



- Energetische Bilanzierung von Wohngebäuden nach DIN V 18599

Prof. Dr.-Ing. Stefan Himburg

Energetische Bilanzierung von Wohngebäuden nach DIN V 18599

Die energetische Bilanzierung von Wohngebäuden darf gemäß EnEV 2009 wahlweise auf Grundlage der neuen Berechnungsnorm DIN V 18599 oder auf Basis der älteren Vorschriften DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10 vorgenommen werden. Eine Berechnung nach DIN V 18599 führt hierbei im Regelfall zu einem höheren Primär- und Endenergiebedarf. Dieses ist einerseits auf den ungünstigeren Ansatz der Randbedingungen (Raumtemperatur, Interne Gewinne, Trinkwarmwasserbedarf, etc.) zurückzuführen, beruht aber im Wesentlichen auf einer im Allgemeinen deutlich ungünstigeren Bewertung der anlagentechnischen Seite bei Verwendung von Standardwerten. Auch der zulässige Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes ist bei einer Auslegung nach DIN V 18599 im Regelfall deutlich höher und kann berechnungsabhängig sogar das Niveau der alten EnEV 2007 erreichen. Hier wäre eine zukünftige Anpassung der Rechenverfahren wünschenswert. Im Rahmen dieses Beitrags werden entsprechende Vergleichsrechnungen an idealisierten Wohngebäuden vorgenommen, die auch eine quantitative Einschätzung der Unterschiede für Regelfälle ermöglichen. Hierbei wird deutlich, dass unter Angleichung der Randbedingungen und bei genauerer Darstellung der anlagentechnischen Kenngrößen eine Annäherung der Rechenergebnisse erfolgt. Im Hinblick auf eine praxiserhaltende und vereinfachte energetische Bilanzierung kann das Rechenverfahren der DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10 für Regelfälle im Wohnungsbau verwendet werden. Eine Berechnung von normalen Wohngebäuden nach dieser Norm gestattet eine gleichsam einfache wie zuverlässige energetische Bilanzierung. Für Gebäude mit Kühlung oder komplexer Anlagentechnik kann DIN V 18599 verwendet werden. Die Wahlfreiheit für Wohngebäude sollte auch bei zukünftigen gesetzlichen Regelungen Anwendung finden.

Establishing the energy performance of residential buildings in accordance with DIN V 18599. *In accordance with EnEV 2009 (Energy Conservation Regulations), it is permitted to calculate the energy performance of residential buildings on the basis of the new DIN V 18599 calculation standard or the older DIN V 4108-6 regulations in combination with DIN V 4701-10. As a rule, calculations carried out in accordance with DIN V 18599 lead to higher primary and final energy demand. This is in part due to less favourable input parameters (room temperature, internal gains, demand for domestic hot water, etc.) but in general, it is mostly due to a significantly less favourable evaluation of services installations when using standard values. Likewise, the permitted primary energy demand of the reference building is significantly higher in most cases when assessed under DIN V 18599, and may even reach the level of the old EnEV 2007, depending on how the calculations are carried out. For the future it would be desirable to*

modify the calculation methods. This article contains comparative calculations for theoretical residential buildings which also allow a quantitative assessment of the differences in standard cases. It becomes clear that when equivalent input parameters are used and the services installations parameters are defined more precisely, the calculation results are less divergent. With a view to a simplified and yet practice-orientated method for calculating the energy performance of standard residential buildings, it is possible to use the calculation method of DIN V 4108-6 in combination with DIN V 4701-10. Calculating the energy performance of standard residential buildings in accordance with this standard provides a simple and yet reliable method. For buildings with cooling or more complex services installations, DIN V 18599 can be used. It is recommended that future legislation allow the option of choice for residential buildings.

1 Einführung

Die aktuelle Energieeinsparverordnung EnEV 2009 [1] gestattet eine Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs wahlweise nach DIN V 18599 [2] oder nach DIN V 4108-6 [3] in Verbindung mit DIN V 4701-10 [4]. Sowohl die neue DIN V 18599 als auch die älteren Berechnungsnormen DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 haben nach wie vor den Status einer Vornorm. In beiden Fällen erfolgt die energetische Bilanzierung nach dem Monatsbilanzverfahren auf Basis des Referenzklimas für Deutschland. Die Anwendung des vereinfachten Heizperiodenbilanzverfahrens ist nach EnEV 2009 für den öffentlich-rechtlichen Nachweis nicht mehr vorgesehen. Mit der geplanten Neuauflage der nächsten Energieeinsparverordnung könnte DIN V 18599 das alte Rechenverfahren nach DIN V 4108-6 komplett ersetzen. Eine energetische Bilanzierung des Jahres-Primärenergiebedarfs nach DIN V 18599 und DIN V 4108-6 führt im Regelfall aufgrund unterschiedlicher Randbedingungen und Berechnungsgrundlagen zu deutlich voneinander abweichenden Ergebnissen, was in der Praxis zu kontroversen Diskussionen geführt hat. Die KfW-Bankengruppe hat im Oktober 2010 für ihre wohnwirtschaftlichen Förderprogramme beschlossen, bis auf weiteres Berechnungen zum KfW-Effizienzhaus auf Basis von DIN V 18599 nicht mehr zu akzeptieren (Stand Januar 2011 unverändert). Dieses führte sowohl bei Fachplanern als auch bei Software-Herstellern zu Irritationen bzw. Widerstand: Die Befürworter von DIN V 18599 heben die besseren Darstellungsmöglichkeiten bei umfangreicher Anlagentechnik hervor. Die Soft-

ware-Hersteller verweisen auf den vorgegebenen Rechenalgorithmus in DIN V 18599 und die unverminderte Qualität ihrer EDV-Programme. Der nachfolgende Beitrag soll die grundsätzlichen Unterschiede der Berechnungsansätze verdeutlichen und auf Basis von einfachen Vergleichsrechnungen eine quantitative Einschätzung des energetischen Niveaus für herkömmliche Wohngebäude ermöglichen.

2 Berechnungsansätze und Randbedingungen

2.1 Nutzungsrandbedingungen für Wohngebäude

Die Randbedingungen für die Berechnung eines Wohngebäudes nach DIN V 18599 sind in Teil 10 der Norm geregelt. Hiernach gelten die Richtwerte der Nutzungsrandbedingungen für Wohngebäude nach Tabelle 3 dieser Norm. Zu beachten ist, dass die dort für interne Wärmequellen und den Nutzwärmebedarf Trinkwarmwasser angegebenen Werte auf die beheizte Wohnfläche A_{WF} des berechneten Gebäudes bezogen sind. In DIN V 4108-6 regelt der Anhang D die Randbedingungen für den öffentlich-rechtlichen Nachweis. Die Bezugsgröße ist hier, wie auch in der EnEV selbst, die Gebäudenutzfläche A_N , die als pauschaler Vergleichswert aus dem beheizten Gebäudevolumen V_e bestimmt wird. Die DIN V 18599 sieht im allgemeinen Rechenalgorithmus für Nichtwohngebäude die Netto-Grundfläche A_{NGF} als Energiebezugsfläche vor und stellt diesen Bezug auch mit der vereinfachten Abschätzung $A_{NGF} = 1,1 \cdot A_{WF}$ her. Gemäß EnEV § 19 kann die vereinfachte Umrechnung der Wohnfläche in die Gebäudenutzfläche bei Bestandsgebäuden mit $A_N = 1,2 \cdot A_{WF}$ allgemein und mit $A_N = 1,35 \cdot A_{WF}$ für Ein- und Zweifamilienhäuser mit beheiztem Keller erfolgen. Bei Vergleichsbetrachtungen sind folglich stets die erforderlichen Umrechnungen der Energiebezugsfläche zu beachten.

Ein Vergleich der Richtwerte der Nutzungsrandbedingungen zeigt, dass die Berechnungsgrundlagen in DIN

V 18599 eine Verschärfung der rechnerischen Ansätze bedeuten. Dieses muss bei Verwendung eines identischen Rechenalgorithmus im direkten Vergleich zu einem höheren Heizwärmebedarf führen. Die Raum-Solltemperatur ist nach DIN V 18599 höher, die internen Gewinne sind zunächst niedriger im Vergleich zu dem pauschalen Ansatz von $q_i = 5,0 \text{ W/m}^2$ nach DIN V 4108-6. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Wärmeeinträge durch Verteilleitungen und mögliche Luftkanäle auch bei Wohngebäuden getrennt ermittelt werden und noch einen weiteren Anteil an den internen Wärmequellen bilden. Bei der überschlägigen Bilanzierung ist dieser Anteil nach DIN V 18599-1 zu null zu setzen. Die Rechenverfahren in DIN V 18599 und DIN V 4108-6 gehen weiterhin von unterschiedlichen Bezugsgrößen bei der Bestimmung der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit und dem jeweiligen Ausnutzungsgrad aus, was einen direkten Vergleich der Rechenverfahren zusätzlich erschwert. Für den Nutzwärmebedarf Warmwasser werden unterschiedliche Ansätze verwendet, die jeweils direkt miteinander verglichen werden können. Eine Gegenüberstellung der wesentlichen Richtwerte erfolgt in Tabelle 1. Hierbei wurde ein vereinfachter Ansatz der Umrechnung von $A_N = 1,2 \cdot A_{WF}$ zugrunde gelegt. Die nachfolgenden Vergleichsrechnungen zeigen eine gute Übereinstimmung mit diesem Ansatz. Hierbei sei jedoch ausdrücklich erwähnt, dass die unterschiedlichen Rechenverfahren der Normen einen direkten Vergleich der Einzelgrößen nicht uneingeschränkt gestatten.

Grundsätzlich bietet der auf dieser Grundlage bestimmte Heizwärmebedarf eine gute Vergleichsmöglichkeit der Rechenverfahren für Gebäude ohne Raumlufttechnik. Der Heizwärmebedarf ist über eine Bilanzierung der maßgeblichen Wärmesenken und Wärmequellen vergleichsweise relativ einfach zu bestimmen und sollte bei gleichen Randbedingungen unabhängig von dem verwendeten Rechenverfahren auf einen ähnlichen Rechenwert

Tabelle 1. Vergleich der Nutzungsrandbedingungen nach DIN V 18599-10 und DIN V 4108-6

Table 1. Comparison of user input parameters in accordance with DIN V 18599-10 and DIN V 4108-6

	DIN V 18599-10	DIN V 4108-6
Klimarandbedingungen	Referenz Deutschland	Referenz Deutschland
Raum-Solltemperatur	20 °C	19 °C
Jährliche Nutzungstage	365 d	365 d
Tägliche Nutzungszeit	24 h	24 h
Betriebsdauer Heizung	17 h	17 h
Interne Wärmequellen EFH*	50 Wh/(m ² d)	144 Wh/(m ² d)
Interne Wärmequellen MFH*	100 Wh/(m ² d)	144 Wh/(m ² d)
Warmwasserbedarf EFH*	12 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)
Warmwasserbedarf MFH*	16 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)
Luftwechselrate; Frei/Geprüft**	0,60 h ⁻¹	0,60 h ⁻¹
Speicherfähigkeit (Schwer)***	130 Wh(m ² K) · A _B	50 Wh(m ³ K) · V _e

* Die angegebenen Werte sind bezogen auf die beheizte Wohnfläche (WF). Nettogrundfläche $A_{NGF} = 1,1 \cdot A_{WF}$ (gemäß DIN V 18599-10); Gebäudenutzfläche: $A_N = 0,32 \cdot V_e \approx 1,2 \cdot A_{WF}$ (gemäß EnEV §19); Ansatz $q_i = 5,0 \text{ W/m}^2$ gemäß DIN V 4108-6. Kein direkter Vergleich möglich.

** DIN V 18599 Vergleichswert; differenzierte Berechnung nach DIN 18599.

*** Keine direkte Umrechnung möglich.

führen. Dieses ist auch bei stark vereinfachten Rechenansätzen wie dem alten Heizperiodenbilanzverfahren mit geringfügigen Abweichungen im Allgemeinen stets der Fall und bestätigt so die gute Übereinstimmung der Rechenverfahren bezüglich der baulichen Seite.

2.2 Rechnerische Ansätze zur Bewertung der Anlagentechnik

Nach dem alten Bemessungsverfahren der DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10 erfolgt eine grundsätzliche Trennung der baulichen und anlagentechnischen Seite. Im Rahmen von DIN V 4701-10 wird eine separate Berechnung einer Gesamt-Anlagenaufwandszahl e_p vorgenommen. Hierfür werden lediglich der Heizwärmebedarf und die Gebäudenutzfläche aus der Berechnung nach DIN V 4108-6 benötigt. Die Trennung der beiden Normen gestattet somit gegebenenfalls auch eine differenzierte Einzelbestimmung der Anlagenaufwandszahl durch den Haustechniker. Für die Bestimmung der Anlagenaufwandszahl stehen drei verschiedene Rechenverfahren zur Verfügung.

Das einfachste Verfahren ist die vereinfachte Bestimmung der Anlagenaufwandszahl nach dem Diagrammverfahren aus DIN V 4701-10 mit vorgegebenen Musteranlagen. Diese Vorgehensweise wurde im Wesentlichen in Kombination mit dem vereinfachten Heizperiodenbilanzverfahren verwendet. Dieses Verfahren war bis zur Einführung der EnEV 2009 ein zulässiges Rechenverfahren für Wohngebäude.

Als Regelverfahren wird das Tabellenverfahren angewendet, welches eine genauere Definition der anlagentechnischen Größen gestattet, jedoch auf die Quantifizierung technischer Kennwerte weitgehend verzichtet. Das Tabellenverfahren ist zurzeit das in der Praxis gebräuchlichste Verfahren.

Das dritte, detaillierte Rechenverfahren ist relativ wenig verbreitet und wird für baupraktische Fälle bisher kaum verwendet. Zur Durchführung dieser detaillierten Berechnung werden sehr ähnliche Einzelangaben wie für eine anlagentechnische Bewertung nach DIN V 18599 benötigt. Es erfolgt eine genauere Quantifizierung der technischen Kennwerte, wie zum Beispiel der Wirkungsgrad eines verwendeten Heizkessels oder die Länge und Dämmqualität der Rohrleitungsabschnitte. Anlagen in Bestandsgebäuden können nach DIN 4701-12 bewertet werden. Die Gesamt-Anlagenaufwandszahl fasst alle Wärmeverluste aus Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Übergabe, sowie mögliche Wärmegewinne aus regenerativer Energie in einem Einzahlwert zusammen, der als direkter Multiplikator für die Ermittlung des Primärenergiebedarfs verwendet werden kann. Bei hohen regenerativen Anteilen sind auch Anlagenaufwandszahlen $e_p \leq 1,0$ möglich.

Eine Bewertung der Anlagentechnik nach DIN V 18599 erfolgt nicht mehr getrennt von der baulichen Seite, sondern iterativ unter genaueren Ansätzen in einem einheitlichen Berechnungsschritt. Mögliche Wärmequellen und Wärmesenken werden in die Berechnung implementiert. Die Verwendung einer Anlagenaufwandszahl ist nicht mehr vorgesehen. Diese kann lediglich zu Vergleichszwecken aus dem ermittelten Primärenergiebedarf zurückgerechnet werden, welches im Rahmen dieses Beitrags angewendet wird. Die verwendete Anlagentechnik kann nach DIN V 18599 sehr genau erfasst werden. Hierzu müssen

die einzelnen Kennwerte ähnlich wie im detaillierten Verfahren in DIN V 4701-10 quantifiziert werden. Sofern dieses nicht möglich oder gewollt ist, können Standardwerte nach DIN V 18599 verwendet werden. In diesem Fall werden die erforderlichen technischen Kennwerte, wie zum Beispiel die Leistung von Heizkesseln, die Größe von Speichern und die Länge und Dämmung von Rohrleitungen nach den vorgegebenen Rechenschritten in DIN V 18599 unter anderem über die charakteristische Länge und Breite des Gebäudes bestimmt. Je nach Geometrie des betrachteten Gebäudes liegt diese Vorgehensweise mehr oder weniger deutlich auf der sicheren Seite. Ein praktischer Vergleich von berechneten und tatsächlichen Leitungslängen gemäß Leistungsverzeichnis Haustechnik zeigt tendenziell umso größere Abweichungen, je mehr das Gebäude vom rechteckigen Grundriss abweicht.

Im Einzelfall, insbesondere auch bei konstruktionsbedingten außergewöhnlichen Leitungsführungen, können auch große Abweichungen zu den automatisch generierten Standardwerten auftreten. Eine pauschale Begründung für eine höhere Einschätzung der anlagentechnischen Verluste nach DIN V 18599, wie verschiedentlich in der Vergangenheit geäußert, stellt dieses jedoch nach Meinung des Verfassers nicht dar. Das Rechenverfahren in DIN V 18599 sieht vielmehr eine detaillierte Quantifizierung der anlagentechnischen Kennwerte als Regelverfahren vor. Einzelgrößen, wie der Kesselwirkungsgrad, Betriebsbereitschaftsverluste etc., sind im Rahmen des Ansatzes nach DIN V 18599 stets als relativ konservative Standardwerte hinterlegt. Vereinfachte Ansätze von Standardwerten führen in jedem Einzelfall im übertragenen Sinne zu einem „Teilsicherheitsbeiwert“ bei der jeweiligen anlagentechnischen Kenngröße, was in der Summe zu einer deutlichen Überschätzung der anlagentechnischen Verluste, also einem hohen Gesamtsicherheitsbeiwert führen kann. Dieser anschauliche Vergleich mit dem Sicherheitskonzept von DIN 1055-100 für Einwirkungen auf Tragwerke sei an dieser Stelle gestattet, obwohl natürlich kein derartiges Sicherheitskonzept in der DIN V 18599 verwendet wird. Folglich sollte bei einer Berechnung nach DIN V 18599 stets eine genauere Quantifizierung der anlagentechnischen Kenngrößen erfolgen, sofern diese auch nur teilweise bekannt sind. DIN V 4701-10 hingegen verwendet für das Diagramm- und Tabellenverfahren vergleichsweise eher allgemeingültige Mittelwerte, weshalb sich Ungenauigkeiten weniger deutlich in der errechneten Anlagenaufwandszahl bemerkbar machen.

2.3 Das Referenzgebäude-Verfahren

Mit Einführung der EnEV 2009 wurde das Referenzgebäude-Verfahren zur einheitlichen Berechnung des zulässigen Primärenergiebedarfs festgelegt. Zu errichtende Wohngebäude sind so auszuführen, dass der Jahres-Primärenergiebedarf den Wert eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Gebäudenutzfläche und Ausrichtung mit der nach EnEV, Anlage 1, Tabelle 1 angegebenen technischen Referenzausführung nicht überschreitet. Ziel dieser Vorgabe ist die Festlegung eines vorgegebenen, zeitgemäßen technischen und energetischen Standards mit der Möglichkeit des Ausgleichs der Einzelkenngrößen.

Bis zum Jahr 2009 erfolgte die Berechnung des zulässigen Primärenergiebedarfs einheitlich in Abhängigkeit

von dem Hüllflächenfaktor A/V_e und damit weitgehend unabhängig von dem individuell betrachteten Gebäude. Die hierzu für Wohngebäude verwendete Tabelle 1 der Anlage 1, EnEV 2007 kann jedoch durchaus noch für Vergleichszwecke verwendet werden: Eine Multiplikation des nach dieser Tabelle bestimmten Primärenergiebedarfs mit dem Faktor 0,7 sollte in der Logik einer angestrebten 30 %-igen Unterschreitung der Anforderungen der EnEV 2007 zur Erzielung des EnEV 2009-Niveaus in etwa auf den zulässigen Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes führen. Dieses ist bei den nachfolgend aufgestellten Berechnungen nach DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10 stets der Fall.

Hierbei sei jedoch angemerkt, dass bei der Berechnung des jeweiligen Gebäudes zu Vergleichszwecken auch mehr oder weniger das Referenzgebäude abgebildet worden ist. Je komplexer ein Gebäude geometrisch, baulich und anlagentechnisch ausgelegt wird, desto größere Abweichungen sind hier denkbar.

Der Ansatz von verschärften Nutzungsrandbedingungen und den ebenfalls häufig ungünstiger angesetzten rechnerischen Ansätzen auf der Basis von Standardwerten zur Bewertung der Anlagentechnik, führt in der Praxis häufig auch zu höheren zulässigen Werten des Jahres-

Primärenergiebedarfs nach dem Referenzgebäude-Verfahren von DIN V 18599 im Vergleich zu den zulässigen Werten bei einer Berechnung nach DIN V 4108-6. Hier liegt der häufig geäußerte, wohl größte Kritikpunkt an einer Berechnung nach DIN V 18599: Obwohl die Anforderungen der EnEV 2009 gegenüber der EnEV 2007 um etwa 30% verschärft worden sind, können die Berechnungen auf Basis von DIN V 18599 höhere zulässige Vergleichswerte und im ungünstigen Fall sogar ein höheres energetisches Niveau als auf Basis der EnEV 2007 aufweisen. Dieses führt zu entsprechenden Unstimmigkeiten mit den bisher gern verwendeten und bekannten Stufen von Energiespar-Häusern. Dieser Konflikt wäre jedoch aus Sicht des Autors nur lösbar, wenn die Randbedingungen der Berechnung entsprechend angepasst werden.

3 Vergleichsrechnungen an vereinfachten Gebäudemodellen

3.1 Wahl der Gebäudegeometrie

Für die nachfolgenden Vergleichsrechnungen wurden drei idealisierte, stark vereinfachte und freistehende Wohngebäude gewählt, die sowohl eine rasche Handrechnung, als auch eine schnelle Reproduzierbarkeit mit beliebigen EDV-Programmen ermöglichen (Bild 1).

Vergleichsgebäude DIN 18599 – Wohnhaus

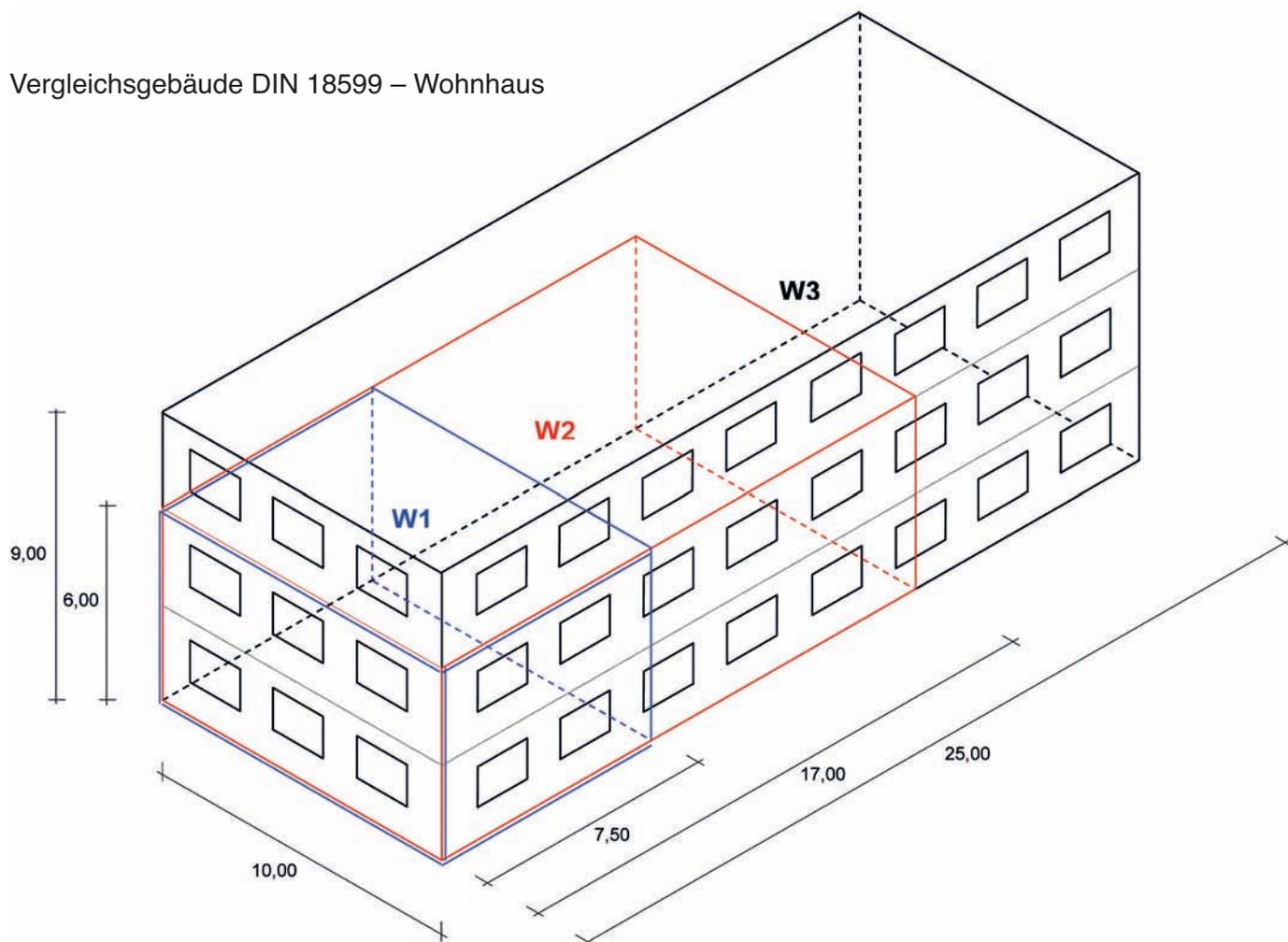


Bild 1. Geometrie der Wohngebäude W1 (Einfamilienhaus $A/V_e = 0,80$), W2 (Mehrfamilienhaus $A/V_e = 0,65$), und W3 (Großes Mehrfamilienhaus $A/V_e = 0,50$) für die Vergleichsrechnungen

Fig. 1. The following values for the geometry of different residential buildings were used in the calculations: W1 (single family dwelling $A/V_e = 0,80$), W2 (multiple family dwelling $A/V_e = 0,65$), and W3 (large multiple family dwelling $A/V_e = 0,50$)

Es existieren nur die Bauteilflächen Wand, Fenster, Dach und Grundfläche. Der Fensterflächenanteil der drei gewählten Gebäudeformen W1 bis W3 liegt einheitlich bei 18 bis 20 %. Auf die Darstellung weiterer Bauteile wurde verzichtet. Die Übernahme von Türen, Decken nach unten etc. in die Gebäudehüllflächen ist für die Aussagefähigkeit der nachfolgenden Vergleichsrechnungen nicht von Relevanz. Die rechteckige Grundrissfläche gestattet eine zielgenaue Bestimmung der charakteristischen Gebäudeabmessungen und zugehörigen Leitungslängen bei Anwendung

von DIN V 18599. Mit den drei ausgewählten Gebäudegeometrien wurden die Hüllflächenfaktoren $A/V_e = 0,80$ für ein Einfamilienhaus (Typ W1), $A/V_e = 0,65$ für ein Mehrfamilienhaus (Typ W2) und $A/V_e = 0,50$ für ein großes Mehrfamilienhaus (Typ W3) gewählt.

Sowohl die Darstellung der baulich-konstruktiven Seite als auch die gewählte Anlagentechnik orientiert sich an dem in der EnEV 2009 aufgeführten Referenzgebäude. Die Gebäudegeometrien und wesentlichen technischen Kennwerte der Gebäude W1 bis W3 sind in Tabelle 2 wie-

Tabelle 2. Gebäudegeometrie und technische Kennwerte der Wohngebäude W1 bis W3

Table 2. Building geometry and services installations parameters for residential buildings W1 to W3

	Gebäude W1 Einfamilienhaus $A/V_e = 0,80$	Gebäude W2 Mehrfamilienhaus $A/V_e = 0,65$	Gebäude W3 großes Mehrfamilienhaus $A/V_e = 0,50$
Gesamtgeometrie			
Bruttovolumen V_e	450,0 m ³	1020,0 m ³	2250,0 m ³
Nettovolumen $V = 0,76 \cdot V_e$	342,0 m ³	775,2 m ³	1710,0 m ³
Hüllfläche	360,0 m ²	664,0 m ²	1130,0 m ²
Gebäudenutzfläche $A_N = 0,32 \cdot V_e$	144,0 m ²	326,4 m ²	720,0 m ²
Wohnfläche $A_{WF} = A_N / 1,2$	120,0 m ²	272,0 m ²	600,0 m ²
Geschosszahl	2	2	3
Geschosshöhe	2,80 m	2,80 m	2,80 m
Gebäudehöhe (Außenmaß Hüllfläche)	6,00 m	6,00 m	9,00 m
Einzelflächen			
Dach	75,00 m ²	170,00 m ²	250,00 m ²
Grundfläche	75,00 m ²	170,00 m ²	250,00 m ²
Perimeter	35,00 m	54,00 m	70,00 m
Fassade Nord und Süd jeweils	60,00 m ²	60,00 m ²	90,00 m ²
Fassade Ost und West jeweils	45,00 m ²	102,00 m ²	225,00 m ²
Außenwand Nord und Süd jeweils	48,75 m ²	48,75 m ²	73,13 m ²
Außenwand Ost und West jeweils	37,50 m ²	83,25 m ²	180,00 m ²
Alle Fenster: b/h = 1,50 m/1,25 m			
Fenster Nord und Süd jeweils	11,25 m ²	11,25 m ²	16,88 m ²
Fenster Ost und West jeweils	7,50 m ²	18,75 m ²	45,00 m ²
Bauteile			
Bauteilqualität wie Referenzgebäude			
U_{AW} Außenwand mit WDVS	0,28 W/(m ² K)	0,28 W/(m ² K)	0,28 W/(m ² K)
U_W Fenster (Zweischeiben-Isoglas, g = 0,60)	1,30 W/(m ² K)	1,30 W/(m ² K)	1,30 W/(m ² K)
U_D konventionelles Flachdach	0,20 W/(m ² K)	0,20 W/(m ² K)	0,20 W/(m ² K)
U_G Bodenplatte auf Erdreich	0,35 W/(m ² K)	0,35 W/(m ² K)	0,35 W/(m ² K)
Randbedingungen			
Referenzklima für den öffentlich-rechtlichen Nachweis			
Nutzungsprofil (DIN V 18599-10 bzw. DIN V 4108-6)	Einfamilienhaus	Mehrfamilienhaus	Mehrfamilienhaus
Wärmebrückenzuschlag (DIN V 4108-Bbl.1)	0,05 W/(m ² K)	0,05 W/(m ² K)	0,05 W/(m ² K)
Dichtheitsprüfung			
Kategorie 1. Prüfung nach Fertigstellung			
Wärmespeicherfähigkeit/Ausnutzungsgrad			
Massivbau ohne Unterdecken; schweres Gebäude			
Lüftung			
mit Fenstern und Durchlässen; mittlere Abschirmung. $e_{Wind} = 0,07$			
Anlagentechnik			
nicht aufgeführte Angaben wie Referenzgebäude bzw. Standardwerte			
Wärmeerzeuger			
Brennwertkessel verbessert 55/45 °C, Erdgas H. Kombikessel			
Heizungsanlage			
freie Heizflächen; P-Regler 1 K, Verteilung innen, geregelte Pumpe			
Verteilung von Heizung und Warmwasser			
Anbinde-, Verteil-, Strangleitungen mit Standardwerten und Längen			
Trinkwarmwasserbereitung			
zentral mit Zirkulation; Solaranlage; Indirekter/bivalenter Speicher			
Raumlufttechnische Anlagen			
keine Lüftungsanlage; keine Kühlung			

dergegeben. Nicht aufgeführte Angaben sind je nach dem gewähltem Rechenverfahren als Standardwerte bzw. dem Referenzgebäude nach EnEV 2009 entsprechend gewählt.

3.2 Berechnung nach dem vereinfachten Heizperiodenbilanzverfahren

Das Heizperiodenbilanzverfahren ist seit Einführung der EnEV 2009 nicht mehr für den öffentlich-rechtlichen Nachweis zugelassen. Es gestattet eine sehr schnelle

Näherungsberechnung des Primärenergiebedarfs auf Basis eines Ansatzes von 185 Tagen Heizzeit und einer zugehörigen mittleren Temperaturdifferenz von $\Delta T = 15,7$ K. Dieses führt auf die bekannte Heizgradtagzahl von 2900 Kd nach DIN V 4108-6. Auch die weiteren Randbedingungen und vereinfachten Rechenansätze werden auf Basis dieser Norm angesetzt.

Die Anlagenaufwandszahl wird nach dem Diagrammverfahren der DIN V 4701-10 bestimmt und als Einzahlwert in die Berechnung übernommen.

Tabelle 3. Exemplarische Berechnung für das Wohngebäude W3 nach dem vereinfachten Heizperiodenbilanzverfahren; als zulässiger Primärenergiebedarf wurde zul. $Q''_P = 0,7 \cdot$ zul. $Q''_{P, EnEV 2007}$ als Vergleichswert gesetzt
Table 3. Example calculation for W3 residential building using the simplified heating period balance method; the permitted primary energy demand was entered as that of EnEV 2007 less a reduction of 30% (perm. $Q''_P = 0,7 \cdot$ perm. $Q''_{P, EnEV 2007}$)

Objekt: Vergleichsgebäude DIN V 18599 – Wohnhaus Typ W3 (großes Mehrfamilienhaus)						
Gebäudegeometrie	beheiztes Gebäudevolumen $V_e = 2250 \text{ m}^3$ Gebäudenutzfläche $A_N = 0,32 \cdot V_e = 720 \text{ m}^2$ Hüllflächenfaktor $A/V_e = 0,50 \text{ m}^{-1}$					
Bauteile	Bezeichnung	Fläche A in m^2	U-Werte der Bauteile in $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	Temperatur-Korrekturfaktor F_X	Wärmeverlust H_T	Einheit
Außenwand	Nord	73,13	0,28	1,00	20,5	W/K
	Süd	73,13	0,28	1,00	20,5	
	West	180,00	0,28	1,00	50,4	
	Ost	180,00	0,28	1,00	50,4	
Fenster	Nord	16,88	1,30	1,00	21,9	W/K
	Süd	16,88	1,30	1,00	21,9	
	West	45,00	1,30	1,00	58,5	
	Ost	45,00	1,30	1,00	58,5	
Dach	an Außenluft	250,00	0,20	1,00	50,0	W/K
Kellersohle	an Erdreich	250,00	0,35	0,60	52,5	W/K
		$A = 1130,00$	$H = \Sigma A \cdot U \cdot F_X$		405,1	W/K
Wärmebrücken	pauschal; Details nach DIN 4108 Beiblatt 2			$H_{WB} = A \cdot 0,05$	56,5	W/K
Transmissionswärme H_T	H_T spezifisch		$(A \cdot U \cdot F) + A \cdot 0,05$		461,6	W/K
	Q_T absolut		$66 \cdot H_T$		30467	kWh/a
Lüftungswärmeverlust H_V	H_V spezifisch		keine Prüfung	$0,190 \cdot V_e$		W/K
			Blower-Door-Test	$0,163 \cdot V_e$	366,8	W/K
	Q_V absolut		$66 \cdot H_V$		24206	kWh/a
solare Wärmegewinne Q_S	Orientierung	Fläche A (m^2)	Gesamtenergiedurchlassgrad g	Strahlungsintensität		
	Nord (NW/NO)	16,88	0,60	$100 \cdot 0,567 \cdot g \cdot A$	574	kWh/a
	Süd (SO/SW)	16,88	0,60	$270 \cdot 0,567 \cdot g \cdot A$	1550	kWh/a
	Ost und West	90,00	0,60	$155 \cdot 0,567 \cdot g \cdot A$	4746	kWh/a
					Q_S	6870
interne Wärmegewinne Q_i	absolut		$Q_i = 22 \cdot A_N$		15840	kWh/a
Wärmegewinne Q_g	absolut		$Q_g = 0,95 \cdot (Q_S + Q_i)$		21574	kWh/a
Heizwärmebedarf Q_h	absolut		$Q_h = (Q_T + Q_V) - Q_g$		33098	kWh/a
	spezifisch		Q''_h		46,0	kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)
Anlagenaufwandszahl	DIN 4701-10	Diagrammverfahren: Musteranlage 31		e_p	1,07	
Transmissionswärmeverlust H'_T	vorhanden		$H'_T = H_T/A$		0,41	W/($\text{m}^2 \cdot \text{K}$)
	zulässig		Tabellenwert (EnEV 2009)		0,50	W/($\text{m}^2 \cdot \text{K}$)
Primärenergiebedarf Q''_P	vorhanden		$Q''_P = e_p \cdot (Q''_h + 12,5 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a})$		62,6	kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)
	zulässig		Referenzgebäude (Vergleichswert)		64,2	kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)

Um den zweiten Rechendurchlauf für das Referenzgebäude einzusparen, erfolgt der Ansatz des zulässigen Primärenergiebedarfes als einfacher Überschlag mit den um den Faktor 0,7 abgeminderten zulässigen Tabellenwerten der EnEV 2007 für Wohngebäude (30 % Unterschreitung der EnEV 2007 als Anforderungsniveau der EnEV 2009).

Die Berechnung für ein einfaches Wohngebäude kann problemlos als Handrechnung auf einer DIN A4-Seite vorgenommen werden und ist in Tabelle 3 exemplarisch für das große Mehrfamilienhaus W3 abgebildet. Eine Zusammenfassung der Rechenergebnisse gibt Tabelle 4 wieder. Bei den hier berechneten, einfachen Gebäuden liefert das Verfahren das zunächst erwartete, plausible Ergebnis: Die vereinfachte bauliche und anlagentechnische Abbildung des Referenzgebäudes liefert auch den aus der EnEV 2007 überschläglich abgeleiteten Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes. Die Abweichungen liegen hier bei maximal 5 %. Das Heizperiodenbilanzverfahren wird im Rahmen dieses Beitrags als Kontrollrechnung für die EDV-Berechnungen eingesetzt. Es ist für diesen Zweck auch in der Praxis und in der Lehre für einfache Vergleichsrechnungen im hohen Maße geeignet.

3.3 Berechnung nach dem Monatsbilanzverfahren gemäß DIN V 4108-6

Das Monatsbilanzverfahren nach DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10 ist das derzeit überwiegend angewendete Regelverfahren für den öffentlich-rechtlichen Nachweis des energiesparenden Wärmeschutzes nach EnEV 2009 für Wohngebäude. Die Berechnung erfolgte jeweils mit einem bekannten und bewährten EDV-Programm. Das Monatsbilanzverfahren sollte hierbei im Allgemeinen auf einen etwas geringeren Heizwärmebedarf führen, da eine günstigere monatliche Bilanzierung erfolgt und die Wärmeübertragung über das Erdreich genauer erfasst wird. Dieses ist hier im direkten Vergleich der Verfah-

ren auch der Fall. Die Anlagenaufwandszahl wird nach dem Tabellenverfahren der DIN V 4701-10 bestimmt und als Einzahlwert in die Berechnung übernommen.

Das Referenzgebäude wird programmintern im Hintergrund berechnet. Der zulässige Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes wird angegeben. Eine Zusammenfassung der Rechenergebnisse gibt Tabelle 5 wieder. Die angestrebte bauliche und anlagentechnische Abbildung des Referenzgebäudes liefert auch hier den zulässigen Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes.

Die Ergebnisse zeigen weiterhin eine sehr gute Übereinstimmung mit der vereinfachten Berechnung nach Abschnitt 3.2, sowohl bei den berechneten vorhandenen Werten des Primärenergiebedarfs als auch bei den zulässigen Werten des Referenzgebäudes.

3.4 Berechnung nach DIN V 18599

Die Berechnung auf Grundlage von DIN V 18599 erfolgte vergleichend mit zwei bekannten und bewährten EDV-Programmen, die allerdings in der Darstellung deutliche Unterschiede aufweisen. Für die Berechnung wurden zunächst überwiegend Standardwerte verwendet, die den Vorgaben und Empfehlungen von DIN V 18599 folgend eingegeben wurden oder durch die Programme als Standardeinstellungen selbst generiert worden sind. Dieses gilt insbesondere für die umfangreichen haustechnischen Angaben.

Die Struktur der derzeit auf dem Markt verfügbaren Programme ist durchaus unterschiedlich, was die vorgegebenen Standardeinstellungen und die Berechnung des Referenzgebäudes anbelangt. Einige Programme generieren Standardwerte automatisch, bei anderen Versionen werden jeweils konkrete Eingaben erforderlich. Auch die Darstellung des Referenzgebäudes läuft entweder für den Betrachter nicht einsehbar im Hintergrund oder muss durch den Bearbeiter mit notwendigen Eingaben parallel zum

Tabelle 4. Vergleich der Rechenergebnisse für das vereinfachte Heizperiodenbilanzverfahren
Table 4. Comparison of calculation results for the simplified heating period balance method

	Q_h Heizwärme kWh/a	Q_p Primärenergie kWh/a	e_p Anlage —	H'_T Bauteile W/(m ² K)	zul. H'_T Bauteile W/(m ² K)	Q''_p Primärenergie kWh/(m ² a)	zul. Q''_p * EnEV 2009 kWh/(m ² a)	zul. Q''_p EnEV 2007 kWh/(m ² a)
Gebäude W1	9360	12950	1,16	0,41	0,40	89,9	85,3	121,8
Gebäude W2	17750	24230	1,11	0,38	0,40	74,2	74,2	106,0
Gebäude W3	33100	45050	1,07	0,41	0,50	62,6	64,2	91,8

* Der zulässige Wert des Referenzgebäudes nach EnEV 2009 wird überschläglich angesetzt mit dem um 30 % verminderten Tabellenwert der EnEV 2007, Anlage 1, Tabelle 1

Tabelle 5. Vergleich der Rechenergebnisse für das Monatsbilanzverfahren nach DIN V 4108-6
Table 5. Comparison of calculation results for the monthly balance method in accordance with DIN V 4108-6

	Q_h Heizwärme kWh/a	Q_p Primärenergie kWh/a	e_p Anlage —	H'_T Bauteile W/(m ² K)	zul. H'_T Bauteile W/(m ² K)	Q''_p Primärenergie kWh/(m ² a)	zul. Q''_p Referenz 09 kWh/(m ² a)
Gebäude W1	9190	13040	1,19	0,41	0,40	90,6	88,4
Gebäude W2	17030	23960	1,14	0,37	0,40	73,4	74,5
Gebäude W3	31690	44860	1,10	0,40	0,50	62,3	63,3

berechneten Gebäude gestaltet werden. Beide Vorgehensweisen haben Vor- und Nachteile und führen je nach Auslegung der EDV-Programme zunächst nicht zwingend auf identische Rechenergebnisse. Erst ein Abgleich der Standardeinstellungen gestattet den direkten Vergleich. Es sollte daher stets eine Kontrolle der Eingabewerte und der

Bezugsflächen erfolgen. Die Möglichkeit von Bedienungsfehlern steigt naturgemäß ebenfalls mit der Anzahl der notwendigen Eingaben, was möglicherweise auch in der Vergangenheit zu teilweise unterschiedlichen Rechenergebnissen beigetragen hat, ohne dass ein Programmfehler selbst vorgelegen hat.

Tabelle 6. Vergleich der Rechenergebnisse nach DIN V 4108-6 und nach DIN V 18599, sowie einer Berechnung nach DIN V 4108-6 unter den angepassten Randbedingungen von DIN V 18599-10

Table 6. Comparison of calculation results in accordance with DIN V 4108-6 and DIN V 18599 and a calculation in accordance with DIN V 4108-6 using input parameters adjusted in accordance with DIN V 18599-10

	DIN V 4108-6		DIN V 18599/P1	DIN V 4108 Vgl.	
	Randbedingungen DIN V 4108-6		Randbedingungen DIN V 18599	Randbedingungen DIN V 18599	
	kWh/a	Differenz	kWh/a	kWh/a	Differenz
W1 Einfamilienhaus					
Transmissionswärmeverluste	12280	-7,2 %	13230	13500	2,0 %
Lüftungswärmeverluste	5860	-0,3 %	5880	6440	9,5 %
interne Gewinne	4390	162,9 %	1670	1730	3,6 %
solare Gewinne	4560	-19,1 %	5640	5690	0,9 %
Heizwärmebedarf	9190	-22,1 %	11800	12520	6,1 %
Nutzwärme Warmwasser	1800	25,0 %	1440	1440	0,0 %
Endenergiebedarf	11130	-39,7 %	18470	14250	-22,8 %
Primärenergiebedarf	13040	-31,8 %	19130	16470	-13,9 %
Primärenergiebedarf in kWh/(m ² a)	90,6		132,8	114,4	
Anlagenaufwandszahl (Vergleichswert)	1,19		1,44	1,18	
W2 Mehrfamilienhaus					
Transmissionswärmeverluste	21010	-9,2 %	23130	23090	-0,2 %
Lüftungswärmeverluste	13460	-2,0 %	13740	14800	7,7 %
interne Gewinne	10010	34,4 %	7450	7720	3,6 %
solare Gewinne	7430	-16,6 %	8910	8890	-0,2 %
Heizwärmebedarf	17030	-17,0 %	20510	21280	3,8 %
Nutzwärme Warmwasser	4080	-6,2 %	4350	4340	-0,2 %
Endenergiebedarf	20740	-40,5 %	34850	25050	-28,1 %
Primärenergiebedarf	23960	-33,1 %	35830	28690	-19,9 %
Primärenergiebedarf in kWh/(m ² a)	73,4		109,8	87,9	
Anlagenaufwandszahl (Vergleichswert)	1,14		1,44	1,12	
W3 großes Mehrfamilienhaus					
Transmissionswärmeverluste	38630	-8,6 %	42260	42460	0,5 %
Lüftungswärmeverluste	29500	-2,8 %	30350	32430	6,9 %
interne Gewinne	21640	33,8 %	16170	16590	2,6 %
solare Gewinne	14800	-16,8 %	17790	17860	0,4 %
Heizwärmebedarf	31690	-18,0 %	38650	40440	4,6 %
Nutzwärme Warmwasser	9000	-6,3 %	9600	9580	-0,2 %
Endenergiebedarf	39120	-42,9 %	68540	47910	-30,1 %
Primärenergiebedarf	44860	-35,9 %	69930	54640	-21,9 %
Primärenergiebedarf in kWh/(m ² a)	62,3		97,1	75,9	
Anlagenaufwandszahl (Vergleichswert)	1,10		1,45	1,09	

Im Rahmen der Vergleichsrechnungen wurden die Wohngebäude W1 bis W3 zunächst auf Basis eines verwendeten EDV-Programms (hier mit P1 bezeichnet) nach DIN V 18599 mit Standardeinstellungen berechnet und die Ergebnisse mit den bereits durchgeführten Berechnungen nach dem Monatsbilanzverfahren gemäß DIN V 4108-6 verglichen. Die Ergebnisse gibt Tabelle 6 wieder.

Erwartungsgemäß liefert eine Berechnung nach DIN V 18599 mit ungünstigeren Randbedingungen hinsichtlich der Soll-Raumtemperatur und den angesetzten internen Gewinnen zunächst einen um ca. 20 % höheren Heizwärmebedarf. Die Transmissionswärmeverluste nach DIN V 18599 sind hierbei etwas höher, während die internen Gewinne deutlich geringer ausfallen. Eindeutig ersichtlich sind hier die großen Unterschiede bei einer Bewertung der Anlagentechnik nach DIN V 4701-10 im Vergleich zu DIN V 18599.

Zum direkten Vergleich wurde die Anlagenaufwandszahl e_p aus dem ermittelten Primärenergiebedarf zurückgerechnet. Eine Bewertung nach DIN V 18599 mit voreingestellten Standardwerten führt zu erheblich größeren berechneten Verlusten der anlagentechnischen Seite. Zusammen mit dem nach DIN V 18599 bereits höher anzusetzenden Heizwärmebedarf führt dieses bei allen untersuchten Gebäuden zu einem deutlich höheren Primär- und Endenergiebedarf. Wird als Bezugsgröße die Berechnung nach DIN V 18599 angesetzt, ergeben sich in einer Berechnung nach DIN V 4108-6 ein um 30 bis 35 % geringerer Primärenergiebedarf und ein um 40 bis 45 % geringerer Endenergiebedarf.

Die unter Abschnitt 2.1 beschriebenen unterschiedlichen Nutzungsrandbedingungen führen zu einem abweichenden Heizwärmebedarf und Nutzenergiebedarf für Warmwasser. Gleicht man die Nutzungsrandbedingungen an, führt eine Berechnung nach DIN V 4108-6 und nach DIN V 18599 folgerichtig auf einen nahezu identischen Heizwärmebedarf mit weniger als 5 % Abweichung. Die Darstellung dieser Ergebnisse erfolgt in der rechten Spalte von Tabelle 6. Hier wurde eine Berechnung nach DIN V 4108-6 unter den Randbedingungen aus DIN V 18599-10 durchgeführt. Die Transmissionswärmeverluste sind bei gleichen Raumtemperaturen nahezu identisch. Auch die Lüftungswärmeverluste und die internen und solaren Gewinne gleichen sich an. Geringe Unterschiede verbleiben durch die unterschiedlichen Rechenverfahren der Normen. Der Warmwasserbedarf ist identisch. Bei der Bewertung der Anlagentechnik bleiben die großen Unterschiede bestehen.

Eine Berechnung nach DIN V 18599 sieht eine detaillierte Quantifizierung der anlagentechnischen Kennwerte als Regelverfahren vor. Wie die hier aufgestellten Berechnungen zeigen, kann dies bei Verwendung von Standardwerten zu einer relativ ungünstigen Bewertung der Anlagentechnik führen. Nachfolgend wurden Berechnungen unter günstigeren und in der Regel damit auch genauer quantifizierten Kenngrößen der Anlagentechnik durchgeführt: Der Wirkungsgrad des verwendeten Heizkessels bei Voll- und Teillast wurde erhöht, die Betriebsbereitschaftsverluste wurden reduziert, Speicher und die Solaranlage wurden günstiger ausgelegt. Alle gewählten Ansätze basieren hierbei auf realistischen Kenngrößen bekannter Heiztechnik-Hersteller. Die festen Vorgaben

des Referenzgebäudes der EnEV 2009 wurden hier jedoch stets beibehalten. Die standardisierten Längen der Rohrleitungsabschnitte wurden reduziert auf ca. 70 % der Standardwerte. Die Ergebnisse der Berechnung werden in Tabelle 7 gegenübergestellt. Unter Ansatz verbesserter anlagentechnischer Kenngrößen wird der berechnete End-

Tabelle 7. Vergleich der Rechenergebnisse nach DIN V 18599 mit voreingestellten Standardwerten und einer Berechnung unter detaillierter Eingabe der anlagentechnischen Kenngrößen (DIN V 18599 Det.)

Table 7. Comparison of calculation results in accordance with DIN V 18599 with preset standard values and a calculation using detailed input parameters of the services installations (DIN V 18599 Det.)

	DIN V 18599	DIN V 18599 Det.
	kWh/a	kWh/a
W1 Einfamilienhaus		
Heizwärmebedarf	11800	11800
Nutzwärme Warmwasser	1440	1440
Endenergiebedarf	18470	16250
Primärenergiebedarf	19130	16700
Primärenergiebedarf in kWh/(m ² a)	132,8	116,0
Anlagenaufwandszahl (Vergleichswert)	1,44	1,26
Zulässiger Primär- energiebedarf	111,2	111,2
Abweichung zum zulässigen Wert	19 %	4 %
W2 Mehrfamilienhaus		
Heizwärmebedarf	20510	20510
Nutzwärme Warmwasser	4350	4350
Endenergiebedarf	34850	30230
Primärenergiebedarf	35830	31090
Primärenergiebedarf in kWh/(m ² a)	109,8	95,3
Anlagenaufwandszahl (Vergleichswert)	1,44	1,25
Zulässiger Primär- energiebedarf	93,2	93,2
Abweichung zum zulässigen Wert	18 %	2 %
W3 großes Mehrfamilienhaus		
Heizwärmebedarf	38650	38650
Nutzwärme Warmwasser	9600	9600
Endenergiebedarf	68540	57680
Primärenergiebedarf	69930	59350
Primärenergiebedarf in kWh/(m ² a)	97,1	82,4
Anlagenaufwandszahl (Vergleichswert)	1,45	1,23
Zulässiger Primär- energiebedarf	79,4	79,4
Abweichung zum zulässigen Wert	22 %	4 %

und Primärenergiebedarf deutlich reduziert und es wird näherungsweise der Vergleichswert des Referenzgebäudes erreicht.

Unter gleichen Randbedingungen und detaillierter Eingabe von verbesserten anlagentechnischen Kennwerten findet eine Angleichung der Rechenergebnisse nach den Berechnungsnormen DIN V 18599 und DIN V 4108-6 statt. Dieses wird jedoch in der Praxis durch die Vorgaben des öffentlich-rechtlichen Nachweises und der eher konservativ gewählten Ansätze der Aufsteller bei der Abbildung der Anlagentechnik in der Regel nicht der Fall sein. Eine Berechnung nach DIN V 18599 wird bei einem Einsatz von herkömmlicher Anlagentechnik deshalb stets zu einem höheren End- und Primärenergiebedarf im Vergleich zu einer Berechnung nach DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10 führen.

Abschließend wurde eine vergleichende Berechnung mit einem zweiten EDV-Programm vorgenommen. Hierbei traten auch Differenzen zwischen den beiden Programmen auf. Die mittleren resultierenden Abweichungen bei dem ermittelten Primärenergiebedarf liegen bei ca. 7 %, was hinsichtlich der komplexen Berechnung und verbleibender Unterschiede in der Darstellung der Programme akzeptabel erscheint. Eine Zusammenfassung und den Gesamtvergleich des berechneten Primärenergiebedarfes aller Varianten zeigt abschließend das Bild 2: Es prägt sich ein möglicher Wertebereich aus, der durch die Mindestwerte der Berechnung nach DIN V 4108-6 und die Maximalwerte der Berechnung nach DIN V 18599 unter Standardwerten mit dem Programm P1 begrenzt wird. Bei einer detaillierten Berechnung gemäß DIN V 18599 und einer Berechnung nach DIN V 4108-6 unter angepassten Randbedingungen nach DIN V 18599 tritt eine deutliche Annäherung der berechneten Werte im mittleren Bereich der Ergebnisspanne auf.

Die zulässigen Werte des jeweiligen Referenzgebäudes sowie die Vergleichswerte der EnEV 2007 und die daraus abgeleiteten 70 %-Werte des Primärenergiebedarfs zur

überschläglichen Darstellung des EnEV 2009-Niveaus sind in Bild 3 zusammenfassend dargestellt. Hierbei ist erkennbar, dass die errechneten Werte der Referenzgebäude nach DIN V 18599 vergleichsweise hoch ausfallen. In einem Fall wird das Niveau der EnEV 2007 überschritten. Das Referenzgebäude auf Basis einer Berechnung nach DIN V 4108-6 hingegen entspricht einer 30 %-igen Unterschreitung des alten EnEV 2007-Niveaus.

An dieser Stelle muss noch einmal auf die eingeschränkte Aussagefähigkeit der dargestellten Vergleichsrechnungen hingewiesen werden. Im Rahmen dieses Beitrags werden vereinfachte Regelfälle betrachtet. Bei einer Berechnung von Energiesparhäusern mit komplexer Haustechnik (Verwendung von Wohnungslüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung, Wärmepumpen, Kraft-Wärme-Kopplung etc.) ermöglicht DIN V 18599 eine präzisere Abbildung der Anlagentechnik. Hier kann eine Berechnung nach DIN V 18599 auch günstigere Rechenergebnisse als nach DIN V 4108-6 liefern, was die jeweilige Differenz zum Referenzgebäude angeht. Es ist also keinesfalls immer vorhersehbar, welches Rechenverfahren für eine Erfüllung des EnEV-Nachweises günstiger sein wird.

4 Energiebedarf = Energieverbrauch?

Der Energieverbrauch von Bestandsgebäuden war und ist Gegenstand umfangreicher Studien [5], [6], [7]. Auch für die nach den Anforderungen der EnEV 2009 neu errichteten Gebäude liegen teilweise bereits Energieverbrauchskennwerte vor. Ein Vergleich mit den in der Regel auf Basis von DIN V 4108-6 berechneten Bedarfswerten zeigt überwiegend eine gute Übereinstimmung mit den realen Energieverbrauchskennwerten von Wohngebäuden, wobei selbstverständlich auch nach erfolgter Witterungsreinigung noch nutzungsbedingte Abweichungen auftreten können. Die Berechnungen nach DIN V 4108-6 bildeten bisher auch bei Sanierungsprojekten eine zuverlässige Prognose der zu erwartenden energetischen Eins-

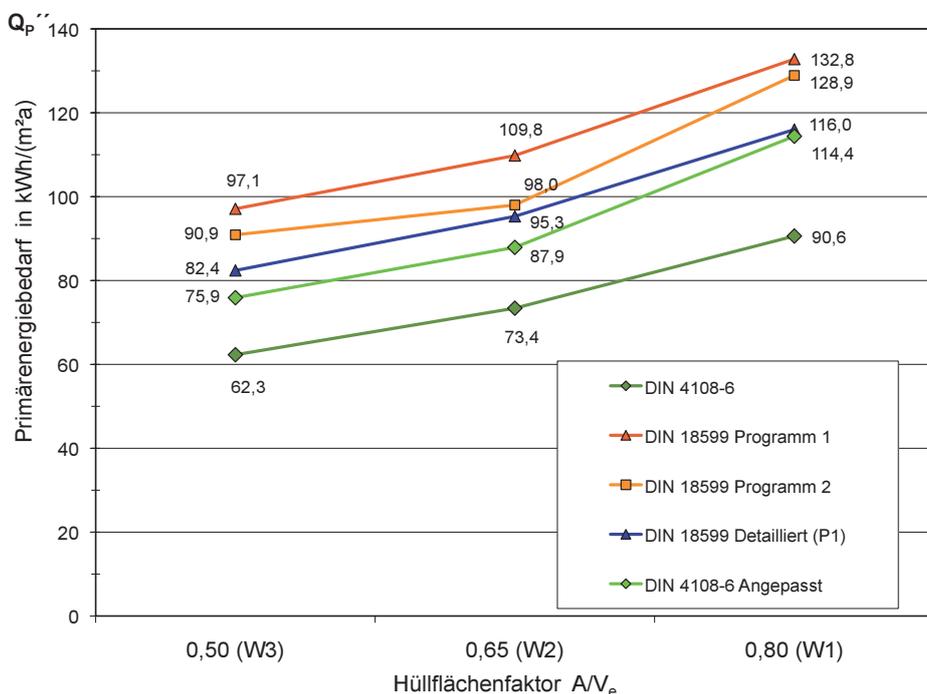


Bild 2. Vergleich aller Rechenergebnisse des Primärenergiebedarfs für die Wohngebäude W1 bis W3
 Fig. 2. Comparison of calculated results of primary energy demand for residential buildings W1 to W3

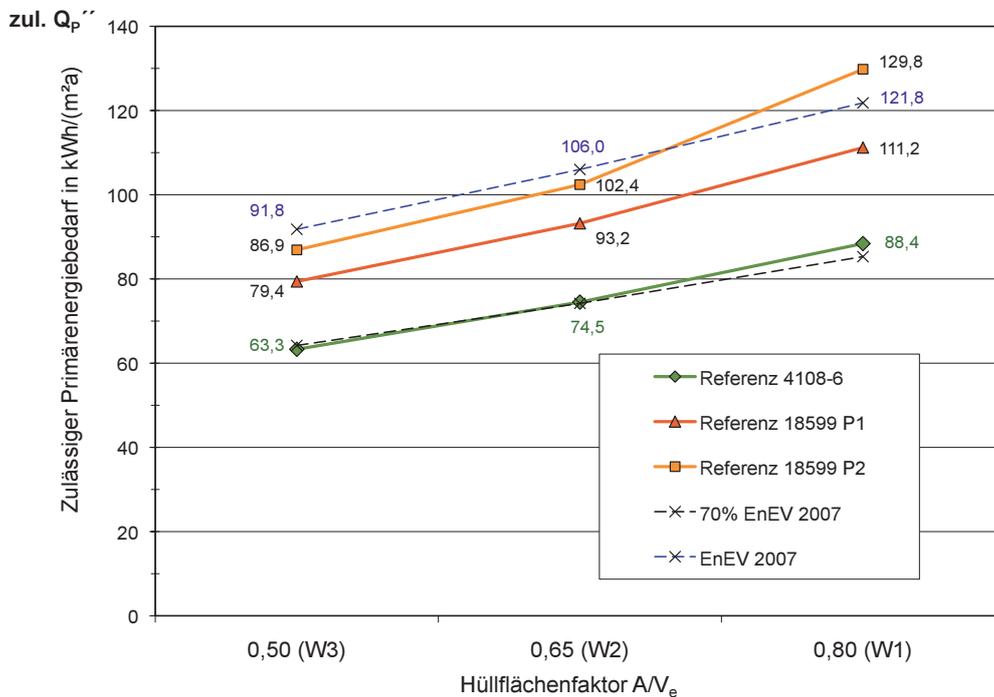


Bild 3. Vergleich aller Rechenergebnisse des zulässigen Primärenergiebedarfs für die Wohngebäude W1 bis W3
 Fig. 3. Comparison of calculated results of permitted primary energy demand for the residential buildings W1 to W3

parungen [8]. Das gemäß EnEV definierte Niveau des zulässigen Primärenergiebedarfs lässt sich relativ zielgenau mit den Rechenverfahren von DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 darstellen und bildete so bisher die Grundlage der bekannten Förderstufen für wohnwirtschaftliche Förderprogramme.

Eine Berechnung von Wohngebäuden auf der Basis von DIN V 18599 führt nach den Untersuchungen dieses Beitrags, weiteren aktuellen Studien [9] und den praktischen Erfahrungen des Autors im Regelfall zu einem signifikant höheren Primär- und Endenergiebedarf im Vergleich zur alten Berechnungsnorm DIN V 4108-6. Somit liegen die errechneten Bedarfswerte nach DIN V 18599 in der Regel auch deutlich über den realen Verbrauchswerten.

Für den Aufsteller eines EnEV-Nachweises in der Praxis ist es sicherlich vorteilhaft, mit seiner Berechnung auf der sicheren Seite zu liegen, jedoch kollidiert dieses einerseits mit den bisher bekannten zulässigen Werten der EnEV 2007 und dem üblichen energetischen Niveau der Förderprogramme, und zum anderen mit der bisherigen Praxis der nach EnEV § 16 ff. möglichen Erstellung eines Energieverbrauchsausweises, zu dem dann deutliche Unterschiede auftreten werden. Auch wenn eine Bedarfsberechnung im Wesentlichen auf einer Rechnung mit normierten Nutzungsrandbedingungen basiert und nicht die zielgenaue Abbildung des tatsächlichen Normverbrauchs verfolgt, sollte ein vereinfachter Abgleich möglich sein. Das Beiblatt 1 zur DIN V 18599 [10] gibt zwar eine sinnvolle Hilfestellung beim Abgleich der Bedarfs- und Verbrauchswerte, ermöglicht jedoch keine Quantifizierung im konkreten Berechnungsfall. Hier besteht noch weiterer Handlungsbedarf mit dem Ziel einer einheitlichen und klaren Regelung.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Wohngebäude können zurzeit gemäß EnEV 2009 wahlweise nach DIN V 18599 oder nach DIN V 4108-6 in Ver-

bindung mit DIN V 4701-10 berechnet werden. Eine Berechnung auf Basis der neueren Norm DIN V 18599 führt hierbei im Regelfall zu einem höheren Primär- und Endenergiebedarf. Dieses ist einerseits auf den ungünstigeren Ansatz der Randbedingungen (Raumtemperatur, Interne Gewinne, Trinkwarmwasserbedarf) zurückzuführen, beruht aber im Wesentlichen auf einer im Allgemeinen deutlich ungünstigeren Bewertung der anlagentechnischen Seite bei Verwendung von Standardwerten. Das Rechenverfahren in DIN V 18599 sieht als eigentliches Regelverfahren eine detaillierte Quantifizierung der anlagentechnischen Kennwerte vor. Dieses erfolgt jedoch in der Regel meistens nur bei komplexer Anlagentechnik. Die vorliegenden Abweichungen führen in der Praxis zu Unsicherheiten und Unstimmigkeiten, zu deren Klärung die durchgeführten Berechnungen einen Beitrag leisten sollen. Die Untersuchungen sollen im Rahmen einer größeren Studie weiter fortgesetzt werden.

Die Einführung von DIN V 18599 für Nichtwohngebäude im Jahr 2007 und für Wohngebäude im Jahr 2009 war hinsichtlich einer gesamtenergetischen Bilanzierung von möglichen Kühllasten, einer ggf. vorliegenden komplexen Anlagentechnik und der Bewertung der Beleuchtung ein sicherlich notwendiger und energiepolitisch folgerichtiger Schritt [11], [12]. Jedoch sollte für Wohngebäude und Gebäude mit wohnähnlicher Nutzung ohne Kühlung auch zukünftig und über die kommende EnEV 2012 hinaus ein vereinfachtes Rechenverfahren bereitgestellt werden. Hierzu wären keine wesentlichen Neuerungen erforderlich. Eine Berechnung von Wohngebäuden nach der vorhandenen Berechnungsnorm DIN V 4108-6 gestattet auf einfache Art und Weise eine zielgenaue und zuverlässige energetische Bilanzierung. Lediglich eine Angleichung der Randbedingungen der Berechnungsnormen DIN V 4108-6 und DIN V 18599-10 wäre im Sinne eines direkt vergleichbaren Nachweises anzustreben. Eine Bilanzierung von Wohngebäuden nach dem jeweils günstigeren Verfahren mit dem geringeren

berechneten Primärenergiebedarf sollte auch zukünftig stets möglich sein. Die Transparenz der Berechnung auf Basis von DIN V 4108-6 ist im Zeitalter des „Black-Box“-Prinzips nicht nur für aussagefähige Vergleichsrechnungen sehr gut anwendbar, sondern leistet auch in der Ingenieurausbildung an den Hochschulen weiterhin sehr gute Dienste.

Danksagung

Der Autor dankt Herrn Dipl.-Ing. *Steffen Zimmermann*, Ingenieurbüro Axel C. Rahn GmbH Berlin für die Durchführung der EDV-Berechnung mit dem Programm P2 im Rahmen von Vergleichsrechnungen.

Literatur

- [1] Energieeinsparverordnung EnEV 2009. Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden vom 24.07.2007, geändert durch Verordnung vom 29.04.2009.
- [2] DIN V 18599:2007-02. Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Teile 1-10. Berlin: Beuth-Verlag, 2007.
- [3] DIN V 4108-6:2003-06 Wärmeschutz und Energie-Einsparung von Gebäuden – Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs. Berlin: Beuth-Verlag, 2003.
- [4] DIN V 4701-10:2003-08 Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen; Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung. Berlin: Beuth-Verlag, 2003.
- [5] Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Wohngebäudebestand vom 26.07.2007. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (ersetzt durch die Bekanntmachung vom 30.07.2009).

- [6] *Schröder, F., Greller, M., Hundt, V., Mundry, B., Papert, O.*: Universelle Energiekennzahlen für Deutschland, Teil 1: Differenzierte Kennzahlverteilungen nach Energieträger und wärmetechnischem Sanierungsstand. *Bauphysik* 31 (2009) H. 6, S. 393–402.
- [7] *Greller, M., Schröder, F., Hundt, V., Mundry, B., Papert, O.*: Universelle Energiekennzahlen für Deutschland, Teil 2: Verbrauchskennzahlentwicklung nach Baualterklassen. *Bauphysik* 32 (2010) H. 1, S. 1–6.
- [8] *Himburg, S.*: Energetische Sanierung von Schulgebäuden in den neuen Bundesländern – Sanierungsprojekt Förderschule Rathenow, *Bauphysik* 30 (2008) H. 2, S. 83–90.
- [9] IBP-Bericht WB150/2009: EnEV easy – Entwicklung eines Anforderungskatalogs an den energiesparenden Wärmeschutz von typischen Wohngebäuden zur Einhaltung der Vorgaben der EnEV 2009 und des EEWärmeG. Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart, März 2010.
- [10] DIN V 18599 Beiblatt 1:2010-01 Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Beiblatt 1: Bedarfs-/Verbrauchsabgleich. Berlin: Beuth-Verlag, 2010.
- [11] Richtlinie 2006/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. April 2006 über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen.
- [12] Meseberger Beschlüsse der Bundesregierung vom 23.08.2007 zur Minderung der Treibhausgasemissionen Deutschlands.

Autor dieses Beitrages:

Prof. Dr.-Ing. Stefan Himburg, Beuth Hochschule für Technik Berlin, FB III – Bauingenieur- und Geoinformationswesen, Fachgebiet Baukonstruktion und Bauphysik, Luxemburger Straße 10, 13353 Berlin

LHT

LICHTENAU HIMBURG TEBARTH



BAUINGENIEURE GMBH

Kaiser-Friedrich-Straße 84
10585 Berlin

Telefon +49 (0)30 - 34 34 92 0
Telefax +49 (0)30 - 34 34 92 29
E-Mail office@LHT-Bauing.de
Web www.LHT-Bauing.de

Geschäftsführer:
Prof. Dr.-Ing. Stefan Himburg
Dipl.-Ing. Rens Lichtenau
Dipl.-Ing. Andreas Tebarth
Beratende Ingenieure

TRAGWERKSPLANUNG KONSTRUKTION BAUPHYSIK GUTACHTEN