläuterung der Randbedingungen für die Bestimmung des exponierten Umfangs der Bodenplatte [Friederichs].

Bei der Abbildung des unteren Gebäudeabschlusses für jede einzelne Zone nach DIN EN ISO 13370 ist die Angabe eines Perimeters (exponierter Umfang der Bodenplatte) erforderlich, um das charakteristische Bodenplattenmaß B' berechnen zu können. Fragestellungen hierzu:

- Frage 1) Ist es zulässig, für die Zone Werkstatt / Montage nur den Perimeter anzusetzen, der durch die Zone auch erzeugt wird? (in diesem Fall wären das drei Seiten mit der Länge x)?
- Frage 2) Welcher Perimeter ist bei der innenliegenden Zone Sanitär / WC anzusetzen? (die Zone hat keine Länge, welche die Zone von der äußeren Umgebung abgrenzt, also wäre dann auch $B' = 0$, das führt aber zu einem Formelfehler)?
- Frage 3) Welche Dicke der Umfassungswände in Erdreichoberkante ist bei der innenliegenden Zone Sanitär / WC anzusetzen (die Zone hat keine Außenwände)?

⁴ [Friederichs] Friederichs, L: Pers. Mitteilung (Dipl.-Ing. (FH) Lutz Friederichs & Architekt Markus Kormmüller), Januar 2011.

- Frage 4) Ist es zulässig, für jede einzelne Zone im Erdgeschoß das B' der gesamten Bodenplatte (also der kompletten Fläche und des kompletten Umfangs des unteren Gebäudeabschlusses) zu verwenden?

Durch die zuvor getroffene Präzisierung wird deutlich, dass Frage 1 mit Ja zu beantworten ist. Darüber hinaus ist dieses Vorgehen dann nicht nur zulässig sondern obligatorisch. Frage 2 zeigt den o.g. Grenzfall auf, für den weitere Präzisierungen notwendig sind. Bei innenliegenden Zonen ergibt sich der Perimeter zu null, da die Kanten ausschließlich an beheizte Bereiche grenzen. In diesem Fall wäre dann auch der Wärmestrom zu null zu setzen, da es im Sinne der DIN EN ISO 13370 keine Wärmeübertragung an sondern nur über Erdreich gibt, d.h. $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$. Damit liegt das Verfahren jedoch nicht "auf der sicheren Seite". Extremes Beispiel dafür wäre ein Modell, in welchem eine Zone einen großen innenliegenden Bereich abdeckt (kein Wärmestrom über Erdreich) und nur ein schmaler Randstreifen als weitere Zone mit Wärmestrom über Erdreich modelliert wird. Daher wird für diesen Fall vorgeschlagen, auf die Geometrie des Gesamtgebäudes zuzugreifen.

Fazit 2: Als Sonderfall im Zusammenwirken von DIN V 18599-2 und DIN EN ISO 13370 sollte ergänzt werden, dass bei innenliegenden Zonen, deren Perimeter ausschließlich an beheizte Bereiche grenzt und damit nicht in Ansatz gebracht werden kann, auf die Geometrie des Gesamtgebäudes zurückgegriffen wird. Dies betrifft die Bestimmung des charakteristischen Bodenplattenmaßes B' (Grundfläche A , Perimeter P) sowie im Falle der detaillierten Berechnung gemäß DIN EN ISO 13370 zusätzlich die Dicke der Außenwände an Erdreichoberkante w .

Durch den letzten Satz wird auch Frage 3 beantwortet. Frage 4 ist gemäß der o.g. allgemeinen Definition zu verneinen.

Auf Grundlage der vorgenannten Herleitung wurde der folgende Text in die vom Normenkreis Ende Juni 2011 abgestimmten Entwurfsfassung der Neuausgabe der DIN V 18599-2 aufgenommen.

Auszug aus Entwurfsfassung der Neuausgabe DIN V 18599-2 (Stand Ende Juni 2011):

6.1.4.4 Geometrische Randbedingungen bei der Bestimmung des charakteristischen Bodenplattenmaßes

Aus Gründen der Vereinheitlichung sind bei der Betrachtung von einzonig modellierten Gebäuden einer Gebäudezeile oder mehrzoniger Modellierung eines Gebäudes jeweils die geometrischen Randbedingungen des betrachteten Gebäudebereiches bei der Bestimmung des charakteristischen Bodenplattenmaßes zugrunde zu legen. Bei innenliegenden Zonen, deren Perimeter ausschließlich an beheizte Bereiche grenzt und damit nicht in Ansatz gebracht werden kann, wird auf die Geometrie des Gesamtgebäudes zurückgegriffen. Dies betrifft die Bestimmung des charakteristischen Bodenplattenmaßes B' (Grundfläche A , Perimeter P) sowie im Falle der detaillierten Berechnung nach DIN EN ISO 13370 die Dicke der Außenwände an Erdreichoberkante w .

Die folgenden skizzierten Beispiele sollen den Sachverhalt weiter erläutern. Das erste Beispiel behandelt eine Reihenbebauung von Wohnhäusern. Dabei können gleichzeitig mehrere Fälle betrachtet werden, d.h. die Gebäude

- sind unterkellert mit vollständig beheiztem Keller,
- sind unterkellert mit vollständig unbeheiztem Keller,
- sind nicht unterkellert oder
- grenzen an eine darunterliegende Tiefgarage.

In den ersten beiden Fällen stellt die folgende Abbildung den Grundriss des Kellers dar, in den letztgenannten den EG-Grundriss. In allen Fällen gelten die in der nachfolgenden Skizze dargestellten Definitionen für die geometrischen Randbedingungen, d.h. die schraffierten Flächen stellen jeweils die Grundfläche A dar, aus der Summe der mit Pfeilen versehenen Kantenlängen ergibt sich der Perimeter P: beim Reihenendhaus drei Kanten, beim Reihenmittelhaus 2 Kanten.

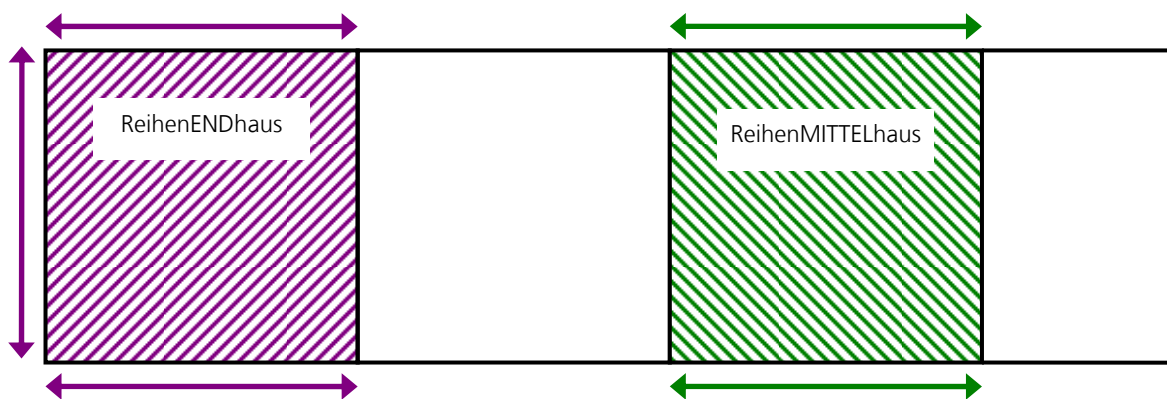


Bild 8: Beispiel-Gebäude zur Erläuterung der Randbedingungen für die Bestimmung des exponierten Umfangs der Bodenplatte - Zeilenbebauung.

Ein weiteres Beispiel zeigt das Vorgehen bei unterschiedlichen Situationen des unteren Abschlusses, d.h. bei Kombination der Fälle Bodenplatten auf Erdreich (nicht unterkellert), beheizter Keller und unbeheizter Keller. Denkbar wäre zusätzlich auch das gleichzeitige Auftreten eines Bereichs mit aufgeständerte Bodenplatte/Kriechkeller, welcher gemäß DIN EN ISO 13370 ebenfalls mit einem speziellen Berechnungsansatz separat zu betrachten ist, das Vorgehen ist dann äquivalent. Es wird davon ausgegangen, dass das Erdgeschoss durchgehend beheizt ist.

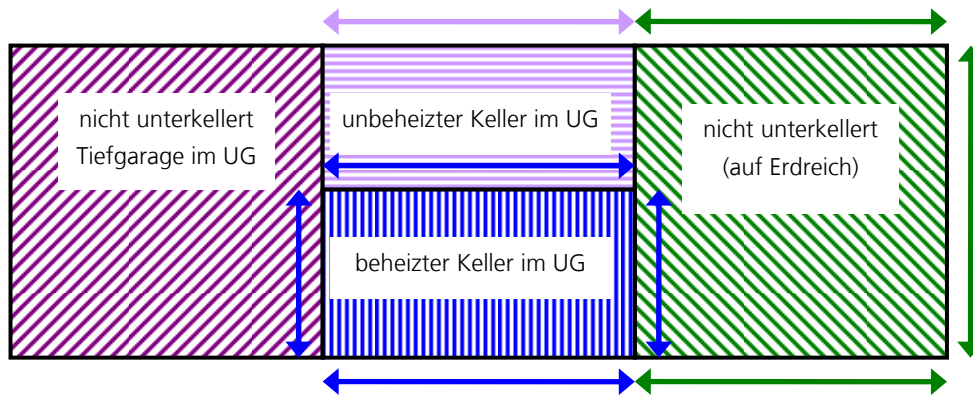


Bild 9: Beispiel-Gebäude zur Erläuterung der Randbedingungen für die Bestimmung des exponierten Umfangs der Bodenplatte - Fallunterscheidung verschiedener Situationen.

Für den in der Skizze links dargestellten Fall des nicht unterkellerten Bereichs einer Decke über Tiefgarage gilt gemäß DIN V 18599-2 Tabelle 3 ein F_x -Wert von 1, d.h. das Bauteil wird wie ein Außenbauteil behandelt (siehe Entwurfsfassung DIN V 18599-2, dort in Tabelle ergänzt). Der Bereich rechts ist ebenfalls nicht unterkellert, liegt aber über Erdreich, womit entweder ein F_x -Wert < 1 oder das Verfahren nach DIN EN ISO 13370 anzuwenden ist. Für den Perimeter gelten dabei die Umgebungsbedingungen auf Höhe der Bodenplatte auf Erdreich, d.h. nur drei Außenkanten. Die Kante zum beheizten Keller zählt nicht dazu, ebenso die Kante zum unbeheizten Keller, da das Erdgeschoss auf Höhe der Kellerdecke (entspricht Höhe Bodenplatte) beheizt ist. Analog ist das Vorgehen beim unbeheizten Keller, dort zählt nur die Außenkante zum Perimeter, die drei anderen Kanten grenzen auf Höhe der Kellerdecke an die beheizten umgebenden Bereiche des Erdgeschosses. Anders beim beheizten Keller, dort grenzen auf Höhe der Kellerbodenplatte drei Kanten an Erdreich und eine an den unbeheizten Keller, womit alle vier Kanten zum Perimeter zählen.

Auf einen weiteren Effekt weist die folgende Skizze hin. Bei Kellern von Nichtwohngebäuden tritt oft die dort dargestellte Situation auf, dass die Erschließungsflächen im Kernbereich unbeheizt, die umliegenden Räume jedoch beheizt sind. In diesem Fall führt die o.g. Definition des Perimeters dazu, dass nicht nur die außenliegenden sondern auch die innenliegenden Kanten zum Perimeter hinzuzuzählen sind. Für die beheizte Zone 1 gehören zum Perimeter also 8 Kanten, bei der innenliegenden Zone 2 ist der Perimeter jedoch gemäß Definition gleich Null, wodurch die o.g. Ausnahmeregelung zum Tragen kommt, dass in diesen Fällen auf die Geometrie des Gesamtgebäudes zurückgegriffen wird, der Perimeter also die 4 außenliegenden Kanten entspricht.

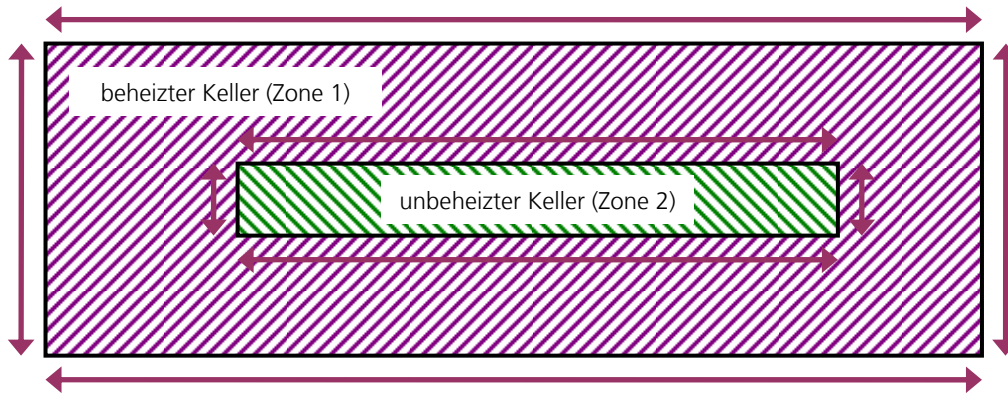


Bild 10: Beispiel-Gebäude zur Erläuterung der Randbedingungen für die Bestimmung des exponierten Umfangs der Bodenplatte - teilbeheizter Keller mit innenliegendem unbeheiztem Bereich.

Eine bei der Zonierung ebenfalls auftretende Situation ist in der folgenden Skizze beispielhaft dargestellt. Bei der Zonierung werden zwei räumlich getrennte Bereiche des Erdgeschosses der gleichen Zone zugeordnet. In diesem Fall wird empfohlen, die getrennten Bereiche zusammenzulegen und daraus die geometrischen Maße zu bestimmen, d.h. die Grundfläche entspricht der Summe der Bereiche und der Perimeter der Summe der Kantenlängen.

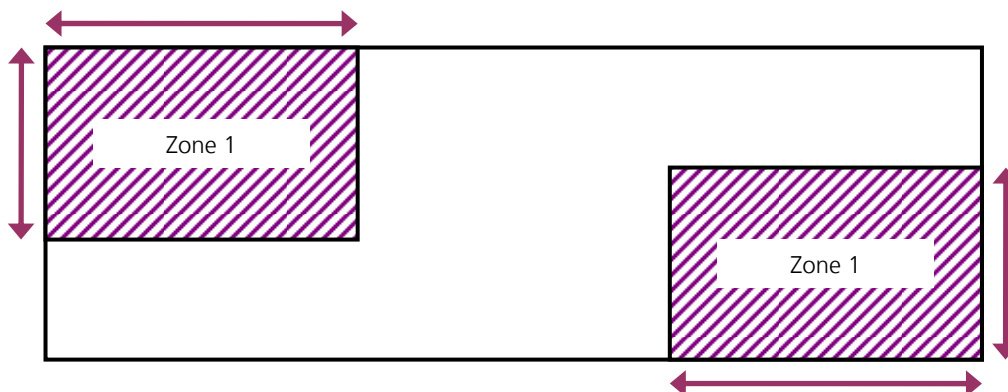


Bild 11: Beispiel-Gebäude zur Erläuterung der Randbedingungen für die Bestimmung des exponierten Umfangs der Bodenplatte - räumlich getrennte Bereiche der gleichen Zone.

Diese Definition ist im Text der Norm noch zu präzisieren und zu ergänzen. Im Folgenden ist ein Vorschlag für die Formulierung genannt (als Ergänzung zum oben genannten Abschnitt 6.1.4.4 der Entwurfsfassung).

Vorschlag zur Ergänzung der Entwurfsfassung der Neuausgabe der DIN V 18599-2:

6.1.4.4 Geometrische Randbedingungen bei der Bestimmung des charakteristischen Bodenplattenmaßes

... Sind verschiedene Bereich einer Zone räumlich getrennt angeordnet, so sind diese für die Ermittlung der geometrischen Größen zusammenzulegen, d.h. Grundfläche und Perimeter ergeben sich aus der Summe der einzelnen Bereiche.

3.2.2.3 Randbedingungen für die Anwendung des vereinfachten Verfahrens mittels F_x -Werten

Bei der Anwendung des vereinfachten Verfahrens, also der Berechnung mittels F_y -Werten statt detaillierter Bestimmung der Innentemperatur angrenzender unbeheizter Räume oder des Wärmestroms über Erdreich gemäß DIN EN ISO 13370, ist die Formulierung in DIN V 18599-2 unklar. Der Text "*Bei nur beheizten Gebäudezonen ist eine Berechnung ... mit dem vereinfachten Ansatz über Temperaturkorrekturfaktoren ... festgelegt ...*" schließt die detaillierte Berechnung für ausschließlich beheizte Zonen aus. Siehe nachfolgender Textauszug.

6.2.4 Transmission über das Erdreich

Bei nur beheizten Gebäudezonen ist eine Berechnung der Transmissionswärmesenken oder -quellen über das Erdreich oder Kellergeschosse entsprechend der Transmission über unbeheizte Räume nach 6.2.2 mit dem vereinfachten Ansatz über Temperaturkorrekturfaktoren nach Gleichung (37) festgelegt (Temperaturkorrekturfaktoren, siehe Tabelle 3).

In anderen Fällen sind Transmissionswärmesenken oder -quellen über das Erdreich nach den Gleichungen (53) bzw. (54), gegebenenfalls nach Gleichung (55), zu berechnen.

Bild 12: Auszug aus DIN V 18599-2 Abschnitt 6.2.4 [18599-2] ⁵.

In der Neufassung der DIN V 18599-2 wurde daher die Formulierung des entsprechenden Abschnittes angepasst, um so auch für den Heizfall die Möglichkeit der detaillierten Berechnung zu schaffen. Die geänderten Textstellen sind im nachfolgenden Ausschnitt aus der Entwurfsfassung der Neuausgabe mit Fettdruck hervorgehoben.

⁵ [18599-2] DIN V 18599-2 : 2007-02: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen.

Auszug aus Entwurfsfassung der Neuausgabe DIN V 18599-2 (Stand Ende Juni 2011)

6.2.4 Transmission über das Erdreich

Bei nur beheizten Gebäudezonen **kann die** Berechnung der Transmissionswärmesenken oder -quellen über das Erdreich oder Kellergeschosse entsprechend der Transmission über unbeheizte Räume nach 6.2.2 mit dem vereinfachten Ansatz über Temperaturkorrekturfaktoren nach Gleichung (37) **erfolgen** (Temperatur-Korrekturfaktoren, siehe Tabelle 3).

Allgemein sind Transmissionswärmesenken oder -quellen über das Erdreich nach den Gleichungen (53) bzw. (54), gegebenenfalls nach Gleichung (55), zu berechnen.

3.2.3 Wärmebrücken

In diesem Abschnitt wird der Handlungsbedarf skizziert und hergeleitet, welcher bezüglich der Methodik und Randbedingungen bei der Bewertung der Wärmebrücken gegeben ist.

3.2.3.1 Hintergrund und Problemstellung

Bedingt durch die Fortschreibung der EnEV besteht die Notwendigkeit, das Beiblatt 2 (Wärmebrücken) der DIN 4108 [4108Bbl2] ⁶ an die gestiegenen Anforderungen des baulichen Wärmeschutzes anzupassen. Die dargestellten Details, die zu Grunde gelegten Materialkennwerte und die angegebenen Bauteilabmessungen basieren weitestgehend auf dem Niveau der WSV0 '95 bzw. der EnEV 2002 sowie der seinerzeitigen Baustofftechnologie.

Die im Beiblatt abgebildeten Anschlussdetails bilden - neben der allgemeinen Formulierung der DIN 4108-6 [4108-6] ⁷ - die Grundlage der Festlegung des pauschalen Wärmebrückenkorrekturwertes (ΔU_{wb}). Zur Führung des „Gleichwertigkeitsnachweises“ sind zu jedem Anschlussdetail Referenzwerte für den maximal zulässigen Ψ -Wert angegeben.

Im Zuge der (jeder) Fortschreibung der EnEV besteht somit prinzipiell die Notwendigkeit zur permanenten Anpassung der Referenzwerte für längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten (Wärmebrückenverlustkoeffizienten) des Beiblatts an das jeweils neue, bessere Wärmeschutzniveau. Jede Novellierung der EnEV hätte somit die Anpassung der Referenzwerte sowie den Neudruck des Beiblatts zur Folge haben müssen. Dies ist bisher nicht geschehen.

⁶ [4108Bbl2] DIN 4108 Beiblatt 2 : 2006-03: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Wärmebrücken - Planungs- und Ausführungsbeispiele.

⁷ [4108-6] DIN V 4108-6 : 2003-06: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs.

In vielen Fällen liegen die rechnerisch ermittelten Ψ -Werte der realen Ausführung des Anschlussdetails - bedingt durch das höhere Niveau des Wärmeschutzes der Regelquerschnitte der Bauteile - über dem in Beiblatt 2 angegebenen Referenzwert. Die Gleichwertigkeit zur Referenzausführung kann somit nicht erbracht werden. In letzter Konsequenz müsste dann trotz sehr gutem Wärmeschutz und „konstruktiv eins zu eins“ umgesetzter Detailausbildung der ΔU_{WB} -Wert mit $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ angesetzt werden. Die EnEV 2009 [EnEV2009] ⁸ hat allerdings diesem Umstand Rechnung getragen und in §7 eine entsprechende Formulierung zum Gleichwertigkeitsnachweis aufgenommen.

Für die klassische Massivbauweise sind Anschlussdetails bereits recht umfangreich abgebildet, eine Erweiterung wird jedoch vielfach als notwendig erachtet. Einige Anschlussdetails aus dem Bereich des Massivbaus sind zum Teil nicht mehr zeitgemäß. Für Holzkonstruktionen sind im bisherigen Beiblatt nur wenige Anschlusssituationen dargestellt. Dies führt gelegentlich zu bizarren Auslegungen der Anwendbarkeit des pauschalen Wärmebrückenkorrekturwerts (ΔU_{WB}) bei Gebäuden in Holzbauweise. Auch für den Holzbau ist eine Erweiterung der dargestellten Anschlussdetails anzustreben.

Ein zweiter wichtiger Aspekt ist die Schimmelpilzproblematik. Die derzeit im Beiblatt abgebildeten Anschlussdetails erfüllen alle die Anforderung an den Temperaturfaktor f_{RSi} , nach in DIN 4108-2 [4108-2] ⁹. Dies ist jedoch nicht eindeutig definiert bzw. unklar formuliert. Einzelne zweidimensionale Anschlussdetails erfüllen diese Bedingung nur knapp, auf das dreidimensionale Eckproblem (hier können die Temperaturen deutlich tiefer liegen) wird nicht eingegangen.

3.2.3.2 Beiblatt 2: Zielsetzung, Umfang, Darstellung, Gleichwertigkeitsnachweis

3.2.3.2.1 Zielsetzung

Die ursprüngliche Zielsetzung des Beiblatt 2:1998-08 war „sinnvolle, gute, schadensfreie, ... Standard-Anschlussdetails von Wärmebrücken darzustellen. Es sollte dem „Konstrukteur“ eine Hilfestellung bei der täglichen Arbeit sein. Der Titel der Norm „Wärmebrücken - Planungs- und Ausführungsbeispiele“ macht diesen Ansatz deutlich. Für weitergehende energetische wie auch feuchtetechnische Fragestellungen wurde und wird auf entsprechende Literatur oder andere relevante normative Vorgaben verwiesen.

Die Zielsetzung und der Anwendungsbereich des Beiblatts muss zukünftig deutlicher und eindeutiger formuliert werden. Vorrangig erscheint es den Titel um den Zusatz „Neubaudetails“ zu erweitern bzw. im einleitenden Text explizit darauf hinzuweisen. Eine Übertragung/Anwendung auf Lösungen für den Gebäudebestand ist in Einzelfällen machbar, kann/darf aber derzeit generell nicht abgeleitet werden. Vorstellbar ist, zukünftig auch „Sanierungslösungen“ anzubieten.

⁸ [EnEV2009] Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung, 29.04.2009, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2009, Teil I, Nr. 23., Bundesanzeiger Verlag, 30. April 2009, Seite 954 bis 989.

⁹ [4108-2] DIN 4108-2 : 2003-07: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz.

Es erscheint weiterhin notwendig, zu definieren, ob und wenn ja, welche konstruktiven „Ausführungsansprüche“ ein Planer/Handwerker ggf. aus den dargestellten Ausführungsbeispielen schuldet.

3.2.3.2.2 Umfang des Beiblattes

Der Anspruch der „Vollständigkeit“ war nie beabsichtigt. Das hatte z.B. zur Folge, dass nicht „alle“ Holzbaudetails aufgenommen wurden. Der Hauptgrund bestand darin, dass viele Holzbaudetails im Vergleich zu Massivbauteilen zum Teil deutlich geringere Ψ -Werte aufweisen. Es liegt aber auch in der Natur der Sache, dass solche beispielhaften Zusammenstellungen nie „vollständig“ sein können und müssen.

Es besteht somit zum Einen der Bedarf das aktuelle Beiblatt 2 zu ergänzen und zum Anderen qualitativ/konstruktiv mit der Zielrichtung geringerer Wärmeverluste zu erweitern. Beispielsweise sind hier die bereits angesprochenen Holzbaudetails sowie Anschlussdetails zu unbeheizten Nebenräumen und Garagen/Tiefgaragen zu nennen. Einzelne Konstruktionsprinzipien sind zu hinterfragen (z.B. Rollladenkästen).

Es wird aber auch notwendig sein, Anschlüsse/Konstruktionsprinzipien zu streichen (nicht mehr zuzulassen), falls diese den (zukünftigen) Anforderungen an die „Schimmelpilzfreiheit“ nicht mehr genügen. Für die zukünftige Entwicklung von Beiblatt 2 sind des Weiteren zwei grundsätzlich unterschiedliche Konzepte denkbar:

- a dynamische Variante:
Ständige Erweiterung/Aktualisierung in kurzen definierten Abständen (alle x Jahre)
- b statische Variante:
Einmalig festgelegter Satz von Standardanschlussdetails mit ausschließlich redaktioneller Pflege.

Für die Variante a spricht, dass das Beiblatt immer innovative konstruktive Lösungen enthält und so im Laufe der Jahre zu einem umfangreichen Katalog von „DIN“-Anschlussdetails wird. Das Beiblatt hätte somit einen „qualitätssichernden“ Auftrag.

Dagegen spricht, dass die dargestellten Anschlussdetails nur Konstruktionsprinzipien zeigen (können), also keine produktspezifischen Lösungen darstellbar sind. Es besteht die Gefahr, dass nach diesen „Rezepten“ konstruiert wird, Belange des Feuchte-, Brand- und Schallschutzes jedoch keine Beachtung finden. Die laufende „Bearbeitung“ verursacht nicht unerhebliche (Produktions-)Kosten (rechnen, zeichnen, abstimmen). Jede Neuauflage des Beiblattes verursacht beim „Anwender“ erneute Kosten.

Variante b minimiert den seitens des „Arbeitskreises“ zu leistenden Aufwand durch Übertragung der Erweiterung/Fortschreibung an den „freien“ Markt (Hersteller von Produkten, Verbände, Integration in EnEV-/Bauphysik-Programmen, ...)

Dieser "liberale" Ansatz lässt Spielraum für die Entwicklung neuer Produkte. Z.B. könnten durch eine (noch einfachere) Integration von Wärmebrückenkatalogen oder Wärmebrückenprogrammen in EnEV-Nachweis-Programme Kostenvorteile erzielt werden.

Vorstellbar ist, im "neuen" Beiblatt generell nur noch „gute“ / "bessere" Lösungen darzustellen, welche eine Absenkung des pauschalen ΔU_{WB} -Wertes von derzeit 0,05 auf z.B. 0,025 W/(m²K) erlauben.

oder zukünftig

Güteklassen von Anschlussdetails wie z.B. für

Neubaudetails

Standard $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Extra $\Delta U_{WB} = 0,025 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Premium $\Delta U_{WB} = 0,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, - wärmebrückenfrei –

Bestandssanierungen

Sanierung A $\Delta U_{WB} = 0,06 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Sanierung B $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (überwiegend innen gedämmt)

etc.

zu definieren, die mit den entsprechenden Anschlussdetails hinterlegt sind.

3.2.3.2.3 Darstellungstechnik

Es erscheint sinnvoll, zum ursprünglichen Ansatz des Beiblatts zurückzukehren und nur noch eine zeichnerische Darstellung des wärmetechnischen Konstruktionsprinzips vorzunehmen. Die wärmetechnisch bestimmenden Konstruktionsteile der Anschlussdetails sind hinsichtlich Abmessung, Lage und wärmetechnischer Güte eindeutig festzulegen. Angaben, die nicht dargestellt sind, haben keine „energetische“ Bedeutung.

Eine zusätzliche textliche Beschreibung der maßgeblichen Einflussparameter ggf. in positiv/negativ-Beschreibung ist anzustreben.

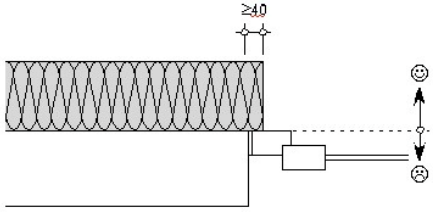
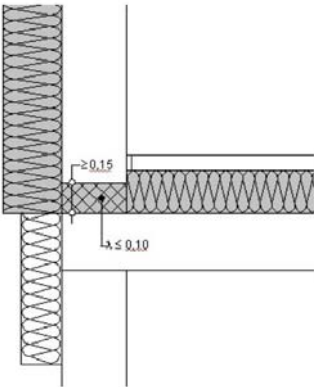
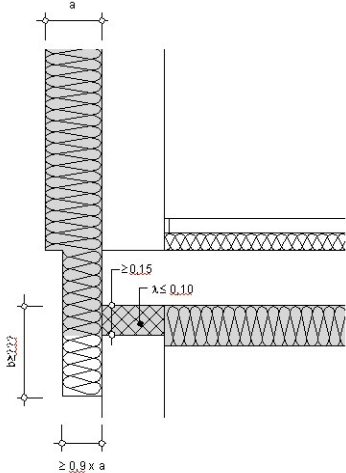
zz	außengedämmtes Mauerwerk, Fensterlaibung		<p>Der Fensterblendrahmen ist mindestens 40 mm mit dem Wärmedämmstoff, der im Regelquerschnitt verwendet wird, zu überdämmen.</p> <p>Die Ausführung der Anschlussfuge hat keinen nennenswerten Einfluss. Sind für Teilbereiche aus Gründen des Brandschutzes Materialien mit höheren Wärmeleitfähigkeiten notwendig, so ist dies zulässig. Die betroffenen Bauteilflächen sind jedoch im Wärmeschutznachweis entsprechend zu bilanzieren.</p>
yy	außengedämmtes Mauerwerk, Sockelanschluss		<p>Oberhalb der Kellerdecke ist eine thermische Trennung einzubauen, die den nebenstehenden Anforderungen bezüglich der Geometrie und der Wärmeleitfähigkeit entspricht. Bei Verwendung von nicht homogenen Baustoffen/Bauteilen für diese thermische Trennung ist der Nachweis für f_{RSI} <u>erforderlich</u>. Eine Sockeldämmung ist nicht erforderlich, wird jedoch empfohlen.</p>
xx	außengedämmtes Mauerwerk, Sockelanschluss		<p>Unterhalb der Kellerdecke ist eine thermische Trennung einzubauen, die den nebenstehenden Anforderungen bezüglich der Geometrie und der Wärmeleitfähigkeit entspricht. Bei Verwendung von nicht homogenen Baustoffen/Bauteilen für diese thermische Trennung ist der Nachweis für f_{RSI} <u>nicht</u> erforderlich.</p> <p>Die Sockeldämmung ist in der angegebenen Dicke mindestens bis zur Unterkante der thermischen Trennung zu führen. Sie sollte aber aus optischen und auch aus konstruktiven Gründen bis in das Erdreich geführt werden.</p>

Bild 13: Layoutvorschlag neue Tabelle 4 in Beiblatt 2 der DIN 4108.

Die Angabe eines Referenzwertes zu jedem Anschlussdetail ist zukünftig nicht mehr notwendig. Auf Tabelle 3, Tabelle 6 sowie Tabelle 7 kann vollständig verzichtet werden.

3.2.3.2.4 Gleichwertigkeitsnachweis allgemein

Das Beiblatt 2 sieht für den Fall, dass bei einem geplanten (realen) Anschlussdetail keine "konstruktive" Übereinstimmung mit dem im Beiblatt dargestellten Konstruktionsprinzip nachweisbar ist, die Führung eines rechnerischen Nachweises der energetischen Gleichwertigkeit vor. Hierzu sind in Beiblatt 2 Referenzwerte für den max. zulässigen Wärmeverlust des jeweiligen Anschlussdetails angegeben. Es besteht somit die Notwendigkeit (sowieso) eine Wärmebrückenberechnung des geplanten Anschlussdetails durchzuführen. Wie bereits einleitend beschrieben, ist es jedoch auf Grund der methodischen Gegebenheiten trotz bzw. wegen des erhöhten Gesamtniveaus vielfach nicht mehr möglich, den geforderten Referenzwert einzuhalten.

Die EnEV 2009 trägt diesem Umstand Rechnung und formuliert eine entsprechende Vorgehensweise.

b) Absatz 3 wird wie folgt gefasst:

„(3) Der verbleibende Einfluss der Wärmebrücken bei der Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs ist nach Maßgabe des jeweils angewendeten Berechnungsverfahrens zu berücksichtigen. Soweit dabei Gleichwertigkeitsnachweise zu führen wären, ist dies für solche Wärmebrücken nicht erforderlich, bei denen die angrenzenden Bauteile kleinere Wärmedurchgangskoeffizienten aufweisen, als in den Musterlösungen der DIN 4108 Beiblatt 2 : 2006-03 zugrunde gelegt sind.“

Jede Fortschreibung des Anforderungsniveaus der EnEV sowie die baustofftechnologische und konstruktive Weiterentwicklung hätte jeweils eine Anpassung der Referenzwerte zur Folge. Beispielsweise führen schlankere (dünnere) Konstruktionen bei identischen U-Werten in bestimmten Fällen zu höheren Ψ -Werten.

Daher erscheint es sinnvoll den Ansatz fester Referenzwerte aufzugeben. Der Nachweis der Gleichwertigkeit zu denen im Beiblatt dargestellten Anschlussdetails könnte zukünftig wie folgt durchgeführt werden:

- Ausgehend von den sich aus dem geplanten Wärmeschutzniveau ergebenden Regelquerschnitten (Schichtdicke(n), Wärmeleitfähigkeit(en)), welche die Wärmebrücke (das Anschlussdetail) bilden, wird für das dargestellte Konstruktionsprinzip der jeweilige Referenzwert mit einer ersten Wärmebrückenberechnung durch den Anwender bestimmt.
- Anschließend ist der Ψ -Wert des realen (geplanten) Anschlussdetails in einer zweiten Wärmebrückenberechnung zu bestimmen.
- Die geplante reale Ausführung muss die Bedingung $\Psi_{\text{real}} \leq \Psi_{\text{ref}}$ (Randbedingungen nach DIN EN 10211) erfüllen.

- Sofern abweichend von DIN EN 10211 vereinfachende (eigene) Randbedingungen gewählt werden, sind die Ψ -Werte ausschließlich für den Gleichwertigkeitsnachweis verwendbar.
- Für den Fall, dass für ein geplantes Anschlussdetail die rechnerische Gleichwertigkeit nicht erbracht werden kann, muss eindeutig beschrieben werden, wie dieser Fall zu handhaben ist.

Folgende Vorgehensweise ist vorstellbar: Der im Zuge des (erfolglos) rechnerisch geführten Gleichwertigkeitsnachweises ermittelte Ψ -Wert wird mit seiner spezifischen Einflusslänge zusätzlich zum pauschalen Wärmebrückenkorrekturwert ΔU_{WB} bilanziert.

$$H_{WB} = (\Delta U_{WB} / A) + r \cdot (\Psi \cdot l) \quad (6)$$

Dies ist eine energetisch zulässige Vorgehensweise. Die Alternative wäre, $\Delta U_{WB} = 0,1$ anzusetzen, was als unverhältnismäßig anzusehen ist.

3.2.3.2.5 Gleichwertigkeitsnachweis bei Erdreich berührten Bauteilen

Bei der Ermittlung der Gleichwertigkeit von Anschlussdetails im Sinne des Beiblatts, darf bei erdreichberührten Bauteilen der Nachweis ohne Abbildung des Erdreichs und reduziert auf nur zwei Temperaturrandbedingungen geführt werden.

Die Bewertung der realen Einbausituation mittels Ψ -Wert nach DIN EN ISO 10211 ist ebenfalls zulässig.

Im Folgenden wird auf die grundlegenden Fragestellungen zu Erdreich berührten Bauteilen eingegangen.

3.2.3.2.6 Gleichwertigkeitsnachweis auch für f_{Rsi} ?

Bisher wurde der Gleichwertigkeitsnachweis nur für die energetische Betrachtung geführt. Es ist allerdings vorstellbar, dass trotz energetischer Gleichwertigkeit (Wärmeverluste) der f_{Rsi} -Wert des Referenzdetails von der geplanten Konstruktion nicht erreicht wird. Aus diesem Grund erscheint es sinnvoll zukünftig auch den Nachweis auf "feuchtetechnische Gleichwertigkeit" zu erbringen. Diese Forderung hat aber, durch den sowieso zu führenden energetischen Gleichwertigkeitsnachweis, keinen nennenswerten Mehraufwand zur Folge.

3.2.3.3 Energetische Betrachtungen - pauschaler Ansatz ΔU_{WB}

3.2.3.3.1 Bilanzierung durch HWB bzw. ΔU_{WB} DIN V 4108-6:2000-11 bzw. 2003-04

Mit Einführung der DIN V 4108-06:2000-11 stellt sich die allgemeine Bilanzgleichung für den spezifischen Transmissionswärmeverlust für die Heizperiode (Punkt 5.5.2.2) wie folgt dar:

$$H_T = \sum (F_{x,i} \cdot U_i \cdot A_i) + H_{WB} \quad (7)$$

In Gleichung 16 wird H_{WB} als auf die Gebäudehüllfläche bezogener Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} definiert.

$$H_{WB} = \Delta U_{WB} / A \quad (8)$$

Eine Bestimmungsgleichung für ΔU_{WB} ist nicht vorhanden.

Der vereinfachte Ansatz mittels Temperatur-Korrekturfaktoren nach 6.1.1 stellt sich wie folgt dar:

*6.1.1 Vereinfachter Ansatz mittels Temperatur-Korrekturfaktoren
„Für den spezifischen Transmissionswärmeverlust H_T von Bauteilen,
die von der beheizten Zone an die Außenluft grenzen, gilt Gleichung (28).*

$$H_T = \sum (F_{x,i} \cdot U_i \cdot A_i) + H_u + L_s + H_{WB} + \Delta H_{T, FH} \quad (9)$$

Die grundlegende Berechnung von H_T im Bezug auf Wärmebrücken gilt also gleichermaßen für das Periodenbilanz- und das Monatsbilanzverfahren (Gleichungen 14 bzw. 28).

Für die der Bestimmung von ΔU_{WB} zu Grunde liegenden Anschlussdetails wird unter Punkt/Abschnitt 5.5.2 der Periodenbilanzverfahren beschreibt, das Folgende ausgeführt:

Der pauschale spezifische Wärmebrückenzuschlag auf den spezifischen Transmissionswärmeverlust H_{WB} berücksichtigt bestimmte Wärmebrücken wie:

- Gebäudekanten;
- bei Fenstern und Türen: Laibungen (umlaufend);
- Wand- und Deckeneinbindungen;
- Deckenaufleger;
- wärmetechnisch entkoppelte Balkonplatten.

Diese Beschreibung der "zu berücksichtigenden Wärmebrücken" findet sich nochmals, wenn auch mit etwas abgewandeltem einleitendem Text unter 6.1.2 für das Monatsbilanzverfahren wieder.

6.1.2 Berücksichtigung der Wärmebrücken

Für den wärmetechnischen Nachweis sind entweder die pauschalen Werte nach 5.5.2 zu verwenden oder es ist nach vorgenannten genaueren Berechnungsverfahren (mit Ψ -Werten) zu rechnen. Dabei müssen nach der Periodenbilanzierung folgende Wärmebrücken berücksichtigt werden:

- Gebäudekanten;
- bei Fenstern und Türen: Laibungen (umlaufend);
- Wand- und Deckeneinbindungen;
- Deckenaufleger;

- *wärmetechnisch entkoppelte Balkonplatten.*

Grundsätzlich ist hier anzumerken, dass Begriffe wie Gebäudekanten, Wand- und Deckeneinbindungen sowie Deckenaufleger Oberbegriffe darstellen, während für Fensteranschlüsse eine „eindeutige“- einschränkende - Beschreibung gewählt wird.

DIN V 4108-6 :1995-04 führt unter dem Begriff „energetisch wirksame Wärmerbrücken“ explizit Rollladenkästen (schwachgedämmt) auf. In der 1995 Fassung und allen nachfolgenden Ausgaben taucht dieser Begriff nicht mehr auf. Hier wird, als Grundlage der ΔU_{WB} -Berechnung – wenn dieser Absatz denn so zu interpretieren ist – bei den Wärmebrücken von Fenstern beschrieben, dass nur mit dem Ψ -Wert der Fensterlaibung (umlaufend) zu rechnen ist. Fenstersturz, Rollladenkasten sowie Brüstung werden nicht berücksichtigt. In Beiblatt 2 sind diese Anschlussdetails jedoch dargestellt und weisen im Vergleich zu den Fensterlaibungen die größeren Referenzwerte auf.

Abzuleitender Handlungsbedarf für DIN V 4108-6 bzw. DIN V 18599:

- ΔU_{WB} muss durch eine Bestimmungsgleichung definiert werden.
- Es muss präzise(r) beschrieben werden, welche Typen von Anschlussdetails Grundlage eines Einzelnachweises sind sowie Grundlage der Ermittlung von ΔU_{WB} sind.
- Bedeutende Wärmebrücken wie Rollladenkasten, Fenstersturz und Fensterbrüstung müssen in die Bewertung einbezogen werden.
- Die max. Anzahl zu bilanzierender Wärmebrücken sollte beschränkt werden. Dies könnte Beispielsweise durch eine „Negativliste“ (Tabelle) geschehen.

Zur Diskussion: Bauartspezifische Differenzierung von ΔU_{WB} ?

Die EnEV sieht bisher keine bauartspezifische bzw. vom Wärmeschutzniveau abhängige Differenzierung bei der Anwendung des pauschalen Wärmebrückenkorrekturwerts (ΔU_{WB}) vor. Es ist zu prüfen, ob eine solche Differenzierung im Sinne der EnEV sinnvoll bzw. gewünscht ist. Es ergäbe sich daraus die Notwendigkeit, anhand eines/mehrerer Mustergebäude(s) die bauartspezifischen Unterschiede zu ermitteln und daraus differenzierte ΔU_{WB} -Werte abzuleiten.

3.2.3.3.2 Ermittlung/Festlegung der normativen Vorgabe für ΔU_{WB}

Für die zukünftige Ermittlung/Festlegung der normativen Vorgabe für ΔU_{WB} , ist es erforderlich ein oder ggf. mehrere Referenzgebäude für die Bestimmung der Einflusslängen festzulegen und entsprechende Berechnungen durchzuführen.

Es erscheint sinnvoll, dies(e) Referenzgebäude durch den Normenkreis "Wärmetransport" festzulegen. Ebenso ist es erforderlich, die Anschlussdetails die dem ΔU_{WB} -Wert zu Grunde liegen, festzuschreiben.

3.2.3.3.3 Pauschaler Bilanzierungsansatz nach EnEV

Die EnEV 2002/2007 beschreibt unter Punkt 2.5 bzw. Anlage 1, Punkt 2.5 "Wärmebrücken" das Verfahren für den pauschalen Ansatz folgendermaßen:

2.5 Wärmebrücken

Wärmebrücken sind bei der Ermittlung des Jahres-Heizwärmebedarfs auf eine der folgenden Arten zu berücksichtigen:

- Berücksichtigung durch Erhöhung der Wärmedurchgangskoeffizienten um $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ für die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche,
- bei Anwendung von Planungsbeispielen nach DIN 4108 Bbl 2 : 1998-08 Berücksichtigung durch Erhöhung der Wärmedurchgangskoeffizienten um $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ für die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche,
- durch genauen Nachweis der Wärmebrücken nach DIN V 4108 - 6: 2000-11 in Verbindung mit weiteren anerkannten Regeln der Technik

Soweit der Wärmebrückeneinfluss bei Außenbauteilen bereits bei der Bestimmung des Wärmedurchlasskoeffizienten U berücksichtigt worden ist, darf die wärmeübertragende Umfassungsfläche A bei der Berücksichtigung des Wärmebrückeneinflusses nach Buchstabe a, b oder c um die entsprechende Bauteilfläche vermindert werden.

Unter Punkt c wird hier für den "genauen Nachweis" auf DIN V 4108-6 in Verbindung mit weiteren anerkannten Regeln der Technik verwiesen. Diese Festlegungen sind, bis auf redaktionelle Abweichungen, identisch mit DIN 4108-6 bzw. DIN V 18599-2.

3.2.3.3.4 Bilanzierung von H_{WB} bzw. ΔU_{WB} in DIN V 18599-2

Bei Wärmebrücken, deren System mit mehr als zwei Temperaturrendbedingungen beschrieben werden muss (z.B. Sockelanschluss, unbeheizter Keller), ist der Temperaturkorrekturfaktor der die gegenüber der Außenluft abweichende Temperaturdifferenz berücksichtigt, bereits im Ψ -Wert des Details enthalten. Im pauschalen ΔU_{WB} -Wert sind diese temperaturgewichteten Einflüsse bereits enthalten.

DIN V 18599 verfolgt (Zonierung) im Gegensatz zur DIN V 4108-6 einen abweichenden Bilanzierungsansatz.

Ansatz nach DIN V 18599-2:

$$Q_T = \sum_j H_{T,j} (\vartheta_i - \vartheta_j) \cdot t$$

$$H_{T,D} = \Sigma (U_j A_j) + \Delta U_{WB} \Sigma A_j$$

Ansatz nach DIN V 4108-6:

$$Q_{I,HP} = F_{GT} (H_T + H_V)$$

$$H_T = \Sigma (F_{x,i} \cdot U_i \cdot A_i) + H_{WB}$$

Der Temperaturkorrekturfaktor F_x ist im Term $\Sigma (U_j A_j)$ nicht mehr enthalten; der Einfluss einer abweichenden Temperaturdifferenz wird erst bei der Bestimmung von Q_T (Zone) berücksichtigt und wirkt somit auf $U_j A_j$ und ΔU_{WB} . Das hat zur Folge, dass für ΔU_{WB} die "Temperaturkorrektur" doppelt vorgenommen wird.

Hieraus liegt rein formal ein Bilanzfehler vor. Der Einfluss sollte ggf. untersucht werden, bzw. der Ansatz per normativer Festlegung "vereinfachend" zugelassen werden.

Bei üblichen Gebäuden, mit überwiegend an die Außenluft grenzenden Bauteilen ist der Einfluss mit hoher Wahrscheinlichkeit sehr gering. Bei mehrzonigen Gebäuden mit stark abweichenden Temperaturen zwischen den Zonen und der Außenluft kann/darf der Wärmebrückenverlust nur über $\sum \Psi_i \cdot \ell$ erfolgen.

3.2.3.3.5 Erdreich berührte Bauteile nach DIN-V 4108-6:2003-06 bzw. DIN EN ISO 13370:1998-12

Bei der Bewertung erdreichberührter Bauteile kommt es immer wieder zu Interpretationsschwierigkeiten dergestalt, dass nicht eindeutig ersichtlich ist, welche Wärmebrückeneffekte bereits durch den Berechnungsansatz abgedeckt sind.

Die geometrischen Wärmebrückeneffekte des 2- bzw. 3-dimensionalen Wärmeflusses sind im jeweiligen Ansatz der DIN EN ISO 13370 enthalten, nicht jedoch die konstruktiven Besonderheiten der Detailausbildung. Diese beiden Anteile überlagern sich jedoch zwangsläufig. Um nun einen "korrekten" Ψ -Wert zu ermitteln, ist es erforderlich, diesen "Überlagerungsanteil" herauszurechnen. Das Verfahren ist im Anhang A unter Punkt A.2 – mehr oder weniger verständlich – beschrieben. Der hierfür notwendige Verfahrensaufwand ist beträchtlich und das Prozedere ist fehleranfällig. Auf die Behandlung der Fälle Fundamentanschluss im Keller sowie Innenwandeinbindung wird nicht eingegangen.

Für das detaillierte Berechnungsverfahren nach DIN V 4108-6 Punkt 6.1.3.1 wird bei der Definition für L_D und H_u jeweils der Wärmebrückeneinfluss mit bilanziert (Gl. 33 u. 34).

Bei der Bestimmung des thermischen Leitwertes L_s (Erdreich) wird auf den Anhang E verwiesen. In Gleichung E.2 und auch in allen weiteren Teilen des Anhangs E findet sich kein Hinweis, wie der im Anhang A, Punkt A.2 beschriebene "konstruktive" Ψ -Wert zu berücksichtigen ist (siehe vorheriger Absatz).

DIN EN ISO 13370 lässt in Anhang A die Bestimmung des Wärmestromes über Erdreich mit Hilfe numerischer Verfahren zu. Speziell der unter Absatz b gemachte Ansatz einer 2dimensionalen Berechnung in Verbindung mit dem charakteristischen Bodenplattenmaß B' erscheint untersuchenswert. Die in der Einleitung in Absatz 2 gemachte Aussage

“Die Berechnung der Wärmeübertragung über das Erdreich kann durch numerische Berechnungen erfolgen, was außerdem eine Analyse von Wärmebrücken, einschließlich solcher durch Verbindungsstellen zwischen Wand und Bodenplatte, zur Ermittlung der niedrigsten Temperaturen von Innenflächen ermöglicht.“

stützt diesen Ansatz. Eine Wärmebrückenberechnung wäre sowieso für die Ermittlung des oben beschriebenen Randeinflusses erforderlich.

Es ergibt sich somit folgender Handlungsbedarf:

- Abbildungen überarbeiten. Ggf. den Anhang E der DIN V 4108-6 damit ausstatten (betrifft die Bilder 1 bis 6; speziell Bild 3 ist unverständlich)

- Bessere Beschreibung der Vorgehensweise bei den unterschiedlichen Bilanzierungsmodellen ist erforderlich
- Definition einer für alle Verfahren anwendbaren/zulässigen ΔU_{WB} -Wert-Regel
- Verfahrensbeschreibung für die Wärmeübertragung über das Erdreich mit Hilfe numerischer Berechnungen (siehe Absatz 2 der Einleitung DIN EN ISO 13370 und Anhang A Absatz b) wenn nicht mit ΔU_{WB} nachgewiesen durch direkte Ermittlung von L_s .

3.2.3.3.6 Erdreich berührte Bauteile nach DIN EN ISO 13370:2008-12

DIN EN ISO 13370 liegt seit Dezember 2008 in einer neuen Fassung vor. Die Grundlegenden Änderungen sind nachfolgend aufgeführt. Die Grundlegenden Änderungen finden sich im Vorwort

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 13370:2007) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 163 „Thermal performance and energy use in the built environment“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom SIS gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2008, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2008 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 13370:1998.

Eine Zusammenfassung der wichtigsten Änderungen der Abschnitte, die fachlich überarbeitet wurden, ist unten angegeben:

- *Abschnitt 4 enthält eine Überarbeitung des ehemaligen Anfangs von Anhang A zur Erläuterung der Ziele der Norm. Der übrige Anhang A wurde in die EN ISO 10211 übernommen;*
- *In 7.2 ist die Tabelle mit den längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten gestrichen. Es wird jetzt anerkannt, dass die Verbindungsstelle zwischen Wand und Bodenplatte häufig berechnet werden muss, wie es auch für weitere Wärmebrückenbildungsprozesse gilt;*
- *9.1 beinhaltet eine alternative Gleichung für gut gedämmte Bodenplatten;*
- *Anhang A beinhaltet Gleichungen für Kühlanwendungen;*
- *In Anhang B wurden geringfügige Überarbeitungen des Textes zu den randgedämmten Bodenplatten durchgeführt;*
- *Anhang F (früherer Anhang C) ist in einen informativen Anhang geändert worden.*

sowie in Abschnitt Berechnungsmethoden

4 Berechnungsmethoden

Die Wärmeübertragung über das Erdreich ist gekennzeichnet durch:

- *Wärmestrom, bezogen auf die Bodenfläche, in Abhängigkeit der Bodenkonstruktion;*

- Wärmestrom, bezogen auf den Bodenumfang, in Abhängigkeit von Wärmebrücken am Bodenrand;
- jährlichen Wärmestrom, ebenfalls auf den Bodenumfang bezogen, als Ergebnis der thermischen Masse auf den Boden.

Der stationäre oder jährliche Mittelwert der Wärmeübertragung muss nach einer der nachfolgenden Methoden berechnet werden:

- a) Einer vollständigen dreidimensionalen numerischen Berechnung, deren Ergebnis sich direkt auf die betrachtete Bodenplatte bezieht. Die Berechnungen sind nach ISO 10211 durchzuführen. Das Ergebnis gilt nur für die tatsächlich modellierten Bodenplattenmaße.
- b) Einer zweidimensionalen numerischen Berechnung unter Anwendung einer Bodenplatte, die unendlich lang ist und deren Breite dem charakteristischen Bodenplattenmaß entspricht (Bodenplattenfläche, geteilt durch den halben Bodenplattenumfang, siehe 8.1). Die Berechnungen sind nach ISO 10211 durchzuführen. Das Ergebnis ist auf die Bodenplatten anwendbar, die das modellierte charakteristische Maß aufweisen.

ANMERKUNG Üblicherweise treten die größten Wärmeströme in der Nähe der Ränder der Bodenplatten auf; in den meisten Fällen ergeben sich durch die Umwandlung der dreidimensionalen Herangehensweise in eine zweidimensionale Herangehensweise, bei der die Breite des Gebäudes als charakteristisches Maß der Bodenplatte angesetzt wird, nur kleine Fehler.

- c) Der nach den in dieser Norm angegebenen Gleichungen berechneten flächenbezogenen Wärmeübertragung (siehe Abschnitt 9), zusammen mit der mittels einer zweidimensionalen numerischen Berechnung nach ISO 10211 erhaltenen randbezogenen Wärmeübertragung.
- d) Der nach den in dieser Norm angegebenen Gleichungen berechneten flächenbezogenen Wärmeübertragung (siehe Abschnitt 9), zusammen mit den z. B. mittels der Tabellen nach ISO 14683 erhaltenen randbezogenen Koeffizienten.

Für c) und d) ergibt sich die stationäre Komponente der Wärmeübertragung nach Gleichung (1):

$$H_g = (A \cdot U) + (P \cdot \Psi_g) \quad (1)$$

wobei Ψ_g in Fall c) durch numerische Berechnung oder in Fall d) mit Hilfe einer Wertetabelle bestimmt wird. In beiden Fällen ist das Verfahren auf Bodenplatten jeglicher Größe oder Form anwendbar. U hängt von der Bodenplattengröße ab, Ψ_g ist jedoch von den Bodenplattenmaßen unabhängig.

Die Gleichung (1) wird im Fall einer Fußbodenheizung (siehe 9.3.4) und im Fall der Anwendung von Anhang B (siehe B.1) modifiziert.

Für jährlichen periodischen Wärmestrom siehe 7.3 und Anhang A.

Die zur vorherigen Normenfassung gemachten Anmerkungen gelten, sofern sich keine grundlegende Änderungen in den jeweiligen Einzelnormen ergeben haben, sinngemäß.

3.2.4 Energetischer Luftwechsel

3.2.4.1 Bestimmung der Lüftungswärmesenken gemäß DIN V 18599

Die Lüftungswärmesenken Q_v - oder bei entsprechender "umgekehrter" Temperaturdifferenz die Lüftungswärmequellen - gemäß DIN V 18599 setzen sich zusammen aus den Anteilen für

- Infiltration von Außenluft $Q_{v,inf}$

- Fensterlüftung $Q_{V,win}$
- Maschinelle Lüftung (Kälte- oder Wärmeeinträge) $Q_{V,mech}$
- Luftaustausch von/zu anderen Zonen $Q_{V,z}$

Der Luftaustausch zwischen Zonen ist dabei in der Regel zu null zu setzen, da er nur bei hohem Luftwechsel anzusetzen ist, z.B. bei Abluftanlagen mit Ansaugung der Luft aus einer anderen Zone.

Die Anteile der Lüftungswärmesenken werden dabei jeweils bestimmt über den Lüftungswärmetransferkoeffizienten $H_{V,k}$, die Temperaturdifferenz der Bilanz-Innentemperatur der Zone ϑ_i und der eindringenden Luft ϑ_k sowie der Dauer des Berechnungsschrittes ($t = 24$ h im Falle der Tagesbilanz). Der Index k steht für die Anteile der Lüftungswärmesenken, d.h. Infiltration, Fensterlüftung, maschinelle Lüftung sowie interzonaler Luftaustausch.

$$Q_V = \sum_k H_{V,k} (\vartheta_i - \vartheta_k) t \quad \text{bei } \vartheta_i > \vartheta_k \text{ Wärmesenke} \quad (10)$$

Der Lüftungswärmetransferkoeffizient $H_{V,k}$ wird aus dem mittleren Volumenstrom bzw. dem Produkt aus mittlerem Luftwechsel n_k und Volumen der Gebäudezone V , der spezifischen Wärmekapazität $c_{p,a}$ und der Dichte der Luft ρ_a berechnet. Dabei ist ($c_{p,a} \rho_a$) zu $0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K})$ zu setzen.

$$H_{V,k} = n_k V c_{p,a} \rho_a = n_k V 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K}) \quad (11)$$

Der **Infiltrationsluftwechsel** wird in Abhängigkeit der Gebäudedichtheit als Tagesmittelwert bestimmt. Als Maß für die Gebäudedichtheit gilt dabei der gemessene Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz n_{50} . Für Gebäude ohne erfolgte bzw. beabsichtigte Dichtheitsprüfung sind Standardwerte festgelegt, siehe nachfolgende Tabelle. Für Wohngebäude allgemein und für Nichtwohngebäude ohne mechanische Lüftung gilt bei einem Standardwert für den Windschutzkoeffizienten von $e_{wind} = 0,07$ (entspricht gemäß DIN EN ISO 13790 einer halbfreien Lage mit mehr als einer dem Wind ausgesetzten Fassade).

$$n_{inf} = n_{50} e_{wind} = n_{50} 0,07 \quad (12)$$

Tabelle 5: n_{50} -Bemessungswerte (Standardwerte für ungeprüfte Gebäude).

Kategorien zur pauschalen Einschätzung der Gebäudedichtheit			Bemessungswert $n_{50} [\text{h}^{-1}]$
I	vorgesehene Dichtheitsprüfung und Einhaltung der Anforderungen nach DIN 4108-7	a) ohne raumluftechnische Anlagen (Anforderung $n_{50} \leq 3 \text{ h}^{-1}$)	2
		b) mit raumluftechnischer Anlage (Anforderung $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$)	1
II	zu errichtende Gebäude oder Gebäudeteile ohne Dichtheitsprüfung		4
III	Fälle, die nicht den Kategorien I, II oder IV entsprechen		6
IV	Vorhandensein offensichtlicher Undichtheiten		10

Kann die Einstufung in o. g. Kategorien nicht eindeutig qualifiziert vorgenommen werden, muss eine Dichtheitsprüfung zur Bestimmung des n_{50} -Wertes erfolgen.

Der **Fensterluftwechsel** ist als Tagesmittelwert aus dem vorgegebenen nutzungsbedingt notwendigen Außenluftwechsel zu bestimmen. Dieser ist gemäß DIN V 18599-10 mit $n_{\text{Nutz}} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ festgelegt. Bei bedarfsgeführten Systemen (WLA mit geeigneter nutzerunabhängiger Führungsgröße) kann n_{Nutz} mit $0,45 \text{ h}^{-1}$ angesetzt werden. Anzurechnen ist dabei eine Verminderung des Fensterluftwechsels in Abhängigkeit der Infiltration. Bei Gebäudezonen mit mechanischen Lüftungsanlagen mit Zuluft ist der Fensterluftwechsel zusätzlich um den Luftwechsel der Lüftungsanlage zu reduzieren. Soweit in der Gebäudezone Durchlässe zur Außenluft vorhanden sind, ist unabhängig von Infiltrations- und Anlagenluftwechsel ein Mindestwert von $0,1 \text{ h}^{-1}$ für den Fensterluftwechsel anzusetzen. Für Wohnungslüftung ($t_{\text{Nutz}} = 24 \text{ h}$) ohne mechanische Lüftung gilt dabei

$$n_{\text{win}} = 0,1 \text{ h}^{-1} + \Delta n_{\text{win}} t_{\text{Nutz}} / 24 \text{ h} = 0,1 \text{ h}^{-1} + \Delta n_{\text{win}} \quad (13)$$

Bei Einsatz einer Wohnungslüftungsanlage WLA ergibt sich mit $t_{v,\text{mech}} = t_{v,\text{op,d}} = 24 \text{ h}$ gemäß DIN V 18599-10

$$n_{\text{win}} = 0,1 \text{ h}^{-1} + \Delta n_{\text{win,mech}} t_{v,\text{mech}} / 24 \text{ h} = 0,1 \text{ h}^{-1} + \Delta n_{\text{win,mech}} \quad (14)$$

Der zusätzliche Fensterluftwechsel Δn_{win} bzw. $\Delta n_{\text{win,mech}}$ ergibt sich bei nutzungsbedingten Mindestaußenluftwechseln $< 1,2 \text{ h}^{-1}$, wie sie in Wohngebäuden üblich sind, gemäß den folgenden Gleichungen, wobei für Wohngebäude gilt: $f_{v,\text{mech}} = 0$ und $n_{\text{inf}} = n_{50} e_{\text{wind}}$.

$$\Delta n_{\text{win}} = \Delta n_{\text{win,mech}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0,2 \text{ h}^{-1}) / \text{h}^{-1} n_{\text{inf}} - 0,1 \text{ h}^{-1} \quad \text{Fensterlüftung oder Abluftanlage} \quad (15)$$

$$\Delta n_{\text{win,mech}} = 0 \quad \text{Zu-/Abluftanlage} \quad (16)$$

Dabei wird für die Abluftanlage angenommen, dass der nutzungsbedingte Mindestluftwechsel nicht durch die Zuluft der WLA und durch Infiltration gedeckt und der notwendige Frischluftwechsel über den Fensterluftwechsel ergänzt wird (entspricht gemäß DIN V 18599-2 Fall b-1, d.h. $\Delta n_{\text{win,mech}} = \Delta n_{\text{win,mech,0}}$ und $n_{\text{ZUL}} = 0$). Bei der Zu-/Abluftanlage wird angenommen, dass die Zuluft durch die WLA und z.T. die Infiltration den nutzungsbedingten Mindestaußenluftwechsel decken, zum Ausgleich des Abluftvolumenstroms ist keine zusätzliche Nachströmung erforderlich (entspricht gemäß DIN V 18599-2 Fall a-1, d.h. $\Delta n_{\text{win,mech}} = 0$).

Der **mittlere Anlagenluftwechsel** ist die über den Tag gemittelte durch die Lüftungsanlage in die Gebäudezone eingebrachte Zuluftmenge, bezogen auf das austauschbare Luftvolumen der Zone. Die Randbedingungen sind gemäß DIN V 18599-10 vorgegeben. Sofern keine bedarfsgeführte Wohnungslüftungsanlage vorliegt gelten folgende Werte

$$n_{\text{mech}} = n_{\text{mech,ZUL}} = 0 \quad \text{Fensterlüftung oder Abluftanlage} \quad (17)$$

$$n_{\text{mech}} = 0,4 \text{ h}^{-1} \quad \text{Zu-/Abluftanlage} \quad (18)$$

In der nachfolgenden Tabelle sind die Randbedingungen gemäß DIN V 18599-10, welche für Wohnungslüftung relevant sind, zusammengefasst.

Tabelle 6: Nutzungsrandbedingungen für Wohngebäude gemäß DIN V 18599-10, Auszug Gebäudelüftung.

Kenngroße	Randbedingung	Größe
Nutzungszeiten	Nutzungszeit: 0:00 bis 24:00 Uhr tägliche Betriebszeit WLA: 0:00 bis 24:00 Uhr	$t_{\text{nutz}} = 24 \text{ h/d}$ $t_{\text{rv,op,d}} = 24 \text{ h/d}$
nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel	nicht bedarfsgeführt: $n_{\text{nutz}} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ bedarfsgeführt: $n_{\text{nutz}} = 0,45 \text{ h}^{-1}$	$n_{\text{nutz}} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ $n_{\text{nutz}} = 0,45 \text{ h}^{-1}$
mittlerer Anlagenluftwechsel	nicht bedarfsgeführt: $n_{\text{mech}} = 0,4 \text{ h}^{-1}$ bedarfsgeführt: $n_{\text{mech}} = 0,35 \text{ h}^{-1}$	$n_{\text{mech}} = 0,4 \text{ h}^{-1}$ $n_{\text{mech}} = 0,35 \text{ h}^{-1}$

Fasst man die Luftwechsel der jeweiligen Anteile an den Lüftungswärmesenken, d.h. Infiltration, Fensterlüftung und mechanische Lüftung zusammen, so ergibt sich der Gesamtluftwechsel n_{ges} . In den nachfolgenden Diagrammen ist dies dargestellt, bezogen auf die Kenngröße der Gebäudedichtheit n_{50} . Dabei gelten folgende Randbedingungen: ausschließlich Wohnungslüftung, Bemessungswerte der Gebäudedichtheit gemäß DIN V 18599-2.

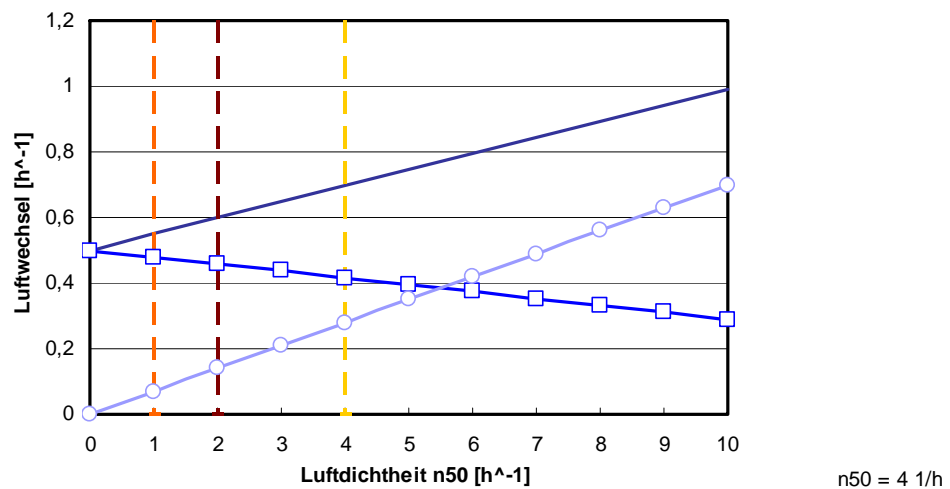


Bild 14: Gesamtluftwechsel und anteilige Luftwechsel für Wohngebäude - Fensterlüftung und Abluftanlage.

Im Diagramm dargestellt ist der resultierende Gesamtluftwechsel n_{ges} als Summe aus Fensterluftwechsel n_{win} und Infiltrationsluftwechsel n_{inf} . Aufgetragen sind diese über dem n_{50} -Wert. Die Standardwerte für die Kategorien I und II sind als senkrechte Linien dargestellt, d.h. für Gebäude mit und ohne Lüftungsanlage sowie mit und ohne Dichtheitsprüfung.

Für Zu-/Abluftanlagen entfallen die Bemessungswerte für den n_{50} -Wert der Fensterlüftung, hinzu kommt jedoch der mittlere Anlagenluftwechsel der mechanischen Lüftung n_{mech} . Wie den oben genannten Gleichungen zu entnehmen ist, wird nun der Fensterluftwechsel n_{win} mit einem kon-

stanten Wert von $0,1 \text{ h}^{-1}$ angesetzt, der Infiltrationsluftwechsel entspricht dem vorherigen Diagramm.

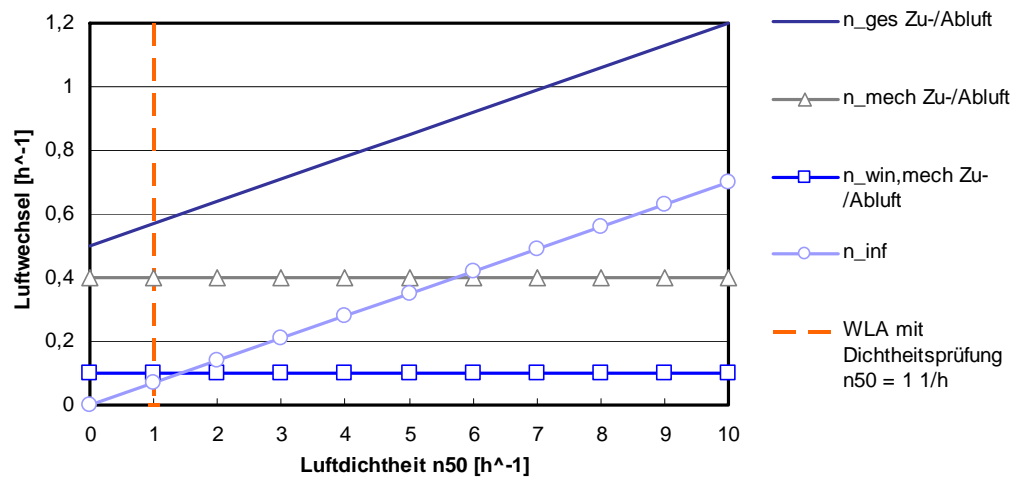


Bild 15: Gesamtluftwechsel und anteilige Luftwechsel für Wohngebäude - Zu-/Abluftanlage.

Fasst man die Werte zusammen und setzt die tabellierten Bemessungswerte für den n_{50} -Wert an, so ergeben sich die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Werte. Zusätzlich aufgenommen ist der rechnerische Luftwechsel, welcher in den bisherigen Berechnungsnormen DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 in Ansatz gebracht wurde. Im Fall der Fensterlüftung und der Abluftanlagen ergeben sich gegenüber der bisherigen Berechnungsverfahren praktisch keine Änderungen im anzusetzenden rechnerischen Gesamtluftwechsel, bei Zu-/Abluftanlagen liegt der Wert in DIN V 18599 geringfügig niedriger.

Tabelle 7: Rechenwerte der Luftwechsel für Wohngebäude gemäß DIN V 18599-2.

Wohnnutzung	Infiltration	Fenster	Anlage	gesamt	DIN V 4108-6 DIN V 4701-10
Freie Lüftung ohne Dichtheitsprüfung	$n_{50} = 4 \text{ h}^{-1}$ (Kategorie II) $n_{inf} = 0,28 \text{ h}^{-1}$	$\Delta n_{win} = 0,316 \text{ h}^{-1}$ $n_{win} = 0,416 \text{ h}^{-1}$	-	$n_{ges} = 0,696 \text{ h}^{-1}$	$n_{ges} = 0,7 \text{ h}^{-1}$
Freie Lüftung mit Dichtheitsprüfung	$n_{50} = 2 \text{ h}^{-1}$ (Kategorie Ia) $n_{inf} = 0,14 \text{ h}^{-1}$	$\Delta n_{win} = 0,358 \text{ h}^{-1}$ $n_{win} = 0,458 \text{ h}^{-1}$	-	$n_{ges} = 0,598 \text{ h}^{-1}$	$n_{ges} = 0,6 \text{ h}^{-1}$
Abluftanlage	$n_{50} = 1 \text{ h}^{-1}$ (Kategorie Ib) $n_{inf} = 0,07 \text{ h}^{-1}$	$\Delta n_{win,mech,0} = 0,379 \text{ h}^{-1}$ $\Delta n_{win,mech} = 0,379 \text{ h}^{-1}$ $n_{win} = 0,479 \text{ h}^{-1}$	$n_{mech} = 0 \text{ h}^{-1}$	$n_{ges} = 0,549 \text{ h}^{-1}$	$n_{ges} = 0,55 \text{ h}^{-1}$
Zu-/Abluftanlage	$n_{50} = 1 \text{ h}^{-1}$ (Kategorie Ib) $n_{inf} = 0,07 \text{ h}^{-1}$	$\Delta n_{win,mech,0} = 0,379 \text{ h}^{-1}$ $\Delta n_{win,mech} = 0 \text{ h}^{-1}$ $n_{win} = 0,1 \text{ h}^{-1}$	$n_{mech} = 0,4 \text{ h}^{-1}$	$n_{ges} = 0,57 \text{ h}^{-1}$	$n_{ges} = 0,6 \text{ h}^{-1}$

3.2.4.2 Berechnung der Infiltration und Kennwert Gebäudedichtheit

Dieser Abschnitt behandelt die Überarbeitung des Ansatzes für die Quantifizierung der Infiltration infolge Undichtheiten, v.a. vor dem Hintergrund energetisch verbesserter Gebäudestandards und dem Einsatz von Wohnungslüftungsanlagen.

Dem Normenkreis lag hierzu ein Vorschlag vor, den Berechnungsansatz für die Behandlung der Infiltration zu überarbeiten. Weiterhin wurde v.a. für kompakte Gebäude (Hallengebäude) empfohlen, über den Kennwert der Gebäudedichtheit n_{50} (Luftvolumenbezogener Leckageluftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz) hinaus auch den hüllflächenbezogenen Messwert q_{50} für die Berechnung zuzulassen, da dieser Wert gerade große Gebäude besser abbildet. Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurden für den neuen Berechnungsansatz der Infiltration Beispielrechnungen durchgeführt.

Der Berechnungsansatz kann wie in der folgenden Abbildung aufgeführt formelmäßig zusammengefasst werden [Hartmann2010]¹⁰. Dort ist der bisherige und der neue Ansatz gegenübergestellt.

Bisheriger Ansatz	Neuer Vorschlag
<p>Gleichung (60)</p> $n_{\text{Inf}} = n_{50} * e_{\text{wind}} * (1 + f_{v,\text{mech}} * t_{v,\text{mech}}/24)$	<p>Gleichung (60)</p> $n_{\text{Inf}} = n_{50} * e * f_{\text{ATD}} * (1 + (f_e - 1) * t_{v,\text{mech}}/24 \text{ h})$ <p>mit f_{ATD}... Koeffizient für ALD</p> <p>Gleichung (60a) ohne ALD: $f_{\text{ATD}} = 1$</p> <p>Gleichung (60b) mit ALD: $f_{\text{ATD}} = \min(16; (n_{50} + 1,5h^{-1})/n_{50})$</p>
<p>Gleichung (61) für balanciert: $f_{v,\text{mech}} = 0$</p>	<p>Gleichung (61):</p> $f_e = 1 / (1 + f / e * ((n_{\text{Abl}} - n_{\text{Zul}})/(n_{50} * f_{\text{ATD}}))^2)$
<p>Gleichung (62) für $n_{\text{Zul}} > n_{\text{Abl}}$:</p> $f_{v,\text{mech}} = 1 / (1 + f_{\text{wind}}/e_{\text{wind}} * ((n_{\text{Zul}} - n_{\text{Abl}})/n_{50})^2) - 1$	<p>evtl. vereinfacht für balanciert ($n_{\text{Abl}} = n_{\text{Zul}}$): $f_e = 1$ und $n_{\text{Inf}} = n_{50} * e * f_{\text{ATD}}$ (Gl. (62) und (63) entfallen)</p>
<p>Gleichung (63) für $n_{\text{Zul}} < n_{\text{Abl}}$:</p> $f_{v,\text{mech}} = 1 - 1 / (1 + f_{\text{wind}}/e_{\text{wind}} * ((n_{\text{Zul}} - n_{\text{Abl}})/n_{50})^2)$	
<p>für Wohnungslüftung: $f_{v,\text{mech}} = 0$</p>	<p>für Wohnungslüftung: f_e nach Gleichung (61)</p>
<p>> 1 Fassade, halbfreie Lage $f_{\text{wind}} = 15 / e_{\text{wind}} = 0,07$</p>	<p>> 1 Fassade, normale Lage $f = 15 / e = 0,07$</p>

Bild 16: Vorschlag zur Berechnung der Infiltration in DIN V 18599-2 [Hartmann2010].

Im vorgeschlagenen neuen Berechnungsansatz ist die Einführung eines Parameters für die Berücksichtigung von Außenluftdurchlässen (ALD, en: air transfer device, Index ATD) enthalten sowie eine Anpassung des Faktors $f_{v,\text{mech}}$ (neue Bezeichnung f_e) zur Bewertung der durch die mechanische Lüftungsanlage vermehrten oder verminderten Infiltration. Weiterhin wird als redaktionelle Änderung bei den Windschutzkoeffizienten e_{wind} und f_{wind} jeweils der Index gestrichen (Anpassung an Begleitnormen). Die Änderungen bei der Bestimmung des Korrekturfaktors wirken sich in erster Linie auf nicht balancierte Systeme aus, bei denen gilt: $n_{\text{Zul}} \neq n_{\text{Abl}}$.

In der folgenden Abbildung sind beispielhafte Berechnungsergebnisse für Wohnungslüftung graphisch dargestellt. Dabei enthält das linke Diagramm die Ergebnisse für eine reine Abluftanlage ($n_{\text{Zul}} = 0$ und $n_{\text{Abl}} = 0,4 \text{ h}^{-1}$) das rechte Diagramm stellt eine reine Zuluftanlage dar ($n_{\text{Zul}} = 0,4 \text{ h}^{-1}$

¹⁰ [Hartmann2010] Hartmann, T: Vorschlag zur Berechnung der Infiltration in DIN V 18599-2_2010. Vorlage Normenausschuss NA 041 (T. Hartmann, ITG Dresden), Oktober 2010.

und $n_{Abl} = 0$). Ähnliche Ergebnisse würde sich für Zu-/Abluftanlagen mit einer Zu- oder Abluftüberschuss in gleicher Größenordnung ergeben (Betrag Differenz, d.h. $|n_{Zul} - n_{Abl}| = 0,4 \text{ h}^{-1}$). Als weitere Randbedingungen ist eine ganztägige Nutzung bzw. Betriebszeit der Lüftungsanlage ($t_{Nutz} = t_{v,mech} = 24 \text{ h/d}$), ein nutzungsbedingter Luftwechsel von $n_{Nutz} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ sowie ein mechanischer Luftwechsel von $n_{mech} = 0,4 \text{ h}^{-1}$ hinterlegt.

Dargestellt ist - aufgetragen über dem Kennwert n_{50} - jeweils der Infiltrationsluftwechsel nach bisherigem Ansatz (n_{inf}), informativ der Fensterluftwechsel nach bisherigem Ansatz (n_{win}) sowie nach neuem Berechnungsansatz der Infiltrationsluftwechsel ohne Außenluftdurchlässe (n_{inf_neu} ohne ALD) sowie mit Außenluftdurchlässen (n_{inf_neu} mit ALD) es zeigt sich für die Abluftanlage eine starke Absenkung des Infiltrationsluftwechsels, bei der Zuluftanlage sind die Werte für beide Ansätze ohne ALD gleich, mit ALD ergibt sich eine Anhebung des Wertes.

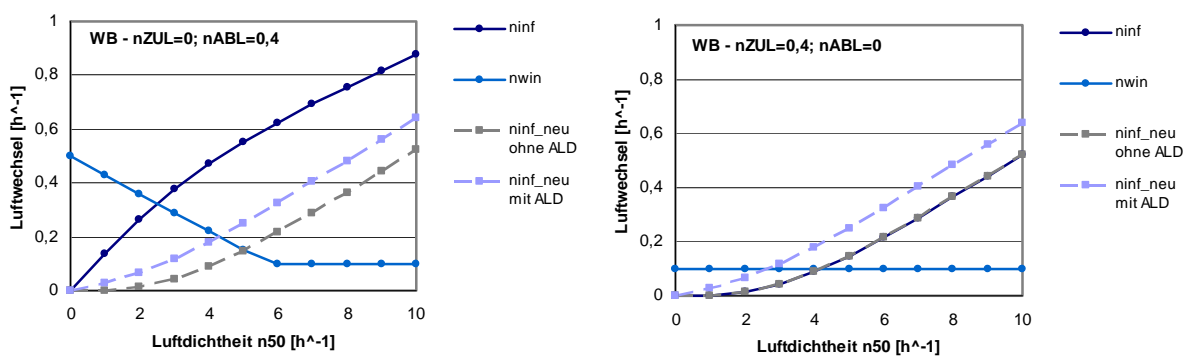


Bild 17: Einfluss der Änderung der Infiltrationsberechnung für Wohngebäude.

Eine analoge Auftragung für Nichtwohngebäude ist in der nachfolgenden Abbildung enthalten. Dabei gelten für die Randbedingungen: $t_{Nutz} = t_{v,mech} = 12 \text{ h/d}$, $n_{Nutz} = 1,5 \text{ h}^{-1}$ und $n_{mech} = 0,4 \text{ h}^{-1}$. Für die reine Abluftanlage links ist die Absenkung des Infiltrationsluftwechsel im Vergleich zur Wohnungslüftung nicht so stark ausgeprägt, für die Zuluftanlage zeigen sich ähnliche Verläufe.

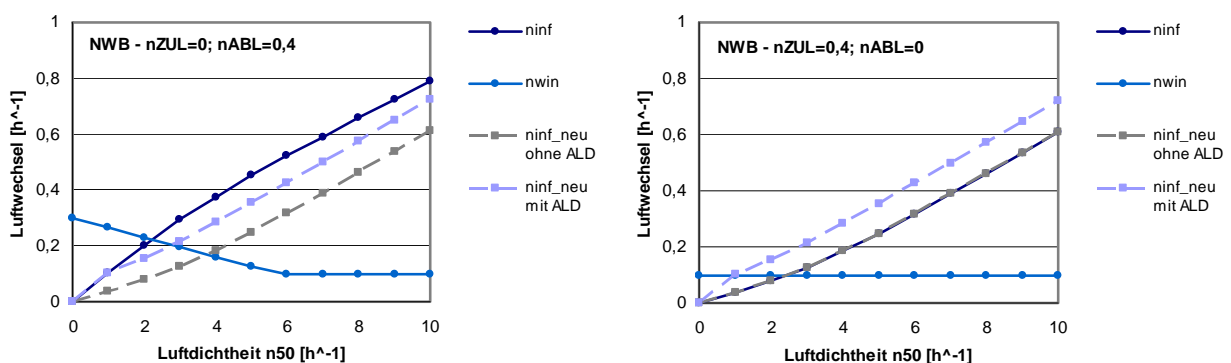


Bild 18: Einfluss der bedarfsgeregelten Fensterlüftung auf den flächenbezogenen Volumenstrom.

In der DIN V 18599-2 wurde dieser Vorschlag weitgehend übernommen unter Anpassung des weiteren Berechnungsgangs. Auf die Darstellung des geänderten Textes wird hier verzichtet, da dabei zahlreiche und umfangreiche Textpassagen betroffen sind.

Eine weitere Änderung am Normentext betrifft die Bewertung der **Gebäudedichtheit**, die bisher über den Kennwert n_{50} erfolgt (luftvolumenbezogener Leckageluftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz). Insbesondere für kompakte Gebäude, z.B. Hallengebäude, kann es hier zu einer Fehleinschätzung der Gebäudedichtheit kommen. Daher wurde der Vorschlag übernommen, für große Gebäude den hüllflächenbezogenen Wert q_{50} zu verwenden. Bemessungswerte sind in Tabelle 5 der Norm angegeben. Die Definition der Hüllfläche nach DIN EN 13829 [13829]¹¹ sieht eine detaillierte Ermittlung vor, daher kann vereinfacht die Definition der Hüllfläche aus DIN V 18599-1 übernommen werden, um den Kontext der Normenreihe nicht zu verlassen.

Hinweis: die Tabellenwerte für n_{50} bleiben unverändert, jedoch wird bei der Definition der Kategorien I bis IV nun nicht mehr auf die datierte Norm DIN 4108-7 : 2001-08 und deren Anforderungswerte verwiesen, sondern die Datierung wurde entfernt, um so immer die aktuelle Fassung der Norm in Bezug nehmen zu können, aktuell 2011-01 [4108-7]¹².

¹¹ [13829] DIN EN 13829 : 2001-02. Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren.

¹² [4108-7] DIN 4108-7 : 2011-01: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden - Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele.

Auszug aus Entwurfsfassung der Neuausgabe DIN V 18599-2 (Stand Ende Juni 2011)

Neuer Text zu Abschnitt 6.3.1.2 Bestimmung des Infiltrationsluftwechsels

Tabelle 5 enthält eine Kategorisierung zur Einschätzung der Luftdichtheit. Bei Gebäuden mit einem Nettoraumvolumen bis 1.500 m³ kommt der Bemessungswert n₅₀ zur Anwendung, für größere Gebäude die hüllflächenbezogene Größe q₅₀. Die Umrechnung der q₅₀-Bemessungswerte in n₅₀-Werte erfolgt anhand Gleichung (63).

$$n_{50} = \frac{q_{50} \cdot A_E}{V} \quad (63)$$

Dabei ist

- q₅₀ die hüllflächenbezogene Luftdurchlässigkeit bei 50 Pa Druckdifferenz nach Tabelle 5;
- A_E die Hüllfläche nach DIN EN 13829. Vereinfacht kann die nach DIN V 18599-1 ermittelte wärmeübertragende Umfassungsfläche A angesetzt werden;
- V das Nettoraumvolumen.

Tabelle 5 – n₅₀- und q₅₀-Bemessungswerte (Standardwerte für ungeprüfte Gebäude)

Kategorien zur pauschalen Einschätzung der Gebäudedichtheit	Gebäude mit einem Nettoraumvolumen ≤ 1.500 m ³ n ₅₀ [h ⁻¹]	Gebäude mit einem Nettoraumvolumen > 1.500 m ³ q ₅₀ [m ³ /(m ² h)]
I	a) 2; b) 1	a) 3; b) 2
II	4	6
III	6	9
IV	8	15

3.2.4.3 Bedarfsgeregelte Fensterlüftung in Nichtwohngebäuden

In der Änderungsausgabe der Norm von 2009, d.h. DIN V 18599-100 [18599-100]¹³, wurde für RLT-Anlagen gemäß DIN V 18599-7 [18599-7]¹⁴ eine bedarfsabhängige Volumenstromregelung für Lüftungs- und Klimaanlage sowie für Fensterlüftung eingeführt. Die dafür notwendigen Größen $\dot{V}_{A,Geb}$ (flächenbezogener Mindestaußenluftvolumenstrom für Gebäude in m³/(h m²)) und F_{RLT} (Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit RLT) sind in DIN V 18599-10 je Nutzungsprofil definiert. Der in DIN V 18599-2 dazu aufgenommene Text und die zusätzliche Gleichung für den nutzungsbedingten Mindestaußenluftwechsel ist im Folgenden aufgeführt.

¹³ [18599-100] DIN V 18599-100 : 2009-10: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 100: Änderungen zu DIN V 18599-1 bis DIN V 18599-10.

¹⁴ [18599-7] DIN V 18599-7 : 2007-02: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 7: Endenergiebedarf von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau.

Neue Gleichung zu Abschnitt 6.3.2.2 Nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel

Für Nichtwohngebäude ohne mechanische Lüftung wird für den nutzungsbedingten Mindestaußenluftwechsel eine automatisierte, bedarfsgeregelte Fensterlüftung in Ansatz gebracht (Präsenzmelder nach DIN V 18599-7). Dabei wird der personenabhängige Teil des Außenluftvolumenstroms ($\dot{V}_A - \dot{V}_{A, Geb}$) mit dem Teilbetriebsfaktor F_{RLT} nach dem Nutzungsprofil nach DIN V 18599-10 beaufschlagt. Für diesen Fall gilt abweichend Gleichung (84).

$$n_{nutz} = \frac{(\dot{V}_{A, Geb} + (\dot{V}_A - \dot{V}_{A, Geb}) F_{RLT}) A_b}{V} \quad (84)$$

Dabei ist

$\dot{V}_{A, Geb}$ der flächenbezogene Mindestaußenluftvolumenstrom für Gebäude nach DIN V 18599-10, in $m^3/(h m^2)$;

F_{RLT} der Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit RLT nach DIN V 18599-10.

Dies betrifft die 13 Nutzungsprofile, welche in der nachfolgenden Abbildung dargestellt sind. Dabei ist der flächenbezogene Mindestaußenluftvolumenstrom aufgetragen - \dot{V}_A in $m^3/(h m^2)$ - sowie der resultierende Wert bei Berücksichtigung bedarfsgeregelter Fensterlüftung - $(\dot{V}_{A, Geb} + (\dot{V}_A - \dot{V}_{A, Geb}) F_{RLT})$ ebenfalls in $m^3/(h m^2)$. Beide Werte beziehen sich auf die im Diagramm oben angeordnete Abszisse. Die prozentuale Reduktion durch Bedarfsregelung ist rechts angeordnet und bezieht sich auf die Abszisse unten.

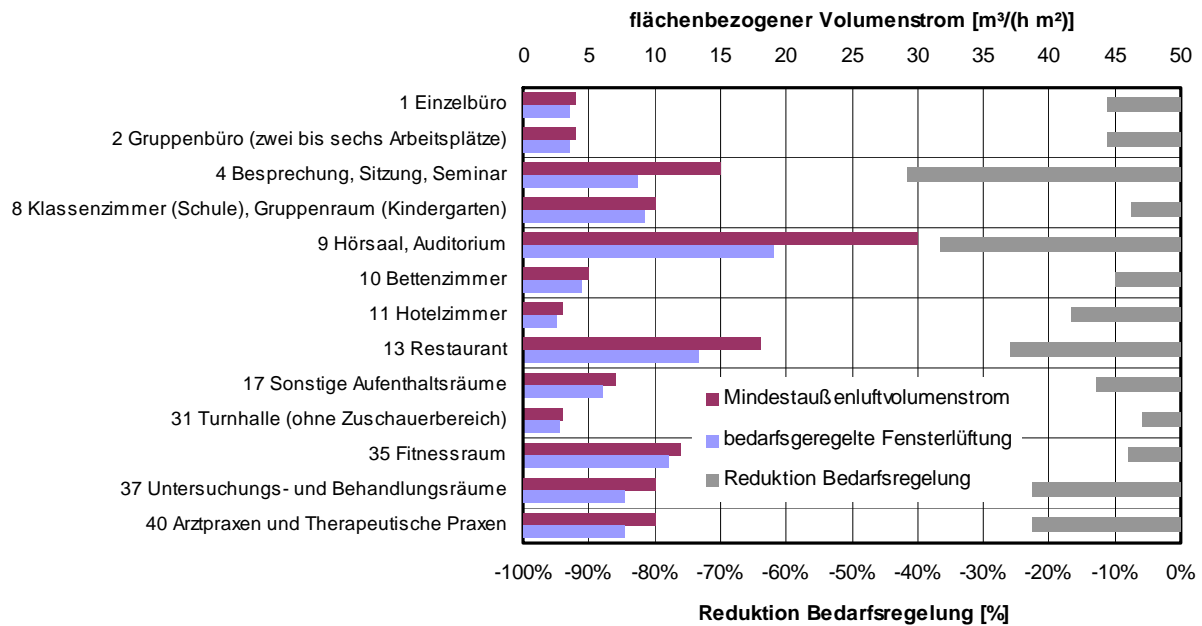


Bild 19: Einfluss der bedarfsgeregelten Fensterlüftung auf den flächenbezogenen Volumenstrom.

3.2.4.4 Berücksichtigung saisonaler Änderungen des Luftwechsels

Die Randbedingungen für den energetischen Luftwechsel, v.a. für Wohngebäude mit sehr geringem Energiebedarf, bedürfen der Prüfung, um die Nutzung - also das Fensteröffnungsverhalten - und den Jahresgang besser abbilden zu können. Diese saisonale Änderung des Luftwechsels wurde auch in verschiedenen Forschungsprojekten beobachtet und belegt, jedoch nicht quantifiziert.

3.2.4.4.1 Sachverhalt

Im Rahmen verschiedener durchgeführter Untersuchungen wurde beobachtet, dass - wie zu erwarten war - eine Abhängigkeit zwischen Fensteröffnung und Außenklima besteht. Die Untersuchungen beziehen sich dabei auf Messobjekte sowie auf rechnerische Betrachtungen.

Die Messergebnisse und Untersuchungen in [Erhorn2010]¹⁵ zeigen, dass die Außenlufttemperatur die ausschlaggebende Größe bezüglich der Erhöhung der Fensteröffnungszeit ist, demgegenüber sind die Abhängigkeiten bei der Globalstrahlung und der relativen Außenluftfeuchte nur gering, bei der Windgeschwindigkeit nicht besonders ausgeprägt, sie nehmen bis 10 m/s minimal zu. Die Ergebnisse treffen für Wohnungen mit und ohne Lüftungsanlagen zu. Messzeitraum war hierbei das Jahr 1985. Es ergeben sich - wie aus der folgenden Abbildung zu entnehmen ist - für

¹⁵ [Erhorn2010] Erhorn, H., Reiß, J.: Lüftungsverhalten in Wohnungen. EnEVaktuell (2010), Heft 2, S. 20-22. Beuth Verlag, 2010.

die Fensteröffnungszeiten Werte bis zu 30% bei ca. 25°C Außenlufttemperatur, dies entspricht 7,2 h/d.

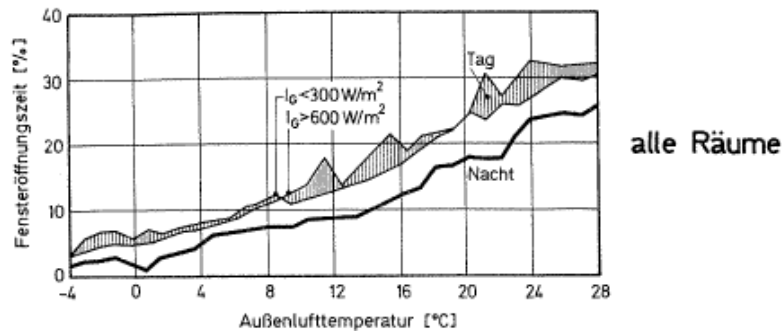


Bild 20: Fensteröffnungsverhalten in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur [Erhorn2010].

In den Untersuchungen der Passivhäuser in [IWU2003] ¹⁶ zeigt sich ein ähnlicher Zusammenhang (Messjahr 2001/2002). Bis ca. 5°C verändern sich die Fensteröffnungsdauern kaum. Ab ca. 10°C, die gleichzeitig auch der Heizgrenze der Passivhäuser entsprechen, steigen die täglichen Fensteröffnungsdauern fast linear an. Über 18°C ist kein weiterer Anstieg mehr festzustellen, die Messwerte streuen jedoch stark.

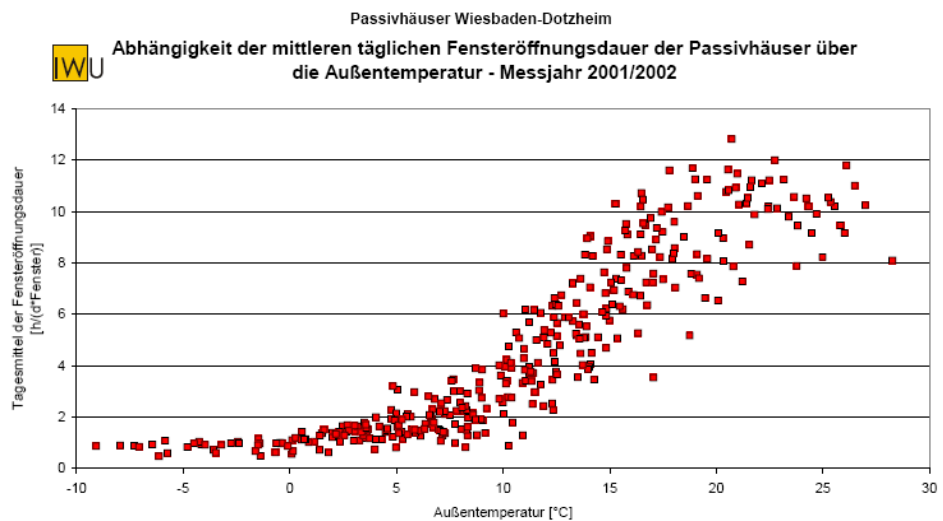


Bild 21: Zusammenhang zwischen Fensteröffnungsdauer und Außentemperatur [IWU2003].

¹⁶ [IWU2003] Institut für Wohnen und Umwelt IWU: Wohnen in Passiv- und Niedrigenergiehäusern. Teilbericht Bauprojekt, messtechnische Auswertung, Energiebilanzen und Analyse des Nutzereinflusses, Darmstadt, 2003.

Bei einer weiteren Auswertung von Messwerten [Hausladen2002]¹⁷ zeigt sich ein Sprung in den Fensteröffnungsdauer bei 15°C, welche der Heizgrenztemperatur der dort vermessenen Gebäude entspricht. Zudem wird dort eine räumliche Unterscheidung des Öffnungsverhaltens beobachtet, d.h. bei geringeren Außenlufttemperaturen werden hauptsächlich Schlafzimmerfenster im Obergeschoss gekippt, bei mittleren Außenlufttemperaturen wird auch zusätzlich über Dachfenster und bei noch höheren Außentemperaturen in Wohnbereich und Küche gelüftet. Bei 15°C zeigt sich der Sprung im Lüftungsverhalten sowohl bei den Kippfenstern als auch bei der Fensterstellung weit offen. Unterhalb der Heizgrenztemperatur wird nur in sehr geringem Maße über weit geöffnete Fenster gelüftet.

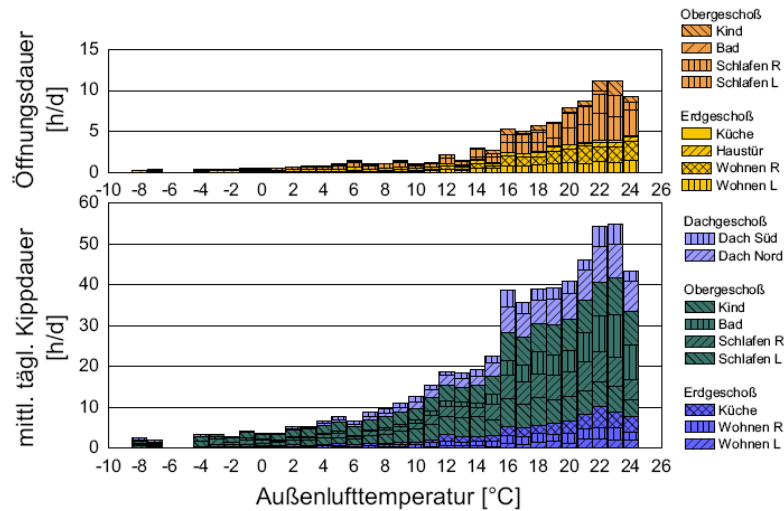


Bild 22: Mittlere tägliche Öffnungsdauer für gekippte und weit geöffnete Fenster in Abhängigkeit von der Außentemperatur. Datenbasis 22 Objekte, Zeitraum 1999-200 [Hausladen2002].

3.2.4.4.2 Modellansatz

Der angestrebte Ansatz beruht darauf, zunächst den anzusetzenden Fensterluftwechsel n_{win} mit einem Jahresgang, also mit monatlich unterschiedlichen Werten zu versehen. Weitere Einflüsse auf Infiltration und Anlagenluftwechsel bleiben hier noch unberücksichtigt, es ist jedoch möglich, dass diese weiteren Luftwechsel dem saisonalen Ansatz folgen können.

Eine Berücksichtigung erhöhter Nachtlüftung v.a. im Kühlfall ist in diesem Modellansatz nicht enthalten. Hier erfolgt eine gesonderte Modellbildung und Quantifizierung.

Der Wärmetransferkoeffizient für Fensterlüftung wird gemäß DIN V 18599-2 Gl. (66) bestimmt. Dort geht der mittlere tägliche Fensterluftwechsel mit einem konstanten Wert über das Jahr ein.

¹⁷ [Hausladen2002] Hausladen, G., Wimmer, A., Kaiser, J.: Technikakzeptanz im Niedrigenergiehaus - Abschlussbericht, Universität Kassel, 2002.

Diesen mit monatlich unterschiedlichen Werten zu belegen erfordert im Sinne der Nomenklatur der Norm die Erweiterung der Indizes um den Hinweis "mth" als Abkürzung für "month".

$$H_{V,win,mech} = n_{win,mth} \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a \quad (19)$$

Als neue Gleichung ist dann die Umrechnung des Jahreswertes in Monatswerte aufzunehmen. Dies erfolgt z.B. über einen Faktor, der für alle Monate tabelliert vorliegt, oder über einen funktionalen Zusammenhang, welcher sich auf die Außenlufttemperatur bezieht.

$$n_{win,mech} = n_{win} \cdot f_{win,seasonal} \quad (20)$$

Die Quantifizierung der Umrechnung wird im Folgenden beschrieben und hergeleitet. Weiterhin zeigen Beispielrechnungen die Auswirkungen auf die Bilanz, also auf die Bedarfswerte gemäß DIN V 18599-2.

3.2.4.4.3 Quantifizierung

Es wird vorgeschlagen, den Faktor über einen funktionalen Zusammenhang zu definieren, wobei als abhängige Größen die Außentemperatur und die Luftdichtheit verwendet werden. Die Luftdichtheit - d.h. der Prüfwert n_{50} - wird deshalb zusätzlich aufgenommen, da der Fensterluftwechsel eine Funktion dieses Wertes ist, und daher rechnerisch mit berücksichtigt werden muss, wenn ein Faktor für n_{win} eingeführt wird. Es ergibt sich folgende Anpassungsfunktion für den Faktor $f_{win,seasonal}$ [-] mit den Parametern Luftdichtheit n_{50} [h^{-1}] und Außentemperatur ϑ_e [$^{\circ}C$].

$$f_{win,seasonal} = 0,08 h \cdot n_{50} + 0,06 \text{ } ^{\circ}C^{-1} \cdot \vartheta_e + 0,58 \quad [-] \quad (21)$$

Für verschiedene Werte der Luftdichtheit ergeben sich die im nachfolgenden Diagramm dargestellten Verläufe des monatlichen Anpassungsfaktors.

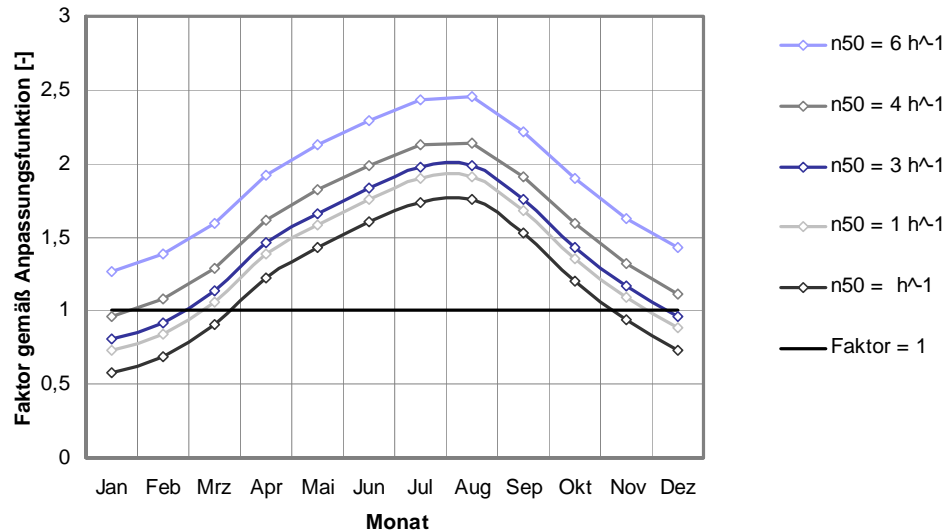


Bild 23: Monatlicher Anpassungsfaktor für den Fensterluftwechsel für unterschiedliche n_{50} -Werte.

3.2.4.4.4 Beispielrechnungen (Fensterlüftung in Wohngebäuden)

Zur Einschätzung der quantitativen Auswirkungen auf die Bilanzierung des Nutzwärmebedarfs und des Nutzkältebedarfs gemäß DIN V 18599-2 erfolgen Beispielrechnungen für zwei verschiedene Wohngebäude, d.h. Einfamilienhaus EFH und Mehrfamilienhaus MFH. Darüber hinaus werden diese Beispielgebäude jeweils mit unterschiedlichen Dämmniveaus nach Altersklassen versehen. Die Luftdichtheit wird entsprechend der Altersklasse variiert. Die folgende Tabelle gibt die angenommenen Randbedingungen wieder.

Tabelle 8: Für die Beispielrechnungen angenommene Randbedingungen.

Wärmeschutzniveau	U_{AW}	U_D	U_G [W/(m ² K)]	U_{AT}	U_{IT}	U_W	g [-]	n_{50} [h ⁻¹]
Bestand	1,4	0,68	0,93	3	5,2	2,9	0,8	6
2009	0,28	0,2	0,35	1,8	2,4	1,3	0,6	2
2009+	0,2	0,15	0,3	1,5	2	1,2	0,6	2
2009++	0,15	0,13	0,25	1,3	1,5	0,9	0,55	1

Es ergeben sich die Nutzenergien Wärme und Kälte gemäß DIN V 18599-2, welche in den folgenden Abbildungen wiedergegeben sind (Bild 24 und Bild 25), jeweils bezogen auf die Fläche. In den Diagrammen ist der Jahresgang der Nutzenergie (links) und die saisonale Anpassung des Fensterluftwechsels (rechts) dargestellt und es wird jeweils der Ausgangsfall eines konstanten Luftwechsels ($n_{win_konstant}$) mit den Ergebnissen der Anpassungsfunktion ($n_{win_saisonal}$) verglichen. Als Beispiel ist das Einfamilienhaus mit dem Wärmeschutzniveau 2009 hinterlegt.

In der Legende des Diagramms der Nutzenergie aufgeführt sind die Jahressummen der Nutzenergie, d.h. q_{h_b} bzw. q_{c_b} [kWh/(m²a)], in der Legende des Diagramms für den Fensterluft-

wechsel die Mittelwerte n_{mittel} [h^{-1}]. Bei der Mittelwertbildung werden nur Monate berücksichtigt, in welchen der Bedarfswert (Nutzenergie) über 5% des Jahresmittelwertes liegt.

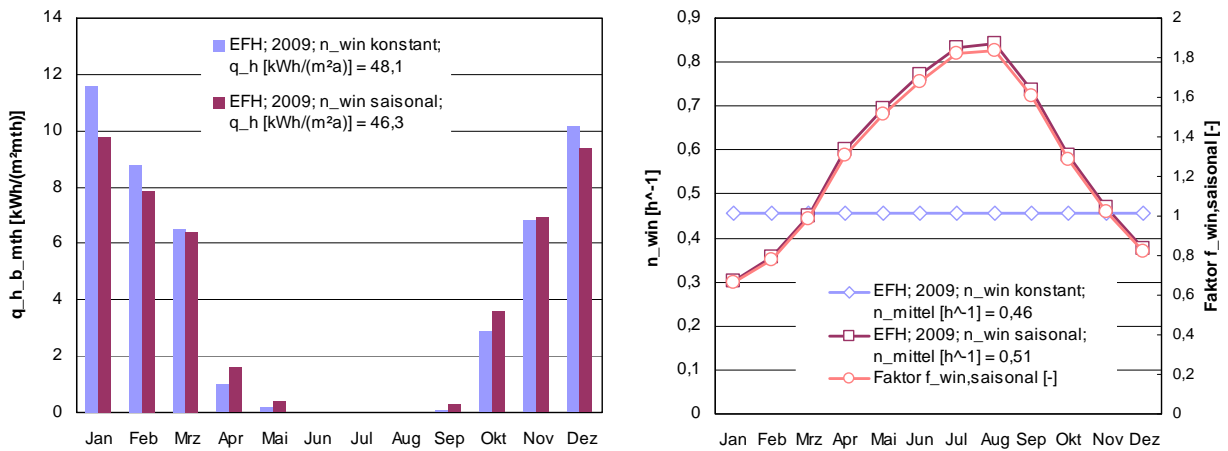


Bild 24: Jahresgang der Nutzenergie Heizfall (links) unter Verwendung des monatlichen Anpassungsfaktors für den Fensterluftwechsel (rechts dargestellt) - Beispiel EFH Wärmeschutz-niveau 2009.

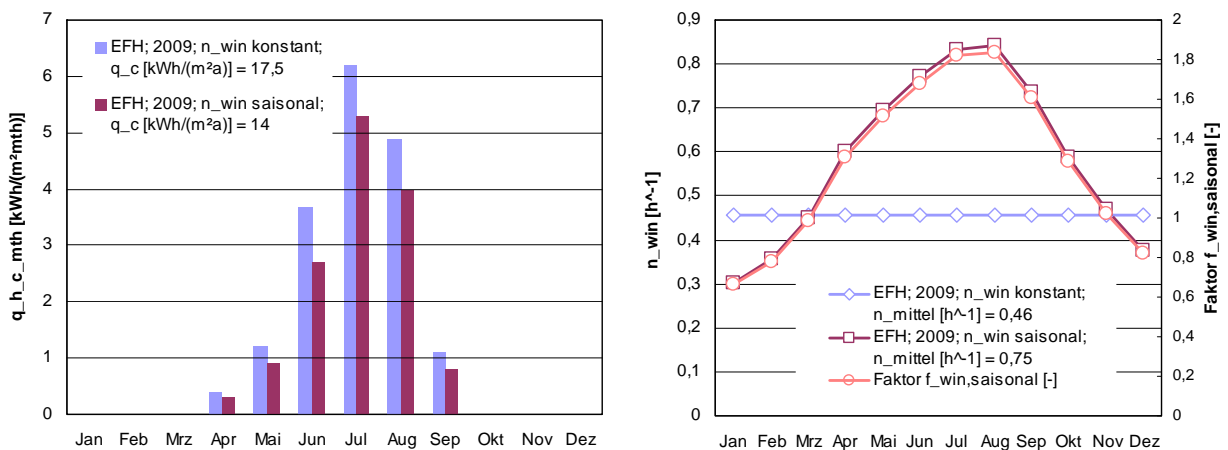


Bild 25: Jahresgang der Nutzenergie Kühlfall (links) unter Verwendung des monatlichen Anpassungsfaktors für den Fensterluftwechsel (rechts dargestellt) - Beispiel EFH Wärmeschutz-niveau 2009.

Werden die Berechnungen auf beide Beispielgebäude und alle vier definierten Dämmniveaus angewendet, so ergeben sich die in den nachfolgenden Tabellen dargestellten Rechenwerte für den Heizfall und den Kühlfall, d.h. Jahressumme der Nutzenergie und Mittelwert des Fensterluftwechsels über die Heiz-/Kühlperiode, sowie die Veränderung Δ (delta) gemäß saisonalem Ansatz bezogen auf den konstanten Jahreswert.

Tabelle 9: Ergebnisse der Beispielrechnungen für den Heizfall, d.h. Nutzwärmebedarf $Q_{h,b}$.

Typ	Wärme- schutzniveau	n_{win}	$Q_{h,b}$ [kWh/(m ² a)]	$\Delta Q_{h,b}$ [%]	$n_{win,mittel}$ [h ⁻¹]	$\Delta n_{win,mittel}$ [%]	
EFH	Bestand	konstant	151,2		0,37		
		saisonal	158,7	5,0%	0,56	48,6%	
	2009	konstant	48,1		0,46		
		saisonal	46,3	-3,7%	0,51	10,9%	
	2009+	konstant	40,8		0,46		
		saisonal	38,6	-5,4%	0,51	10,9%	
	2009++	konstant	31,7		0,48		
		saisonal	27,4	-13,6%	0,43	-10,0%	
	MFH	Bestand	konstant	117,4		0,37	
			saisonal	124,9	6,4%	0,53	42,9%
2009		konstant	31,7		0,46		
		saisonal	28,7	-9,5%	0,45	-2,0%	
2009+		konstant	26,7		0,46		
		saisonal	23,5	-12,0%	0,45	-2,0%	
2009++		konstant	19,3		0,48		
		saisonal	14,0	-27,5%	0,40	-15,5%	

Tabelle 10: Ergebnisse der Beispielrechnungen für den Kühlfall, d.h. Nutzkältebedarf $Q_{c,b}$.

Typ	Wärme- schutzniveau	n_{win}	$Q_{c,b}$ [kWh/(m ² a)]	$\Delta Q_{c,b}$ [%]	$n_{win,mittel}$ [h ⁻¹]	$\Delta n_{win,mittel}$ [%]	
EFH	Bestand	konstant	15,6		0,37		
		saisonal	13,8	-11,5%	0,73	96,3%	
	2009	konstant	17,5		0,46		
		saisonal	14,0	-20,0%	0,75	62,8%	
	2009+	konstant	18,9		0,46		
		saisonal	14,7	-22,2%	0,75	62,8%	
	2009++	konstant	19,4		0,48		
		saisonal	15,0	-22,7%	0,74	54,8%	
	MFH	Bestand	konstant	28,7		0,37	
			saisonal	25,2	-12,2%	0,73	96,3%
2009		konstant	33,2		0,46		
		saisonal	27,3	-17,8%	0,75	62,8%	
2009+		konstant	34,8		0,46		
		saisonal	28,4	-18,4%	0,72	57,9%	
2009++		konstant	35,5		0,48		
		saisonal	29,2	-17,7%	0,72	49,9%	

Unabhängig von den vorliegenden Untersuchungen zur saisonalen Lüftung zeigen die dargestellten Ergebnisse des Nutzkältebedarfs, dass im Bilanzierungsansatz der DIN V 18599-2 mit der Erhöhung des Wärmeschutzniveaus eine nicht zu erwartende Erhöhung des Kühlkältebedarfs ein-

hergeht. Dies zeigt, dass allgemein eine Prüfung des Bilanzierungsmodells und der Randbedingungen erfolgen muss.

3.2.4.4.5 Modell für den rechnerischen Ansatz zur Quantifizierung

Physikalischer Hintergrund der saisonalen Anpassung der Werte ist zunächst eine zu beobachtenden Erhöhung der Fensteröffnungsdauer mit zunehmender Außenlufttemperatur, aber auch eine Erhöhung der zu erreichenden Volumenströme bei größeren Temperaturdifferenzen, also niedrigen Außenlufttemperaturen. Daher wird zunächst ein rechnerischer Ansatz für die Quantifizierung der maximalen Luftmenge untersucht. Anschließend wird Nutzereinfluss abhängig von den klimatischen Randbedingungen überlagert, also die Fensteröffnungsdauer.

Die **Quantifizierung der Luftmenge** erfolgt anhand des in [Maas1995]¹⁸ beschriebenen Berechnungsansatzes, der gemäß folgender Gleichung definiert ist. Dabei ergibt sich der Volumenstrom "V punkt", der aus darstellungstechnischen Gründen mit V' bezeichnet ist.

$$V' = 3600 \cdot 0,5 \cdot A_f \cdot \Theta \cdot [C_1 \cdot u^2 + C_2 \cdot H \cdot \Delta\vartheta + C_3]^{0,5} \quad [m^3/h] \quad (22)$$

mit den Koeffizienten

$$C_1 = 0,0056; C_2 = 0,0037 \text{ m/(s}^2\text{K)}; C_3 = 0,012 \text{ m}^2\text{/s}^2$$

und den Parametern

A_f [m^2] - Fläche lichte Fensteröffnung;
 Θ [-] - Durchflussverhältnis abhängig von Fensterstellung;
 u [m/s] - Windgeschwindigkeit (skalares Mittel);
 $\Delta\vartheta$ [K] - Temperaturdifferenz innen/außen, bezogen auf $\vartheta = 20^\circ\text{C}$;
 H [m] - lichte Höhe der Fensteröffnung

Für die Modellrechnungen wird dieser rechnerische Ansatz auf das Testreferenzjahr Würzburg angewendet, wobei sich für das Jahr stundenweise Ergebnisse je nach Windgeschwindigkeit und Außentemperatur ergeben. Für die geometrischen Randbedingungen wird angenommen, dass ein Einzelraum (lichtes Volumen $V = 55,4 \text{ m}^3$) zwei Fenster in Standard-Größe besitzt (Breite = 1,28 m; Höhe = 1,48 m; Rahmenanteil 30%), welche sich in Kippstellung mit 10 cm Kippweite befinden und permanent (24 h/d) geöffnet sind. Daraus ergeben sich rechnerisch folgende Parameter.

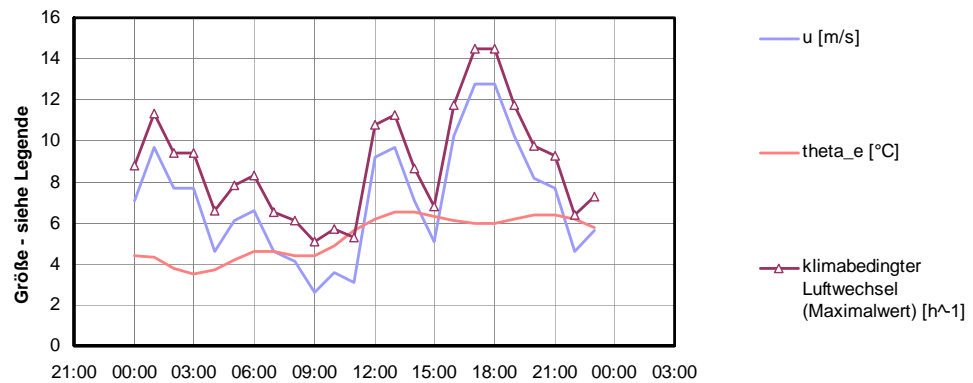
¹⁸ [Maas1995] Maas, A.: Experimentelle Quantifizierung des Luftwechsels bei Fensterlüftung. Dissertation, Universität Gesamthochschule Kassel, 1995.

$$A_f = 2 \cdot 1,23 \text{ m} \cdot 1,48 \text{ m} \cdot 0,7 = 2,55 \text{ m}^2;$$

$$H = 1,48 \text{ m} \cdot 0,7^{0,5} = 1,24 \text{ m};$$

$$\Theta = 0,1752 \text{ (gemäß Tabelle 7.1 in [Maas1995] für 10 cm Kippweite ohne Rahmen)}$$

Bei Auswertung des Testreferenzjahres Würzburg ergibt sich - beispielhaft für den 11. Februar dargestellt - folgende maximale Luftmenge bei permanenter Fensteröffnung, umgerechnet auf den Fensterluftwechsel n_{win} , d.h. den klimabedingten Luftwechsel. Die abhängigen Größen Windgeschwindigkeit u [m/s] und Θ_e (theta_e) [°C] sind ebenfalls im Diagramm dargestellt. Die drei Größen mit unterschiedlichen Einheiten sind in einem Diagramm dargestellt, da hier nur die quantitativen Zusammenhänge aufgezeigt werden sollen.



Tag: 11.2.

Bild 26: Klimabedingter Fensterluftwechsel (Maximalwert) gemäß des Modellansatzes aus [Maas1995] für einen Tag des Testreferenzjahres Würzburg.

Für das komplette Jahr ergeben sich für den Maximalwert der permanent geöffneten Fenster folgende Monatsmittelwerte.

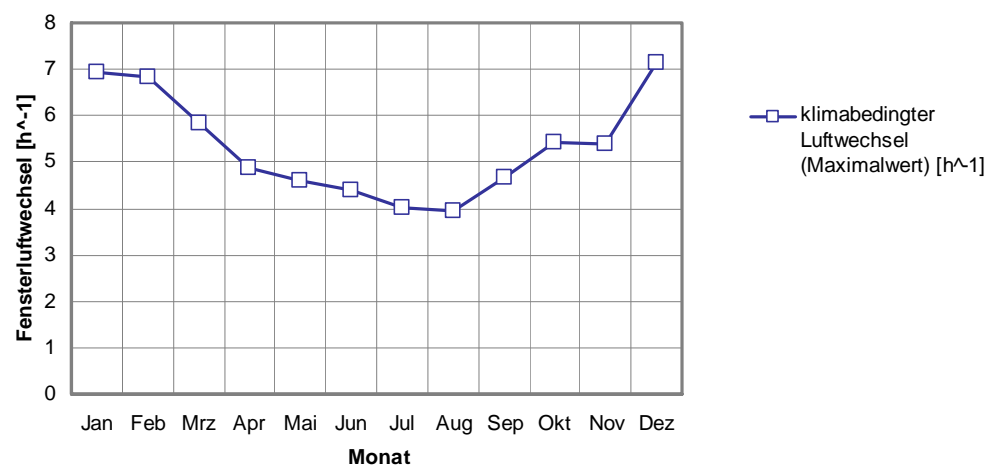


Bild 27: Monatsmittelwerte des klimabedingten Fensterluftwechsels (Maximalwert) gemäß des Modellansatzes.

Für die **Quantifizierung des Nutzereinflusses** wird auf einen weiteren Ansatz zurückgegriffen, welcher die klimatischen Randbedingungen berücksichtigt und die Fensteröffnungsdauer in Abhängigkeit von Außenlufttemperatur und Windgeschwindigkeit bestimmt. Dieser wurde entnommen aus [Hartmann2001]¹⁹ und wurde dort von [Haberda1988]²⁰ übernommen.

Der Ansatz quantifiziert die Fensteröffnungsdauer AOF (Anteil offener Fenster) [%] aus einem Term für die Außentemperaturabhängigkeit AOF_{Temp} und einem Wind-Korrekturfaktor KF_{Wind} , welche wie folgt definiert sind.

$$AOF = KF_{Wind} \cdot AOF_{Temp} \quad [%] \quad (23)$$

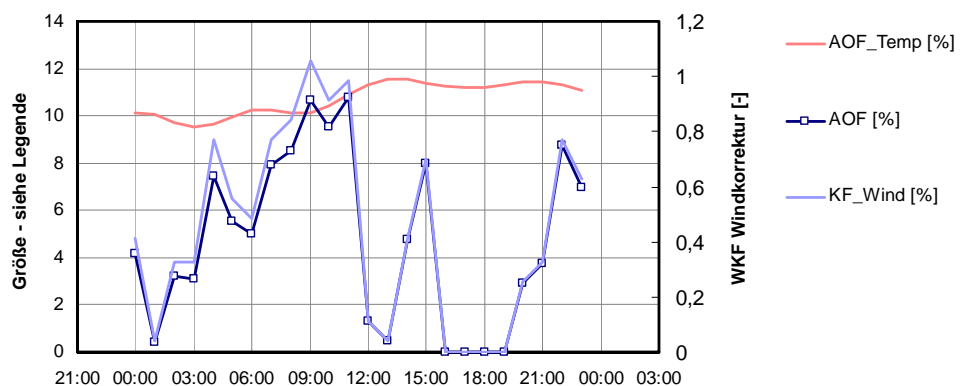
$$KF_{Wind} = (10 - w) / 7 \quad [-] \quad (24)$$

$$AOF_{Temp} = 0,00581 \cdot t_a^2 + 0,616 \cdot t_a + 7,2875 \quad [%] \quad (25)$$

mit den Parametern

t_a [°C] - Außenlufttemperatur ($t_a \geq -13,5^\circ\text{C}$);
 w [m/s] - Windgeschwindigkeit ($w \leq 10$ m/s)

Ebenfalls angewendet auf das Testreferenzjahr Würzburg ergibt sich der nachfolgend dargestellte Tagesgang der Fensteröffnungsdauer beispielhaft für den gleichen Tag wie oben dargestellt.



Tag: 11.2.

Bild 28: Fensteröffnungsdauer AOF [%] gemäß des Modellansatzes aus [Hartmann2001] für einen Tag des Testreferenzjahres Würzburg.

¹⁹ [Hartmann2001] Hartmann, T. et al.: Bedarfslüftung im Wohnungsbau. Abschlussbericht. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2001.
²⁰ [Haberda1988] Haberda, F. und Trepte, L.: Das Lüftungsverhalten der Bewohner von Wohngebäuden. Zusammenfassung der Ergebnisse des Projekts Annex 8, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1988.

Für das komplette Testreferenzjahr Würzburg ergeben sich die in der nachfolgenden Abbildung wiedergegebenen Tagesmittelwerte der Fensteröffnungsdauer in [h/d], d.h. Anteil offener Fenster $\text{AOF} \cdot 24 \text{ h/d}$.

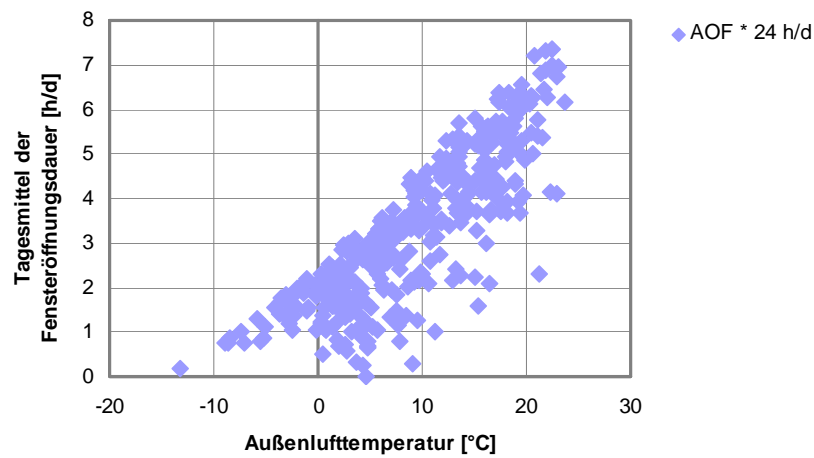


Bild 29: Tagesmittel der Fensteröffnungsdauer gemäß des Modellansatzes aus [Hartmann2001] in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur für das Testreferenzjahr Würzburg.

Zur **Quantifizierung des resultierenden saisonalen Luftwechsels** werden beide Modelle kombiniert. Werden die Ergebnisse des Modells für die Fensteröffnungsdauer auf die Berechnung der Luftmenge angewendet, also multipliziert, so ergeben sich folgende Werte für die Monatsmittelwerte des Fensterluftwechsels. Zunächst dargestellt sind die Ergebnisse der Einzelmodelle sowie der resultierende Luftwechsel (Bild 30), anschließend nur der resultierende Luftwechsel bei einer angepassten Skalierung (Bild 31).

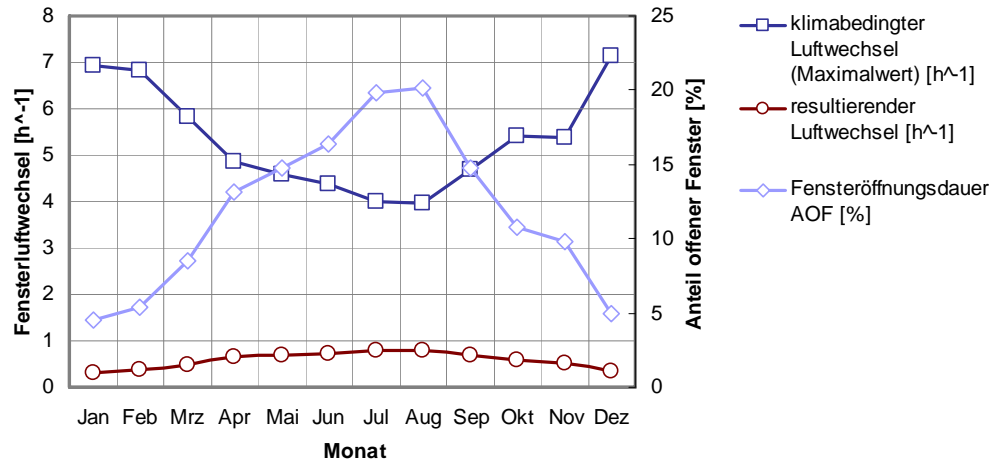


Bild 30: Resultierender Luftwechsel unter Berücksichtigung des Maximalwertes und der Fensteröffnungsdauer - alle Parameter.

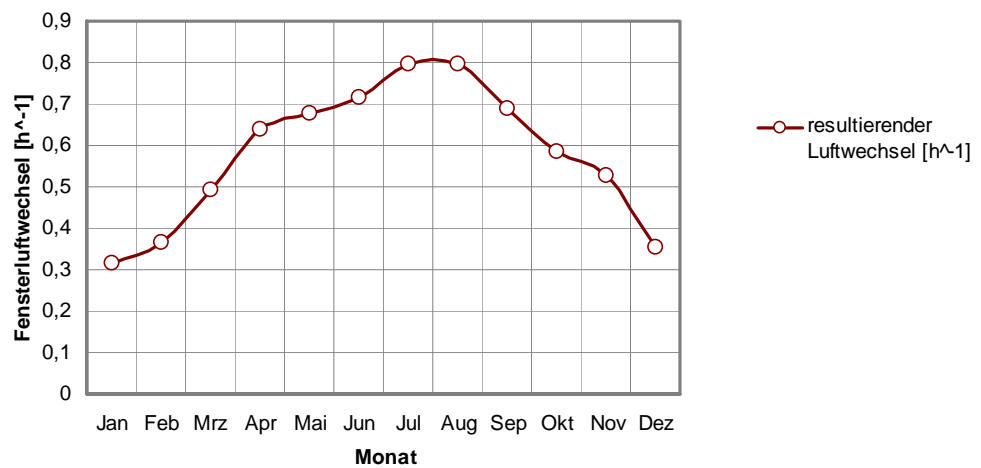


Bild 31: Resultierender Fensterluftwechsel unter Berücksichtigung des Maximalwertes und der Fensteröffnungsdauer - Anpassung der Skalierung.

Die **Quantifizierung der Außenlufttemperaturabhängigkeit** erfolgt mittels Auswertung der oben genannten Werte für den resultierenden Fensterluftwechsel. Die Abhängigkeit ist im nachfolgenden Diagramm dargestellt, ebenso eine die Funktion der linearen Regression, welche im Folgenden weiter verwendet wird.

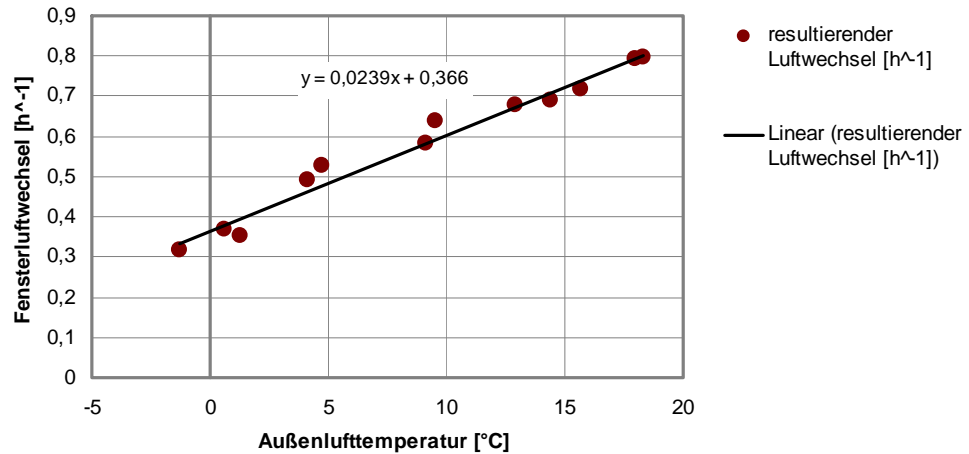


Bild 32: Resultierender Fensterluftwechsel unter Berücksichtigung des Maximalwertes und der Fensteröffnungsdauer - Monatsmittelwerte.

Angewendet auf die Tagesmittelwerte des kompletten Testreferenzjahres ergibt sich ein ähnlicher funktionaler Zusammenhang.

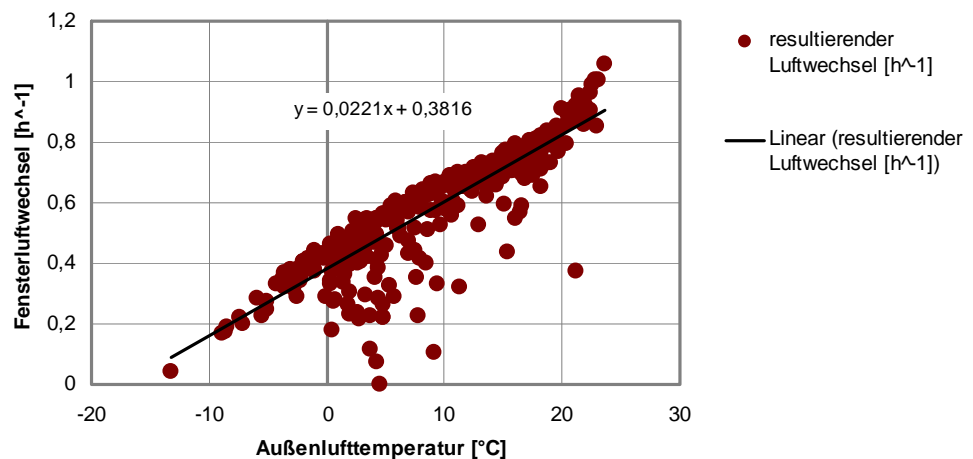


Bild 33: Resultierender Fensterluftwechsel unter Berücksichtigung des Maximalwertes und der Fensteröffnungsdauer - Tagesmittelwerte.

Nach der Festlegung der Größenordnung des saisonalen Luftwechsels erfolgt eine Analyse bezüglich der Größenordnung der **Mittelwerte über die Heizperiode**. Dies geschieht auf Grundlage des Heizfall mit Fensterlüftung oder Abluftanlage. Bei der Bestimmung der Jahresmittelwerte wird nur die Heizperiode berücksichtigt. Die Länge dieser Heizperiode wird dabei in Abhängigkeit der Luftdichtheit variiert, d.h. z.B. 2 Monate ($n_{50} = 0 \text{ h}^{-1}$), 4 Monate ($n_{50} = 1 \text{ h}^{-1}$), 6 Monate ($n_{50} = 2 \text{ bis } 5 \text{ h}^{-1}$) oder 9 Monate ($n_{50} = 6 \text{ bis } 10 \text{ h}^{-1}$). Dabei ergeben sich in etwa (unter Zuhilfenahme linearer Regression) die nachfolgenden Verläufe in Abhängigkeit der Gebäudedichtheit für den Jahreswert des Fensterluftwechsels.

In Bild 34 sind zunächst die Anteile des Luftwechsels dargestellt, d.h. der Fensterluftwechsel n_{win} , die Infiltration n_{inf} sowie der resultierende Gesamtluftwechsel n_{ges} . Jeweils über der Kenngröße der Luftdichtheit, also n_{50} , deren Bemessungswerte der Gebäudedichtheit gemäß DIN V 18599-2 als senkrechte Linien dargestellt sind. Zusätzlich sind im Diagramm - mit "NEU" gekennzeichnet - die Jahresmittelwerte des Fenster- sowie des Gesamtluftwechsels bei Verwendung des beschriebenen neuen Modellansatzes für saisonal unterschiedliche Werte enthalten.

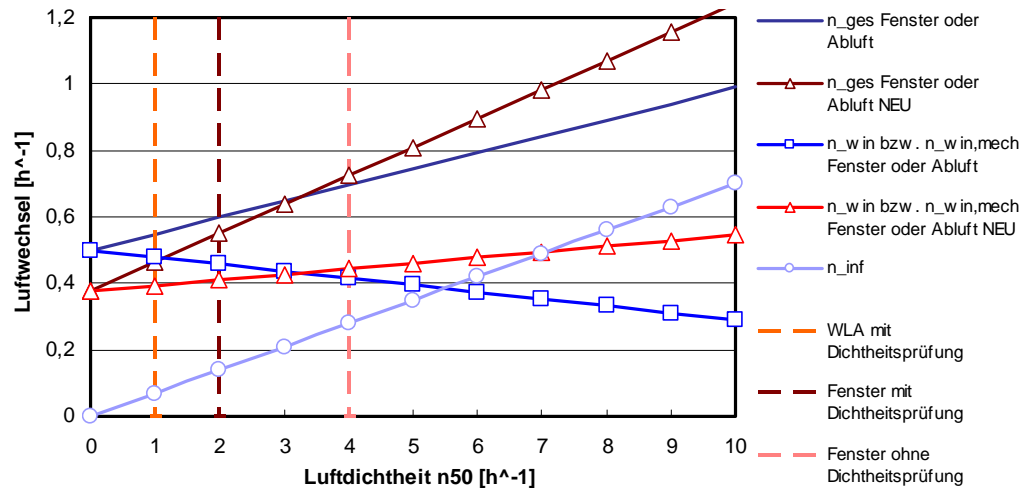


Bild 34: Gesamtluftwechsel und anteilige Luftwechsel für Wohngebäude - Fensterlüftung und Abluftanlage.

Der gleiche Faktor zwischen konstantem und saisonalem Fensterluftwechsel, angewendet auf den Fensterluftwechsel bei Zu-/Abluftanlagen $n_{win, mech}$ ergibt den nachfolgend dargestellten Verlauf. Im Diagramm zusätzlich aufgenommen ist der Anlagenluftwechsel n_{mech} , für den der Standardwert für Wohnlüftungsanlagen WLA in Ansatz gebracht wird, d.h. $n_{mech} = 0,4 \text{ h}^{-1}$.

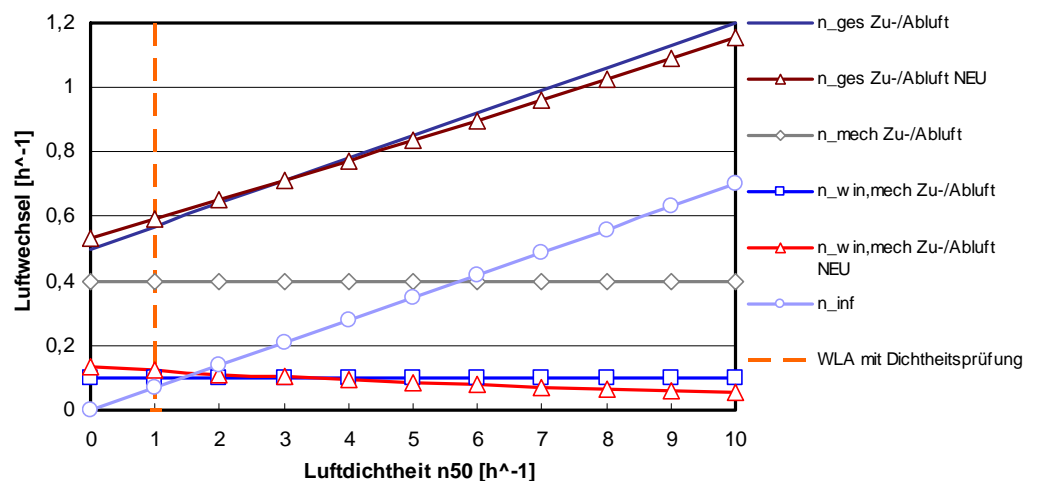


Bild 35: Gesamtluftwechsel und anteilige Luftwechsel für Wohngebäude - Zu-/Abluftanlage.

Abschließend erfolgt die **Quantifizierung des Anpassungsfaktors**. Der hier vorgestellte Modellansatz für die Berechnung des Fensterluftwechsels gemäß DIN V 18599 verwendet nicht den Absolutwert für den Fensterluftwechsel sondern einen monatlichen Anpassungsfaktor. Hierzu ist der Luftwechsel in einen faktorisierten Ansatz zu überführen, welcher über die Außenluftabhängigkeit auch den Luftwechsel als abhängige Größe berücksichtigt. Die lineare Regression der Außenluftabhängigkeit sowie die lineare Regression der Jahreswerte für unterschiedliche Luftdichtheit werden dabei zusammengeführt. Es ergibt sich der nachfolgend dargestellte Zusammenhang, welcher der oben genannten Anpassungsfunktion für den Faktor $f_{\text{win,seasonal}}$ zugrunde liegt.

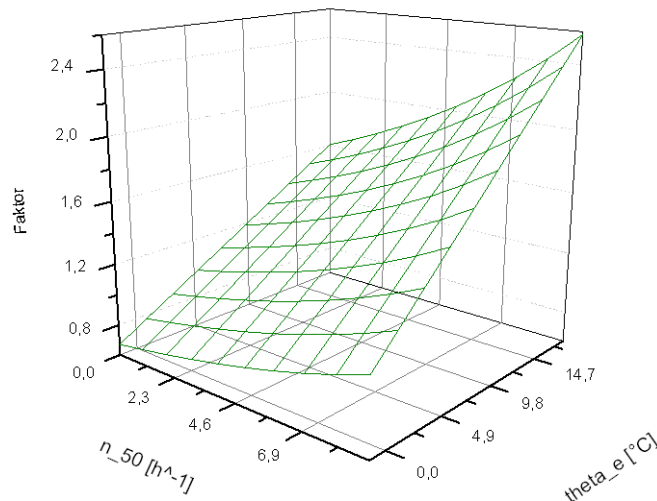


Bild 36: Abhängigkeit des Anpassungsfaktors von der Luftdichtheit n_{50} und der Außenlufttemperatur θ_e .

3.2.5 Sonnenschutz

Bei der Behandlung des Sonnenschutzes sind in der Neuausgabe der DIN V 18599-2 drei Bereiche hervorzuheben, in denen relevante Änderungen vorgenommen werden. Diese sind im folgenden erläutert.

Für **Wohngebäude** konnte bisher nur eine feststehende Sonnenschutzvorrichtung in Ansatz gebracht werden. Für die **Kühlfall** kann nun auch eine **variable Sonnenschutzsteuerung** angesetzt werden. Der nachfolgende Text gibt die Änderungen der Norm wieder, der geänderte Text ist mit Fettdruck hervorgehoben. Die Gleichungen (110) bis (111) enthalten dabei die Berechnungsgleichungen für effektiven g-Wert ohne und mit feststehender Sonnenschutzvorrichtung, für den Kühlfall ist also die Berechnungsgleichung (112) für variable Sonnenschutzvorrichtungen nicht mehr ausgeschlossen.

Auszug aus Entwurfsfassung der Neuausgabe DIN V 18599-2 (Stand Ende Juni 2011)

Änderungen in Abschnitt 6.4.1 Wärmequellen durch solare Einstrahlung durch transparente Flächen

Bei Gebäudezonen mit Wohnnutzung sind **im Heizfall** nur die Gleichungen (110) oder (111) anzuwenden.

Für **Nichtwohngebäude** kann sich die **Ausführung und Steuerung** des Sonnenschutzes im **Winter und Sommer unterscheiden**. Um dies auch rechnerisch berücksichtigen zu können, wurde der folgende Absatz in DIN V 18599-2 aufgenommen.

Auszug aus Entwurfsfassung der Neuausgabe DIN V 18599-2 (Stand Ende Juni 2011)

Neuer Text in Abschnitt 6.4.1 Wärmequellen durch solare Einstrahlung durch transparente Flächen

Bei feststehendem und variablem Sonnenschutz können sowohl die Ausführung des Sonnenschutzes (Kennwerte) sowie die Art der Aktivierung des Sonnenschutzes für Sommer- und Winterhalbjahr variieren. Daher ist es zulässig, für die Halbjahre jeweils unterschiedliche Randbedingungen zu berücksichtigen. Dies ist z. B. der Fall, wenn im Sommerhalbjahr ein außenliegender Sonnenschutz und im Winterhalbjahr nur ein innenliegender Blendschutz zum Einsatz kommt. Dies gilt nur für Zonen mit Nichtwohnnutzung und ist bei der Bewertung der Beleuchtung nach DIN V 18599-4 analog zu berücksichtigen. Für die Definition des Sommer- und Winterhalbjahrs gelten die Festlegungen nach Anhang A.

Die **Kennwerte für Gläser und Sonnenschutzvorrichtungen** gemäß Tabelle 5 der DIN V 18599-2 wurden umfassend überarbeitet. Neben der allgemeinen Änderung des Begriffs "Verglasung" in "Glas" wurden alle tabellierten Werte für g_{tot} auf Grundlage der aktuellen Normfassung der DIN EN 13363-1 neu berechnet. Zudem wurden vier Spalten für Rolläden sowie die letzte Fußnote ergänzt.

Tabelle 5 — Standardwerte für die Kennwerte von Gläsern und Sonnenschutzvorrichtungen^a

Glas- typ	Kennwerte, ohne Sonnenschutz- vorrichtung				mit außenliegender Sonnenschutzvorrichtung										mit innenliegender Sonnenschutz- vorrichtung								
					Außenja- lousie ^b (10°- Stellung)			Außenja- lousie (45°- Stellung)			vertikale Markise		Rollladen (vollst. ge- schlossen)		Rollladen ⁹ (3/4 ge- schlossen)			innenl. Jalousie ^b (10°- Stellung)			innenl. Jalousie (45°- Stellung)		
	U_g^d	g_{\perp}	τ_e	τ_{D65}	weiß	dunkel- grau	weiß	dunkel- grau	weiß ^c	grau	weiß	dunkel- grau	weiß	dunkel- grau	weiß	dunkel- grau	weiß	hell- grau	weiß	hell- grau	weiß	grau ^c	weiß ^c
ein- fach	5,8	0,87	0,85	0,90	0,09	0,20	0,17	0,21	0,24	0,23	0,07	0,18	0,27	0,36	0,32	0,44	0,40	0,50	0,26	0,54	0,27		
zwei- fach	2,9	0,78	0,73	0,82	0,08	0,15	0,15	0,15	0,21	0,18	0,05	0,13	0,24	0,30	0,35	0,46	0,42	0,51	0,29	0,53	0,31		
drei- fach	2,0	0,70	0,63	0,75	0,06	0,12	0,13	0,13	0,19	0,15	0,04	0,11	0,21	0,26	0,36	0,44	0,41	0,49	0,31	0,50	0,32		
WDG ^e 2fach	1,7	0,72	0,60	0,74	0,06	0,11	0,12	0,11	0,19	0,14	0,04	0,10	0,21	0,25	0,36	0,45	0,42	0,50	0,31	0,52	0,32		
WDG ^e 2fach	1,4	0,67	0,58	0,78	0,06	0,09	0,11	0,10	0,18	0,13	0,03	0,09	0,19	0,23	0,36	0,44	0,41	0,48	0,31	0,49	0,33		
WDG ^e 2fach	1,1	0,60	0,54	0,80	0,05	0,08	0,10	0,08	0,16	0,11	0,03	0,07	0,17	0,20	0,35	0,42	0,39	0,45	0,31	0,46	0,33		
WDG ^e 2fach	1,0	0,48	0,54	0,71	0,04	0,07	0,09	0,08	0,13	0,10	0,03	0,07	0,14	0,17	0,32	0,36	0,35	0,38	0,30	0,39	0,30		
WDG ^e 3fach	0,8	0,50	0,39	0,69	0,04	0,06	0,08	0,07	0,13	0,09	0,02	0,06	0,14	0,17	0,33	0,37	0,36	0,40	0,30	0,40	0,31		
WDG ^e 3fach	0,8	0,60	0,50	0,74	0,04	0,06	0,09	0,07	0,15	0,10	0,02	0,06	0,17	0,19	0,35	0,42	0,39	0,45	0,31	0,46	0,33		
WDG ^e 3fach	0,7	0,50	0,39	0,70	0,04	0,06	0,08	0,06	0,13	0,08	0,02	0,05	0,14	0,16	0,33	0,38	0,36	0,40	0,30	0,40	0,31		
WDG ^e 3fach	0,6	0,50	0,39	0,69	0,03	0,05	0,08	0,05	0,13	0,08	0,02	0,04	0,14	0,16	0,33	0,38	0,36	0,40	0,30	0,40	0,31		
SSVG ^f 2fach	1,3	0,48	0,44	0,59	0,05	0,09	0,10	0,09	0,14	0,11	0,03	0,08	0,14	0,18	0,32	0,36	0,35	0,38	0,30	0,39	0,30		
SSVG ^f 2fach	1,2	0,37	0,34	0,67	0,04	0,08	0,08	0,09	0,12	0,10	0,03	0,08	0,12	0,15	0,27	0,30	0,29	0,31	0,26	0,31	0,26		
SSVG ^f 2fach	1,2	0,25	0,21	0,40	0,04	0,08	0,07	0,09	0,10	0,10	0,03	0,08	0,09	0,12	0,20	0,22	0,21	0,22	0,20	0,22	0,20		
SSG ^f 3fach	0,7	0,34	0,29	0,63	0,03	0,05	0,07	0,06	0,10	0,07	0,02	0,05	0,10	0,12	0,26	0,28	0,27	0,29	0,25	0,29	0,25		
SSG ^f 3fach	0,7	0,24	0,21	0,45	0,03	0,05	0,06	0,06	0,08	0,07	0,02	0,05	0,08	0,10	0,20	0,21	0,21	0,21	0,19	0,22	0,20		
SSG ^f 3fach	0,7	0,16	0,13	0,27	0,03	0,05	0,05	0,06	0,07	0,06	0,02	0,05	0,06	0,08	0,14	0,15	0,14	0,15	0,14	0,15	0,14		
Kennwerte der Sonnenschutzvorrichtung																							
Transmissionsgrad $\tau_{e,B}$					0	0	0	0	0,22	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0,30	0,03		
Reflexionsgrad $\rho_{e,B}$					0,74	0,085	0,74	0,085	0,63	0,14	0,65	0,13	0,65	0,13	0,74	0,52	0,74	0,52	0,79	0,37	0,75		

Tabelle 5 (fortgesetzt)

^a	Berechnung von g_{tot} nach DIN EN 13363-1, Folie nach DIN EN 410.
^b	Lamellensysteme sind vorzugsweise mit 45°-Lamellenstellung zu bewerten. Die Werte für Lamellenstellung 10° sind nach der Gewichtung $g_{\text{tot},10^\circ} = 2/3 g_{\text{tot},0^\circ} + 1/3 g_{\text{tot},45^\circ}$ ermittelt.
^c	Bei diesen Systemen ist ein hinreichender Blendschutz nicht gegeben. Die Nachrüstung eines zusätzlichen Blendschutzes vermindert die Lichttransmission, beeinflusst den g_{tot} -Wert jedoch kaum.
^d	Bemessungswert in $W/(m^2 \cdot K)$ nach DIN V 4108-4 (einschließlich Korrekturwert von $0,1 W/(m^2 \cdot K)$).
^e	WDG: Wärmedämmglas
^f	SSG: Sonnenschutzglas
^g	Rollläden sind vorzugsweise mit „¾ geschlossen“ zu bewerten. Die Werte für „¾ geschlossen“ sind nach der Gewichtung $g_{\text{tot},3/4 \text{ geschlossen}} = 3/4 g_{\text{tot}, \text{vollst. geschlossen}} + 1/4 g_{\text{I}}$ ermittelt.

3.2.6 Randbedingungen bei der Bestimmung der Zeitkonstante

Bei der Bestimmung der Zeitkonstante gemäß DIN V 18599-2 sind im aktuellen Manuskript der Neuausgabe der Norm zwei wesentliche Änderungen enthalten.

Zunächst wird in Gleichung (135) bei der Bestimmung der Zeitkonstante der Transmissionswärmetransferkoeffizient H_T mit dem Faktor F_x beaufschlagt, welcher vereinfacht mit 1 für Außenbauteile und die Bauteile des unteren Gebäudeabschlusses anzunehmen ist und mit 0,5 für alle anderen Bauteile. Ein analoges Vorgehen wird im nachfolgenden Abschnitt beschrieben, da auch für die Bestimmung der maximalen Heizleistung der Faktor F_x in einer vereinfachten Form eingeführt wird.

Darüber hinaus erfolgte eine Klärung des Sachverhalts für die Behandlung von RLT-Anlagen mit Kühlfunktion. Im Sinne der DIN V 18599 Teil 2 (Raumbilanz) ist eine Kühlfunktion durch die RLT-Anlage dann - und nur dann - gegeben, wenn die Zulufttemperatur durch die RLT-Anlage unterhalb der Raumlufthtemperatur liegt, somit der Raum durch die RLT-Anlage gekühlt wird. Wenn die Zulufttemperatur der RLT-Anlage oberhalb der Raumlufthtemperatur liegt, hat die RLT-Anlage im Sinne der Raumbilanz eine Heizfunktion. Davon unberührt bleibt, ob die Zuluft der RLT-Anlage geheizt, gekühlt, befeuchtet oder entfeuchtet wird., um auf den Zuluftzustand (Zulufttemperatur) zu kommen. Dieser Energieaufwand wird als "Nutzenergie" in DIN V 18599 Blatt 3 bewertet.

Im nachfolgenden Textauszug sind die Änderungen mit Fettdruck gekennzeichnet, d.h. die Einführung und Festlegung von F_x in Gleichung (135) sowie die Änderung von θ_i in $\theta_{i,\text{soll}}$ in Gleichung (136) sowie die Definition von $\theta_{i,\text{soll}}$.

Auszug aus Entwurfsfassung der Neuausgabe DIN V 18599-2 (Stand Ende Juni 2011)

Änderungen in Abschnitt 6.7.2 Zeitkonstante

Die Zeitkonstante τ der Gebäudezone ist nach Gleichung (135) zu berechnen:

$$\tau = \frac{C_{\text{wirk}}}{H} = \frac{C_{\text{wirk}}}{\sum_j H_{T,j} \cdot \mathbf{F}_x + \sum_k H_{V,k} + H_{V,\text{mech},g}} \quad (135)$$

Dabei ist

...

F_x Temperatur-Korrekturfaktor für die Berechnung der Zeitkonstante, d.h.

$F_x = 1$ für direkte Transmission nach außen (Außenbauteile) und Transmission über Erdreich nach DIN EN ISO 13370;

$F_x = 0,5$ für alle anderen Bauteile.

...

- Für RLT-Anlagen mit Kühlfunktion ist der Luftvolumenstrom über die vorgegebene Temperatur der Zuluft zu bewerten (bezogen auf eine Standard-Temperaturdifferenz zur Innentemperatur von 6 K).

$$H_{V,mech,\vartheta} = H_{V,mech} \frac{\theta_{i,soll} - \theta_{V,mech}}{6 \text{ K}} \quad (136)$$

Dabei ist

$H_{V,mech}$ der Lüftungswärmetransferkoeffizient der mechanischen Lüftung (siehe 6.3.3);

$\theta_{i,soll}$ für den Heizfall: $\theta_{i,soll} = \theta_{i,h,soll}$; für den Kühlfall: $\theta_{i,soll} = \theta_{i,c,soll} - 2 \text{ K}$ (Raum-Solltemperaturen $\theta_{i,h,soll}$ und $\theta_{i,c,soll}$ nach DIN V 18599-10 (siehe auch 6.1);

$\theta_{V,mech}$ die minimale Zulufttemperatur der mechanischen Lüftungsanlage.

Wenn $\theta_{i,soll} < \theta_{V,mech}$ gilt: $H_{V,mech,\vartheta} = 0$

3.2.7 Bestimmung der maximalen Heizleistung

Wie bereits bei der Änderung der Bestimmungsgleichung für die Zeitkonstante beschrieben werden auch für die Berechnung der maximalen Heizleistung die Transmissionswärmesenken mit dem Faktor F_x beaufschlagt, für den vereinfacht zwei verschiedene Werte angenommen werden. Dies gilt für Gleichung (B.2) sowie für Gleichung (B.5), welche für den Fall der mechanischen Lüftung gilt.

Im Fall ohne mechanische Lüftung werden darüber hinaus die Lüftungswärmesenken mit dem Faktor 0,5 beaufschlagt, also nur zur Hälfte in Ansatz gebracht. Beide Änderungen berücksichtigen eine Annäherung der Verfahren der Heizlastberechnung gemäß DIN EN 12831 [12831]²¹ und der Bestimmung der maximalen Heizleistung gemäß DIN V 18599.

²¹ [12831] DIN EN 12831 : 2003-08: Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast, August 2008.

Auszug aus Entwurfsfassung der Neuausgabe DIN V 18599-2 (Stand Ende Juni 2011)

Änderungen in Abschnitt B.2 Berechnung der maximalen Heizleistung $\dot{Q}_{h,max}$ für den Auslegungstag (ohne mechanische Lüftung)

$$\dot{Q}_{h,max} = \dot{Q}_{sink,max} = \dot{Q}_{T,max} + \dot{Q}_{V,max} \quad (B.1)$$

$$\dot{Q}_{T,max} = \sum_j H_{T,j} (\theta_{i,h,min} - \theta_{j,h,min}) F_x \quad (B.2)$$

$$\dot{Q}_{V,max} = 0,5 \sum_j H_{V,k} (\theta_{i,h,min} - \theta_{k,h,min}) \quad (B.3)$$

...

F_x Temperatur-Korrekturfaktor für die Berechnung der maximalen Heizleistung, d.h.

$F_x = 1$ für direkte Transmission nach außen (Außenbauteile) und Transmission über Erdreich nach DIN EN ISO 13370;

$F_x = 0,5$ für alle anderen Bauteile.

Auszug aus Entwurfsfassung der Neuausgabe DIN V 18599-2 (Stand Ende Juni 2011)

Änderungen in Abschnitt B.4 Erforderliche maximale Heizleistung unter Berücksichtigung der mechanischen Lüftungsanlage

$$\dot{Q}_{h,max,res} = \dot{Q}_{h,max} = \dot{Q}_{sink,max} = \dot{Q}_{T,max} + \dot{Q}_{V,max} + \dot{Q}_{V,mech,min} \quad (B.4)$$

mit

$$\dot{Q}_{T,max} = \sum_j H_{T,j} (\theta_{i,h,min} - \theta_{j,h,min}) F_x \quad (B.5)$$

...

F_x Temperatur-Korrekturfaktor für die Berechnung der maximalen Heizleistung, d.h.

$F_x = 1$ für direkte Transmission nach außen (Außenbauteile) und Transmission über Erdreich nach DIN EN ISO 13370;

$F_x = 0,5$ für alle anderen Bauteile.

3.3 DIN V 18599-5 und -8: Heizungssystem und Trinkwarmwasserbereitung

Der Text der nachfolgenden Abschnitte wurde dem Normenkreis mit der Bitte um Prüfung und Korrektur der Teile 5 und 8 der DIN V 18599 vorgelegt.

3.3.1 Speicherung Trinkwarmwasser - Korrekturen in DIN V 18599-8

Gemäß DIN V 18599-8 gilt für bivalente Solarspeicher (Trinkwarmwasser) die nachfolgend dargestellte Gleichung (32) zur Bestimmung der Verluste der Wärmespeicherung. In Teil 100 wurde die Gleichung korrigiert. Siehe nachfolgende Abbildung. Dabei wird als Kenngröße für den Speicher der nach DIN EN 12977-3 gemessene Bereitschaftswärmeverlust $(UA)_{sb,s,a}$ in [W/K] verwendet. Bei der Umrechnung der Einheiten liegt u.E. ein Fehler vor. Der Vorschlag für eine Korrektur ist in der anschließenden Gleichung dargestellt.

$$Q_{w,s} = f_{\text{Verbindung}} \cdot (UA)_{sb,s,a} \cdot \Delta \vartheta_1 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot d_{\text{Nutz,mth}} \cdot \frac{V_{s,\text{aux}}}{V_{s,\text{aux}} + V_{s,\text{sol}}} \quad (32)$$

$$Q_{w,s} = \frac{24}{1000} f_{\text{Verbindung}} \cdot (UA)_{sb,s,a} \cdot \Delta \vartheta_1 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot d_{\text{Nutz,mth}} \cdot \frac{V_{s,\text{aux}}}{V_{s,\text{aux}} + V_{s,\text{sol}}} \quad (32)$$

Bild 37: Oben: Auszug aus DIN V 18599-8 Abschnitt 6.3.1.1 [18599-8]²².

Unten Änderung: Auszug aus DIN V 18599-100 Abschnitt 8 [18599-100].

$$Q_{w,s} = f_{\text{Verbindung}} \cdot (UA)_{sb,s,a} \cdot \Delta \vartheta_1 \cdot d_{\text{Nutz,mth}} \cdot \frac{1}{24 \cdot 1000} \cdot \frac{V_{s,\text{aux}}}{V_{s,\text{aux}} - V_{s,\text{sol}}}$$

$$\Rightarrow \left[\frac{W \cdot K \cdot d}{K \cdot \text{mth} \cdot 24 \cdot 1000} \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right] = \left[\frac{\text{kWh} \cdot K \cdot 24\text{h}}{K \cdot \text{mth} \cdot 24} \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right] = \left[\frac{\text{kWh}}{\text{mth}} \right] \quad (26)$$

Ist der Messwert nicht bekannt, so kann ein Standardwert angenommen werden. Dieser liegt jedoch in Form des täglichen Bereitschafts-Wärmeverlusts $q_{B,S}$ in [kWh] vor (bezogen auf eine Temperaturdifferenz von 45 K) und muss noch umgerechnet werden. In DIN V 4701-10 hatte diese Größe noch die Einheit [kWh/d]. Hier wird man in DIN V 18599-5 fündig, dort ist mit Gleichung (60) ein Zusammenhang definiert. Auch hier liegt u.E. ein Umrechnungsfehler bzw. ein redaktioneller Änderungsbedarf in den Gleichungen vor. Ein Korrekturvorschlag ist ebenfalls dargestellt, dort wird für die Einheit von $q_{B,S}$ [kWh/d] angenommen.

$$(UA)_s = q_{B,S} \cdot \frac{1000 \cdot 24\text{h}}{45\text{K}} \quad (60)$$

Bild 38: Auszug aus DIN V 18599-5 Abschnitt 6.4.1.2 [18599-5].

$$(UA)_s = q_{B,S} \cdot \frac{1000 \cdot 24}{45\text{K}} \Rightarrow \left[\frac{\text{kWh} \cdot 1000 \cdot 24}{d \cdot K} \right] = \left[\frac{\text{Wh} \cdot 24}{24\text{h} \cdot K} \right] = \left[\frac{\text{W}}{K} \right] \quad (27)$$

Die Korrektur der Einheit von $q_{B,S}$ in [kWh/d] wird anhand Gleichung (23) geprüft. Dort ergibt sich ebenfalls ein redaktioneller Änderungsbedarf, der in der anschließenden Gleichung wiedergegeben ist.

²² [18599-8] DIN V 18599-8 : 2007-02: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 8: Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen.

$$Q_{w,s} = f_{\text{Verbindung}} \cdot \frac{(50 - \vartheta_i)}{45} \cdot d_{\text{Nutz,mth}} \cdot q_{B,S} \quad (23)$$

Bild 39: Auszug aus DIN V 18599-8 Abschnitt 6.3.1.1 [18599-8].

$$Q_{w,s} = f_{\text{Verbindung}} \cdot \frac{(50^\circ\text{C} - \vartheta_i)}{45\text{K}} \cdot d_{\text{Nutz,mth}} \cdot q_{B,S} \Rightarrow \left[\frac{\text{K} \cdot \text{d} \cdot \text{kWh}}{\text{K} \cdot \text{mth} \cdot \text{d}} \right] = \left[\frac{\text{kWh}}{\text{mth}} \right] \quad (28)$$

Insgesamt schlagen wir die nachfolgend zusammengestellten Änderungen in DIN V 18599-8 vor.

Fazit 1: In DIN V 18599-8 sollten folgende Korrekturen erfolgen

- Korrektur Gleichungen (23) und (32)
- Übernahme der korrigierten Gleichung (60) aus Teil 5 der Norm bzw. Verweis darauf
- Korrektur der Einheit für die Größe $q_{B,S}$

3.3.2 Speicherung Trinkwarmwasser - Vergleich der Verfahren DIN V 4701-10 vs. DIN V 18599-8

3.3.2.1 Indirekt beheizte Speicher

Bei der Bestimmung des Standardwertes für den Bereitschafts-Wärmeverlust $q_{B,S}$ gemäß DIN V 4701-10 ist vorgesehen, nur bis zu einer Speichergöße von 1.000 l direkt mit dem Standardwert zu rechnen. Für größere Speichervolumina ist eine Aufteilung in separate Speicher bis jeweils 1.000 l vorzunehmen und die Bereitschafts-Wärmeverluste sind zu addieren. Siehe nachfolgend aufgeführter Auszug aus der Norm.

$q_{B,S} = 0,4 + 0,2 \cdot V^{0,4}$		[kWh/d]	(5.1.3-3)
mit:	$q_{B,S}$ V	Bereitschafts-Wärmeverlust, in [kWh/d] Speicher-Nenninhalt, in [l]	

Der zur Bestimmung des Bereitschafts-Wärmeverlusts $q_{B,S}$ des Speichers erforderliche Speicher-Nenninhalt in Litern kann vereinfachend mit: $V = 6 \cdot A_N^{0,7}$ abgeschätzt werden, wobei der Nenninhalt eines Speichers maximal 1000 l betragen darf (A_N : Nutzfläche des Gebäudes in m^2). Wird ein Speicher-Nenninhalt über 1000 l erforderlich, so ist der Speicher aus mehreren Speichern zusammenzusetzen. Dabei ist davon auszugehen, dass es zum einen mindestens einen Speicher mit V_{max} gibt und zum anderen genau einen Speicher, der das restliche Volumen aufweist. Diese Annahme gilt auch sinngemäß für alle anderen betroffenen Speicher in dieser Norm. In diesem Fall sind die Wärmeverluste der einzelnen Speicher zu addieren.

Bild 40: Auszug aus DIN V 4701-10 Abschnitt 5.1.3.1.1 [4701-10] ²³.

In DIN V 18599-8 ist dies für indirekt beheizte Speicher nicht vorgesehen, stattdessen wird für größere Speichervolumina eine abweichende Bestimmungsgleichung angegeben. Siehe nachfolgende Abbildung.

²³ [4701-10] DIN V 4701-10 : 2003-08: Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen - Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung.

Speicher bis 1 000 l	$q_{B,S} = 0,8 + 0,02 \cdot V^{0,77}$	(24)
Speicher über 1 000 l	$q_{B,S} = 0,39 \cdot V^{0,35} + 0,5$	(25)

Bild 41: Auszug aus DIN V 18599-8 Abschnitt 6.3.1.1 [18599-8].

Vergleichsrechnungen ergeben die im nachfolgenden Diagramm wiedergegebenen Verläufe des Bereitschafts-Wärmeverlustes $q_{B,S}$ für verschiedene Nutzflächen A_N . Dabei ergibt sich gemäß DIN V 4701-10 der Standardwert für das Speichervolumen direkt aus A_N , bei den Berechnungen zur DIN V 18599-8 kann der Standardwert u. a. aus dem Nutzwärmebedarf für Trinkwarmwasser bestimmt werden. Ein formelmäßiger Zusammenhang ist den Berechnungen hinterlegt, führt jedoch bei A_N um 3.000 m² zu dem sichtbaren "Knick" in den Verläufen des Diagramms. Die Randbedingungen für die Berechnung sind im Folgenden näher erläutert.

Bei den Berechnungen gemäß DIN V 18599-8 ist zunächst das Ergebnis unter Verwendung der o.g. Gleichungen (24) und (25) je nach Speichervolumen dargestellt. Darüber hinaus enthalten ist eine Mischung der Verfahren, d.h. bis 1.000 l Gleichung (24), bei größeren Volumina Verwendung der Aufteilung gemäß DIN V 4701-10 in separate Speicher mit $V_{max} = 1.000$ l.

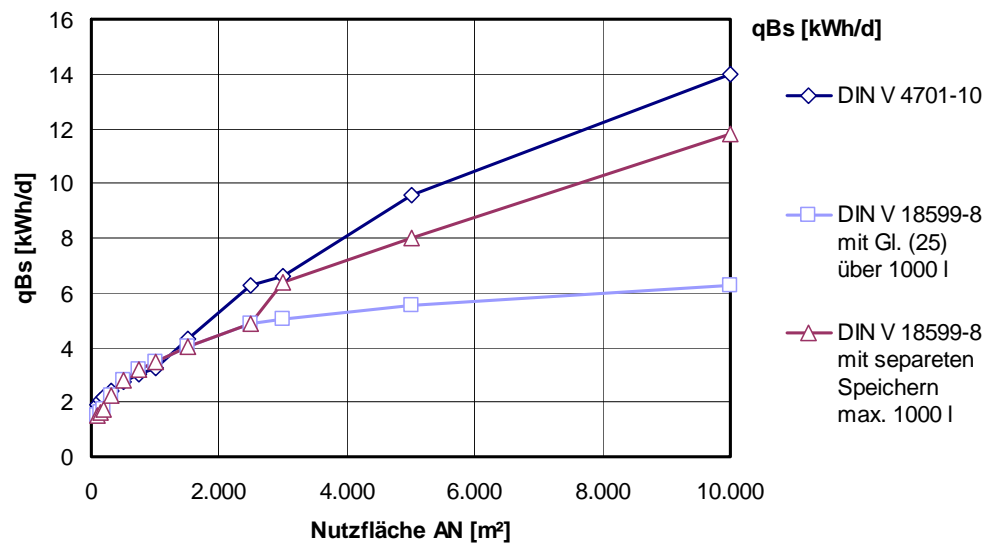


Bild 42: Standardwerte für den Bereitschafts-Wärmeverlust von indirekt beheizten Speichern für unterschiedliche Gebäudegrößen (Fall mit Zirkulation) - Vergleich der Verfahren.

Es zeigt sich, dass mit dem neuen Ansatz der DIN V 18599-8 für Nutzflächen ab ca. 2.000 m² die Verläufe von $q_{B,S}$ stark auseinandergehen, so dass sich bei großen Nutzflächen die Werte gegenüber dem Ergebnissen der DIN V 4701-10 halbieren. Es ist zu prüfen, ob dies gewünscht ist. Die ebenfalls dargestellte Mischung der Verfahren führt zu Werten, die in einer ähnlichen Größenordnung liegen. Darüber hinaus ist - wie im folgenden beschrieben - die Separierung der Speicher für bivalente Solarspeicher auch in der DIN V 18599-8 vorgesehen, woraus sich ein Widerspruch ergibt.

Fazit 2: Prüfung der Behandlung von Speichern mit einem Volumen $> 1.000 \text{ l}$ bei der Bestimmung der Standardwerte für den Bereitschafts-Wärmeverlust $q_{B,S}$.

Die Randbedingungen der oben dargestellten Berechnungsergebnisse beziehen sich auf neue Anlagen mit Zirkulation. Sonstige Einschränkungen: nur Wohngebäude und stehender Speicher. Die Flächenumrechnung der Nutzfläche A_N auf die in DIN V 18599-10 für die Bestimmung des Nutzenergiebedarfs für Trinkwarmwasser in Bezug genommene Wohnfläche A_{wo} erfolgt mittels zweier vereinfachter Ansätze und weiterer Annahmen, d.h.

- Gemäß EnEV §19 kann die Gebäudenutzfläche "*bei Wohngebäuden mit bis zu zwei Wohneinheiten mit beheiztem Keller pauschal mit dem 1,35-fachen Wert der Wohnfläche bei sonstigen Wohngebäuden mit dem 1,2-fachen Wert der Wohnfläche angesetzt werden*". Als zusätzliche Annahme gilt, den ersten Fall bis zu zwei Wohneinheiten auf die Nutzflächen bis 500 m^2 anzuwenden, darüber hinaus wird mit dem Faktor 1,2 gerechnet.
- In DIN V 18599-10 (Fußnote a Tabelle 3) ist eine weitere Vereinfachung definiert: "*Die Netto-Grundfläche (NGF) darf vereinfacht mit dem 1,1-fachen der beheizten Wohnfläche angesetzt werden.*"
- Für die Bestimmung des Nutzwärmebedarfs Trinkwarmwasser gemäß DIN V 18599-10 wird für die Unterscheidung Einfamilienhaus EFH und Mehrfamilienhaus MFH als Grenze $A_{NGF} = 240 \text{ m}^2$ angenommen.
- Die geometrischen Größen zur Bestimmung der Anzahl der Wohneinheiten, d.h. $(L_G \cdot B_G \cdot n_G \cdot h_G)$ werden dem Bruttovolumen gleichgesetzt, d.h. gemäß EnEV $V_e = A_N / 0,32$.

Die den oben gezeigten Ergebnissen des Bereitschafts-Wärmeverlustes $q_{B,S}$ entsprechenden Ergebnisse für das Speichervolumen ist in der nachfolgenden Abbildung graphisch dargestellt. Auch diese Ergebnisse beziehen sich auf den Fall mit Zirkulation und unter Zugrundelegung der genannten geometrischen Annahmen für die Umrechnung der Bezugsgrößen.

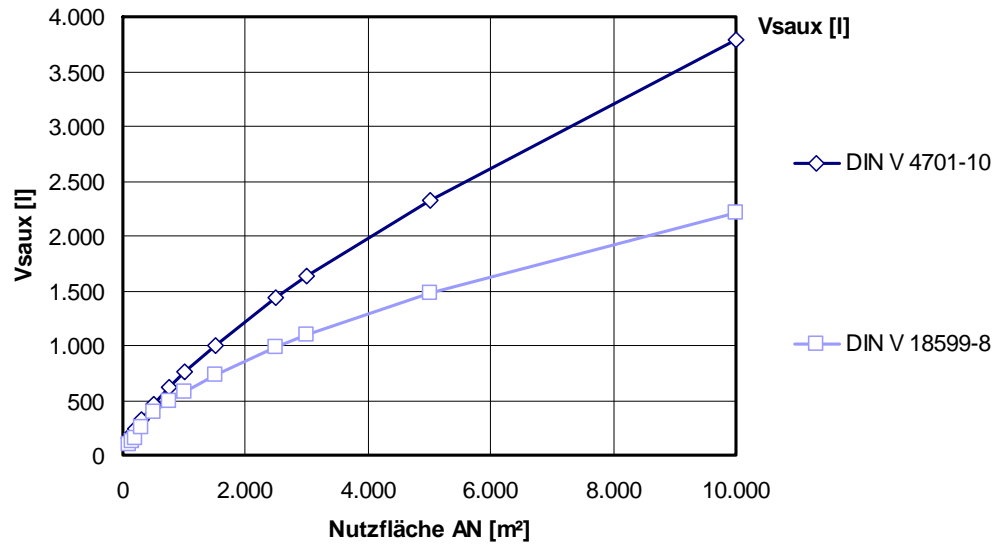


Bild 43: Standardwerte für das Speichervolumen von indirekt beheizten Speichern für unterschiedliche Gebäudegrößen (Fall mit Zirkulation) - Vergleich der Verfahren.

Für den Fall ohne Zirkulation ergeben sich durchaus andere Größenordnungen im Vergleich der Verfahren. Hier liegen die Ergebnisse für den neu definierten Mischfall über den Ergebnissen der DIN V 4701-10. Die korrespondierenden Ergebnisse für $q_{B,S}$ und das Speichervolumen ist den folgenden Diagrammen zu entnehmen.

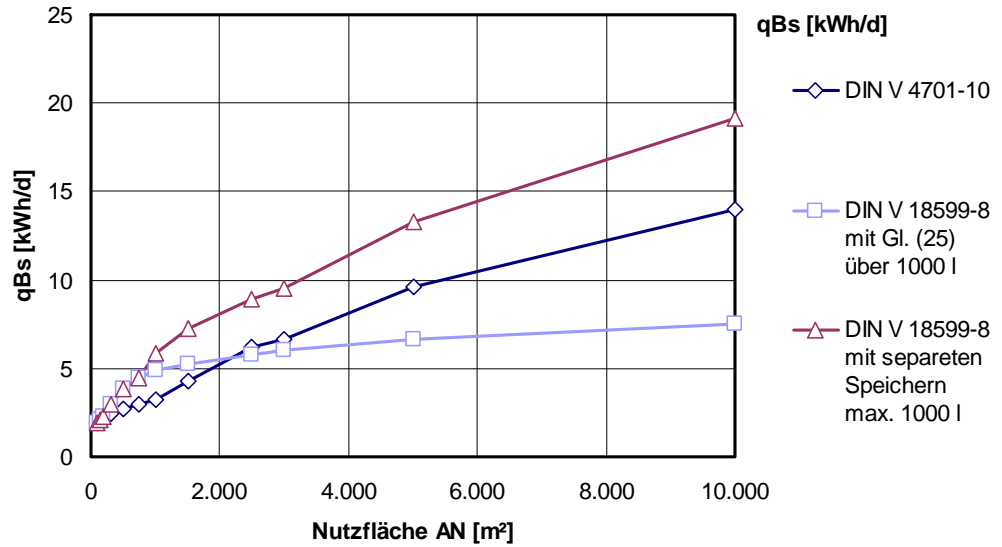


Bild 44: Standardwerte für den Bereitschafts-Wärmeverlust von indirekt beheizten Speichern für unterschiedliche Gebäudegrößen (Fall **ohne** Zirkulation) - Vergleich der Verfahren.

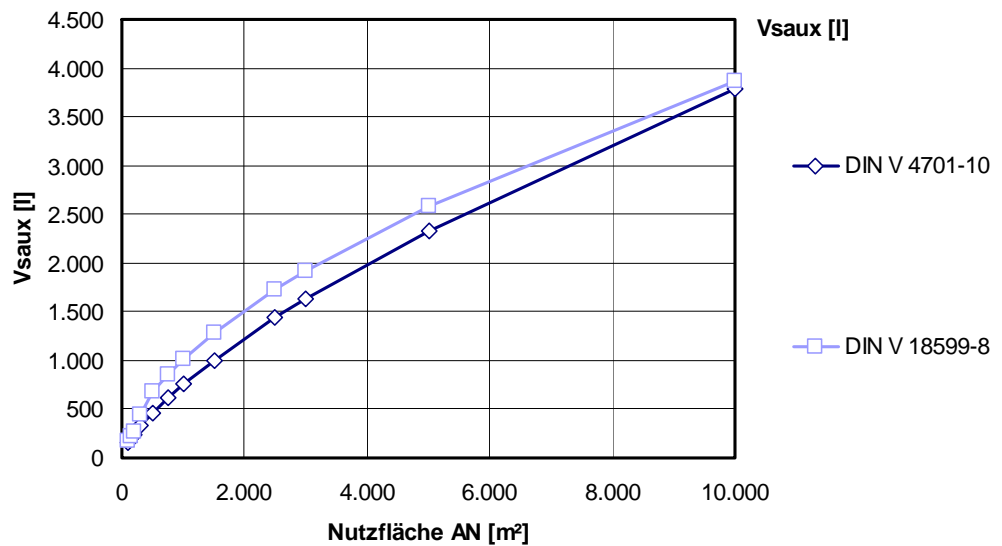


Bild 45: Standardwerte für das Speichervolumen von indirekt beheizten Speichern für unterschiedliche Gebäudegrößen (Fall **ohne** Zirkulation) - Vergleich der Verfahren.

3.3.2.2 Bivalente Solarspeicher

In DIN V 4701-10 ist ebenfalls eine Begrenzung auf bzw. Aufteilung ab einer maximalen Speichergöße von 1.000 l vorgesehen. Darüber hinaus sind anstelle des bivalenten Speichers mehrere separate Speicher vorzusehen, welche als indirekt beheizte Speicher zu rechnen sind, da der Bezug zu Gleichung (5.1.3-3) sich auf die auch oben dargestellte Bestimmungsgleichung von $q_{B,s}$ für indirekt beheizte Speicher bezieht, nicht auf die Gleichung für bivalente Solarspeicher. Die

Ausführungen zu großen Solaranlagen in Abschnitt 5.1.4.1.1 bestätigen dies, ebenso die Rückrechnung der tabellierten Werte aus Anhang C der DIN V 4701-10.

Diese Annahmen gelten nur für bivalente Speicher mit einer Speichergröße bis max. 1000 l. Bei erforderlichen Speichervolumen über 1000 l wird anstelle des *bivalenten* Speichers mit einem oder mehreren *separaten* Trinkwasserspeichern gerechnet (siehe 5.1.4.1.1: große Solaranlagen). Separate Trinkwasserspeicher werden nach Gl. 5.1.3-3 mit max. 1000 l pro Speicher berechnet.

Bild 46: Auszug aus DIN V 4701-10 Abschnitt 5.1.3.1.1 [4701-10].

In DIN V 18599-8 ist für bivalente Solarspeicher die Aufteilung ab 1.000 l auch vorgesehen, jedoch nicht die Verwendung von indirekt beheizten Speichern anstelle der bivalenten Solarspeicher. Dies wäre nur dann der Fall, wenn in dem nachfolgend dargestellten Auszug fehlerhafte Bezüge zu Gleichungsnummern vorliegen.

Der nach Gleichung (33) ermittelte Wert wird zur Bestimmung des spezifischen Bereitschafts-Wärmeverlusts nach Gleichung (23) verwendet. Für den Fall, dass der Bereitschaftsspeicher ausschließlich mit einem elektrischen Heizstab nachgeheizt wird, ist in Gleichung (23) mit $f_{\text{Verbindung}} = 1$ zu rechnen.

Diese Annahmen gelten nur für bivalente Speicher mit einer Speichergröße bis max. 1 000 l. Bei erforderlichem Speichervolumen über 1 000 l wird anstelle des bivalenten Speichers mit einem oder mehreren separaten Trinkwarmwasserspeichern gerechnet (siehe 6.4.1). Separate Trinkwarmwasserspeicher werden nach Gleichung (33) mit max. 1 000 l je Speicher berechnet.

Bild 47: Auszug aus DIN V 18599-8 Abschnitt 6.3.1.1 [18599-8].

Sofern also vorgesehen ist, bei der Behandlung von bivalenten Speichern mit Volumina > 1.000 l ein analoges Vorgehen zu DIN V 4701-10 zu erreichen, so sind die Bezüge wie folgt zu korrigieren.

Fazit 3: In DIN V 18599-8 sollten folgende Korrekturen erfolgen (siehe dazu o.g. Auszug)

- Bezug zu Gleichung (23) in erstem Absatz ist zu korrigieren in (32), so dass für Volumina bis 1.000 l der Wärmeverlust $Q_{w,s}$ für bivalente Solarspeicher gilt.
- Die Korrektur des Verweises auf Gleichung (33) im zweiten Absatz in (23) würde dem Verfahren der DIN V 4701-10 bedingt entsprechen, d.h. auf indirekt beheizte Speicher verweisen, allerdings nicht auf die Bestimmung $q_{B,S}$ sondern $Q_{w,s}$.

3.4 DIN V 18599-10: Randbedingungen

3.4.1 Definition der Bezugsflächen bei Wohngebäuden

Im Rahmen der Bilanzierung der Nutzenergie gemäß DIN V 18599-2 wird die Bezugsfläche A_B verwendet. Im Falle der Nichtwohngebäude gilt gemäß DIN V 18599-1 die Definition $A_B = A_{NGF}$, siehe Auszug der Norm Bild 48. In Abschnitt 8 der Norm (Bestimmung von Systemgrenzen, Flächen und Volumina) wird darüber hinaus die Energiebezugsfläche definiert, welche der Summe der Nettogrundflächen A_{NGF} entspricht und gemäß DIN 277-1 zu bestimmen ist.

3.1.17

Nettogrundfläche, Bezugsfläche

im konditionierten Gebäudevolumen zur Verfügung stehende nutzbare Fläche

ANMERKUNG Als Bezugsfläche wird die Nettogrundfläche (A_{NGF}) verwendet.

Bild 48: Auszug aus DIN V 18599-1 [18599-1]²⁴.

In DIN V 18599-100 erfolgt eine Änderung in Form einer Ergänzung der Anmerkung 2 - siehe Bild 49. Hier erfolgt ein Verweis auf die Definition des Flächenbezugs gemäß Energieeinsparverordnung 2009 [EnEV2009], siehe auch Bild 51.

ANMERKUNG 2 Im öffentlich-rechtlichen Nachweis wird zur Ermittlung der Energiekennwerte die in der Energieeinsparverordnung definierte Bezugsfläche verwendet.

Bild 49: Auszug aus DIN V 18599-100 Abschnitt 1 [18599-100].

Für Wohngebäude wird in DIN V 18599-2 bei der Bestimmung der Wärmequellen (Abschnitt 6.5.1) auf DIN V 18599-10 verwiesen. Dort enthält Tabelle 3 in Abschnitt 5 (Nutzungsrandbedingungen Wohngebäude) die Fußnote a, welche als Bezugsgröße für die internen Wärmequellen und den Nutzwärmebedarf Trinkwarmwasser die beheizte Wohnfläche vorsieht sowie einen vereinfachten formelmäßigen Ansatz für die Bestimmung der Nettogrundfläche gibt. In DIN V 18599-100 ist eine Änderung dieses Textes enthalten, welche in der folgenden Abbildung wiedergegeben ist. Dabei wurde der Verweis auf die Wohnflächenverordnung ergänzt.

Tabelle 3 Index^a Werte sind auf die beheizte Wohnfläche bezogen. Diese wird entsprechend Wohnflächenverordnung (WoFlV) ermittelt. Die Netto-Grundfläche (NGF) darf vereinfacht mit dem 1,1fachen der beheizten Wohnfläche angesetzt werden.

Bild 50: Auszug aus DIN V 18599-100 Abschnitt 9 [18599-100].

Fazit 1: Die Definition der Bezugsfläche sollte zusammengefasst werden, z.B. ausschließliche Festlegung in DIN V 18599-1 und Verweise darauf aus -2 und -10. Darüber hinaus in DIN V 18599-1 Abschnitt 8 die Verwendung beider Bezeichnungen, d.h. Bezugsfläche und Energiebezugsfläche, evtl. letztere streichen.

In der Formulierung der Fußnote indirekt enthalten ist die Festlegung, dass nur für die Bestimmung der internen Wärmequellen und des Nutzwärmebedarfs Trinkwarmwasser als Bezugsfläche die beheizte Wohnfläche gilt, bei anderen Verweisen auf die Bezugsfläche in DIN V 18599-2 gilt auch für Wohngebäude $A_B = A_{NGF}$, z.B. Gleichung (128), Bestimmung der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit C_{wirk} .

Fazit 2: In DIN V 18599-2 kommt bei Wohngebäuden als Bezugsfläche sowohl die beheizte Wohnfläche als auch die Nettogrundfläche zum Einsatz. Dies sollte gesondert gekennzeichnet werden.

²⁴ [18599-1] DIN V 18599-1 : 2007-02: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger.

In der Energieeinsparverordnung 2009 [EnEV2009] kommt für Wohngebäude eine weitere Fläche zur Anwendung: die Gebäudenutzfläche A_N , welche als Bezugsgröße für die flächenbezogenen energetischen Kenngrößen dient (siehe EnEV §2 Nr. 14 in Verbindung mit Anlage 1 Nr. 1.3.3). Auch frühere Regelwerke für den öffentlich-rechtlichen Nachweis haben diese Größe bereits in Bezug genommen. In §19 der EnEV ist eine vereinfachte Bestimmung der Gebäudenutzfläche enthalten, siehe nachfolgend dargestellter Auszug.

anzugeben. Die Gebäudenutzfläche kann bei Wohngebäuden mit bis zu zwei Wohneinheiten mit beheiztem Keller pauschal mit dem 1,35-fachen Wert der Wohnfläche, bei sonstigen Wohngebäuden mit dem 1,2-fachen Wert der Wohnfläche angesetzt werden. Bei Nichtwohn-

Bild 51: Auszug aus EnEV 2009 §19 Absatz (2) [EnEV2009].

Somit ergeben sich die in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellten Zusammenhänge für Wohn- und Nichtwohngebäude. Zusätzlich aufgeführt sind jeweils die Verwendung sowie die Quelle der Definition.

Es kann also - bei Verwendung der vereinfachten Ansätze - ein Zusammenhang zwischen den drei verschiedenen beim Wohngebäude verwendeten Flächen hergestellt werden. Dabei bleibt eine Definitionslücke: gemäß Wohnflächenverordnung ist nur die Wohnfläche definiert, nicht aber die beheizte Wohnfläche. Vorschlag: Einführung eines vereinfachten Ansatzes, welcher aus der EnEV übernommen wird, ermöglicht die Ableitung der Wohnfläche aus der Nutzfläche.

Tabelle 11: Definition und Bestimmung der Bezugsflächen für Wohn- und Nichtwohngebäude.

Fläche	Nichtwohngebäude	Wohngebäude	Verwendung	Quelle
Bezugsfläche zur Ermittlung der Energiekennwerte	A_{NGF}	$A_N = 0,32 V_e \cdot h_G^1$	EnEV	EnEV, DIN V 18599-1
Bezugsfläche A_B	$A_B = A_{NGF}$	$A_B = A_{NGF}$ vereinfacht: $A_{NGF} = 1,1 A_{wo}$	DIN V 18599-2	DIN V 18599-1 bzw. -10
beheizte Wohnfläche A_{wo}	-	A_{wo} vereinfacht ² : $A_{wo} = A_N / 1,35$ bzw. $A_{wo} = A_N / 1,2$	DIN V 18599-2 und -10	DIN V 18599-10

¹) Beträgt die durchschnittliche Geschosshöhe h_G eines Wohngebäudes, gemessen von der Oberfläche des Fußbodens zur Oberfläche des Fußbodens des darüber liegenden Geschosses, mehr als 3 m oder weniger als 2,5 m, so ist die Gebäudenutzfläche A_N abweichend mit $A_N = (1/h_G - 0,04 \text{ m}^{-1}) V_e$ zu ermitteln.

²) Wohngebäude mit bis zu zwei Wohneinheiten mit beheiztem Keller $A_{wo} = A_N / 1,35$, bei sonstigen Wohngebäuden $A_{wo} = A_N / 1,2$.

Dabei gilt gemäß Anlage 1 der EnEV für Wohngebäude allgemein (bei Raumhöhen zwischen 2,5 und 3 m) die Berechnungsvorschrift $A_N = 0,32 V_e$.

Fazit 3: Die bei der Ermittlung der internen Wärmeeinträge und des Nutzwärmebedarfs Trinkwarmwasser für Wohngebäude als Bezugsgröße herangezogene Wohnfläche A_{wo} sollte vereinfacht aus der Nutzfläche A_N abgeleitet werden können. Dabei kann der pauschale Ansatz der EnEV übernommen werden.

Aufgrund der vorgenannten Problematik hat der Normenkreis für die Entwurfsfassung der Neuausgabe der Norm Ende Juni 2011 pragmatisch entschieden, die in Teil 10 der Norm vorgegebenen Pauschalwerte für die Nutzungsrandbedingungen Wohngebäude so umzurechnen, dass als Bezugsgröße durchgängig die Nettogrundfläche NGF herangezogen wird. Dabei werden Werte für die internen Wärmequellen und den Nutzwärmebedarf Trinkwarmwasser durch den Faktor 1,1 geteilt, es ergeben sich die im folgenden Auszug aus der Entwurfsfassung dargestellten (gerundeten) Richtwerte.

Auszug aus Entwurfsfassung der Neuausgabe DIN V 18599-10 (Stand Ende Juni 2011):

Tabelle 3 - Richtwerte der Nutzungsrandbedingungen für die Berechnung des Energiebedarfs von Wohngebäuden

...	
interne Wärmequellen	EFH: $q_i = 45 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$; MFH: $q_i = 90 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})^a$
...	
Nutzwärmebedarf Trinkwarmwasser	EFH: $q_{w,b} = 11 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$; MFH: $q_{w,b} = 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})^a$
...	

^a Werte sind auf Netto-Grundfläche (NGF) bezogen.

3.4.2 Wohngebäude: Randbedingungen Kühlung

Die Ausarbeitung der Methodik zur Bestimmung des Kühlkältebedarfs von Wohngebäuden in Teil 6 der DIN V 18599 erfordert die Definition von Randbedingungen, welche wie folgt in Teil 10 der Norm aufgenommen wurden.

Auszug aus Entwurfsfassung der Neuausgabe DIN V 18599-10 (Stand Ende Juni 2011):

Tabelle 3 - Richtwerte der Nutzungsrandbedingungen für die Berechnung des Energiebedarfs von Wohngebäuden

...	
Raum-Solltemperatur	Kühlfall $\theta_{r,soll} = 25 \text{ °C}$
...	
Maximaltemperatur, Auslegung Kühlfall	$\theta_{i,c,max} = 26 \text{ °C}$

3.4.3 Nichtwohngebäude: Ermittlung der Tages- und Nachtstunden

Bei der Ermittlung der Tabellenwerte der Tages- und Nachtstunden für die Berechnung der Tageslichtversorgung von Nichtwohngebäuden wurden im Berechnungsverfahren gemäß Anhang B der Norm unklare Definitionen gefunden. Nach der Präzisierung des Berechnungsverfahrens wurden neue Tabellenwerte für die Profile bestimmt, wodurch sich leichte Änderungen in Tabelle 4 für alle Nutzungsprofile ergeben.

Auszug aus Entwurfsfassung der Neuausgabe DIN V 18599-10 (Stand Ende Juni 2011):

Neuer Text zu Abschnitt "Änderungen"

Gegenüber DIN V 18599-10:2007-02 und DIN V 18599-100:2009-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

...

- Nach Präzisierung des Anhang B (Ermittlung der Tages- und Nachtstunden) wurden die Werte für t_{Tag} und t_{Nacht} (alle Profile) geringfügig korrigiert

3.4.4 Nichtwohngebäude: Mischnutzung

Gemäß der Teile 1 und 2 der DIN V 18599 gibt es für Nichtwohngebäude neben der Zonenteilungskriterien auch Sonderfälle, bei denen mehrere Zonen zu einer Zone zusammenzulegen sind. In diesem Fall sind für die Gesamtzone die Randbedingungen eines mittleren Nutzungsprofils anzusetzen, welches sie aus der "Mischnutzung" der Einzelprofile ergibt. Die Norm gab jedoch bisher keine Methodik vor, nach welcher diese zu erfolgen hat. Daher wurde zur Klärung der folgende Text in der Neuausgabe des Teil 10 der DIN V 18599 aufgenommen.

Auszug aus Entwurfsfassung der Neuausgabe DIN V 18599-10 (Stand Ende Juni 2011):

Neuer Text zu Abschnitt 6 Nutzungsrandbedingungen Nichtwohngebäude

Erfolgt eine Zusammenlegung von Zonen unterschiedlicher Nutzung - z. B. bei hohem Luftwechsel zwischen verschiedenen Räumen oder Raumgruppen des Gebäudes, welche nach DIN V 18599-1 und DIN V 18599-2 in einer Gebäudezone zusammengefasst werden können - so ergibt sich eine Mischnutzung. Dabei sind generell die Werte der einzelnen Nutzungsprofile flächenanteilig zu einem Gesamtwert zu mitteln. Ausnahmen:

- Für die tägliche Nutzungszeit der resultierenden Mischnutzung gilt die längste Zeitspanne zwischen Beginn und Ende, ebenso für die Betriebszeiten (RLT, Kühlung, Heizung) unter Berücksichtigung des ein- bis zweistündigen Vorlaufs;
- Bei den jährlichen Nutzungs- und Betriebstagen gilt der Maximalwert;
- Für die Feuchteanforderung gilt der strengere Fall, d.h. mit Toleranz, sofern eine Teilzone Feuchteanforderungen aufweist bzw. ohne Toleranz, sofern dies in einer Teilzone zutrifft;
- Bei den Temperaturen gilt für den Heizfall der Maximalwert und für den Kühlfall der Minimalwert;
- Die Beleuchtung ist für jede Teilzone separat als Beleuchtungsbereich abzubilden, unter Verwendung der Randbedingungen des Nutzungsprofils der Teilzone;
- Bei der Zuordnung der Nutzungsart zu den Kennwertetabellen der Kälteerzeugung nach DIN V 18599-7 gilt die Nutzung mit dem größten Flächenanteil.

3.4.5 Klimadaten und Windgeschwindigkeiten

Verschiedene Änderungen in Teil 10 der DIN V 18599 betreffen die Klimadaten für die Bestimmung des Bedarfs und den Auslegungsfall.

Vor dem Hintergrund der Klimaveränderung wurden im Jahr 2010 neue Testreferenzjahre (TRY Test Reference Year) erstellt. Diese enthalten für verschiedene Referenzstationen und Klimaregionen meteorologische Daten in Stundenschritten, wie sie in Simulationsprogrammen Verwendung finden. Auf Grundlage dieser Daten wurden die Monatswerte als Randbedingung für die Monatsbilanz für das Verfahren der vorliegenden Norm abgeleitet. Für den Fall der Energieberatung, nicht der Berechnungen für die Nachweisführung nach Energieeinsparverordnung, können diese Strahlungsdaten und Außenlufttemperaturen je nach Standort/Region an Stelle des Referenzklimas Anwendung finden.

Die neuen Klimadaten sind nun in einem Anhang der DIN V 18599-10 aufgenommen, d.h. für je einen Referenzstandort der 15 neu definierten Klimaregionen. Als Referenzklima wird auf die Region mit dem Referenzort Potsdam (Region 4) verwiesen. Die nachfolgende Abbildung stellt die Klimaregionen skizzenhaft dar.

Die Strahlungsdaten für den Auslegungsfall Kühlung wurden auf Grundlage der Vorgaben der VDI 2078, Stand Dezember 2010, angepasst.

Darüber hinaus wurde in Teil 9 der DIN V 18599 ein Verfahren für die Abschätzung des Ertrages von Wind-Energie-Anlagen aufgenommen, welches als Randbedingung die mittlere monatliche Windgeschwindigkeit erfordert. Diese Monatsmittelwerte wurden aus den stündlichen Klimadaten der Testreferenzjahre abgeleitet und neu in Teil 10 aufgenommen.



Bild 52: Skizzenhafte Darstellung der 15 Referenzregionen in der Bundesrepublik Deutschland [Entwurfsfassung DIN V 18599-10].

Zur Festlegung des zukünftigen Referenzklimas wurden verschiedene Beispielberechnungen anhand unterschiedlicher Modellgebäude durchgeführt. Da die Klimaregionen neu definiert wurden, ist die Vergleichbarkeit mit den "alten" Klimaregionen gemäß DIN V 4108-6 eingeschränkt, lediglich für die Referenzorte/-regionen Essen und Hof gibt es äquivalente Datensätze, da nur diese Referenzorte nicht neu definiert wurden. Die früher als Referenzklima verwendete Region mit dem Referenzort Würzburg ist nur bedingt vergleichbar, da für diese Region nun als Referenzort Passau gilt. Eine statistische Auswertung der meteorologischen Daten zeigt, dass bei der Mittelwertbildung die Region Potsdam am ehesten dem Durchschnitt entspricht. Die nachfolgenden Diagramme und Tabellen geben die Berechnungsergebnisse und Randbedingungen für die Vergleichsrechnungen wieder.

Für vier unterschiedliche große Nichtwohngebäude (Nutzfläche jeweils angegeben) und zwei Wohngebäude geben folgende Tabelle und Diagramme die Ergebnisse der Berechnung der Nutzenergie Wärme wieder. Als Berechnungsverfahren wird für die Nichtwohngebäude DIN V 18599 verwendet, für die Wohngebäude die Monatsbilanz gemäß DIN V 4108-6. Dabei sind zunächst die Werte für das aktuelle Referenzklima angegeben. Es folgen die Vergleichswerte für die Regionen Essen und Hof, d.h. mit den Klimadaten der DIN V 4108-6 und den neuen Klimadaten (TRY2010) sowie die Differenz beider Werte. Für die möglichen Referenzklimata Potsdam und Würzburg werden die Ergebnisse der neuen Klimadaten mit dem Referenzklima verglichen, wobei als Repräsentanzstation für Region 13 Passau gilt, Würzburg ist jedoch in der Region enthalten.

Tabelle 12: Einfluss unterschiedlicher Klimadatenansätze auf die Bestimmung des Heizwärmebedarfs^{1,4} für 4 Nichtwohngebäude (oben) und 2 Wohngebäude (unten).

	Nutzfläche ³ [m ²]	Referenzklima [kWh/(m ² a)]	Essen			Hof			Potsdam		delta vs. Würzburg	
			4108-6 [kWh/(m ² a)]	TRY2010 [kWh/(m ² a)]	Differenz [%]	4108-6 [kWh/(m ² a)]	TRY2010 [kWh/(m ² a)]	Differenz [%]	TRY2010 [kWh/(m ² a)]	Referenz [kWh/(m ² a)]	TRY2010 [kWh/(m ² a)]	Referenz [kWh/(m ² a)]
Büro	5.318	51,4	47,5	45,0	-5,3%	62,1	59,5	-4,1%	50,0	-2,7%	54,1	5,2%
Schule	6.297	80,2	73,5	68,6	-6,7%	99,9	94,4	-5,5%	77,2	-3,8%	85,0	6,0%
Hotel	3.172	51,6	47,8	44,9	-6,1%	62,1	59,6	-4,0%	49,7	-3,6%	54,2	5,1%
Büro2 ²	7.086	37,1	35,2	33,3	-5,5%	45,1	44,0	-2,6%	36,1	-2,9%	39,2	5,6%
EFH	214	46,7	40,0	36,7	-8,1%	58,1	56,5	-2,8%	44,2	-5,3%	50,6	8,2%
MFH	1.331	37,4	31,3	28,5	-8,8%	46,2	44,9	-2,8%	35,5	-4,9%	40,0	7,1%

¹) Nichtwohngebäude: Berechnung Nutzenergie Heizen (Heizwärmebedarf) gemäß DIN V 18599-2

Wohngebäude: Berechnung Heizwärmebedarf gemäß DIN V 4108-6

²) Verwaltungsgebäude gemäß Beispielgebäude im Beiblatt zur DIN V 18599

³) Nichtwohngebäude: Nettogrundfläche A_{NGF}

Wohngebäude: Nutzfläche gem. EnEV $A_N = 0,32 V_e$

⁴) Außenlufttemperaturen und Strahlungsdaten gemäß TRY-Daten bzw. DIN V 4108-6.

Es zeigt sich, dass bei allen Beispielgebäuden der Vergleich der Klimadaten für Essen und Hof eine Absenkung des Heizwärmebedarfs ergibt, wobei beide Werte für Essen unterhalb des Niveaus des Referenzklimas liegen, für Hof darüber. Die Ergebnisse für die neuen Klimadaten der Regionen Potsdam liegen leicht unter dem aktuellen Referenzklima, die Region, in welcher Würzburg enthalten ist, liefert mit den neuen Klimadaten höhere Werte.

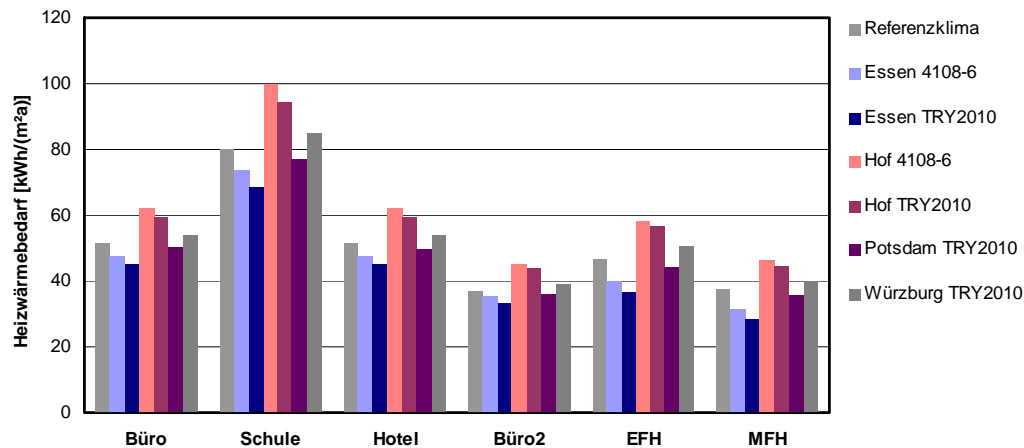


Bild 53: Einfluss unterschiedlicher Klimadatenansätze auf die Bestimmung des Heizwärmebedarfs.

Die in Tabelle dargestellten und im Diagramm erkennbaren Differenzen sind in der nachfolgenden Abbildung prozentual dargestellt.

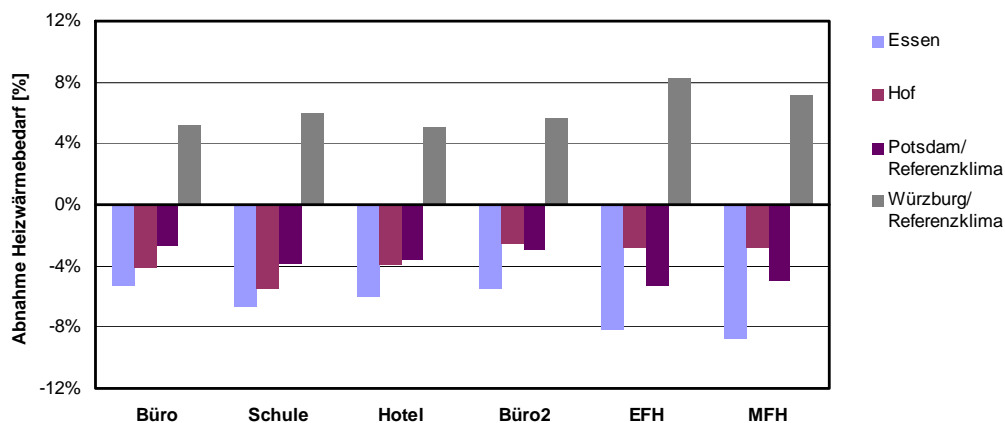


Bild 54: Einfluss unterschiedlicher Klimadatenansätze auf die Bestimmung des Kühlkältebedarfs.

Für den Kühlkältebedarf zeigen sich ähnliche Ergebnisse. Hier werden drei der Nichtwohngebäude betrachtet, wobei in den Fußnoten der Tabelle die jeweils anteilige gekühlte Fläche der Nutzfläche angegeben ist. Es ergibt sich für die Region Hof ein höheres Ansteigen der Nutzenergie Kühlen als für die Region Essen, ebenso für Würzburg (im Vergleich zum Referenzklima). Bei den neuen Klimadaten für Potsdam ergibt sich jedoch eine Absenkung des Kühlkältebedarfs, was so nicht erwartet wurde.

Tabelle 13: Einfluss unterschiedlicher Klimadatenansätze auf die Bestimmung des Kühlkältebedarfs¹ für drei Nichtwohngebäude.

	Nutz- fläche ³ [m ²]	Referenz- klima [kWh/(m ² a)]	Essen			Hof			Potsdam		Würzburg	
			4108-6 [kWh/(m ² a)]	TRY2010 [kWh/(m ² a)]	Differenz [%]	4108-6 [kWh/(m ² a)]	TRY2010 [kWh/(m ² a)]	Differenz [%]	TRY2010 [kWh/(m ² a)]	Referenz [kWh/(m ² a)]	delta vs. Referenz [%]	TRY2010 [kWh/(m ² a)]
Büro ²	5.318	6,4	5,3	5,4	2,1%	4,8	5,2	8,8%	6,1	-5,0%	5,7	5,3%
Hotel ³	3.172	30,1	26,2	26,7	1,7%	23,5	24,9	5,8%	29,6	-1,7%	26,9	1,0%
Büro2 ⁴	7.086	8,5	7,4	7,4	0,5%	7,5	7,7	2,2%	8,1	-4,6%	8,0	8,2%

¹) Nichtwohngebäude: Berechnung Nutzenergie Kühlen (Kühlkältebedarf) gemäß DIN V 18599-2

²) Büro: gekühlte Fläche 930 m² (Zone Besprechung)

³) Hotel: gekühlte Fläche 1.215 m² (Zone Hotelzimmer)

⁴) Büro2: gekühlte Fläche 1.973 m² (Zonen Großraumbüro und Sitzung).

Die Tabellenwerte der neuen Klimadaten werden aufgrund ihres Umfangs hier nicht dargestellt, die folgende Tabelle gibt jedoch die Monatsmittelwerte der verwendeten Datensätze wieder.

Tabelle 14: Monatsmittelwert der Außenlufttemperatur für verschiedene Klimadatenansätze.

	Referenz-	Essen		Hof		Potsdam	Würzburg
	klima	Region 7	Region 5	Region 10	Region 10	Region 4	Region 13 ²
	Deutschland	4108-6	TRY2010	4108-6	TRY2010	TRY 2010	TRY 2010
Jan	-1,3	1,9	3,1	-2,9	-1,2	1,0	-1,2
Feb	0,6	2,5	3,5	-1,9	-0,4	1,9	0,4
Mrz	4,1	5,1	6,6	1,5	2,8	4,7	4,3
Apr	9,5	8,5	9,5	5,6	6,6	9,2	8,2
Mai	12,9	12,9	13,7	10,6	11,7	14,1	13,7
Jun	15,7	15,7	15,9	13,8	14,5	16,7	16,4
Jul	18,0	17,4	18,2	15,4	16,3	19,0	18,0
Aug	18,3	17,2	18,2	14,9	16,6	18,6	17,8
Sep	14,4	14,4	14,6	11,7	12,0	14,3	13,1
Okt	9,1	10,7	10,8	7,3	7,6	9,5	8,7
Nov	4,7	5,7	6,1	1,9	2,3	4,1	3,0
Dez	1,3	2,9	3,5	-1,5	-0,7	0,9	-0,2
Jahresmittel¹	8,9	9,6	10,3	6,4	7,3	9,5	8,5

¹) Jahresmittel der Monatsmitteltemperaturen, nicht der Stundenwerte.

²) Repräsentanzstation für Region 13 ist Passau, Würzburg ist enthalten.

3.5 Vergleich Nutzkälte gemäß DIN V 18599 vs. thermische Gebäudesimulation

In diesem Abschnitt wird der Kühlfall gemäß DIN V 18599 genauer betrachtet. Die Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit einem weiteren Forschungsprojekt angestellt, welches sich mit dem Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes befasst [BBR2011]²⁵. Das Verfahren nach DIN 4108-2 soll dabei überarbeitet und erweitert werden, wobei auch **Simulationsrechnungen** erfolgen. Diese werden im Folgenden ausgewertet und den Ergebnissen der Monatsbilanz nach DIN V 18599 gegenübergestellt.

Weiterhin werden die Auswirkungen der geplanten Änderungen der DIN V 18599 in der **Neuauflage 2011** ausgewertet. Die Änderungen werden hier kurz dargestellt und sind im Detail in den jeweiligen vorangehenden Abschnitten erläutert.

Für den Kühlfall und den sommerlichen Wärmeschutz ist die rechnerische Bewertung der **erhöhten Nachtlüftung** von wesentlicher Bedeutung. Diese kann jedoch im aktuellen Verfahren der DIN V 18599 nicht abgebildet werden. Daher erfolgt hier ein Vorschlag für die Implementierung eines Berechnungsmodells für die Monatsbilanz, welches auf Grundlage von Simulationsrechnungen quantifiziert wurde.

Abschließen erfolgt ein kurzer Exkurs, welcher für den **Heizfall** eine Gegenüberstellung der Simulationsergebnisse und der Nutzenergie Wärme gemäß DIN V 18599 darstellt.

3.5.1.1 Randbedingungen

3.5.1.1.1 Berechnungsmodell Einraummodul

Die Berechnungen erfolgen anhand eines Einzonenmodells, welches einen Raum im Gebäude repräsentiert. Der Geometrie dieses Einraummoduls findet Verwendung als Prüfraum gemäß DIN EN ISO 1379, DIN EN 13792 sowie prEN 15265.

²⁵ [BBR2011] BBR 2011: Ermittlung aktueller Randbedingungen für den sommerlichen Wärmeschutz und weiterer Gebäudeeigenschaften im Lichte des Klimawandels. Teil 2: Entwicklung eines Gesamtkonzepts für ein künftiges technisches Regelwerk zum Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes. Forschungsprogramm ZukunftBau, Aktenzeichen 10.08.17.7-08.37.2. 3. Zwischenbericht. Autoren: A. Maas, S. Schlitzberger, C. Kempkes. Unveröffentlicht, 2011.

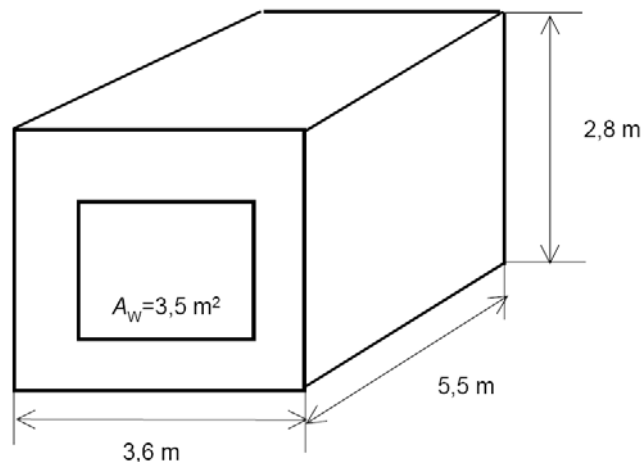


Bild 55: Geometrie des Einraummodells gemäß DIN EN ISO 13791, DIN EN ISO 13792 sowie prEN 15265.

Das Einraummodul wird im Gebäude als Zentralraum modelliert und entspricht einem Einzelraum mit einer Grundfläche von $19,8 \text{ m}^2$ und einer lichten Raumhöhe von $2,8 \text{ m}$.

3.5.1.1.2 Randbedingungen der Berechnung gemäß DIN V 18599 - Berechnungsverfahren

Bei der Berechnung der Nutzenergie Kühlen gemäß DIN V 18599-2 sind folgende verfahrenstechnische Randbedingungen hinterlegt.

- Berechnung ohne Iteration, d.h. ohne Verrechnung der unregelmäßigen Wärmeeinträge durch Anlagentechnik und Kunstlicht.
- Um das Verfahren für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes gemäß DIN 4108-2 adäquat abbilden zu können, werden je Sommerklima-Region entsprechende Sollinnentemperaturen $\theta_{i,c,soll}$ für den Kühlfall angesetzt, d.h. 25°C (Region A), 26°C (Region B) und 27°C (Region C).
- Berechnung des unteren Gebäudeabschlusses gemäß DIN EN ISO 13370 entfällt, da beim Zentralraummodul keine Hüllflächen zu Keller oder Erdreich auftreten.
- In den Berechnungen werden auch zwei Versionen der DIN V 18599 gegenübergestellt, d.h. Ausgabe 2007 sowie der aktuelle Stand der geplanten Neuausgabe 2011. Die Randbedingungen beziehen sich z.T. auch auf den aktuellen Stand der Neuausgabe der DIN 4108-2 (sommerlicher Wärmeschutz).

3.5.1.1.3 Randbedingungen der Berechnung gemäß DIN V 18599 - Parameter

Für die Berechnung werden folgende Werte als konstante Randbedingungen angesetzt.

- geometrische Größen: $A_{NGF} = 19,8 \text{ m}^2$, $V = V_e = 55,44 \text{ m}^3$, $h_G = 2,8 \text{ m}$
- thermische Konditionierung: Zone beheizt und gekühlt, Fensterlüftung

- Kennwerte der Gebäudehülle gemäß Referenzausführung EnEV 2009, d.h.
 $U_{AW} = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, $U_W = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, $g = 0,6$,
- weitere Kennwerte gemäß EnEV 2009 bzw. Standardwerte gemäß DIN V 18599:
 $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, $n_{50} = 2 \text{ h}^{-1}$, $F_f = 0,7$, $F_s = 0,9$, $F_W = 0,9$, $\alpha_{AW} = 0,5$, $\varepsilon = 0,8$

3.5.1.1.4 Variierte Parameter bei der Berechnung gemäß DIN V 18599

In der folgenden Auflistung sind die variierten Parameter zusammengefasst.

- Nutzungsprofile: Wohnnutzung (MFH) und Nichtwohnnutzung (Profil Nr. 2 "Gruppenbüro klein") gemäß DIN V 18599-10. Bei der Nichtwohnnutzung erfolgt eine Anpassung der internen Wärmequellen von 72 auf 144 Wh/(m²d), da die Verrechnung der gemäß DIN V 18599-4 berechneten Wärmeeinträge durch Kunstlicht entfällt.
- Steuerung Sonnenschutz: ohne Sonnenschutz, mit feststehendem Sonnenschutz sowie mit manueller oder automatischer Steuerung (in den Auswertungen werden zunächst nur die Fälle ohne Sonnenschutz und mit automatischer Sonnenschutzsteuerung betrachtet)
- Klimadaten der drei Sommerklimaregionen gemäß DIN 4108-2 (Neuausgabe 2011), d.h. sommerkühl (Region A, Referenzort Hamburg), gemäßigt (Region B, Referenzort Kassel) und sommerheiß (Region C, Referenzort Mannheim)
- leichte, mittlere und schwere Bauart gemäß Definition DIN V 18599-2, d.h. 50, 90 bzw. 130 Wh/(m²K)
- Fensterflächenanteil $f_w = 30, 50, 70$ und 100% der Fassadenfläche (100% entspricht einer Vollverglasung)
- Faktor Sonnenschutz $F_c = 0, 20, 50$ und 100% (100% entspricht dem Fall ohne Sonnenschutz)
- Orientierung der Fassade: Nord, Ost, Süd, West

3.5.1.1.5 Randbedingungen bei den Simulationsrechnungen

Für die durchgeführten Simulationsrechnungen wurde die Simulationsumgebung HAUSer [Hauser1977] ²⁶ verwendet. Dabei sind folgende Randbedingungen hinterlegt.

²⁶ [Hauser1977] Hauser, G.: Rechnerische Vorherbestimmung des Wärmeverhaltens großer Bauten. Dissertation Universität Stuttgart, 1977.

- Die Berechnungen werden für ein komplettes Jahr durchgeführt und beginnen am 1. Januar an einem Montag um 0:00 Uhr.
- Die DIN 4108-2 ordnet die Bauart in Abhängigkeit der Gebäudeschwere, ausgedrückt als grundflächenbezogene Wärmespeicherkapazität C_{wirk}/A_G , zu. Folgende Festlegungen werden hier getroffen:
 - leichte Bauart: ohne Nachweis von C_{wirk}/A_G bzw. wenn $C_{\text{wirk}}/A_G < 50 \text{ Wh/Km}^2$
 - mittlere Bauart: $50 \text{ Wh/Km}^2 \leq C_{\text{wirk}}/A_G \leq 130 \text{ Wh/Km}^2$
 - schwere Bauart: $C_{\text{wirk}}/A_G > 130 \text{ Wh/Km}^2$
 Die Konstruktionen werden für die untersuchten Fälle so gewählt, dass die drei beschriebenen Bauweisen die im Folgenden aufgeführten grundflächenbezogenen Wärmespeicherkapazitäten aufweisen:
 - leichte Bauart: $48 \text{ Wh/Km}^2 < C_{\text{wirk}}/A_G < 50 \text{ Wh/Km}^2$
 - mittlere Bauart: $69 \text{ Wh/Km}^2 < C_{\text{wirk}}/A_G < 71 \text{ Wh/Km}^2$
 - schwere Bauart: $130 \text{ Wh/Km}^2 < C_{\text{wirk}}/A_G < 132 \text{ Wh/Km}^2$
 Die Festlegung der für die leichte und schwere Bauart repräsentativen Werte für die grundflächenbezogene Wärmespeicherkapazität orientiert sich hierbei jeweils an der Grenze der durch die DIN 4108-2 festgelegten Werte. Für die mittlere Bauart wird "auf der sicheren Seite liegend" nicht der in der Mitte des definierten Bereichs liegende Wert (90 Wh/Km^2), sondern mit 70 Wh/Km^2 die auf der sicheren Seite liegend als repräsentativ für die mittlere Bauart gewählt.
- Hinsichtlich der Nutzungsprofile wird bei den Berechnungen grundsätzlich unterschieden zwischen Wohnnutzung und Büronutzung.

Für die Wohnnutzung wird von einer Anwesenheit an 24 Stunden pro Tag an 7 Tagen in der Woche ausgegangen und 365 Tagen im Jahr.

Die Anwesenheitszeit bei Büronutzung ist wochentags (Mo. bis Fr.) jeweils in der Zeit von 7:00 Uhr bis 18:00 Uhr.
- Für die internen Wärmequellen werden für die Wohnnutzung die Ansätze aus DIN V 18599 gewählt, da der bestehende Ansatz für Wohnnutzung gemäß DIN 4108-2 in Höhe von $120 \text{ Wh/m}^2\text{d}$ allgemein als zu hoch angesehen wird. Für die Auswertung wird der Wert von $100 \text{ Wh/m}^2\text{d}$ angesetzt.

Um für die Büronutzung (Einzel- bzw. Gruppenbüro) auf der sicheren Seite zu liegen, wird ein Wert von $144 \text{ Wh/m}^2\text{d}$ in Ansatz gebracht, womit auch berücksichtigt ist, dass keine Übereinstimmung der in DIN V 18599 angegebenen internen Wärmequellen gegeben ist, da die Werte der DIN V 18599 den Anteil der Wärmeeinträge infolge Beleuchtung nicht beinhalten.

Der Ansatz der als Tageswerte angegebenen internen Wärmequellen erfolgt als konstanter Wert auf die Nutzungszeiten verteilt.
- Für die Berechnungen wird eine strahlungsabhängige Steuerung vorgesehen.

Als Grenzbestrahlungsstärke I_{grenz} (Summe aus Direkt- und Diffusstrahlung) werden 300 W/m^2 festgelegt. Wird diese Bestrahlungsstärke überschritten, erfolgt eine Aktivierung der Sonnenschutzvorrichtung.

Bei den hier durchgeführten Berechnungen wird unterschieden zwischen manueller Steuerung und automatischer Steuerung, wobei diese sich dadurch unterscheiden, dass

eine automatische Steuerung immer aktiv ist und eine manuelle nur während der Nutzungszeit. Da für die Wohnnutzung von 100% Nutzungszeit ausgegangen wird, ist hier folglich stets die automatische Steuerung berücksichtigt.

3.5.1.2 Berechnungsergebnisse

3.5.1.2.1 Gegenüberstellung Monatsbilanz - Simulation

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Berechnungsergebnisse der DIN V 18599 (Monatsbilanz) und der thermischen Simulation gegenübergestellt. Dabei stehen die unterschiedlichen Symbole für die Nichtwohnnutzung (NW144) und die Wohnnutzung (Wo100) sowie für die drei verschiedenen Klimaregionen (A_nrm, B_nrm, C_nrm). Es werden 288 Datensätze ausgewertet, wobei durch eine Begrenzung auf die Fälle ohne Sonnenschutz ($F_c = 1$) der Effekt der Sonnenschutzsteuerung für erste Untersuchungen ausgeblendet ist. Die Korrelationsanalyse ergibt ein Bestimmtheitsmaß von $r^2 = 0,65$. Für die Auswertung der Untersuchungsergebnisse ist der Bereich mit kleinen Werten für die Nutzkälte von besonderer Bedeutung, daher sind im rechten Diagramm nur die Werte für $q_{c,b} = Q_{c,b} / A_{NGF}$ bis $10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ dargestellt, links alle 288 Datenpunkte. Es zeigt sich, dass über den gesamten Wertebereich eine Korrelation erkennbar ist, welche einen Trend darstellt, im Bereich kleiner Nutzenergien jedoch starke Abweichungen auftreten, wobei allgemein, das Verfahren gemäß DIN V 18599 überwiegend höhere Werte ausweist, also auf der sicheren Seite liegt. Werden die Datensätze getrennt nach Wohn- und Nichtwohnnutzung ausgewertet, so zeigt sich bei der Büronutzung, dass diese im Mittel nicht auf der sicheren Seite liegen.

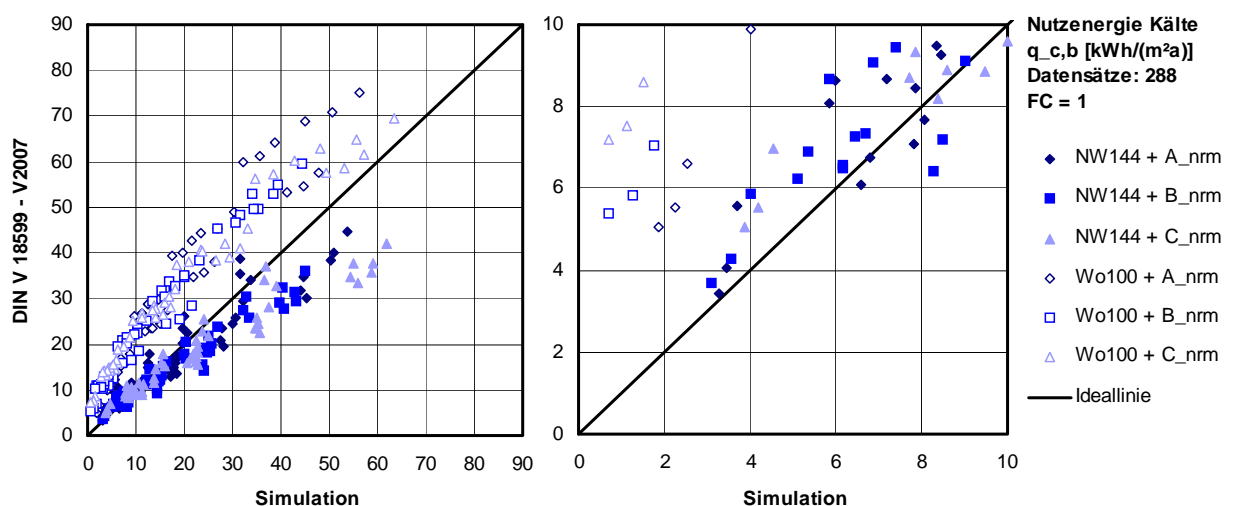


Bild 56: Korrelation Nutzenergie Kühlen gemäß DIN V 18599 und Simulation.
 - ohne Sonnenschutz ($F_c = 1$)
 - NW144 = Nichtwohnnutzung, Wo100 = Wohnnutzung
 - A,B,C_nrm = Klimaregion A, B, C.
 - Berechnung entspricht Ausgabe 2007 der Norm.

Den bisher dargestellten Berechnungsergebnissen liegt das Verfahren der DIN V 18599 gemäß Ausgabe 2007 zugrunde. In der **Neuausgabe 2011 der Norm** sind verschiedene Änderungen geplant, welche sich auf die Berechnung der Nutzenergie (Teil 2) sowie die Randbedingungen (Teil 10) auswirken. Zunächst sind die Berechnungsergebnisse unter Zugrundelegung aller Änderungen dargestellt (Kürzel: Verfahren "V2011Alles"). Anschließend werden die Änderungen sowie die Auswirkungen auf die Ergebnisse einzeln ausgewertet.

Die folgenden Diagramme zeigen die entsprechende Gegenüberstellung der Ergebnisse für die geplante Neuausgabe 2011 der Norm. Allgemein ergibt sich eine Anhebung der Werte für die Monatsbilanz sowie eine Verbesserung der Korrelation mit einem Bestimmtheitsmaß r^2 von 0,83.

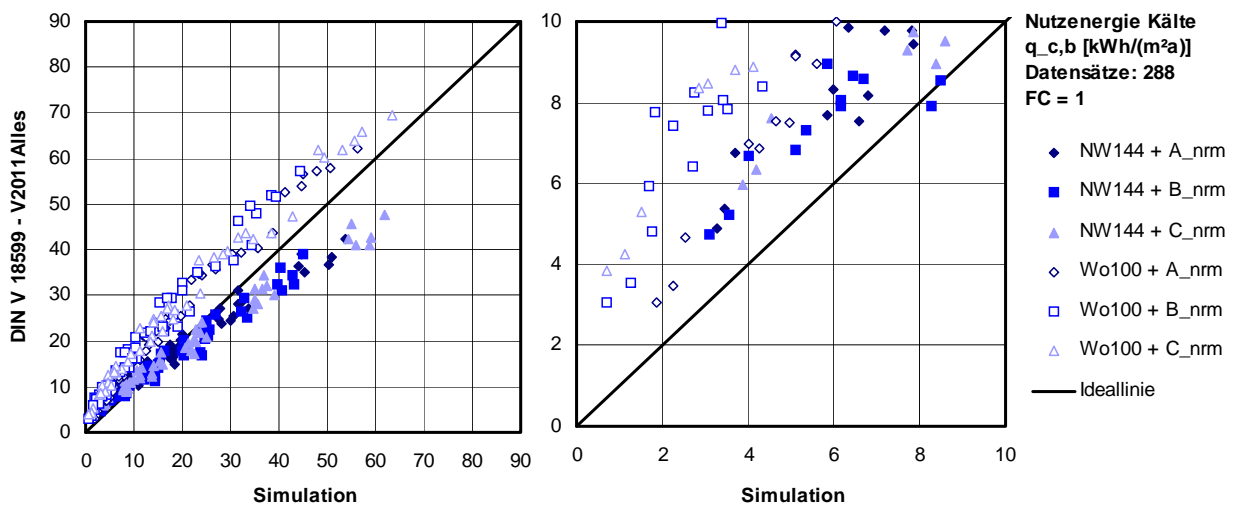


Bild 57: Korrelation Nutzenergie Kühlen gemäß DIN V 18599 und Simulation.
 - Verfahren "V2011Alles" entspricht geplanter Neuausgabe 2011 der Norm.

Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse mit **automatisch gesteuertem Sonnenschutz** und einem Kennwert $F_c = 0,5$ ist den folgenden Diagrammen zu entnehmen, wobei die Skalierung der linken Seite beibehalten ist. Der Kennwert von 0,5 ergibt sich z.B. für einen guten innenliegenden Sonnenschutz. Es stellt sich ein Bestimmtheitsmaß r^2 von 0,74 ein.

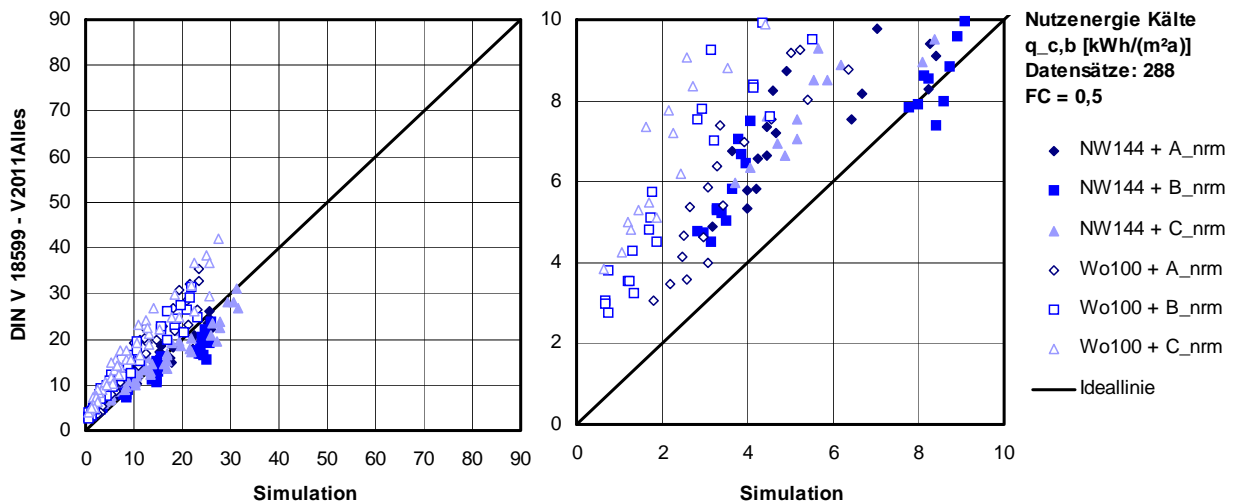


Bild 58: Korrelation Nutzenergie Kühlen gemäß DIN V 18599 und Simulation.
 - mit Sonnenschutz (automatische Steuerung, FC = 0,5).

Bei einer **Verbesserung des Sonnenschutzes** auf $F_c = 0,2$ (entspricht einem ungünstigen außenliegenden Sonnenschutz) ergeben sich die folgenden Datenpaare, wobei die Streuung stark zunimmt, bei einem Bestimmtheitsmaß r^2 von 0,66.

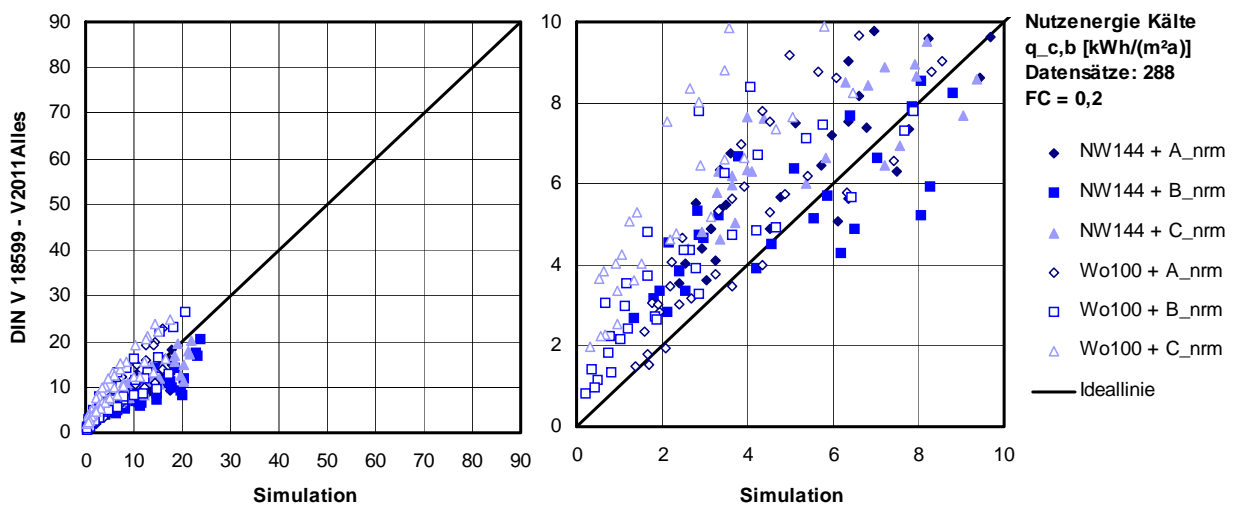


Bild 59: Korrelation Nutzenergie Kühlen gemäß DIN V 18599 und Simulation.
 - mit Sonnenschutz (automatische Steuerung, FC = 0,2)

Für eine weitergehende **Korrelationsanalyse** werden ebenfalls Wohn- und Nichtwohnnutzung getrennt betrachtet, jedoch über die Unterscheidung der Klimaregion hinaus auch alle anderen variierten Parameter separiert. Die Auswertung der sich einstellenden Bestimmtheitsmaße zeigt das Maß an Streuung, welches sich bei der entsprechenden Variation der Parameter einstellt. Dargestellt sind die Ergebnisse für vier verschiedene Ausführungen des Sonnenschutzes (Variation F_c) bei automatischer Steuerung. Die Werte für r^2 wurden dabei für die verschiedenen Fallgruppen einzeln und über alle Datensätze "gesamt" bestimmt.

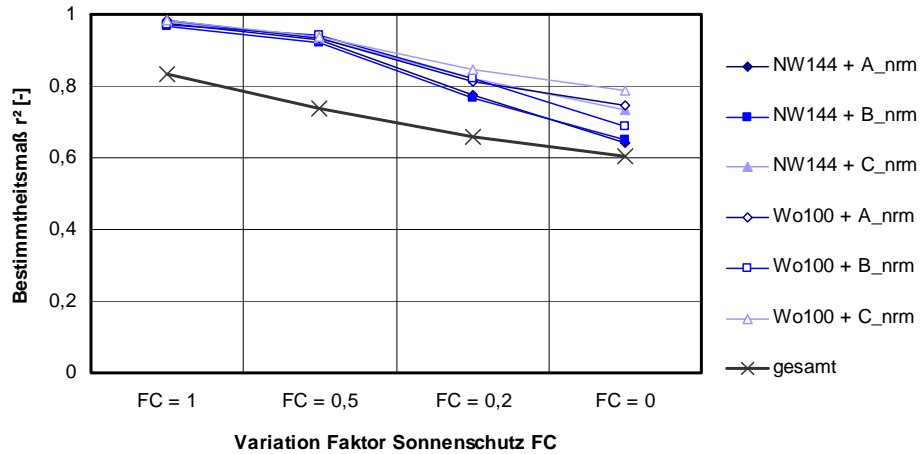


Bild 60: Bestimmtheitsmaße der Korrelation der Nutzenergie Kühlen gemäß DIN V 18599 und Simulation.
- Verfahren entspricht geplanter Neuausgabe 2011 der Norm

Der Einfluss der **Bauweise** auf die Korrelation der Ergebnisse zeigt ähnliche Verläufe, wobei die Streuung bei besser ausgeführtem Sonnenschutz zunimmt, v.a. für die Wohnnutzung.

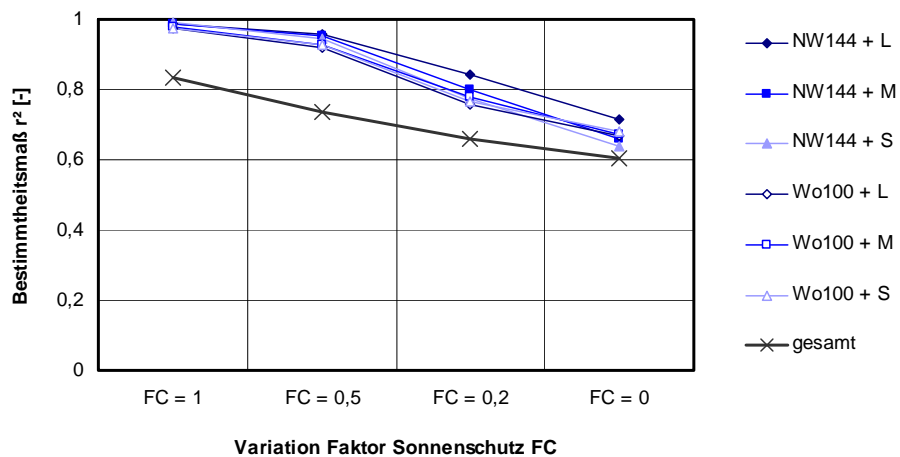


Bild 61: Bestimmtheitsmaße der Korrelation der Nutzenergie Kühlen gemäß DIN V 18599 und Simulation.
- Bauweise leicht (L), mittel (M) und schwer (S)

Die **Orientierung** hat erwartungsgemäß einen hohen Einfluss auf die Nutzenergie Kälte, jedoch ergeben sich mit Ausnahme der Nordorientierung ähnliche Streuungsmaße je Orientierung bei der Korrelationsanalyse. Für die nach Norden orientierten Fassaden hat die Variation des Sonnenschutzes keinen Einfluss, da diese in den Verfahren aufgrund der fehlenden solaren Einstrahlung nicht relevant sind.

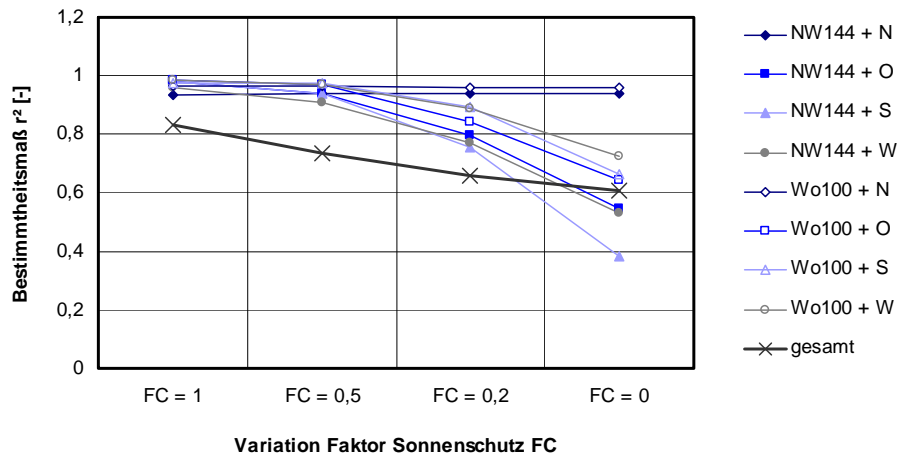


Bild 62: Bestimmtheitsmaße der Korrelation der Nutzenergie Kühlen gemäß DIN V 18599 und Simulation.
- Orientierung Nord (N), Ost (O), Süd (S) und West (W)

Innerhalb der Fallgruppen mit gleichen **Fensterflächenanteilen** ergeben sich die größten Streuungen, v.a. für Wohnnutzung, bei der sich für Fensterflächenanteile von 30% bei $F_c = 0,5$ und $F_c = 0,2$ praktisch kaum Übereinstimmung ergibt. Daraus kann abgeleitet werden, dass in den Verfahren die opaken Flächen nicht adäquat abgebildet werden, was sich v.a. auf die langen Nutzungszeiten bei Wohngebäuden auswirkt. Aber auch bei Vollverglasung mit $f_w = 100\%$ und gut ausgeführtem Sonnenschutz ($F_c = 0,2$) liegt das Bestimmtheitsmaß bei Wohngebäuden nur bei $r^2 = 0,44$. Die Abweichungen bei Vollverschattung ($F_c = 0$) legen ebenfalls nahe, dass es in den Verfahren einen generellen Fehler in der Modellierung gibt. Bei Nichtwohnnutzung sind die Abweichungen nicht so gravierend, jedoch bei kleinen F_c - und hohen f_w -Werten größer als bei der Auswertung der anderen variierten Parameter.

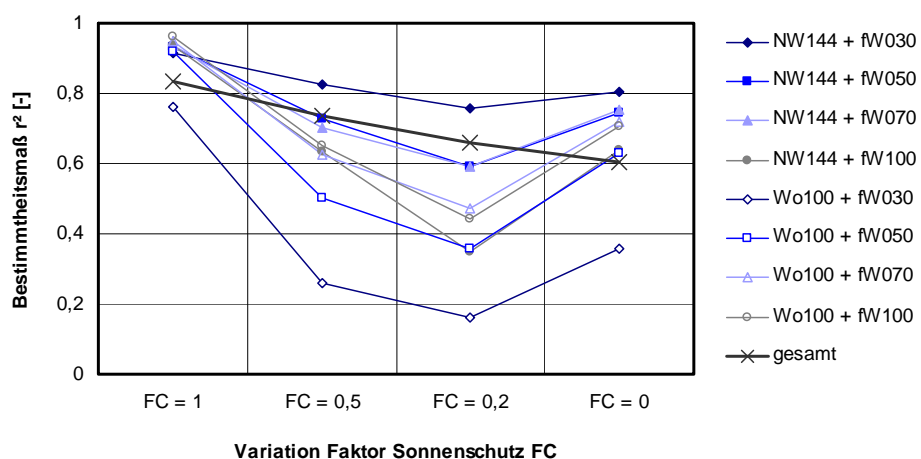


Bild 63: Bestimmtheitsmaße der Korrelation der Nutzenergie Kühlen gemäß DIN V 18599 und Simulation.
- Fensterflächenanteil 30% (fW030), 50% (fW050), 70% (fW070) und 100% (fW100)

Eine zu den oben beschriebenen Gegenüberstellungen korrespondierende Darstellung ist in den folgenden Diagrammen enthalten. Dabei sind die gleichen Datensätze aufgeführt, jedoch separiert nach den unterschiedlichen Fällen für den **Fensterflächenanteil**. Es zeigt sich eine "Gruppenbildung" je nach untersuchtem Fall. In dem herausgestellten Bereich bis 10 kWh/(m²a) ist die starke Streuung bei Wohnnutzung mit Fensterflächenanteilen von 30% erkennbar. Für diesen Fall ergeben sich Nutzenergien gemäß Simulation bis max. 7 kWh/(m²a) bei Werten gemäß DIN V 18599 von max. 15 kWh/(m²a). Eine lineare Regression würde dabei eine Steigung von fast 2 ergeben.

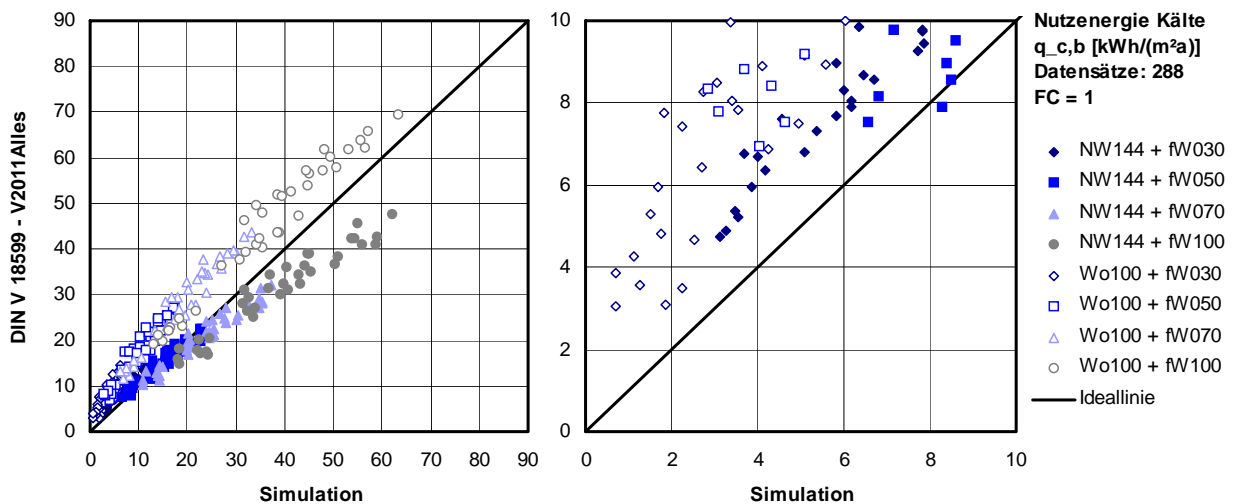


Bild 64: Korrelation Nutzenergie Kühlen gemäß DIN V 18599 und Simulation.
 - Fensterflächenanteil 30% (fW030), 50% (fW050), 70% (fW070) und 100% (fW100)

3.5.1.2.2 Gegenüberstellung Ausgabe 2007 und 2011 der Norm

Im vorangehenden Abschnitt wurde bereits auf die Änderungen in der Normausgabe 2011 hingewiesen. In der nachfolgenden Abbildung sind die Ergebnisse für die Nutzenergie Kühlen für beide Normausgaben gegenübergestellt. Dabei sind in den Berechnungen alle bisher bekannten geplanten Änderungen zusammengefasst. Im nachfolgenden Abschnitt sind die Änderungen der Berechnungsergebnisse für jede Änderung separiert aufgeführt. Es zeigen sich in der Summe der Änderungen jeweils höhere oder niedrigere Werte für die Nutzenergie Kühlen, bei den einzelnen Änderungen sind die Tendenzen klarer erkennbar.

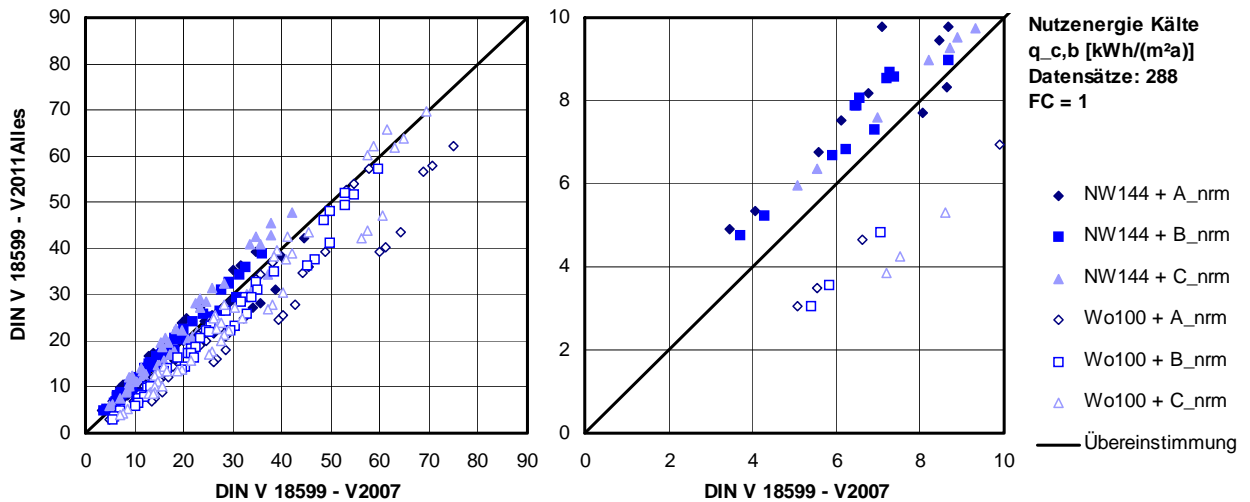


Bild 65: Gegenüberstellung der Ergebnisse (Nutzenenergie Kälte) für die Ausgaben 2007 und 2011 der DIN V 18599.

- ohne Sonnenschutz (FC = 1)
- NW144 = Nichtwohnnutzung, Wo100 = Wohnnutzung
- A,B,C_nrm = Klimaregion A, B, C.

3.5.1.2.3 Geplante Änderungen in Ausgabe 2011 der Norm

Die für Ende 2011 geplante neue Ausgabe der DIN V 18599 enthält einige Änderungen, welche die Bestimmung der Nutzenenergie Kälte beeinflussen. Dies betrifft Änderungen in Teil 2 und 10 der Norm. Im Folgenden sind die Änderungen, welche sich auf die hier dargestellten Untersuchungen auswirken zusammengestellt und beschrieben.

Bei der Bestimmung des **Infiltrationsluftwechsels** erfolgt eine Änderung der Berechnungsvorschrift (neuer Faktor f_e statt $f_{v,mech}$), eine Ergänzung um den Einfluss von Außenluftdurchlässen sowie eine Erweiterung auf hüllflächenbezogene Bemessungswerte für die Luftdichtheit bei Hallengebäuden (q_{50} statt n_{50}). Auf die Berechnung wirken sich diese Änderungen nur bei Lüftungsanlagen mit nicht balancierter Zu- und Abluft sowie beim Vorhandensein von Außenluftdurchlässen aus. In den vorliegenden Untersuchung tritt dieser Fall nicht auf.

Für Wohngebäude wird ein Verfahren für die **saisonale Fensterlüftung** mit aufgenommen. Dabei wird der Fensterluftwechsel n_{win} mittels eines Korrekturfaktors angepasst, welcher als Funktion der Außenlufttemperatur und der Luftdichtheit n_{50} vorliegt. Es zeigt sich allgemein eine Absenkung der Ergebnisse für die Nutzenenergie Kälte für Wohngebäude um im Mittel 26%.

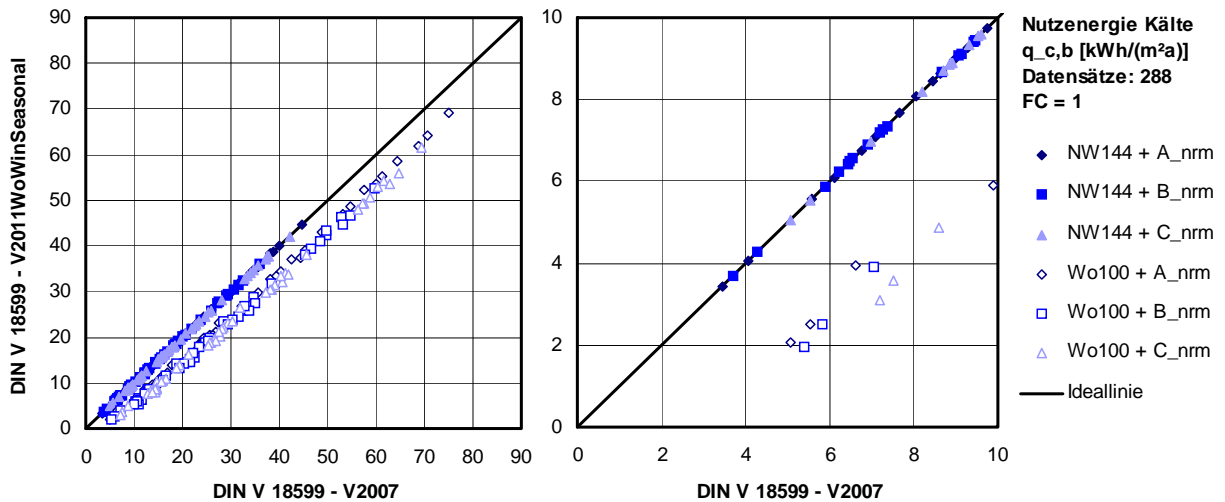


Bild 66: Gegenüberstellung der Ergebnisse (Nutzenenergie Kälte) für die Ausgaben 2007 und 2011 der DIN V 18599 - Einfluss der saisonalen Fensterlüftung für Wohngebäude.

Für Nichtwohngebäude ohne mechanische Lüftung wird für den nutzungsbedingten Mindestaußenluftwechsel eine **automatisierte, bedarfsgeregelte Fensterlüftung** in Ansatz gebracht (Präsenzmelder gemäß DIN V 18599-7). Dabei wird der personenabhängige Teil des Außenluftvolumenstroms ($\dot{V}_A - \dot{V}_{A,Geb}$) mit dem Teilbetriebsfaktor F_{RLT} gemäß Nutzungsprofil nach DIN V 18599-10 beaufschlagt. Es ergibt sich im Mittel eine Erhöhung der Nutzenenergie Kälte um 8%.

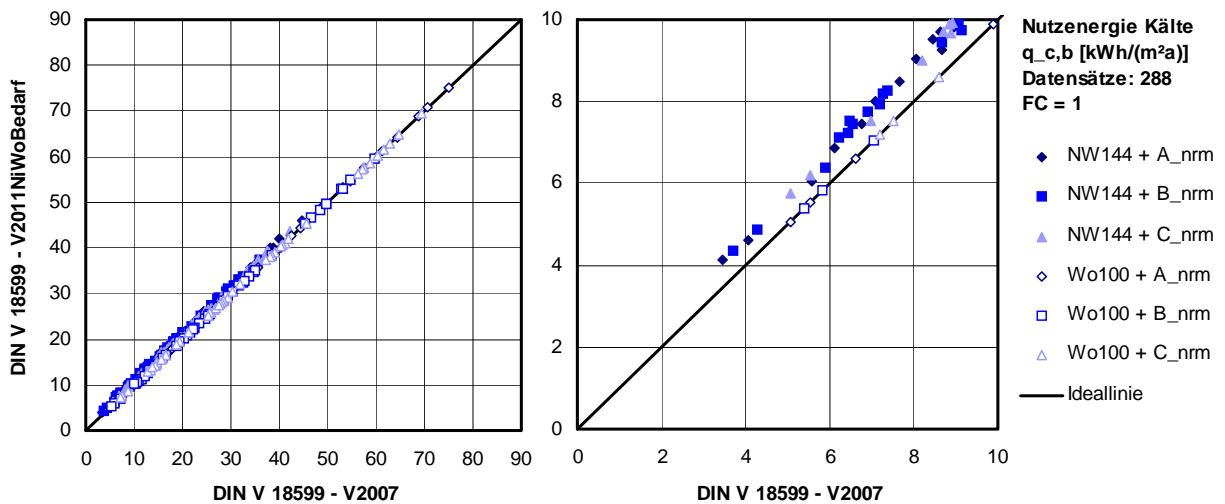


Bild 67: Gegenüberstellung der Ergebnisse (Nutzenenergie Kälte) für die Ausgaben 2007 und 2011 der DIN V 18599 - Einfluss der bedarfsgeregelten Fensterlüftung für Nichtwohngebäude.

Für Wohngebäude konnte bisher nur eine feststehende Sonnenschutzvorrichtung in Ansatz gebracht werden. Für die Kühlfall kann nun auch eine **variable Sonnenschutzsteuerung** angesetzt werden. Die nachfolgende Abbildung gibt die Ergebnisse für die Nutzenenergie Kälte für den Fall der automatischen (strahlungsabhängigen) Steuerung des Sonnenschutzes bei einem Abminderungsfaktor von $F_c = 0,5$ wieder. Für Wohngebäude ergibt sich eine Erhöhung der Nutzenenergie

um im Mittel über 100% gegenüber dem - für den Kühlfall günstigerem - feststehenden Sonnenschutz.

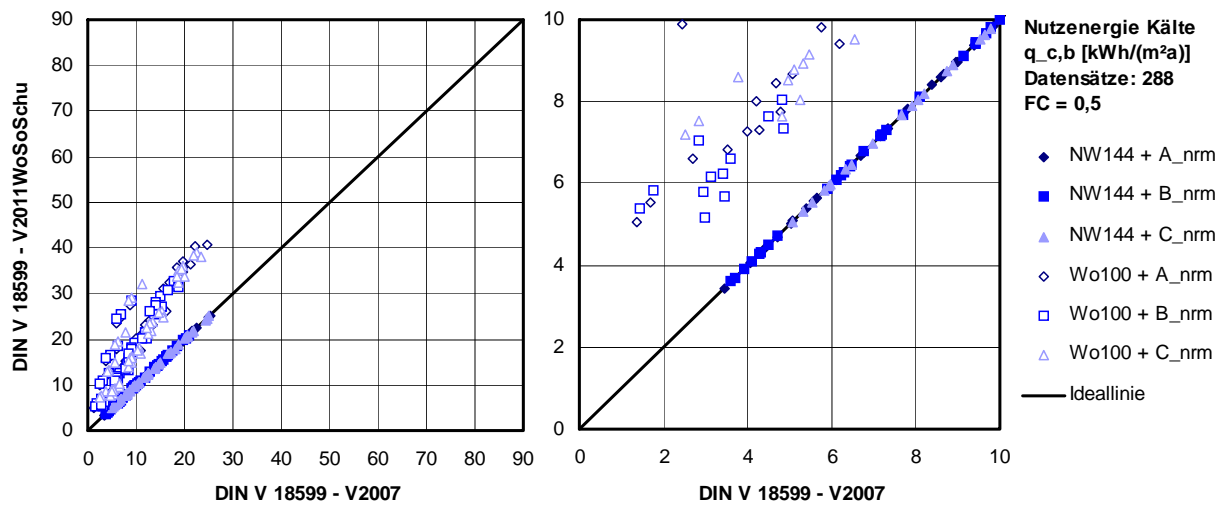


Bild 68: Gegenüberstellung der Ergebnisse (Nutzenergie Kälte) für die Ausgaben 2007 und 2011 der DIN V 18599 - Einfluss der variablen Sonnenschutzsteuerung für Wohngebäude.

Verschiedene Änderungen in Teil 10 der DIN V 18599 betreffen die **Klimadaten** für die Bestimmung des Bedarfs und den Auslegungsfall sowie die Einführung der Solltemperatur für den Kühlfall bei Wohngebäuden. Darüber hinaus gibt es leichte Unterschiede durch die Änderung der Bezugsgröße für die **internen Wärmequellen** bei Wohngebäuden (A_{NGF} statt A_{wo}). Es ergibt sich im Mittel eine Erhöhung der Ergebnisse für die Nutzenergie Kälte um 8%.

Vor dem Hintergrund der Klimaveränderung wurden im Jahr 2010 neue Testreferenzjahre (TRY Test Reference Year) erstellt. Diese enthalten für verschiedene Referenzstationen und Klimaregionen meteorologische Daten in Stundenschritten, wie sie in Simulationsprogrammen Verwendung finden. Auf Grundlage dieser Daten wurden die Monatswerte als Randbedingung für die Monatsbilanz für das Verfahren der vorliegenden Norm abgeleitet.

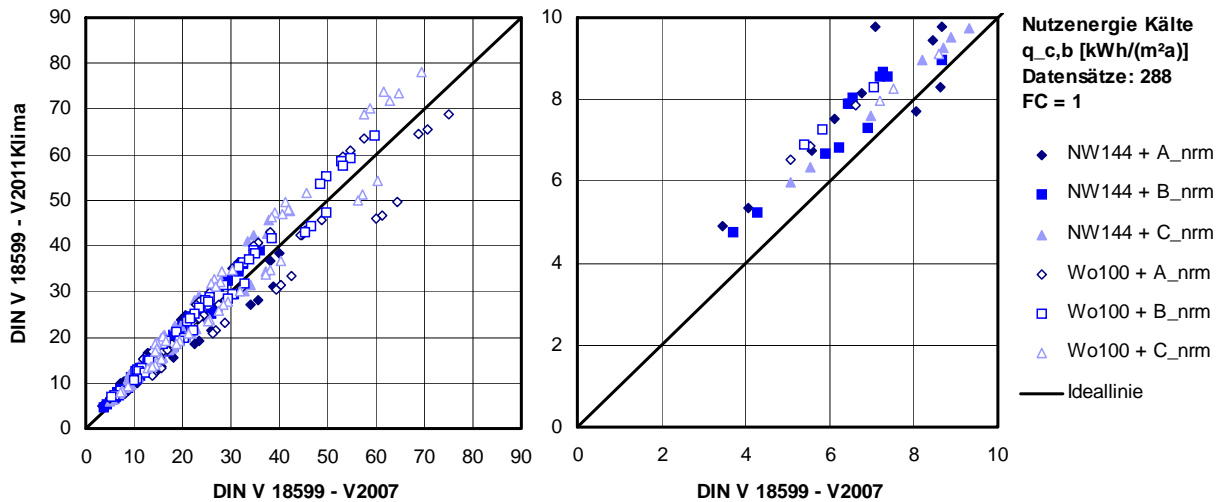


Bild 69: Gegenüberstellung der Ergebnisse (Nutzenenergie Kälte) für die Ausgaben 2007 und 2011 der DIN V 18599 - Einfluss Anpassung der Klimadaten.

Im Einzelnen ergeben sich für die jeweiligen Änderungen der Normversionen die im nachfolgenden Diagramm dargestellten Mittelwerte sowie Mindest- und Maximalwerte für die Abweichung gegenüber der Ausgabe 2007 der Norm. Die Randbedingungen entsprechen oben genannten Beschreibungen der einzelnen Änderungen, wobei nur bei "Wo_SoSchu" mit $F_c = 0,5$ gerechnet wurde, bei den anderen Werten gilt $F_c = 1$, d.h. es wurde kein Sonnenschutz angekommen. Dabei erfolgt die Mittelwertbildung über alle Werte ("Alles" und "Klima") oder nur über die betrachteten Wohnnutzungen (Zusatz "Wo_") und Nichtwohnutzungen (Zusatz "NiWo_"). Die Beschreibung der verwendeten Kürzel ist der Bildunterschrift zu entnehmen.

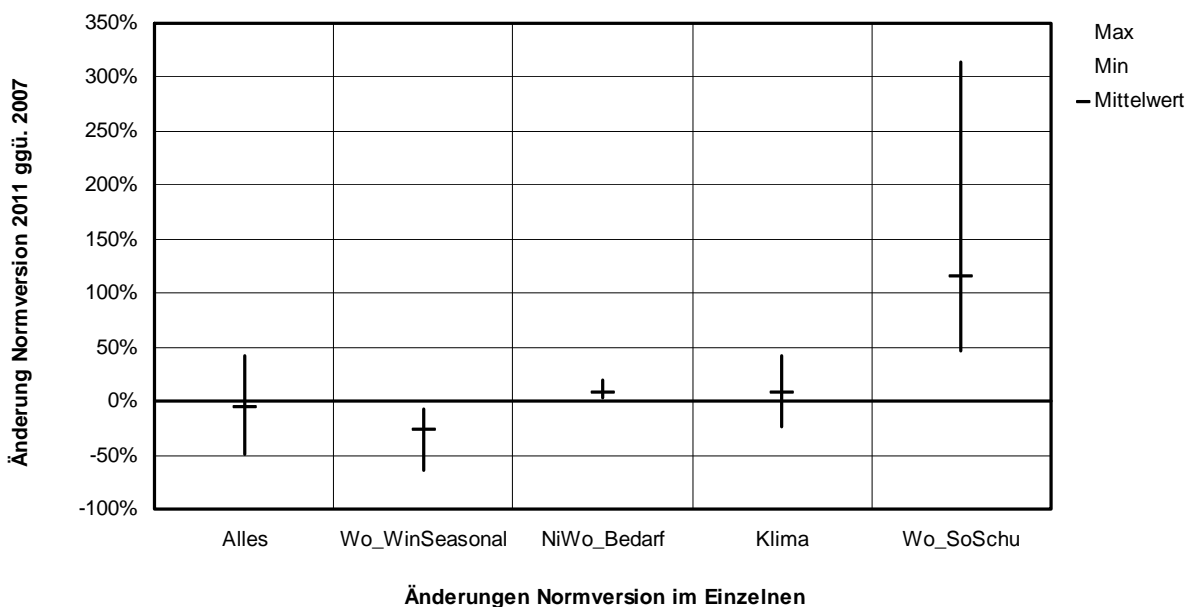


Bild 70: Änderung der Nutzenenergie Kälte für die Ausgaben 2007 und 2011 der DIN V 18599 - Abweichung je Bereich.
 - alle Änderungen (alles), saisonale Fensterlüftung Wohngebäude (Wo_WinSeasonal),

bedarfsgeregelte Fensterlüftung Nichtwohngebäude (NiWo_Bedarf), Klimadaten (Klima), Bilanzinnentemperatur Wohngebäude (Wo_thetai) und Sonnenschutzsteuerung Wohngebäude (Wo_SoSchu)

3.5.1.2.4 Einfluss erhöhter Nachtlüftung

Das Nachweisverfahren für den sommerlichen Wärmeschutz gemäß DIN 4108-2 sieht vor, dass für das vereinfachte Verfahren der Sonneneintragskennwerte sowie für thermische Simulationsrechnungen ein erhöhter Nachtluftwechsel in Ansatz gebracht werden kann. Die Randbedingungen dafür lassen sich wie folgt zusammenfassen.

Außerhalb der Aufenthaltszeit (Nichtwohngebäude 18:00 Uhr bis 7:00 Uhr; Wohngebäude 23:00 Uhr bis 6:00 Uhr)

- ist von dem Luftwechsel gemäß Definition Grundluftwechsel (siehe DIN V 4108-2) auszugehen, wenn nicht die Möglichkeit zur Nachtlüftung besteht;
- darf der **Luftwechsel auf $n = 2 \text{ h}^{-1}$** erhöht werden (erhöhte Nachtlüftung), wenn die Möglichkeit zur nächtlichen Fensterlüftung besteht; bei der Wohnnutzung kann in der Regel von der Möglichkeit zu erhöhter Nachtlüftung ausgegangen werden, wenn im zu bewertenden Raum oder Raumbereich die Möglichkeit zur nächtlichen Fensterlüftung besteht; Der Ansatz des erhöhten Nachtluftwechsels darf auch erfolgen, wenn durch eine Lüftungsanlage ein Luftwechsel von mindestens $n = 2 \text{ h}^{-1}$ sichergestellt werden kann.
- darf der **Luftwechsel auf $n = 5 \text{ h}^{-1}$** erhöht werden (hohe Nachtlüftung), wenn für den zu bewertende Raum oder Raumbereich die Möglichkeit besteht, geschossübergreifende Lüftungsmöglichkeiten (z.B. Lüftung über angeschlossenes Atrium) zu nutzen, um den sich einstellenden Luftwechsel zu erhöhen; Der Ansatz des hohen Nachtluftwechsels darf auch erfolgen, wenn durch eine Lüftungsanlage ein Luftwechsel von mindestens $n = 5 \text{ h}^{-1}$ sichergestellt werden kann.

Für den Ansatz eines erhöhten oder hohen Nachtluftwechsels müssen die im Folgenden genannten Temperaturrandbedingungen gegeben sein:

$$\theta_{i,\text{Luft}} > \theta_{i,h,\text{soll}} \text{ UND } \theta_{i,\text{Luft}} > \theta_e$$

mit: $\theta_{i,\text{Luft}}$ Innentemperatur

$\theta_{i,h,\text{soll}}$ Raum-Solltemperatur für Heizzwecke (Wohngebäude 20°C; Nichtwohngebäude 21°C)

θ_e Außentemperatur

Die Berechnungsergebnisse für die Nutzenergie Kühlen, welche unter o.g. Randbedingungen mittels thermischer Simulation ermittelt wurden, sind in den nachfolgenden Diagrammen oben für erhöhte Nachtlüftung ($n = 2 \text{ h}^{-1}$, NL_2) und unten für hohe Nachtlüftung ($n = 5 \text{ h}^{-1}$, NL_5) dargestellt, als Abszissenwert ist der Fall ohne Nachtlüftung aufgetragen (NL_0). Es zeigt sich für Wohnnutzung ein geringerer Einfluss der Bauart, bei Nichtwohnnutzung ist dieser Einfluss stärker ausgeprägt. Das ist darauf zurückzuführen, dass das Zeitfenster für erhöhte Nachtlüftung bei Wohngebäuden kleiner ist (bis 23:00 Uhr) im Vergleich zur Nichtwohnnutzung (innerhalb Aufenthaltszeit bis 18:00 Uhr) und daher die Speichereffekte des Gebäudes nicht so weit ausgenutzt werden können.

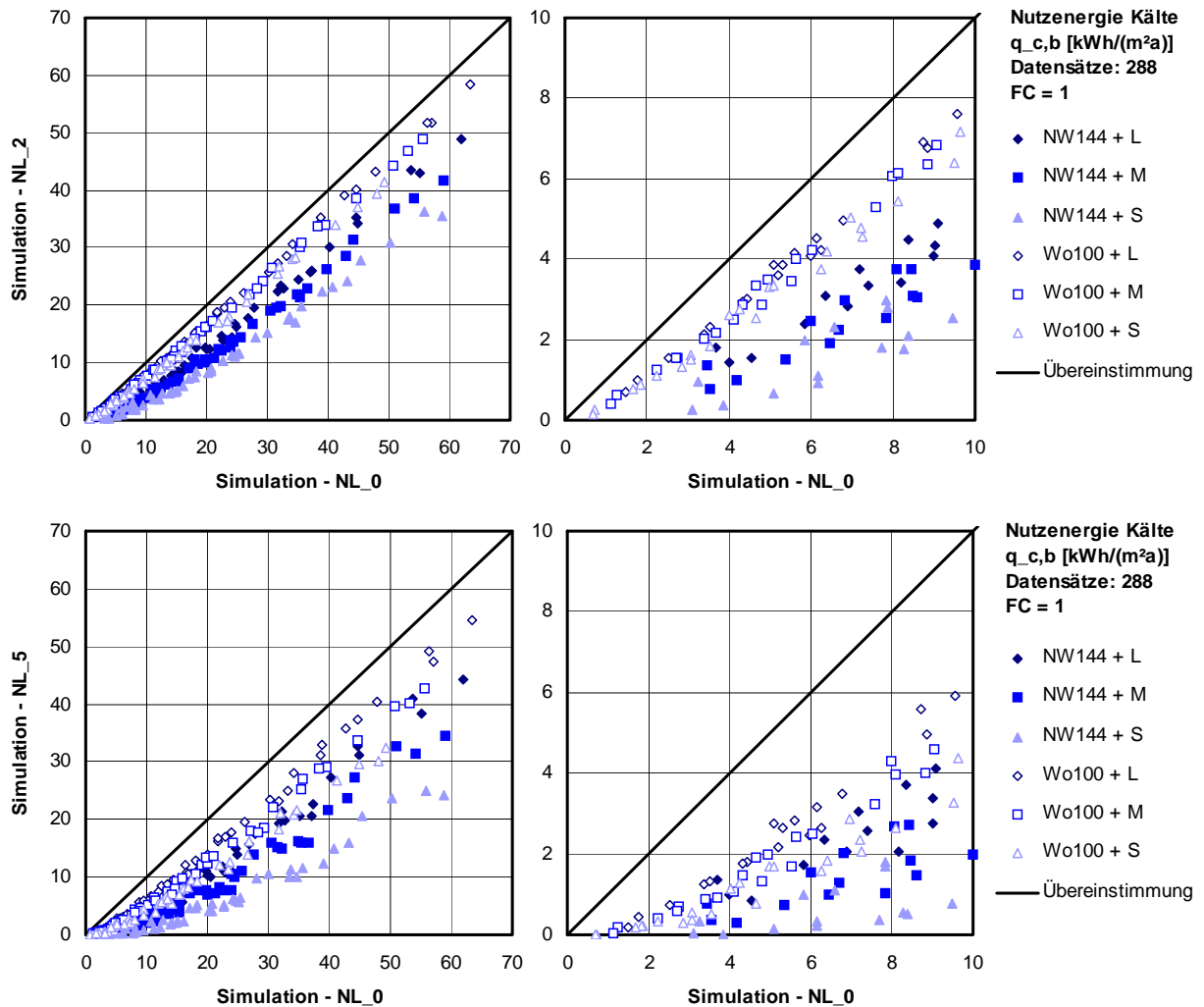


Bild 71: Einfluss der Nachtlüftung bei Simulation.
 - Luftwechsel 2 h^{-1} (NL_2, oben) und 5 h^{-1} (NL_5, unten) sowie ohne Nachtlüftung (NL_0, Abszisse)
 - ohne Sonnenschutz (FC = 1)
 - NW144 = Nichtwohnnutzung, Wo100 = Wohnnutzung
 - Bauweise leicht (L), mittel (M) und schwer (S)

Der Einfluss erhöhter oder hoher Nachtlüftung kann im Verfahren der DIN V 18599 nicht physikalisch abgebildet werden, da dem Bilanzansatz eine Tagesbilanz zugrunde liegt, welche auf Ta-

gesmittelwerten beruht. Nur in der Simulation wird ein Tagesgang mit unterschiedlichen Stundenwerten abgebildet. Um den Einfluss in die Tagesbilanz der DIN V 18599 zu implementieren, kann nur der Einfluss - quantifiziert durch Simulationsrechnungen - abgebildet werden, nicht die eigentlich auftretenden physikalischen Effekte. Das Modell muss

- eine Erhöhung des Luftwechsel während der Nachtstunden berücksichtigen (im Tagesmittelwert),
- auch eine Erhöhung der Temperaturdifferenz (Nacht=kälter) und die Auswirkungen bis in den Tag, abhängig von der Speicherefähigkeit des Gebäudes berücksichtigen sowie
- abhängig sein von Außenlufttemperatur, Gebäudeart und Wärmespeicherefähigkeit.

Werden die oben für die Simulation gezeigten Änderungen des Kühlkältebedarfs aufgrund erhöhter Nachtlüftung als Basis für die Quantifizierung zugrunde gelegt, so ergeben sich für die DIN V 18599 und den gewählten Modellansatz die nachfolgende dargestellten Zahlenwerte. Ein möglicher Ansatz für die Implementierung der erhöhten Nachtlüftung wäre die Einführung eines additiven Terms, wodurch eine Anpassung des Fensterluftwechsels erfolgt, d.h.

$$n_{win,nightvent} = n_{win} + \Delta n_{nightvent} \quad (29)$$

mit: $\Delta n_{nightvent} = 0,020 \cdot \theta_e$ für Wohngebäude

$\Delta n_{nightvent} = 0,045 \cdot \theta_e$ für Nichtwohngebäude in leichter Bauweise

$\Delta n_{nightvent} = 0,050 \cdot \theta_e$ für Nichtwohngebäude in mittelschwerer Bauweise

$\Delta n_{nightvent} = 0,055 \cdot \theta_e$ für Nichtwohngebäude in schwerer Bauweise

Eine zu der Auswertung der Simulationsrechnungen analoge Darstellung ist in der folgenden Abbildung enthalten, d.h. der Einfluss erhöhter Nachtlüftung (2 h^{-1}) bei der Berechnung gemäß DIN V 18599 unter Zugrundelegung des beschriebenen Berechnungsmodells. Dabei sind die im vorangehenden Abschnitt beschriebenen geplanten Änderungen der Norm für die Neuausgabe in den Berechnungen bereits berücksichtigt.

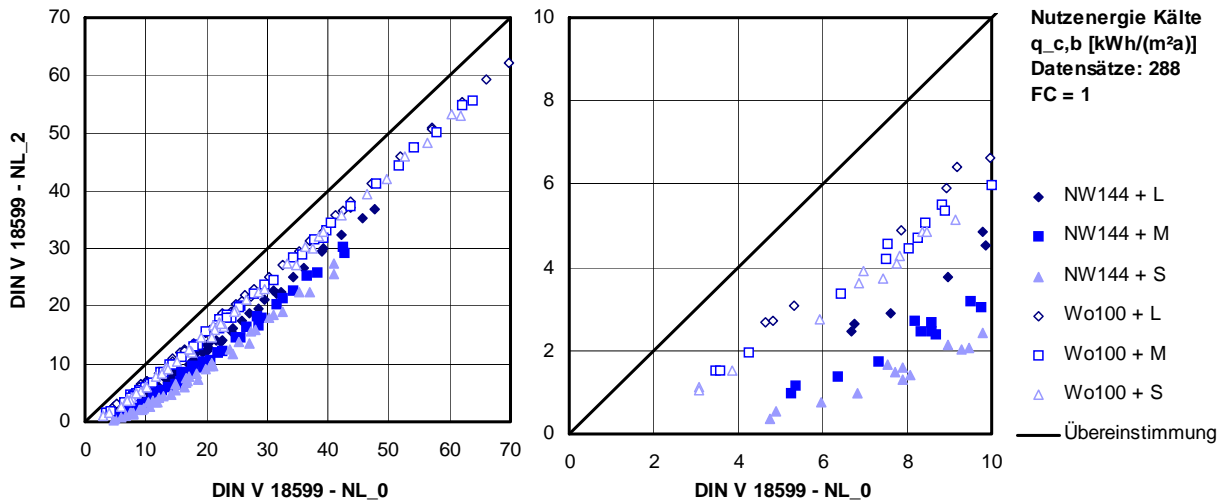


Bild 72: Einfluss der Nachtlüftung bei DIN V 18599 mit dem dargestellten Modellansatz.
 - Luftwechsel 2 h^{-1} (NL_2) und ohne Nachtlüftung (NL_0 , Abszisse)

Der Trend des bei den Simulationsrechnungen erkennbaren Einflusses der Gebäudeart und der Bauweise ist mit diesem Ansatz analog abgebildet. Die Güte der Korrelation zeigt die nachfolgend dargestellte statistische Auswertung. Dabei ist die Streuung aufgetragen, wenn jeweils der Einfluss der erhöhten Nachtlüftung - bezogen auf den Fall ohne Nachtlüftung - für Simulation und DIN V 18599 gegenübergestellt sind. Es ergibt sich ein Bestimmtheitsmaß r^2 für die Korrelation der Ergebnisse von 0,93, bei einem Mittelwert der Abweichung der Verfahren von 0,03 und einer Standardabweichung von 0,14, d.h. der Einfluss der erhöhten Nachtlüftung ist mit dem beschriebenen Modell in DIN V 18599 gegenüber der Simulation im Mittel mit einer Genauigkeit von ca. $0\% \pm 14\%$ Abweichung abgebildet.

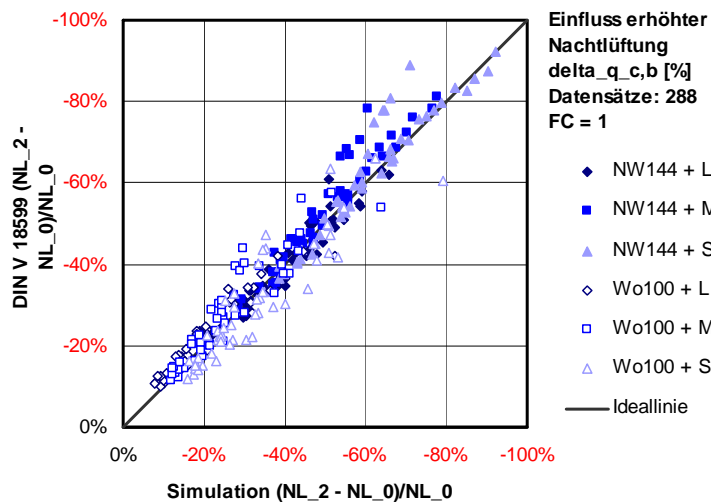


Bild 73: Gegenüberstellung des Einflusses erhöhter Nachtlüftung bei Simulation und DIN V 18599.
 - Luftwechsel 2 h^{-1} (NL_2) und ohne Nachtlüftung (NL_0)

Die dargestellten Voruntersuchungen zeigen, dass die Möglichkeit besteht, die erhöhte oder hohe Nachtlüftung im Modellansatz der DIN V 18599 abzubilden. Der Grad der Genauigkeit ist jedoch zu verbessern. Dies erfordert weitere Untersuchungen und die Auswertung zusätzlicher Berechnungsfälle in den Simulationsrechnungen sowie der Tagesbilanz der DIN V 18599.

3.5.1.2.5 Exkurs: Gegenüberstellung Nutzwärme Monatsbilanz - Simulation

Bei den dargestellten Berechnungsergebnissen der Nutzkälte wurden jeweils für Simulation sowie der Monatsbilanz gemäß DIN V 18599 neben dem Kühlfall auch parallel Ergebnisse für den Heizfall ermittelt. Dies ermöglicht eine Gegenüberstellung der Ergebnisse für die Nutzenergie Wärme für beide Verfahren. Den Verfahren liegen dabei die Randbedingungen für den Kühlfall zugrunde, welche nicht in allen Bereichen ideale Grundlage für die Auswertung des Heizfalles bilden, z.B. bei der Modellierung internen Wärmeeinträge oder des Sonnenschutzes. Hier sind weitere Untersuchungen erforderlich sowie eine Abstimmung der Modelle und Randbedingungen für die beiden Verfahren. Einen ersten Eindruck liefert jedoch die nachfolgende Abbildung, in der die Ergebnisse für die Nutzenergie Wärme für Simulation (Abszisse) und DIN V 18599 gegenübergestellt sind.

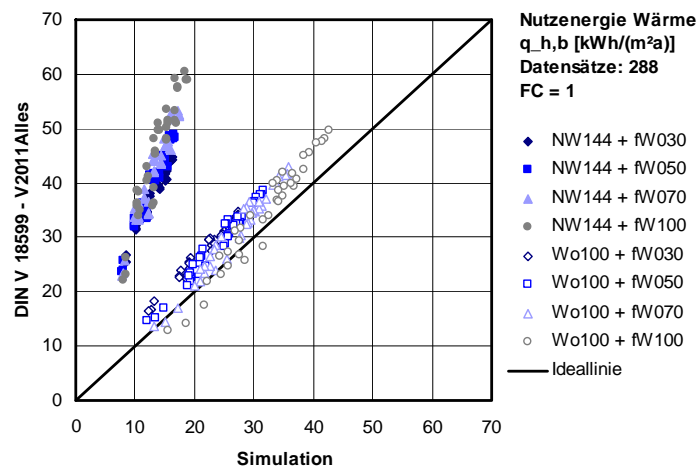


Bild 74: Korrelation Nutzenergie Wärme gemäß DIN V 18599 und Simulation.

- ohne Sonnenschutz (FC = 1)
- NW144 = Nichtwohnnutzung, Wo100 = Wohnnutzung
- Fensterflächenanteil 30% (fW030), 50% (fW050), 70% (fW070) und 100% (fW100)
- Berechnung entspricht Ausgabe 2011 der Norm.

Es zeigt sich eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse für die Wohnnutzungen, bei den Nichtwohnnutzungen jedoch liegen die Ergebnisse nach DIN V 18599 um das Zwei- bis Dreifache über den Ergebnissen der Simulation.

3.6 Entwicklung von Kennzahlen und Methoden zur Erhöhung der Transparenz

Das Berechnungsverfahren gemäß DIN V 18599 unterliegt in seiner Anwendung im Rahmen der Nachweisführung sowie der Energieberatung einer gewissen Kritik von Seiten der Anwender sowie bei den Entwicklern der softwaretechnischen Umsetzung. Auch aus dem Normenkreis, welcher die Grundlagen der Methodik entwickelt, wird Handlungsbedarf aufgezeigt. Die wesentlichen Punkte, bei denen eine Verbesserung des Verfahrens gewünscht werden, lassen sich wie folgt zusammenfassen

- inhaltliche Probleme bei fehlenden oder fehlerhaften Berechnungsansätzen;
- Probleme durch Fehler und Lücken bei der softwaretechnischen Umsetzung der Berechnungsmethodik;
- mangelnde Informationen für die Anwender des Verfahrens (Schulungen, Hilfetexte);
- fehlende oder mangelhafte Vorgaben von Randbedingungen und Kennwerten durch Fachplaner und Hersteller;
- mangelhafte Umsetzung der Ergebnisausgaben in den Softwareprodukten, welche erst nachträglich erweitert wurden und weiterhin lückenhaft sind sowie
- fehlende Transparenz des Berechnungsverfahrens durch z.B. iterativen Ansatz, fehlenden aussagefähigen Gebäude- und Anlagenkennwerten und der Unübersichtlichkeit der Ergebnisse.

Vor allem für den letztgenannten Punkt sind verschiedene Lösungsansätze denkbar, welche hier skizziert werden.

3.6.1 Vereinfachungen der Datenaufnahme und -eingabe

Bei der Vereinfachung der Datenaufnahme arbeiten verschiedene Softwareentwickler bereits mit graphischen Oberflächen für die Eingabe der Gebäude und Komponenten. Die Datenaufnahme der Gebäudehülle stellt bekanntermaßen einen hohen - wenn nicht gar den höchsten - zeitlichen Aufwand bei der Modellierung der Gebäude dar. Hier sind bereits verschiedene Lösungen umgesetzt, welche auf der Grundlage von vereinfachten CAD-Programmen aufbauen und in die Berechnungssoftware für die energetische Bewertung integriert sind oder Schnittstellen zwischen den Programmen anbieten. Der Grad der Zufriedenheit der Anwender dieser ersten Lösungsansätze ist jedoch noch nicht sehr ausgeprägt, hier wird sich erst in der zeitliche Entwicklung zeigen, ob die Lösungen besser akzeptiert werden. Unbestritten jedoch ist hilfreiche Nebeneffekt, dass die graphische Gebäudeeingabe gegenüber der tabellarischen Hüllflächenermittlung die Möglichkeit der Plausibilitätsprüfung gibt, welche durch die Visualisierung des Gebäudekörpers ermöglicht wird.

Die nachfolgende Abbildung zeigt beispielhaft die graphische Darstellung eines Gebäudes, welche mit dem Programm Google SketchUp (in der Grundversion kostenfrei) erstellt wurde. Dabei wurde für ein Geschoss die Hüllfläche sowie die Zonierung eingegeben, darüber hinaus können Beleuchtungsbereiche definiert werden. Die Anwendung kann so auf die wesentlichen, für die Berechnung gemäß DIN V 18599 relevanten geometrischen Daten reduziert werden, ohne die Vielfalt der bei CAD-Anwendungen zusätzlich benötigten Daten angeben zu müssen. Für die Software gibt es jedoch bisher keine Datenschnittstelle zu den Programmen der energetischen Bewertung.

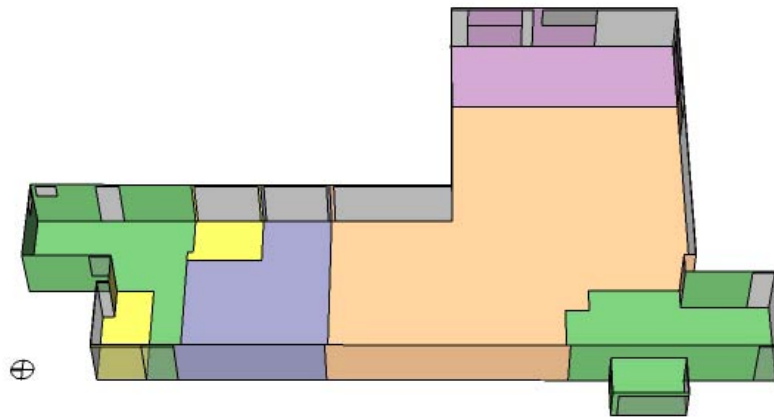


Bild 75: Beispiel für die graphische Gebäudeeingabe mittels der Software Google SketchUp.

Neben der graphischen Datenaufnahme der Gebäudegeometrie können in den Berechnungswerkzeugen auch die Gebäude- und Anlagenkomponenten mit Hilfe einer graphischen Eingabe erfasst werden. Die nachfolgende Abbildung stellt den Eingabebildschirm des Programms IBP18599 dar. Die darauf folgenden Abbildungen zeigen einen vergrößerten (und daher lesbaren) Ausschnitt daraus sowie die Bearbeitungsmöglichkeiten.

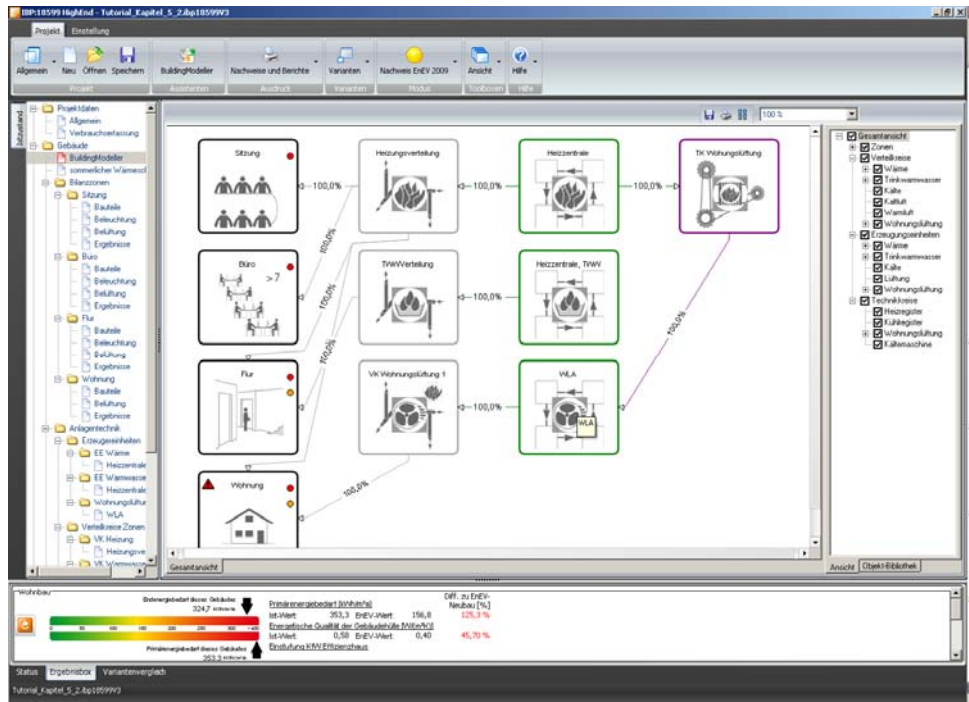


Bild 76: Beispiel für die graphische Eingabe der Komponenten mittels der Software IBP18599.

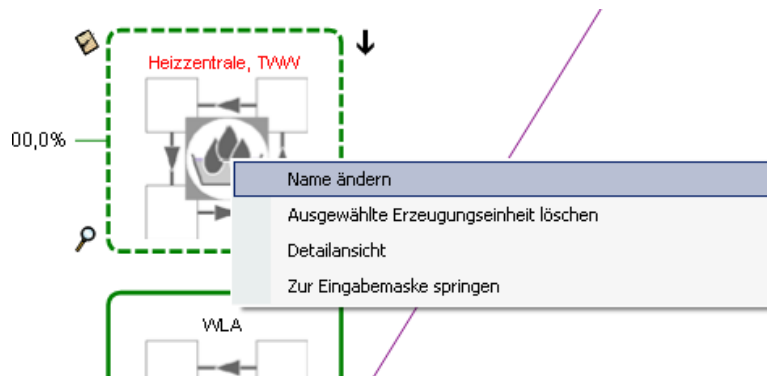


Bild 77: Beispiel für die graphische Eingabe der Komponenten mittels der Software IBP18599 - Bearbeitung der Komponenten.

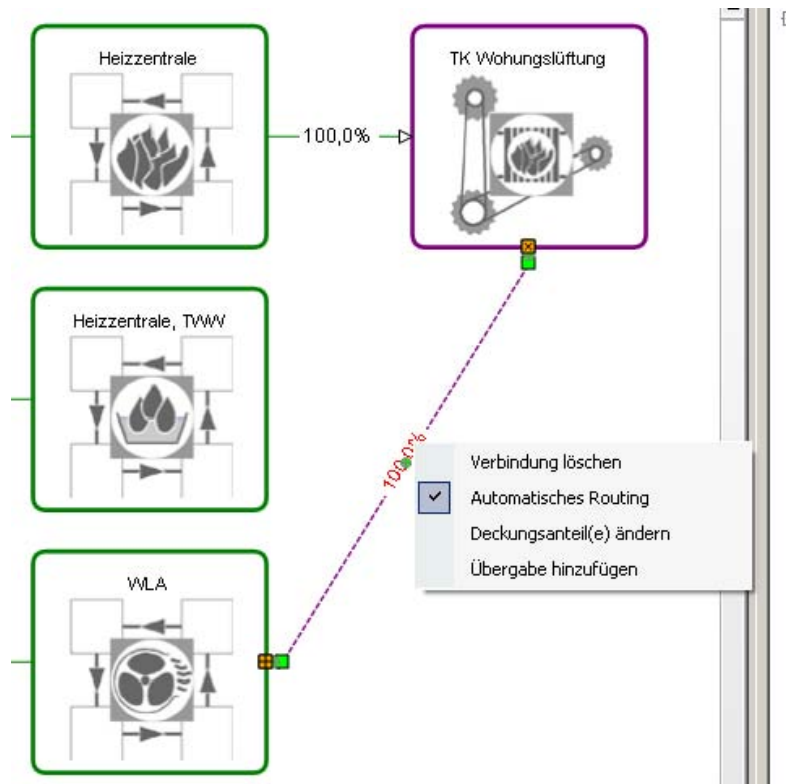


Bild 78: Beispiel für die graphische Eingabe der Komponenten mittels der Software IBP18599
- Verknüpfung der Komponenten.

3.6.2 Gebäudeunabhängige Kenngrößen für Anlagentechnik

Der erweiterte Bilanzierungsansatz der DIN V 18599 erfordert vom Anwender des Berechnungsverfahrens in verschiedenen Bereichen einen erhöhten Aufwand der Datenaufnahme und Verarbeitung gegenüber der Verfahren der DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10. Bei der Aufnahme der baulichen Randbedingungen liegt der Mehraufwand in erster Linie bei der Zonierung, die bei Wohngebäuden jedoch nicht zur Anwendung kommt. Besonders im Bereich der Anlagentechnik bot das Verfahren der DIN V 4701-10 mittels der Musteranlagen des Beiblattes [4701-10Bbl]²⁷ die Möglichkeit, aus einem Katalog von mehr als 70 vorkonfigurierten Anlagen auszuwählen und diese ggf. anzupassen. Um die Akzeptanz des Verfahrens zu erhöhen sollten hier vergleichbare Angebote erstellt werden. Ein Beispiel hierzu ist in der nachfolgenden Abbildung enthalten, welches die Systembeschreibung einer Musteranlage in Anlehnung an die Darstellung im Beiblatt der DIN V 4701-10 zeigt, wobei die Konfiguration den Erfordernissen der Parametrierung gemäß DIN V 18599 entspricht. Als Beispiel ist ein System mit Kombikessel und solarer Trinkwassererwärmung gewählt.

²⁷ [4701-10Bbl] DIN V 4701-10 Beiblatt 1 : 2007-02. Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen - Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung; Beiblatt 1: Anlagenbeispiele.

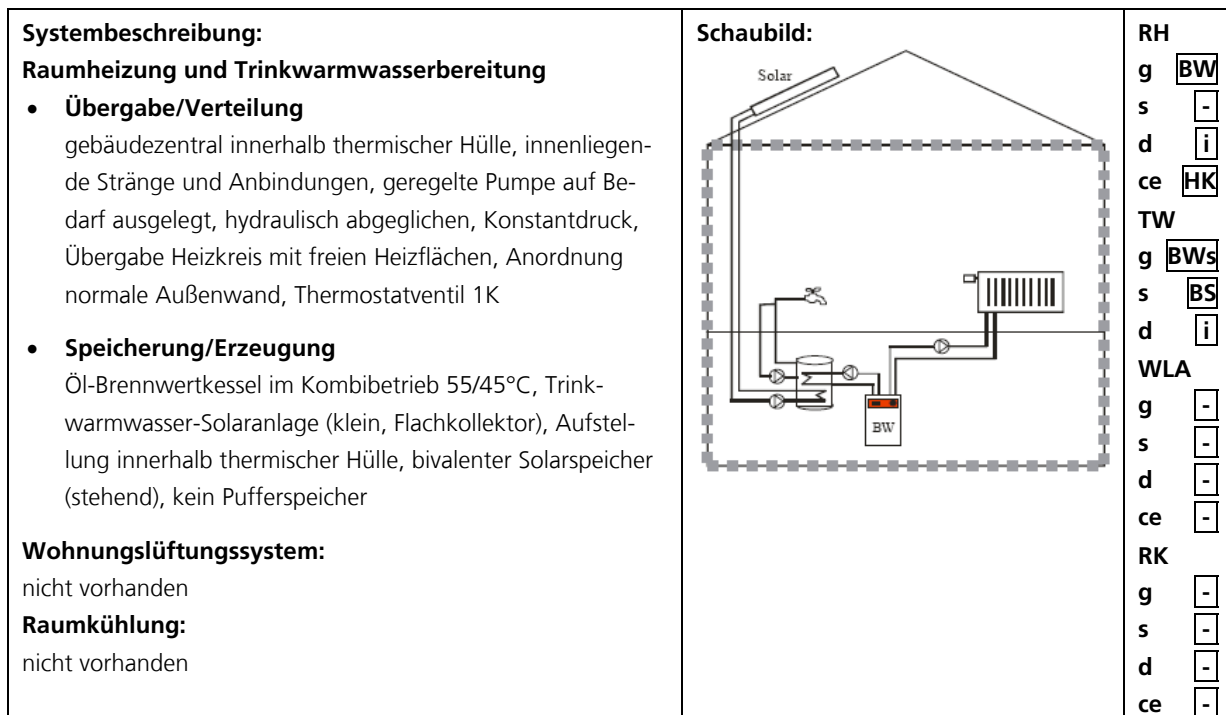


Bild 79: Systembeschreibung einer Musteranlage für das Verfahren nach DIN V 18599 in Anlehnung an die Darstellung gemäß DIN V 4701-10 Beiblatt 1 [4701-10Bbl].

Die Anwendung des Verfahrens der DIN V 18599 wird ebenfalls dadurch erschwert, dass die komplexe Bilanz in ihrer quantitativen Einschätzung nicht transparent dargestellt werden kann. Als Beispiel seien hier die Blätter zur Anlagenbewertung der DIN V 4701-10 zu nennen, welche es erlauben, die einzelnen Bilanzanteile übersichtlich nachvollziehen zu können. Hier sollte eine Möglichkeit geschaffen werden, durch eine transparente Darstellung die "Lesbarkeit" der Zwischenergebnisse des Verfahrens zu verbessern, um so auch die Stärken des Berechnungsansatzes hervorheben zu können.

Im Normenkreis bereits diskutiert wurden die Möglichkeiten, gebäudeunabhängige Kenngrößen für die Bewertung der Anlagentechnik bereitzustellen. Dabei erschwert bzw. macht der der iterative Ansatz des Verfahrens es jedoch unmöglich, Anlage und Gebäude getrennt zu betrachten. Denkbar wäre daher, dieses Problem durch den Verzicht auf die Iteration zu lösen. Dieser Vorschlag erscheint nicht sinnvoll, da man dadurch das Verfahren unnötig schwächt und zusätzliche Fehlerquellen schafft. Denkbar wäre eventuell der Einsatz für die Vordimensionierung und -bemessung, wobei Werte für die Wärmeeinträge der Anlagentechnik dann pauschal vorgegeben werden müssten, was eine vorherige Quantifizierung für unterschiedlichste Systeme erfordert.

In der nachfolgenden Abbildung ist beispielhaft der Einfluss der Iteration auf die Berechnungsergebnisse je Iterationsschritt dargestellt. Dabei handelt es sich um die Differenz der Werte für die Nutzenergie Wärme von einem Iterationsschritt zum folgenden.

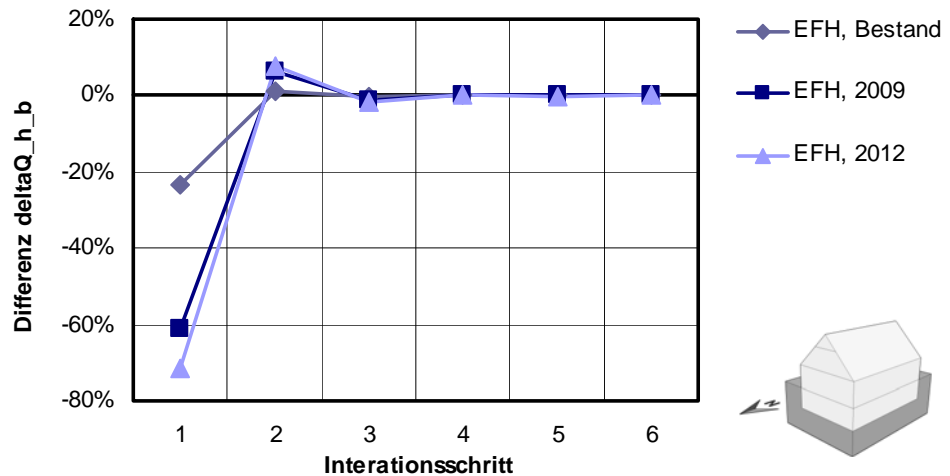


Bild 80: Systembeschreibung einer Musteranlage für das Verfahren nach DIN V 18599 in Anlehnung an die Darstellung gemäß DIN V 4701-10 Beiblatt 1 [4701-10Bb].

Dargestellt ist ein Einfamilienhaus (EFH), wobei das Wärmeschutzniveau der Gebäudehülle variiert ist, d.h. gemäß Referenzrandbedingungen EnEV 2009 sowie einem zu erwartenden Niveau EnEV 2012 und einem Niveau, welches den Bestand repräsentiert. Sonstige Randbedingungen in Anlehnung an Referenzausführung EnEV 2009.

Im Normenkreis steht weiterhin der Wunsch im Raum, Anlagenaufwandszahlen generell darstellen zu wollen. Es liegen bisher jedoch keine Vorschläge vor.

3.6.3 Weitergehende Ergebnisausgabe

In der nachfolgenden Abbildung ist beispielhaft dargestellt, wie eine Visualisierung der Ergebnisse der iterativen Energiebilanz in graphischer Form aussehen könnte - unter Verwendung eines Energieflussbildes (Sankey-Diagramm). Der Unterschied zur tabellarischen Ergebnisausgabe ist klar erkennbar, da hier die Energieanteile visuell zugeordnet werden können und sich die Energieflüsse bildlich erschließen. Das Werkzeug scheint sehr gut geeignet, um die Ergebnisse der Energiebilanz transparenter darstellen zu können.

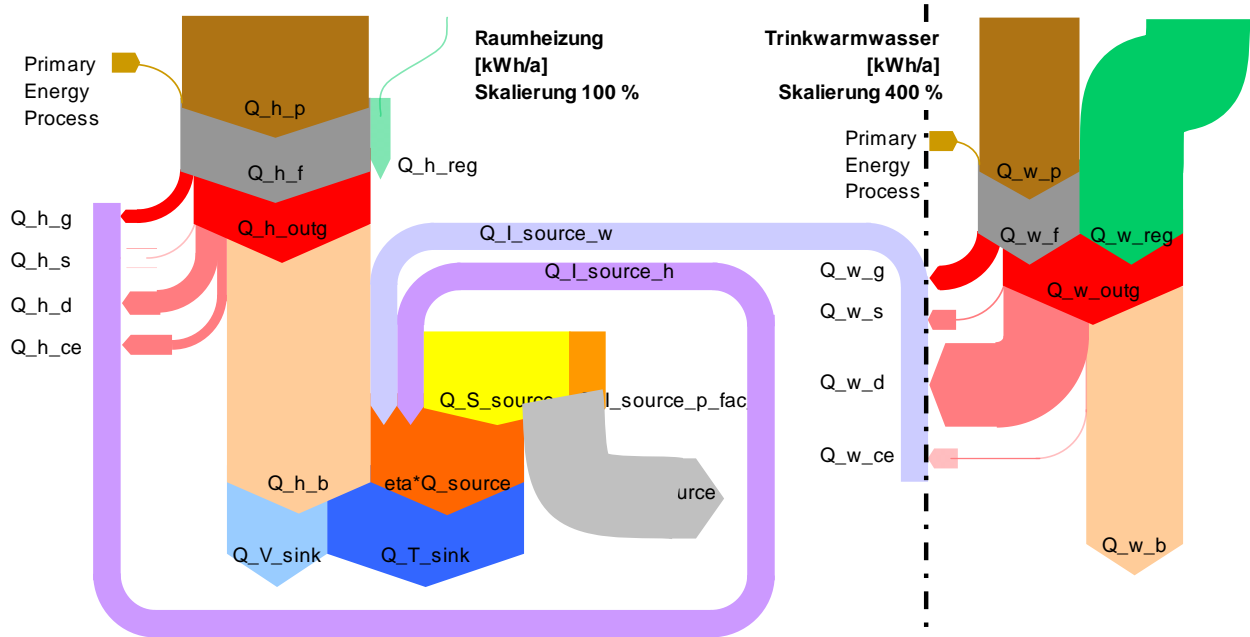


Bild 81: Bilanzanteile Heizung und Trinkwarmwasser (Wärmeenergie) für ein Einfamilienhaus mit solarer Trinkwassererwärmung.

Das Beispiel weist noch einen hohen Grad an Komplexität auf, je nach angestrebter Aussage wäre eine Verdichtung der Informationen günstiger, d.h. die Reduzierung auf das Wesentliche. In der Abbildung ist für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung der Energiefluss der Wärmeenergien maßstabsgerecht aufgetragen, am Beispiel der Variante mit solarer Trinkwassererwärmung eines Einfamilienhauses. Eine analoge Bilanz für die jeweiligen Hilfsenergien würde die gesamt-energetische Betrachtung komplettieren. Aus Darstellungsgründen sind die Energien für Trinkwarmwasser (rechts) in einer vierfachen Skalierung gegenüber der linken Seite (Heizung) abgebildet.

Zur Erläuterung der dargestellten Energieflüsse (von unten nach oben, d.h. in Richtung der Bedarfsentwicklung, die Bezeichnungen orientieren sich an den Formelzeichen der Norm):

Heizung (links): Die Wärmesenken des Gebäudes setzen sich aus Transmission (Q_{T_sink}) und Lüftung (Q_{V_sink}) zusammen. Abzüglich der nutzbaren Wärmegewinne ($\eta \cdot Q_{source}$) ergibt sich der Nutzenergiebedarf für Heizung (Q_{h_b}). Die Wärmequellen setzen sich zusammen aus den anlagentechnischen Wärmeeinträgen des Heizsystems ($Q_{I_source_h}$) und des Trinkwarmwassersystems ($Q_{I_source_w}$) sowie solarer Wärmeeinträge (Q_{S_source}) und nutzungsbedingter Wärmeeinträge aus Personen, Geräten und künstlicher Beleuchtung ($Q_{I_source_p_fac_I}$). Der nicht nutzbare Anteil der Wärmequellen ($(1-\eta) \cdot Q_{source}$) wird abgeführt (im Kühlfall entspricht dies dem Nutzkältebedarf). Für die Anlagentechnik ergibt sich mit dem Nutzwärmebedarf (Q_{h_b}) zuzüglich der Verluste der Übergabe (Q_{h_ce}), der Verteilung (Q_{h_d}) und der Speicherung (Q_{h_s} , hier = 0) die Erzeugernutzwärme (Q_{h_outg}). Die Berücksichtigung der Verluste der Erzeugung (Q_{h_g}) ergibt die resultierende Endenergie für Heizung (Q_{h_f} , nur Wärmeenergie, keine Hilfsenergie). Im vorliegenden System sind keine regenerativen Energieanteile zu berücksichtigen ($Q_{h_reg} = 0$). Die Primärenergie (Q_{h_p}) ist bei Einsatz fossiler Energieträger durch die

Umstellung des Heizwert-Brennwert-Bezugs meist geringfügig geringer als die Endenergie, wodurch sich gewissermaßen ein Energieeintrag ergibt (Primary Energy Process).

Trinkwarmwasser (rechts): Analog zum Heizungssystem ergeben auch hier die Nutzenergie (Q_{w_b}) und die Verluste der Prozessbereiche ($Q_{w_{ce}}$, Q_{w_d} , Q_{w_s}) die Erzeugernutzenergie ($Q_{w_{outg}}$). Unter Berücksichtigung der Verluste Erzeugung (Q_{w_g}) und in diesem Fall auch des regenerativen Energieeintrags durch die Solaranlage ($Q_{w_{reg}}$) resultiert die Endenergie (Q_{w_f}) und im nächsten Schritt die Primärenergie (Q_{w_p}).

4 Modellgebäude als Grundlage der Variationsrechnungen

Die bei den Beispielrechnungen in Bezug genommen Modellgebäude sind in den nachfolgenden Abbildungen schematisch darstellt, ebenfalls wiedergegeben sind die wesentlichen geometrischen Daten. Dabei handelt es sich um ein freistehendes Einfamilienhaus mit beheiztem Keller sowie einem Mehrfamilienhaus, welches in Form eines Zweispanners 12 Wohneinheiten enthält und über einen unbeheizten Keller verfügt.

Freistehendes Einfamilienhaus 1,5-geschossig

beheiztes Volumen V_e	669,0	m^3
Hüllfläche A	455,0	m^2
A/V_e -Verhältnis	0,68	m^{-1}
Nutzfläche A_N	214,1	m^2

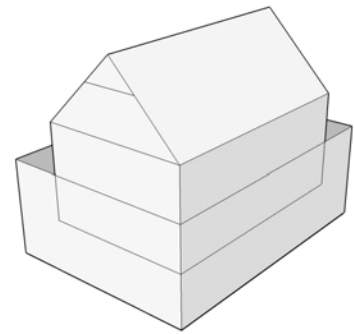


Bild 82: Modellgebäude: Freistehendes Einfamilienhaus 1,5-geschossig.

Wohngebäude Zweispänner 3-geschossig

beheiztes Volumen V_e	4.158,0	m^3
Hüllfläche A	1.907,6	m^2
A/V_e -Verhältnis	0,46	m^{-1}
Nutzfläche A_N	1.330,6	m^2

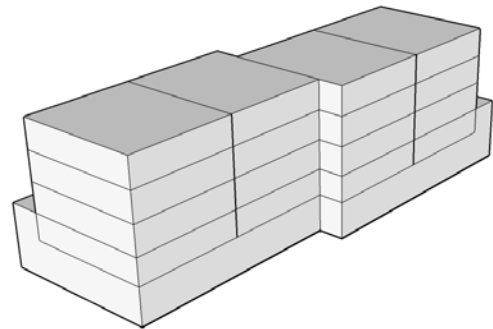


Bild 83: Modellgebäude: Wohngebäude Zweispänner 3-geschossig.

5 Literatur

- [4108-2] DIN 4108-2 : 2003-07: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz.
- [4108-6] DIN V 4108-6 : 2003-06: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs.
- [4108-7] DIN 4108-7 : 2011-01: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden - Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele.
- [4108Bbl2] DIN 4108 Beiblatt 2 : 2006-03: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Wärmebrücken - Planungs- und Ausführungsbeispiele.
- [4701-10] DIN V 4701-10 : 2003-08: Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen - Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung.
- [4701-10Bbl] DIN V 4701-10 Beiblatt 1 : 2007-02: Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen - Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung; Beiblatt 1: Anlagenbeispiele.
- [12831] DIN EN 12831 : 2003-08: Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast.
- [13370] DIN EN ISO 13370 : 2008-04: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Wärmeübertragung über das Erdreich – Berechnungsverfahren.
- [13829] DIN EN 13829 : 2001-02: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren.
- [18599-1] DIN V 18599-1 : 2007-02: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger.
- [18599-2] DIN V 18599-2 : 2007-02: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen.
- [18599-7] DIN V 18599-7 : 2007-02: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 7: Endenergiebedarf von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau.

- [18599-8] DIN V 18599-8 : 2007-02: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 8: Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen.
- [18599-10] DIN V 18599-10 : 2007-02: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten.
- [18599-100] DIN V 18599-100 : 2009-10: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 100: Änderungen zu DIN V 18599-1 bis DIN V 18599-10.
- [BBR 2011] Ermittlung aktueller Randbedingungen für den sommerlichen Wärmeschutz und weiterer Gebäudeeigenschaften im Lichte des Klimawandels. Teil 2: Entwicklung eines Gesamtkonzepts für ein künftiges technisches Regelwerk zum Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes. Forschungsprogramm ZukunftBau, Aktenzeichen 10.08.17.7-08.37.2. 3. Zwischenbericht. Autoren: A. Maas, S. Schlitzberger, C. Kempkes, Unveröffentlicht, 2011.
- [EnEV2009] Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung, 29.04.2009, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2009, Teil I, Nr. 23., Bundesanzeiger Verlag, 30. April 2009, Seite 954 bis 989.
- [Erhorn2010] Erhorn, H., Reiß, J.: Lüftungsverhalten in Wohnungen. EnEVaktuell (2010), Heft 2, S. 20-22, Beuth Verlag, 2010.
- [Friederichs] Friederichs, L.: Pers. Mitteilung (Dipl.-Ing. (FH) Lutz Friederichs & Architekt Markus Kornmüller), Januar 2011.
- [Haberda1988] Haberda, F.; Trepte, L.: Das Lüftungsverhalten der Bewohner von Wohngebäuden. Zusammenfassung der Ergebnisse des Projekts Annex 8, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1988.
- [Hartmann2001] Hartmann, T. et al.: Bedarfslüftung im Wohnungsbau. Abschlussbericht. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2001.
- [Hartmann2010] Hartmann, T.: Vorschlag zur Berechnung der Infiltration in DIN V 18599-2_2010. Vorlage Normenausschuss NA 041, ITG Dresden, Oktober 2010.
- [Hauser1977] Hauser, G.: Rechnerische Vorherbestimmung des Wärmeverhaltens großer Bauten. Dissertation Universität Stuttgart, 1977.
- [Hausladen2002] Hausladen, G., Wimmer, A., Kaiser, J.: Technikakzeptanz im Niedrigenergiehaus - Abschlussbericht, Universität Kassel, 2002.

- [IWU2003] Institut für Wohnen und Umwelt IWU: Wohnen in Passiv- und Niedrigenergiehäusern. Teilbericht Bauprojekt, messtechnische Auswertung, Energiebilanzen und Analyse des Nutzereinflusses, Darmstadt, 2003.
- [Loga2003] Loga, T.; Großklos, M.; Knissel, J.: Der Einfluss des Gebäudestandards und des Nutzerverhaltens auf die Heizkosten - Konsequenzen für die verbrauchsabhängige Abrechnung. Institut für Wohnen und Umwelt IWU, Darmstadt, 2003.
- [Maas1995] Maas, A.: Experimentelle Quantifizierung des Luftwechsels bei Fensterlüftung. Dissertation, Universität Gesamthochschule Kassel, 1995.