



**INSTITUT WOHNEN
UND UMWELT GmbH**

Annastraße 15
64285 Darmstadt

Fon: (0049) 06151/2904-0

Fax: (0049) 06151/2904-97

eMail: info@iwu.de

Internet: www.iwu.de

Projekt: „Entwicklung eines vereinfachten, statistisch abgesicherten Verfahrens zur Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung des Energieprofils von Gebäuden“

Kurztitel: „Kurzverfahren Energieprofil“

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung gefördert.

(Aktenzeichen Z6-5.4.00-12/II 13 -80 01 03-15)

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

Darmstadt, den 28.01.2005

Autoren: Tobias Loga
Dr. Nikolaus Diefenbach
Dr. Jens Knissel
Rolf Born

Zentralheizung

☒ Kessel oder Therme
☐ Brennstoff: ☒ Erdgas / Flüssiggas ☐ Heizöl ☐ Scheitholz / Pellets
☐ bei Gas- oder Ölkessel: Kesseltemperatur ☐ konstant ☒ gleitend
☐ mit Brennwertnutzung

☐ Elektroheizung / Elektro-Wärmepumpe
☐ nur EL-Wärmepumpe ☐ EL-Wärmep. mit Heizstab ☐ EL-Wärmep. + Kessel ☐ nur Elektro-Heizstab

☐ Fern-Wärme
☐ Wärmezeugung: ☐ Kessel / Heizwerk ☐ Heizkraftwerk / BHKW ☐ Anteil Wärme aus Kraft-Wärme

Wohnungsweise Beheizung
☐ Gas-Etagenheizung (Umlaufwasserheizung)
☐ mit Brennwertnutzung

Raumweise Beheizung
☐ Einzelöfen ☐ Gasstrahlheizgeräte ☐ Elektrostrahlgeräte oder Elektro-Nachtgas

Warmwasserbereitung
☒ kombiniert mit Zentralheizung (s.o.)
☐ zentraler Gas-Speicherwasserwärmer ☐ zentraler Elektro-Speicher ☐ Kellerfuß-/Abfluß-Wärmepumpe
☐ Gas-Etagenheizung (s.o.)
☐ Gas-Durchlauferhitzer ☐ Elektro-Durchlauferhitzer ☐ Elektro-Speicher / Kleinspeicher

Energieverbrauch gemäß letzter Abrechnung
 Liter Heizöl: 250,000
 m³ Erdgas: 250,000
 Liter Heizgas: 250,000
 kWh Fernwärme: 250,000
 kWh Strom: 250,000

Wärmeverteilung
☐ Bauteil / Dämmstandard
☐ 50er bis 70er Jahre ☒ nachträgl. gedämmt ☐ 80er und 90er Jahre ☐ gedämmt nach ENEV

① Gebäude
 Hauptstraße: 12345 Musterstadt 12
 Anzahl Vollgeschosse: 4
 Anzahl Wohnungen: 10
 beheizte Wohnfläche: 1.000 m²

② Eigentümer
 Hauptstraße: 12345 Musterstadt 12
 Baufahr: 1934
 lichte Raumhöhe (ca.): 2,50

③ direkt angrenzende Nachbargebäude
☐ keine (freistehend)
☐ auf einer Seite
☒ auf zwei Seiten

④ Grundriss
☒ kompakt
☐ langgestreckt oder gewinkelt oder komplex

⑤ Dach
☐ Flachdach oder flach geneigtes Dach
☒ Dachgeschoss unbeheizt
☐ Dachgeschoss teilweise beheizt
☐ Dachgeschoss voll beheizt
☐ Dachgauben oder andere Dachaufbauten vorhanden

⑥ Keller
☐ nicht unterkellert
☒ Kellergeschoss unbeheizt
☐ Kellergeschoss teilweise beheizt
☐ Kellergeschoss voll beheizt

⑦ Konstruktionsart und nachträgliche Dämmung
 Konstruktionsart: massiv Holz
 Dach (wenn Dachgeschoss beheizt): ☐ ☒
 oberste Geschossdecke (wenn Dachgeschoss nicht beheizt): ☐ ☒
 Außenwände: ☐ ☒
 Fußboden zum Keller oder Erdreich: ☐ ☒
 nachträglich aufgetragene Dämmung:
 Dämmstärke: 4 cm auf 100 % der Fläche
 Dämmstärke: 10 cm auf 100 % der Fläche
 Dämmstärke: 15 cm auf 100 % der Fläche

⑧ Fenster
 Jahr des Fenstereinsbaus (ca.): 1980
☐ Holzfenster, einfach verglast
☐ Holzfenster, zwei Scheiben (Isolierverglasung, Kosten-
☒ Kunststofffenster, Isolierverglasung
☐ Alu- oder Stahlfenster, Isolierverglasung

Projekt: „Entwicklung eines vereinfachten,
statistisch abgesicherten Verfahrens zur
Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung
des Energieprofils von Gebäuden“

Kurztitel: „Kurzverfahren Energieprofil“

Endbericht für das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn

Autoren: Tobias Loga
Dr. Nikolaus Diefenbach
Dr. Jens Knissel
Rolf Born

Reprotechnik: Reda Hatteh

1. Auflage

Darmstadt, den 8.4.2005

ISBN-Nr.: 3-932074-76-9

IWU-Bestellnummer: 04/05

INSTITUT WOHNEN UND UMWELT GMBH

Annastraße 15

D-64285 Darmstadt

Fon: ++49 / (0)6151/2904-0 / Fax: -97

Internet: www.iwu.de

Hinweise zur Einordnung der vorliegenden Forschungsarbeit im Zusammenhang mit dem im Rahmen der EnEV 2006 vorgesehenen bundesweiten Einführung von Energieausweisen für Bestandsgebäude

Die vorliegende Forschungsarbeit stellt einen Beitrag zur Energiepass-Diskussion in Deutschland dar. Im Rahmen des Projekts wurden drei Bausteine entwickelt, die eine vereinfachte energetische Bewertung von Wohngebäuden erlauben. Projektbegleitend wurden die jeweiligen Entwürfe der Bausteine in den Ausschuss zur Erarbeitung der DIN 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“ eingebracht, die die Grundlage für die kommende Umsetzung der EU-Richtlinie „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ in Deutschland werden soll. Weiterhin wurden die Bausteine mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (BMVBW) diskutiert, das derzeit an der „Richtlinie zur Datenerfassung und Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs von bestehenden Wohngebäuden“ arbeitet.

Der Stand der Diskussion bezüglich der Berücksichtigung der im „Kurzverfahren Energieprofil“ entwickelten Vereinfachungen im bundeseinheitlichen Energieausweis der EnEV 2006 ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt:

- Das im Teil I des Projekts entwickelte „Flächenschätzverfahren“ wird nicht herangezogen. Nach Vorgabe des BMVBW soll der Energieausweis grundsätzlich auf konkret ermittelten Gebäudeabmessungen beruhen, wobei für das Energieausweis-Kurzverfahren bestimmte Vereinfachungen bei der Ermittlung dieser Daten vorgesehen sind. Für die Datenerhebung müssen also – im Gegensatz zu dem in dieser Studie entwickelten Ansatz – stets Gebäudepläne herangezogen oder ein Aufmaß vor Ort durchgeführt werden.
- Die in Teil II des Projekts hergeleiteten Tabellen mit „pauschalen U-Werten“ finden voraussichtlich Eingang in die Richtlinie des BMVBW und damit in den bundeseinheitlichen Energieausweis.
- Das Schema der in Teil III des Projekts entwickelten „Pauschalwerte Anlagentechnik“ wird auch in die Richtlinie für den bundeseinheitlichen Energieausweis übernommen. Die Kennwerte werden jedoch von einer Arbeitsgruppe des zuständigen Normenausschusses neu berechnet. Die Basis hierfür ist die DIN V 4701-10, die für Wohngebäude nach gegenwärtigem Stand auch in der EnEV 2006 weiterhin in Bezug genommen wird. Die gegenüber der vorliegenden Studie daraus resultierenden wichtigsten Änderungen sind:
 - Als Parameter für die Gebäudegröße wird in den neuen Tabellen generell die „Gebäudenutzfläche“ A_N nach EnEV verwendet. Damit müssen die Tabellenwerte im Regelfall interpoliert werden. Demgegenüber können in der vorliegenden Studie auf Grund des Ansatzes von Gebäudegrößenklassen („Anzahl Vollgeschosse“ bzw. „Wohnungsanzahl“) die Tabellenwerte direkt verwendet werden.
 - Die Bewertung der Wärmeverteilverluste erfolgt entsprechend ohne Berücksichtigung der Zahl der Geschosse. Die implizit in den Pauschalwerten enthaltene Aufteilung der Leitungslängen zwischen horizontalen und vertikalen Strängen hängt demgemäß nur von der Gebäudenutzfläche ab.
 - Den Pauschalwerten der Verteilverluste liegt in den neuen Tabellen – je nach Wärmeschutzstandard der Leitungen – eine unterschiedliche Länge der Heizperiode zu Grunde. Anstelle des in der vorliegenden Studie verwendeten einheitlichen Wertes von 275 d/a wird für die Leitungsklasse „80er und 90er Jahre“ 220 d/a, für die Klasse „EnEV“ 185 d/a zu

Grunde gelegt. Bei Bestandsgebäuden mit schlechtem Wärmeschutz wird evtl. eine Korrektur mit der tatsächlichen Heizzeit vorgeschrieben.

- Neben dem Auslegungstemperaturpaar „70/55°C“ kann auch das Niveau „55/45°C“ angesetzt werden. Bei der Datenaufnahme ist damit die Einstellung der Regelung im Heizsystem auch im Kurzverfahren mit zu erfassen.*
- Bei Elektro-Wärmepumpen wirkt sich das Vorhandensein einer Flächen- oder Fußbodenheizung in einem verbesserten Ansatz für die Aufwandszahl aus. Zusätzliche Wärmeverluste durch unzureichende Dämmung unter Fußbodenheizsystemen werden dabei auf der Gebäudeseite nicht berücksichtigt.*

Darmstadt, den 8.3.2005

Die Autoren

Das Forschungsprojekt „Kurzverfahren Energieprofil“

– Zusammenfassung –

Gemäß EU-Richtlinie 2002/91/EG über die „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ müssen innerhalb weniger Jahre für einen großen Teil des deutschen Wohngebäudebestands Energieausweise ausgestellt werden. Ziel des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“ war die Herleitung von Vereinfachungen für die Datenaufnahme.

Das im Rahmen des Projekts entwickelte Verfahren ermöglicht es, den Aufwand für die energetische Bilanzierung und Klassifizierung von Gebäuden zu reduzieren. Die Vereinfachungen betreffen drei Bereiche der Datenaufnahme:

- I. Flächenschätzverfahren: Durch statistische Analyse einer Gebäuestichprobe von mehr als 4000 Wohngebäuden wurde ein einfaches Verfahren zur Abschätzung der Bauteilflächen (Außenwand, Fenster, Dach, Kellerdecke) entwickelt, das als Eingangsgrößen nur die die Hüllfläche wesentlich beeinflussenden Parameter benötigt.
- II. Pauschale U-Werte: Auf der Basis verschiedener Quellen wurden Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) abgeleitet, die – ausgehend von leicht zu ermittelnden Eigenschaften des Gebäudes – eine grobe Bewertung der Qualität der thermischen Hülle von Bestandsgebäuden erlauben.
- III. Pauschalwerte Anlagentechnik: Auf der Basis der vorliegenden Normen zur Anlagentechnik und ergänzender Quellen wurden Pauschalwerte für die Teilsysteme Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung abgeleitet, die in Kombination mit einem einfachen Fragebogen eine grobe Bewertung der Anlagen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung von Bestands-Wohngebäuden erlauben.

Mögliche Anwendungsbereiche für dieses „Kurzverfahren Energieprofil“ sind:

- kostengünstige Erstellung von Energiepässen für große Gebäudebestände (z.B. für Unternehmen der Wohnungswirtschaft);
- Durchführung von Initialberatung (Verbraucherberatung, Internet, ...);
- Szenarienberechnungen für den Gebäudebestand;
- Plausibilitätsprüfung bei exakter Datenerhebung.

Inhalt

Teil I: Flächenschätzverfahren

	Seite
Zusammenfassung	1
1 Zielsetzung des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“ Teil I.....	2
2 Datengrundlage	3
3 Definition der für die Analyse verwendeten Variablen	6
4 Abhängigkeiten / Korrelationen	12
5 Schätzung von Bauteilflächen auf Basis der ermittelten Parameter	18
6 Flächenschätzverfahren	27
7 Anwendungstest: Musterhäuser der deutschen Gebäudetypologie	30
8 Literatur	31

Teil II: Pauschale U-Werte

	Seite
Zusammenfassung	1
1 Zielsetzung des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“ Teil II.....	3
2 Grundlagen.....	4
3 Bauteilkatalog	5
4 Anwendung der Pauschalwert-Tabellen	11
5 Literatur	15

Teil III: Pauschalwerte Anlagentechnik

	Seite
Zusammenfassung	1
1 Zielsetzung des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“ Teil III.....	6
2 Ansätze und Randbedingungen für die Ermittlung der Heizsystem-Kennwerte	7

3	Verteilung Trinkwarmwasser	10
4	Speicherung Trinkwarmwasser	13
5	Erzeugung Trinkwarmwasser	16
6	Übergabe Raumwärme	22
7	Verteilung Heizwärme	23
8	Speicherung Heizwärme	26
9	Erzeugung Heizwärme	28
10	Hilfsenergie	35
11	Primärenergie- und CO ₂ -Emissionsfaktoren	36
12	Genauigkeit des Verfahrens	38
	ANHANG	40
	Anhang A – Ermittelte Pauschalwerte Anlagentechnik bezogen auf AN	41
	Anhang B – Ansätze für die Systemtemperaturen	44
	Anhang C – Modell für die Wärmeverteilung im Bestand.....	48
	Anhang D – Daten von Elektro-Wärmepumpen im Bestand.....	74
	Anhang E – Quellenverzeichnis	78

Teil IV: Gesamtverfahren

Zusammenfassende Darstellung der in den Teilen I, II und III entwickelten Verfahren

	Seite
1 Zielsetzung und Ergebnisse des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“	1
2 Fragebogen für die Datenerhebung.....	2
3 Vereinfachte Datenerhebung Teil I: Flächenschätzverfahren.....	5
4 Vereinfachte Datenerhebung Teil II: Pauschale U-Werte	9
5 Vereinfachte Datenerhebung Teil III: Pauschalwerte Anlagentechnik	11



**INSTITUT WOHNEN
UND UMWELT GmbH**

Annastraße 15

64285 Darmstadt

Fon: (0049) 06151/2904-0

Fax: (0049) 06151/2904-97

eMail: info@iwu.de

Internet: <http://www.iwu.de>

Projekt: „Entwicklung eines vereinfachten,
statistisch abgesicherten Verfahrens zur
Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung
des Energieprofils von Gebäuden“

Kurztitel: „Kurzverfahren Energieprofil“

Teil I: Flächenschätzverfahren

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln des
Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung gefördert.

(Aktenzeichen Z6-5.4.00-12/II 13 -80 01 03-15)

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

Darmstadt, den 28.01.2005

Autoren: Tobias Loga
Dr. Nikolaus Diefenbach
Dr. Jens Knissel

Inhalt

Zusammenfassung	1
1 Zielsetzung des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“ Teil I	2
2 Datengrundlage	3
2.1 Quellen für die Datenbanken.....	3
2.2 Datenstruktur	4
2.3 Plausibilitätstest.....	5
3 Definition der für die Analyse verwendeten Variablen	6
3.1 Basisvariablen „Anzahl Wohneinheiten“ und „Anzahl Vollgeschosse“	6
3.2 Basisvariable „Baualtersklasse“	6
3.3 Basisvariable „Grundrisstyp“	7
3.4 Basisvariable „Anbausituation“	7
3.5 Basisvariable „Dachgeschosstyp“	8
3.6 Basisvariable „Kellergeschosstyp“.....	8
3.7 Basisvariable „beheizte Wohnfläche“	8
4 Abhängigkeiten / Korrelationen	12
4.1 Fassadenfläche	12
4.2 Dach / oberste Geschossdecke.....	15
4.3 EG-Fußboden / Kellerdecke	16
4.4 Fensterfläche.....	16
5 Schätzung von Bauteilflächen auf Basis der ermittelten Parameter	18
5.1 Differenzierter Ansatz	18
5.2 Systematische Abweichung bei unterschiedlichen Raumhöhen	22
5.3 Vereinfachungen	23
6 Flächenschätzverfahren	27
6.1 Eingangsgrößen	27
6.2 Vorgehen bei der Flächenschätzung.....	28
7 Anwendungstest: Musterhäuser der deutschen Gebäudetypologie	30
8 Literatur	31

Zusammenfassung

Durch statistische Analyse einer Gebäuestichprobe von mehr als 4000 Wohngebäuden wurde ein einfaches Verfahren zur Abschätzung der Bauteilflächen (Außenwand, Fenster, Dach, etc.) entwickelt. Mit Hilfe dieses Flächenschätzverfahrens kann der Heizwärmebedarf von Bestandsgebäuden mit einer für viele Anwendungen ausreichenden Genauigkeit ermittelt werden. Die Genauigkeit des Verfahrens wurde durch Anwendung auf die Gebäuestichprobe quantifiziert: Werden die Transmissionswärmeverluste auf der Basis der geschätzten Flächen bestimmt, so liegt die Standardabweichung bei etwa 15% (bezogen auf die mit realen Flächen bestimmten Transmissionswärmeverluste).

Für die Flächenschätzung werden nur wenige, in der Regel leicht zu ermittelnde Daten benötigt (siehe Entwurf des Erhebungsbogens: Bild 1). Gegenüber der Bestimmung der Flächen per Aufmaß oder aus Plänen ist der Zeitaufwand damit erheblich geringer. Zwar weist das Verfahren grundsätzlich eine gewisse Unschärfe auf – andererseits wird jedoch das Risiko von Fehlern bei der Flächenermittlung reduziert (Fehler beim Aufmaß, Doppeltrechnen oder Vergessen von Flächen).

① Gebäude Hauptstraße 12 PLZ 12345 Ort Musterstadt	② Eigentümer Anton Jedermann Hauptstraße 12 PLZ 12345 Ort Musterstadt
③ Anzahl Vollgeschosse 4 ④ beheizte Wohnfläche 10.000 m ²	⑤ lichte Raumhöhe 2,50
⑥ direkt angrenzende Nachbargebäude ☒ keins (freistehend) ☐ auf einer Seite ☐ auf zwei Seiten	⑦ Grundriss ☒ kompakt ☐ langgestreckt oder gewinkelt oder komplex
⑧ Dach ☐ Flachdach oder flach geneigtes Dach ☒ Dachgeschoss unbeheizt ☐ Dachgeschoss teilweise beheizt ☐ Dachgeschoss voll beheizt ☐ Dachgauben oder andere Dachaufbauten vorhanden	⑨ Keller ☐ nicht unterkellert ☒ Kellergeschoss unbeheizt ☐ Kellergeschoss teilweise beheizt ☐ Kellergeschoss voll beheizt

Bild 1:
Erster Fragebogen-
teil für das
„Kurz-
verfahren
Energieprofil“
– Datengrund-
lage für die
Flächen-
schätzung

1 Zielsetzung des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“ Teil I

Ziel des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“ ist die Entwicklung eines Verfahrens, das vom Aufwand (Zeit für Datenerhebung und Berechnung) und vom Nutzen (Genauigkeit im Ergebnis) an die energetische Bewertung größerer Gebäudebestände angepasst ist. Mit möglichst wenig Angaben soll ein vollständiger Gebäudedatensatz generiert werden, mit dem die Energiebilanz gemäß DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 bzw. -12 ausreichend genau berechnet werden kann. Die Genauigkeit des Verfahrens soll dabei quantitativ belegt werden.

Die Vereinfachungen des „Kurzverfahrens Energieprofil“ betreffen drei Bereiche:

- I. Erhebung der Flächen der Bauteile (Flächenschätzverfahren)
- II. Ermittlung der thermischen Qualität der Bauteile (pauschale U-Werte)
- III. Ermittlung der energetischen Qualität der Anlagentechnik (Pauschalwerte Anlagentechnik)

Entsprechend ist das Projekt in drei weitgehend voneinander unabhängige Teile gegliedert.

Gegenstand des hier vorliegenden Teilberichts I ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Abschätzung von Bauteilflächen als Grundlage für die energetische Bilanzierung.

Ausgangspunkt für die Abschätzung sollen wenige Grunddaten sein, die in der Regel beim Gebäudeeigentümer bzw. Wohnungsunternehmen vorliegen. Ein Aufmaß kann damit vermieden werden. Die grundlegende Hypothese ist, dass es eine ausreichend gute Korrelation der Hüllflächen mit der Wohnfläche gibt.¹ Dies begründet sich darin, dass die Wohnfläche eines beheizten Geschosses – unter Voraussetzung einer typischen (festen) Gebäudetiefe – proportional zur Länge des Gebäudes ist.

¹ Erste Hinweise hierfür liefert eine Untersuchung von 56 Neubauten der 80er und 90er Jahre [Reiß/Erhorn 1994]. Da zu diesen Gebäuden die Anzahl der Geschosse und die Ausbausituation in Dach- und Kellergeschoss nicht dokumentiert ist, wurden sie in die hier vorliegende statistische Untersuchung nur vergleichend einbezogen.

2 Datengrundlage

2.1 Quellen für die Datenbanken

Grundlage für die statistische Analyse der Hüllflächen sind über 5500 Datensätze von Gebäuden, die im Rahmen von verschiedenen Energieberatungsaktionen erhoben wurden (Tab. 1). Die einzelnen Datenquellen werden in den folgenden Abschnitten kurz erläutert.

Tab. 1: Analyisierte Datenbanken

		Anzahl Gebäude- datensätze
Energiepass Region Hannover / proKlima		1854
Energiesparaktion Hessen	FAS-Aktion	813
	Odenwald-Aktion	723
Energiepass Sachsen	Bereich Dresden	906
Mietspiegelerhebung Darmstadt		374
Untersuchung [Herbert 2001]		881
Gesamt		5551

2.1.1 Energiepass Region Hannover

Der Energiepass Region Hannover wurde im Zusammenhang mit dem Förderprogramm des Klimaschutzfonds proKlima entwickelt. Die Erstellung eines Energiepasses mit einem Beratungskonzept ist Voraussetzung für die Beantragung von investiven Zuschüssen zu Energiesparmaßnahmen. Die Datenaufnahme erfolgt mit Hilfe eines einheitlichen Fragebogens im Regelfall im Zuge einer Ortsbegehung.

Die Daten wurden vom Klimaschutzfonds proKlima im Juli 2003 für die Auswertung zur Verfügung gestellt.

2.1.2 Energiepass Sachsen

Der Energiepass Sachsen hat den Schwerpunkt Ein- und Zweifamilienhäuser (Begrenzung der Förderung für Energiepass-Erstellung: max. 10 Wohneinheiten) und wurde landesweit Ende 2002 eingeführt. Die Datenaufnahme erfolgt mit Hilfe eines einheitlichen Fragebogens vor Ort. Die Datensätze der Gebäude werden in 4 Koordinierungsstellen gesammelt: Bautzen, Leipzig, Zwickau, Dresden.

Die in Dresden gesammelten Daten wurden mit Genehmigung des Sächsischen Ministeriums für Umwelt und Landwirtschaft von der Koordinierungsstelle Dresden im Dezember 2003 zur Verfügung gestellt. Aus organisatorischen Gründen standen die drei anderen Datenbanken erst Anfang März 2004 zur Verfügung und konnten in die hier vorliegende Untersuchung nicht mehr einbezogen werden.

2.1.3 Energiesparaktion Hessen

Im Rahmen der Energiesparaktion Hessen wurden 2002/2003 zwei Schwerpunktaktionen durchgeführt:

- Energiepass-Aktion in der Frankfurter Allgemeinen Sonntagszeitung (FAS): In der FAS wurde ein Fragebogen abgedruckt, den Gebäudeeigentümer ausgefüllt an das Impulsprogramm Hessen schicken konnten. Für die Gebäudeeigentümer wurde dann ein Energiepass mit Beratungsbericht erstellt.
- Energiepass-Aktion im Odenwald: z.T. vor Ort, z.T. per Fragebogen erhobene Daten

Die Daten wurden im September 2003 vom Impulsprogramm Hessen zur Verfügung gestellt.

2.1.4 Mietspiegel Darmstadt

Im Rahmen der Erhebung für den Mietspiegel Darmstadt wurde auch die energetische Qualität von Gebäuden bestimmt. Dabei wurden von regional ansässigen Schornsteinfegern für 374 Gebäude (vorwiegend Mehrfamilienhäuser) Energiepässe ausgestellt. Es wurde ein Zusammenhang zwischen energetischer Gebäudequalität und Nettomiete festgestellt. Damit war die Grundlage geschaffen, die „wärmetechnische Beschaffenheit“ als Kriterium in den Darmstädter Mietspiegel aufzunehmen [Knissel/Alles 2003].

Die Daten wurden im September 2003 für die vorliegende Untersuchung zur Verfügung gestellt.

2.1.5 Fensterflächenanalyse [Herbert 2001]

Im Rahmen dieser am IWU durchgeführten Untersuchung wurde für über 800 Gebäude eine Analyse typischer Fensterflächen vorgenommen. Der größte Teil der Daten stammt aus einer Datenbank des ifeu-Instituts in Heidelberg und aus der Förderdatenbank des Umweltamtes Münster/Westfalen [Herbert 2001].

Da für diese Daten nicht alle benötigten Parameter verfügbar waren, wurden sie innerhalb der vorliegenden Untersuchung nur für die Analyse der Fensterflächen verwendet.

2.2 Datenstruktur

Mit Ausnahme der Daten aus [Herbert 2001] sind alle anderen Datenbanken mit der Energiepass-Software der Firma Bially erstellt worden, die den Datenexport in eine zentrale Datenbank erlaubt. Damit hatten alle Datenbanken die gleiche Datenstruktur. Eine fehlerträchtige Umwandlung / Transformation war nicht erforderlich.

Die Flächendaten werden von der Software auf der Basis eines geometrischen Modells mit in der Regel per Aufmaß erhobenen Kantenlängen ermittelt. Versprünge in der Fassade oder Gauben werden dabei nicht explizit erfasst. Diese Unschärfe wird jedoch durch einen großen Vorzug mehr als aufgewogen: Die Verwendung eines geometrischen Modells statt der detaillierten Erfassung von Einzelflächen reduziert das Fehlerisiko bei der Datenerhebung drastisch. Ein Vergessen oder Doppeltrechnen von Flächen ist praktisch ausgeschlossen (siehe auch Abschnitt 2.3).

2.3 Plausibilitätstest

Die Datensätze wurden im Vorfeld der Analyse einem Plausibilitätstest unterzogen, damit das Ergebnis nicht von unplausiblen Daten beeinflusst wird, die durch fehlende oder falsche Angaben des Gebäudeeigentümers oder Fehler bei der Dateneingabe durch den Energieberater entstanden sind. Die Abfragen und die resultierende Fehlerrate zeigt Tab. 2. Etwa 14% der insgesamt 4670 ausgewerteten Datensätze hatten unplausible oder fehlende Angaben und wurden daher aus der Untersuchung entfernt. Übrig blieben 4016 Gebäudedatensätze, für die die gesamte im Folgenden dargestellte Analyse durchgeführt wurde (Ausnahme: Analyse der Fensterflächen / siehe Abschnitt 4.4).

Tab. 2: Ergebnis des Plausibilitätstests

fehlende oder falsche Daten	Anzahl					
Baujahr	fehlt	n=372		(8,0%)		
Anzahl Wohneinheiten	fehlt	n=334		(7,2%)		
Anzahl Vollgeschosse	fehlt	n=332		(7,1%)		
Wohnfläche	fehlt	n=331		(7,1%)		
eine der Bauteilflächen	< 0	n=106		(2,3%)		
unplausible Daten	untere Grenze	Anzahl Überschreitungen		obere Grenze	Anzahl Überschreitungen	
mittlere Wohnfläche pro Wohnung	20 m²	n=25	(0,5%)	300 m²	n=46	(1,0%)
Verhältnis Fläche EG-Fußboden zu Wohnfläche je Vollgeschoss	0,40	n=60	(1,3%)	2,0	n=59	(1,3%)
Verhältnis Fensterfläche zu Wohnfläche	0,05	n=52	(1,1%)	0,5	n=54	(1,2%)
Verhältnis Außenwandfläche zu Wohnfläche	0,3	n=98	(2,1%)	2	n=81	(1,7%)
Verhältnis Fläche Dach + OG-Decke zur Wohnfläche je Vollgeschoss	0,5	n=79	(1,7%)	4	n=12	(0,3%)
Plausibilität insgesamt	Anzahl plausible Datensätze					
insgesamt	n=4016		von	4670		(86,0%)

3 Definition der für die Analyse verwendeten Variablen

Als Basisvariablen für die statistische Analyse werden die in den folgenden Abschnitten dargestellten Größen verwendet.

3.1 Basisvariablen „Anzahl Wohneinheiten“ und „Anzahl Vollgeschosse“

Als wichtige Basisvariable für die Untersuchung dienen die Anzahl der Wohneinheiten n_{WE} und die Anzahl der Vollgeschosse n_{VG} . Tab. 3 zeigt für die ausgewerteten Gebäude die entsprechenden Häufigkeiten. Deutlich wird, dass Ein- und Zweifamilienhäuser den größten Anteil in der Stichprobe aufweisen. Bezogen auf die Gesamtanzahl der durch die Gebäude repräsentierten Wohnungen zeigt sich dagegen eine eher ausgeglichene Verteilung.

Tab. 3: Häufigkeit der ausgewerteten Gebäude nach Wohnungszahl und Vollgeschossen

Anzahl Wohneinheiten	Anzahl Vollgeschosse									Gesamt
	1	2	3	4	5	6	7	8	> 8	
1 bis 2	1384	1426	42	1	0	0	0	0	0	2853
3 bis 7	25	350	290	39	6	1	0	0	0	711
8 bis 20	1	23	139	189	47	1	1	0	0	401
21 bis 40	0	1	9	10	6	3	1	5	3	38
mehr als 40	0	0	0	3	0	1	0	4	5	13
Gesamt	1410	1800	480	242	59	6	2	9	8	4016

3.2 Basisvariable „Baualtersklasse“

Die Differenzierung des Baualters wurde entsprechend dem bewährten Schema in [Eicke-Hennig et al. 1994] und [IWU 2003] vorgenommen. Damit ergeben sich die in Tab. 4 dargestellten Klassen. Alle Baualtersklassen sind mit mehr als 500 Gebäuden ausreichend häufig vertreten.

Tab. 4: Definition der Baualtersklassen und Häufigkeit

Baualtersklasse	A / B	C	D	E	F	G / H	alle
Baujahr	bis 1918	1919 bis 1948	1949 bis 1957	1958 bis 1968	1969 bis 1978	ab 1979	
Häufigkeit	551	732	535	839	737	622	4016

3.3 Basisvariable „Grundrisstyp“

Es ist zu erwarten, dass besonders langgestreckte und/oder verwinkelte Grundrisse – bezogen auf die Wohnfläche – eine tendenziell größere Fassadenfläche aufweisen. Daher wurde die Variable "Grundrisstyp" in die Untersuchung aufgenommen. Als Maß für den Grundrisstyp dient das Verhältnis des Grundrissumfangs zum Umfang eines Quadrats mit gleicher Grundrissfläche. Gebäude, bei denen dieses Verhältnis $\geq 120\%$ ist, werden im Folgenden als „gestreckt“ bezeichnet – die anderen als „kompakt“.

Tab. 5 zeigt die Aufteilung der Häufigkeiten. Dass nur ca. 3% der Gebäude in die Kategorie „gestreckt“ fallen, liegt an der Tatsache, dass der Umfang eines Rechtecks bei „Streckung“ nur sehr langsam zunimmt. Erst ab einem Seitenverhältnis von 1:3,5 wird der hier gewählte Grenzwert von 20% überschritten.

Tab. 5: Definition des Grundrisstyps und Häufigkeit

Grundrisstyp	"kompakt"	"gestreckt"	alle
Umfang Grundriss gegenüber Quadrat mit gleicher Fläche	< 120 %	≥ 120 %	
Häufigkeit	3883	133	4016

3.4 Basisvariable „Anbausituation“

Es wird zwischen 3 verschiedenen Anbausituationen unterschieden:

- „freistehend“: es grenzt kein Nachbargebäude direkt an;
- „einseitig angebaut“: es grenzt 1 Nachbargebäude direkt an (Doppelhäuser, Reihenendhäuser);
- „zweiseitig angebaut“: es grenzen 2 Nachbargebäude direkt an (Reihenmittelhäuser).

Mehr als die Hälfte der Stichprobe sind freistehende Gebäude, ca. ein Viertel besitzt 1 Nachbargebäude, der Rest 2 Nachbargebäude. Letztere sind mit ca. 700 Gebäuden aber noch in ausreichender Anzahl vertreten.

Tab. 6: Definition der Anbausituation und Häufigkeit

Anbausituation	"freistehend"	"einseitig angebaut"	"zweiseitig angebaut"	alle
Anzahl angrenzende Nachbargebäude	0	1	2	
Häufigkeit	2216	1109	691	4016

3.5 Basisvariable „Dachgeschosstyp“

Für den Dachgeschosstyp werden die in Tab. 7 dargestellten Kategorien definiert. Nur 7% der Gebäude besitzen Flachdächer, der Rest verteilt sich etwa gleichmäßig auf Gebäude mit nicht, teilweise und voll beheiztem Dachgeschoss².

Tab. 7: Definition des Dachgeschosstyps und Häufigkeit

Dachgeschosstyp	Flachdach	DG nicht beheizt	DG teilweise beheizt	DG voll beheizt	alle
beheizter Anteil des Dachgeschosses	0%	0%	> 0 % < 100 %	100%	
Häufigkeit	292	1318	1446	960	4016

3.6 Basisvariable „Kellergeschosstyp“

Für den Kellergeschosstyp werden die in Tab. 8 dargestellten Kategorien definiert. Etwa die Hälfte der Gebäude besitzt einen nicht beheizten Keller, immerhin noch 40% (vorwiegend Ein- und Zweifamilienhäuser) einen teilweise beheizten Keller². Bei weniger als 3% der Gebäude ist das gesamte Kellergeschoss beheizt.

Tab. 8: Definition des Kellergeschosstyps und Häufigkeit

Kellergeschosstyp	nicht unterkellert	KG nicht beheizt	KG teilweise beheizt	KG voll beheizt	alle
beheizter Anteil des Kellergeschosses	0%	0%	> 0 % < 100 %	100%	
Häufigkeit	302	2092	1529	93	4016

3.7 Basisvariable „beheizte Wohnfläche“

Die Wohnfläche spielt in der Wohnungswirtschaft eine zentrale Rolle und ist insbesondere auch für größere Gebäudebestände bekannt (Grundlage für Heizkostenabrechnung nach HeizkostenV, Heizspiegel, Wohnflächenstatistiken). Sie ist die Basisvariable, die die Größe der Gebäude repräsentiert. Teilt man sie durch die Geschoszahl, so ist sie ein Maß für die horizontale Ausdehnung.

Innerhalb der Datenaufnahme für die hier analysierten Gebäudedaten wurde nach der „beheizbaren Wohnfläche“ gefragt. Ansonsten wurden keine Hinweise zur Ermittlung dieser Fläche gegeben. Für Gebäude, in denen nur Vollgeschosse bewohnt werden, ist die Wohnfläche relativ klar definiert. Insbesondere bei größeren Mietwohnhäusern ist außerdem davon auszugehen, dass sie auch nach den gesetzlichen Vorschriften ermittelt wurde. Bei Gebäuden mit ausgebauten Keller- oder Dachgeschossen ist die Wohnfläche dagegen nicht so klar definiert (auch unterschiedliche Interpretationen in der Rechtsprechung). Die von den Gebäudeeigentümern angegebenen Flächen sind daher als Parameter auf Grund der sehr wahrscheinlich uneinheitlichen Bestimmung nicht gut geeignet.

² Bei der Datenerhebung wurde nach dem "beheizbaren Anteil" des Dachgeschosses bzw. des Kellergeschosses gefragt. Dies wird daran festgemacht, ob die Möglichkeit der Beheizung (Heizflächen vorhanden) besteht.

Vor diesem Hintergrund wird im Folgenden die „beheizte Wohnfläche“ nach einem einheitlichen Schema neu bestimmt. Das Schema wurde so konzipiert, dass sich im Fall nicht ausgebauter Keller und Dächer eine gute Übereinstimmung mit der angegebenen Wohnfläche ergibt:

1. Zunächst wird für alle Gebäude ohne ausgebauten Dach- oder Kellergeschoss das Verhältnis von beheizter Wohnfläche zur Bruttogrundfläche bestimmt. Der Mittelwert für alle Gebäude ist der Parameter $f_{W/BGF}$.
2. Es wird die „Anzahl der beheizten Geschosse“ n_G definiert, in die ausgebauten Keller- und Dachgeschosse mit ihrem beheizten Flächenanteil eingehen.
3. Die „beheizte Wohnfläche“ A_W eines Gebäudes wird dann ermittelt, indem die Bruttogrundfläche eines Vollgeschosses (=Fläche der Kellerdecke bzw. EG-Fußbodens) mit $f_{W/BGF}$ und n_G multipliziert wird.

Die beheizte Wohnfläche ist trotz der genannten Unschärfe-Bereiche als Basis-Variable für das Flächenschätzverfahren geeignet. Allerdings ist bei der zukünftigen Anwendung des Verfahrens darauf zu achten, dass bei Gebäuden mit ausgebauten Keller- oder Dachgeschossen klare Vorgaben für die anzugebende beheizte Wohnfläche gemacht werden.

3.7.1 Angegebene Wohnflächen im Vergleich zu den Bruttogrundflächen der Gebäude

Für die Gebäude ohne beheiztes Dach- und Kellergeschoss wurde das Verhältnis aus Wohnfläche und Bruttogrundfläche der beheizten Geschosse bestimmt. Das Ergebnis zeigt Tab. 9. Der Mittelwert liegt für jede Gebäudegruppe zwischen 0,74 bis 0,76. Lediglich für sehr große Geschosswohnungsbauten mit mehr als 40 Wohneinheiten ist der Wert deutlich kleiner und liegt bei 0,64. Allerdings kann dieser geringe Wert auch ein Zufallsergebnis sein, da für diese Gebäudegruppe lediglich 10 Gebäude ausgewertet werden konnten.³

Auf Basis dieser Ergebnisse wird für $f_{W/BGF}$ in der folgenden Untersuchung ein Standardwert von 0,75 angesetzt.

Tab. 9: Analyse der Abhängigkeit der Wohnfläche von der Bruttogrundfläche der beheizten Geschosse

Anzahl Wohneinheiten	Anzahl ausgewertet Gebäude	Verhältnis Wohnfläche zu Bruttogrundfläche	
		Mittelwert	Standardabweichung σ
1 bis 2	525	0,76	0,15
3 bis 7	222	0,74	0,12
8 bis 20	205	0,75	0,07
21 bis 40	26	0,76	0,16
mehr als 40	10	0,64	0,07
Gesamt	988	0,75	0,13

Auswertung nur für Gebäude ohne beheiztes DG und KG

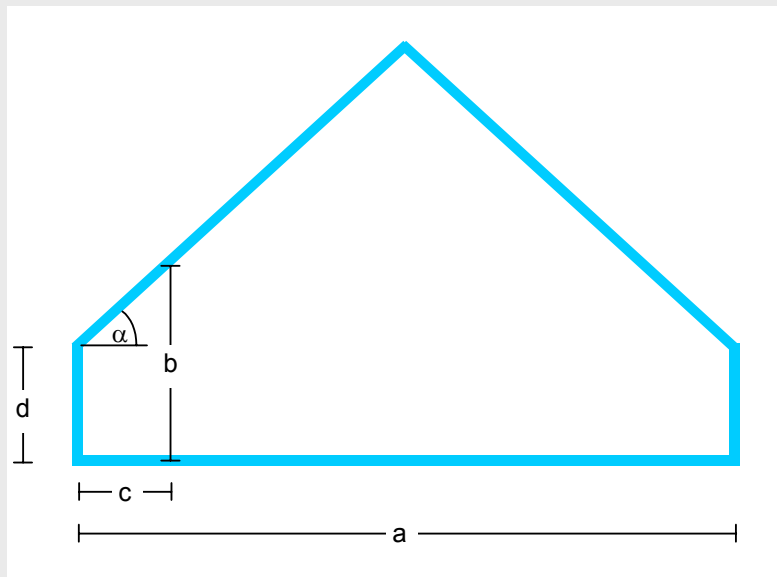
³ Diese Ergebnisse korrelieren mit den in [Reiß/Erhorn 1994] ermittelten Werten für 56 Neubauten der 80er und 90er Jahre: Der Mittelwert für Einfamilienhäuser liegt hier bei 0,79, für Mehrfamilienhäuser bei 0,71. Dagegen liegen die in VDI 3807 angegebenen Werte mit 0,71 (EFH) und 0,59 (MFH) deutlich niedriger.

3.7.2 Verminderung der nutzbaren Wohnfläche bei Dachgeschossen

Der Anteil der nutzbaren Fläche im Dachgeschoss kann aus den vorliegenden Datensätzen nicht hergeleitet werden. Daher erfolgt hier eine schematische, beispielhafte Abschätzung des nutzbaren Flächenanteils in Dachgeschossen (Bild 2). Die Rechenregel der 2. BV, dass Flächen mit lichter Raumhöhe zwischen 1 und 2 m zur Hälfte anzusetzen sind, wurde dabei vereinfacht: Bei einer lichten Raumhöhe von weniger als 1,5 m wird die Fläche nicht, bei mehr als 1,5 m wird sie voll angesetzt (entspricht auch dem Ansatz der DIN 277 für die Nutzflächen).

Die so ermittelten nutzbaren Flächenanteile $f_{\text{Nutz,DG}}$ liegen je nach Geometrie zwischen 50 und 92%. Im Folgenden wird ein Rechenwert von 75% verwendet, was etwa dem Mittelwert der betrachteten Fälle entspricht. Die Verwendung eines festen Wertes ohne Beachtung der Abhängigkeit von Gebäudetiefe, Drenpelhöhe usw. ist vertretbar, da das Dachgeschoss in der Regel nur einen kleinen Anteil an der gesamten Wohnfläche umfasst. Der Gesamtfehler ist also erheblich geringer als die in Bild 2 erkennbare Streuung.

Bild 2: Abschätzung typischer nutzbarer Wohnflächenanteile für Dachgeschosse



$$\text{Verhältnis nutzbare Fläche Dachgeschoss zu Vollgeschoss} \quad f_{\text{Nutz,DG}} = \frac{a - 2c}{a}$$

Werte für: $b = 1,50 \text{ m}$ und $\alpha = 45^\circ$

d [m]	a [m]	c [m]	$f_{\text{Nutz,DG}}$ [-]
0,00	6,00	1,50	50%
0,00	8,00	1,50	63%
0,00	10,00	1,50	70%
0,00	12,00	1,50	75%
1,00	6,00	0,50	83%
1,00	8,00	0,50	88%
1,00	10,00	0,50	90%
1,00	12,00	0,50	92%
<i>Mittelwert</i>			76%

3.7.3 Rechenregel für die Abschätzung der „beheizten Wohnfläche“ innerhalb der Analyse

Die „beheizte Wohnfläche“ konnte nun nach dem folgenden Rechenschema für alle Gebäude der Stichprobe neu ermittelt werden:

Zunächst wird die Zahl der beheizten Geschosse n_G bestimmt:

$$n_G = n_{KG} + n_{VG} + n_{DG} \quad [-] \quad (1)$$

mit:	n_{KG}	Anteil der beheizten Wohnfläche im Keller zur beheizten Wohnfläche in einem Vollgeschoss / Wertebereich: {0 ... 1}	[-]
	n_{VG}	Anzahl Vollgeschosse / Wertebereich: {1, 2, 3, ...}	[-]
	n_{DG}	Anteil der beheizten Wohnfläche im Dachgeschoss zur beheizten Wohnfläche in einem Vollgeschoss / Wertebereich: {0 ... 0,75}	[-]

Für Gebäude, bei denen das Kellergeschoss oder das Dachgeschoss nur teilweise beheizt ist, wurde bei der Datenaufnahme nach dem „beheizbaren Anteil des Kellergeschosses“ in Prozent (bzw. alternativ nach den Quadratmetern) gefragt.

Dies ergibt den Teilbeheizungsgrad $f_{TB,KG}$ für das Kellergeschoss und den Teilbeheizungsgrad $f_{TB,DG}$ für das Dachgeschoss, der jeweils zwischen 0 und 100% liegt.

Im Fall des Kellergeschosses entspricht n_{KG} diesem Wert:

$$n_{KG} = f_{TB,KG} \quad [-] \quad (2)$$

mit:	$f_{TB,KG}$	Teilbeheizungsgrad Keller / Wertebereich: {0% ... 100%}	[-]
------	-------------	---	-----

Im Fall des Dachgeschosses wird n_{DG} wie folgt bestimmt:

$$n_{DG} = f_{TB,DG} \cdot f_{Nutz,DG} \quad [-] \quad (3)$$

mit:	$f_{TB,DG}$	Teilbeheizungsgrad Dachgeschoss / Wertebereich: {0% ... 100%}	[-]
	$f_{Nutz,DG}$	Verhältnis nutzbare Fläche Dachgeschoss zur nutzbaren Fläche im Vollgeschoss / Standardwert = 0,75 (siehe Abschnitt 3.7.2)	[-]

Die „beheizte Wohnfläche“ A_W kann so abgeschätzt werden:

$$A_W = f_{W/BGF} \cdot n_G \cdot A_{FB} = 0,75 \cdot n_G \cdot A_{FB} \quad [m^2] \quad (4)$$

mit:	A_{FB}	Bruttogrundfläche (BGF) des untersten beheizten Geschosses; entspricht der Teilfläche der thermischen Hülle „Fußboden gegen Keller“ bzw. „Fußboden gegen Erdreich“	[m²]
------	----------	--	------

Die statistische Analyse bezieht sich bei fast allen Bauteilen (Ausnahme: Fenster) nur jeweils auf ein Geschoss. Entsprechend wird auch die „Wohnfläche pro Geschoss“ $A_{W/G}$ als Basisparameter verwendet:

$$A_{W/G} = \frac{A_W}{n_G} = \frac{A_W}{n_{KG} + n_{VG} + n_{DG}} \quad [m^2] \quad (5)$$

4 Abhängigkeiten / Korrelationen

4.1 Fassadenfläche

Bild 3 zeigt für alle 4016 ausgewertete Gebäude die Fassadenfläche pro Geschoss, aufgetragen über der Wohnfläche pro Geschoss (in doppellogarithmischer Darstellung). Die Fassadenflächen umfasst alle vertikalen Teilflächen der thermischen Hülle. Sie wird ermittelt aus der Summe der Wandflächen gegen außen, der Wandflächen gegen Erdreich und der Fensterflächen. Sie enthält im Fall von ausgebauten Dachgeschossen damit auch Giebel- und Drempelwände (sofern vorhanden). Die Fassadenfläche pro Geschoss wird analog zur Wohnfläche pro Geschoss ermittelt (Gl. (5)).

Es wurde nach der Anbausituation (freistehend / einseitig angebaut / zweiseitig angebaut) differenziert. Die für jede dieser drei Gruppen durchgeführte lineare Regression zeigt eine deutliche Abhängigkeit von der Anbausituation (die zugehörigen Geraden haben in doppellogarithmischer Darstellung eine Krümmung). Ebenfalls in der Abbildung dargestellt sind die zugehörigen Geradengleichungen sowie das jeweilige Bestimmtheitsmaß⁴ R^2 (in der Reihenfolge der Angabe in der Legende / dies gilt auch für alle weiteren in der Analyse dargestellten Diagramme).

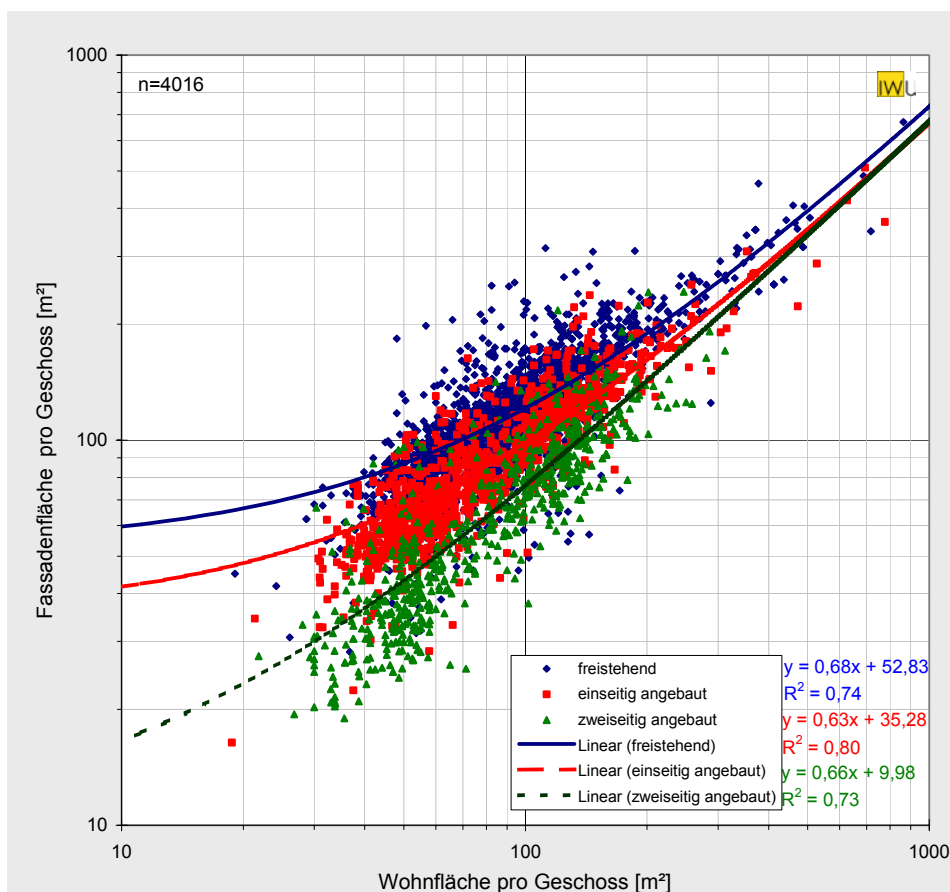


Bild 3:
Fassadenfläche pro
Geschoss in
Abhängigkeit von der
beheizten Wohnfläche
pro Geschoss –
differenziert nach
Anbausituation

⁴ R^2 = Quadrat des Pearsonschen Korrelationskoeffizienten, angepasst an die Datenpunkte (x_i, y_i) . Ein R^2 -Wert kann interpretiert werden als der Anteil der Varianz von y , der durch die Varianz von x erklärt wird. Können 100% der Varianz von y durch die Varianz von x erklärt werden, so ist $R^2 = 1,0$ (vollständig korreliert).

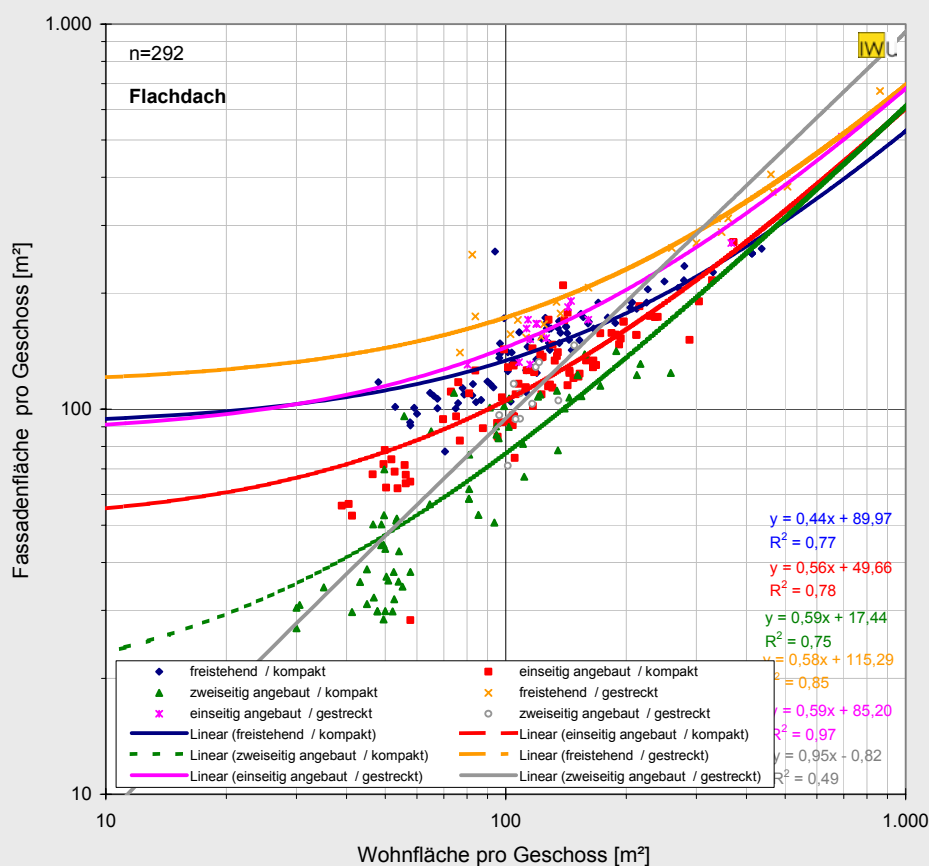


Bild 4a-d:
Fassadenfläche pro Geschoss in Abhängigkeit von der beheizten Wohnfläche pro Geschoss – differenziert nach Anbausituation und Grundrisstyp

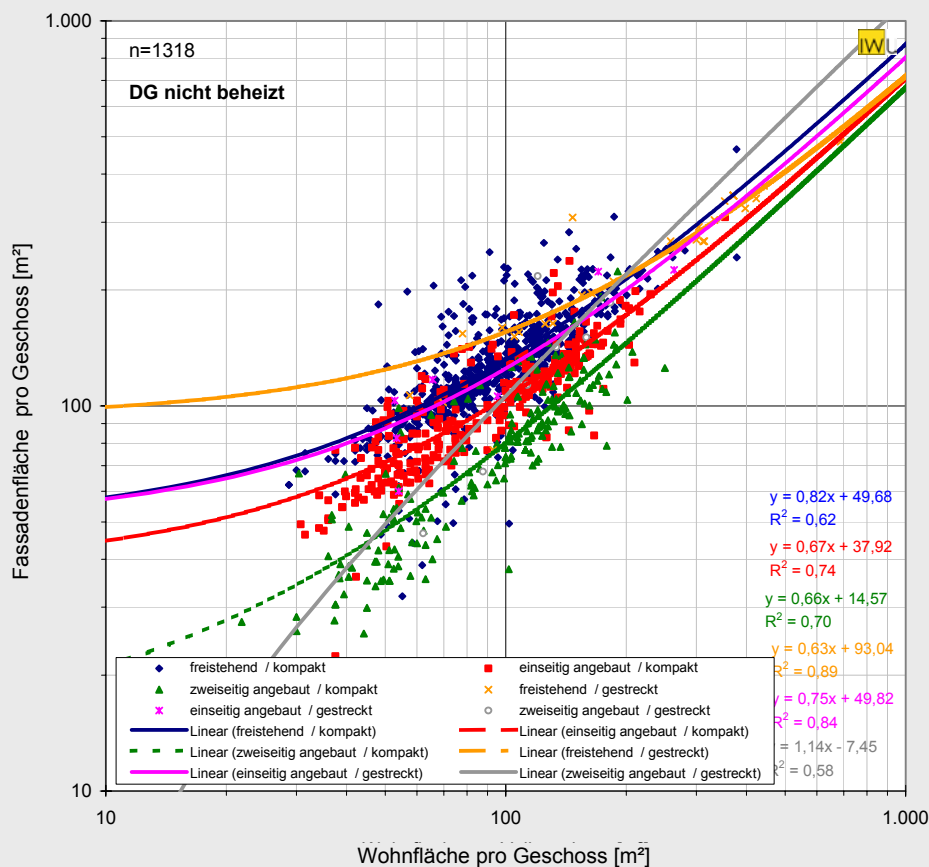


Bild 4b:
Gebäude mit nicht beheiztem Dachgeschoss

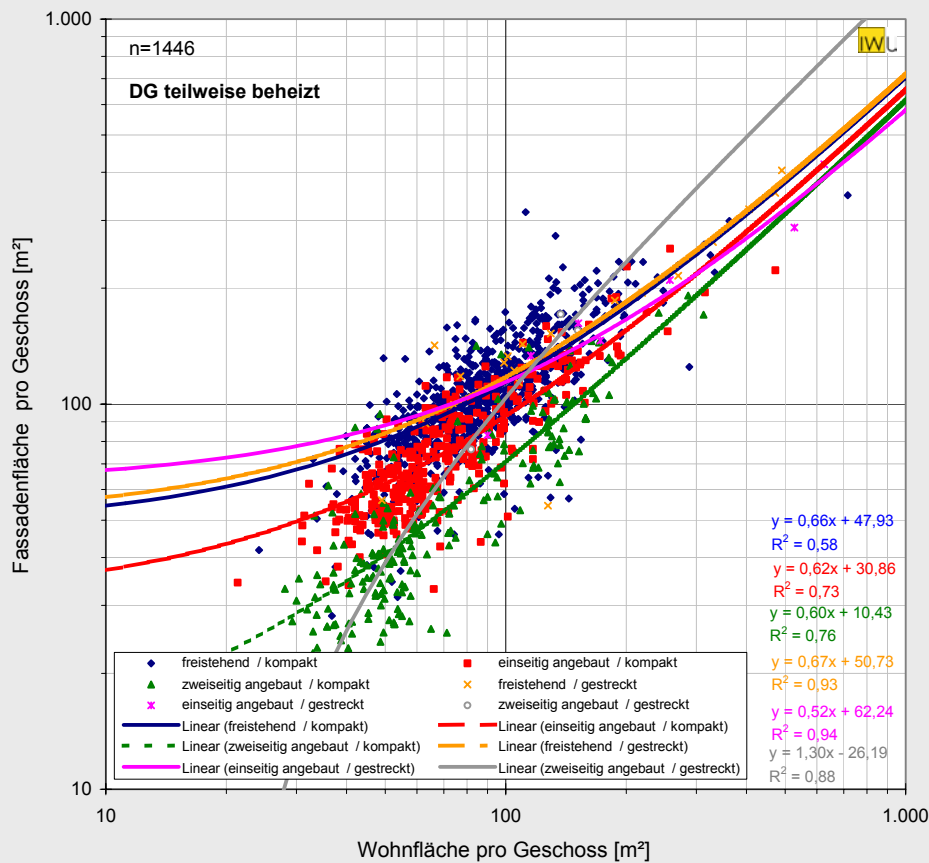


Bild 4c:
Gebäude mit teilweise
beheiztem Dachge-
schoss

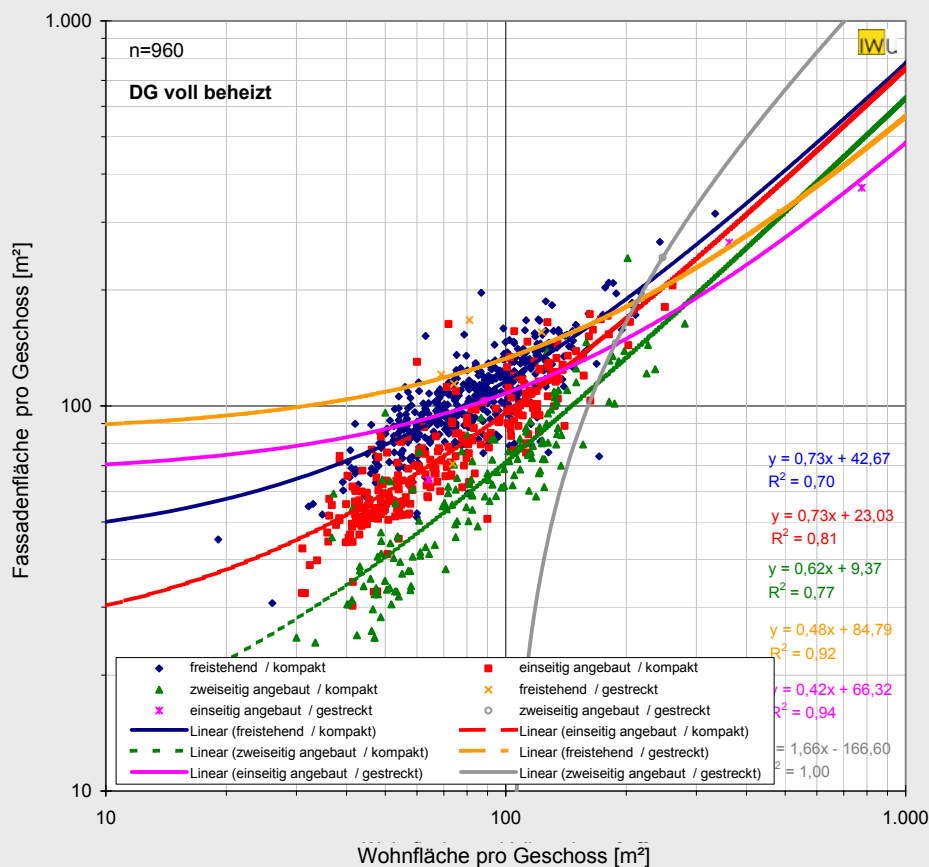


Bild 4d:
Gebäude mit vollbe-
heiztem Dachge-
schoss

Gegenüber Bild 3 wurde in Bild 4a-d der Dachgeschosstyp differenziert. Die Ergebnisse sind jeweils nach der Anbausituation (freistehend / einseitig angebaut / zweiseitig angebaut) und nach dem Grundrisstyp (kompakt / gestreckt) differenziert. Sowohl die Anbausituation als auch der Grundrisstyp wirken sich stark auf die Fassadenfläche aus.

Die Parameter der Regressionsgeraden sind zusammen mit denen der anderen Bauteile in Tab. 11 zusammengefasst.⁵

4.2 Dach / oberste Geschossdecke

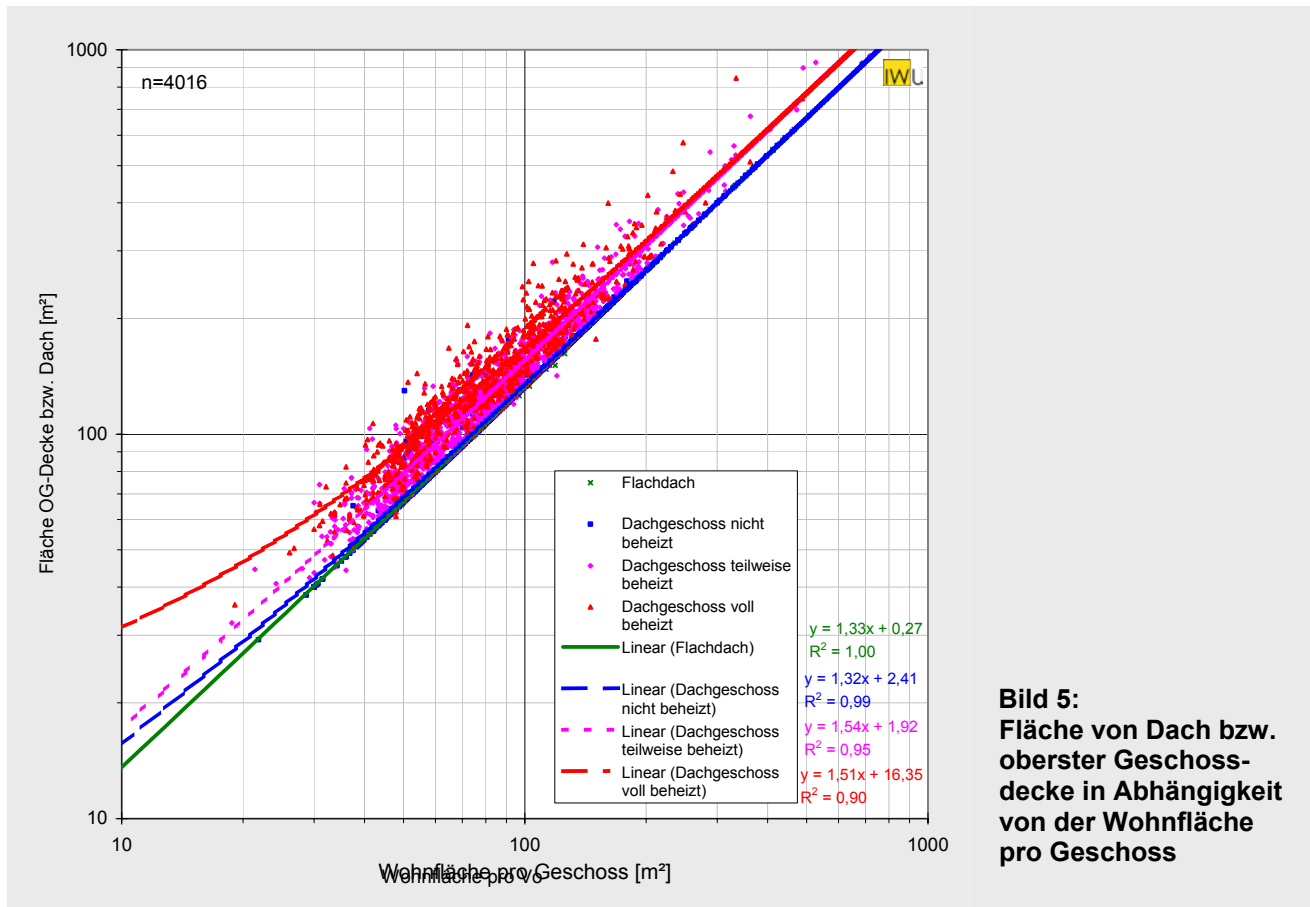
Bild 5 zeigt die Abhängigkeit der Flächen von Dach und oberster Geschossdecke von der Wohnfläche pro Geschoss. Für den Fall von teilweise beheizten Dachgeschossen sind die Flächen von Dach und oberster Geschossdecke jeweils zusammengefasst.

Wie zu erwarten korrelieren Flachdächer und oberste Geschossdecken sehr stark mit der Wohnfläche pro Geschoss (Bestimmtheitsmaß $R^2 = 1,00$ bzw. $0,99$). Bei den teilweise oder vollständig ausgebauten Dachgeschossen ist die Korrelation etwas schwächer aber immer noch bemerkenswert hoch.

Die Parameter der Regressionsgeraden sind zusammen mit denen der anderen Bauteile in Tab. 11 zusammengefasst.

Bei der Aufnahme der Gebäudedaten wurden Gauben nicht erfasst. Eine statistische Auswertung der zusätzlichen Flächen von Gauben ist daher nicht möglich. Erfahrungsgemäß wird die Hüllfläche jedoch um ca. 10 bis 30% größer (ohne Einbeziehung der Fensterflächen, diese werden pauschal wie bei Vollgeschossen angesetzt / siehe Abschnitt 4.4). Die zusätzlichen Verluste über die Gaubenwangen und -dächer sind jedoch in der Regel höher, da die Konstruktionen meist dünner sind und damit einen schlechteren Wärmeschutz aufweisen, sie liegen typischerweise bei etwa 20 bis 40%. Für das Flächenschätzverfahren wird daher die Dachfläche mit einem Pauschalfaktor f_{Ga} von 1,3 multipliziert, wenn Gauben vorhanden sind (die dabei anzusetzenden U-Werte sind die des ungestörten Dachs).

⁵ Insbesondere bei den zweiseitig angebauten und gestreckten Gebäuden besitzen die Regressionsgeraden teilweise eine auffällig große Steigung. Die Ursache liegt in der geringen Anzahl von Gebäuden mit ähnlichen Werten für die Wohnfläche pro Vollgeschoss. Eine Korrektur dieses Verlaufs wird in Abschnitt 5.3 vorgenommen.



4.3 EG-Fußboden / Kellerdecke

Die Grundfläche des untersten beheizten Geschosses entspricht im Fall nicht unterkellerten Gebäude dem Erdgeschossfußboden, im Fall nicht beheizter Keller der Kellerdecke, im Fall eines voll beheizten Kellergeschosses dem Kellergeschossfußboden. Sie ist proportional zur Wohnfläche pro Geschoss, da diese nach Gleichung (4) und (5) direkt aus der Bruttogrundfläche eines Vollgeschosses abgeleitet wird (die auch der Grundfläche des untersten beheizten Geschosses entspricht). Der Proportionalitätsfaktor $1/f_{W/BGF} = 1/0,75 = 0,33$ findet sich zusammen mit den Parametern der anderen Bauteile in Tab. 11.

4.4 Fensterfläche

In die Auswertung der Fensterfläche wurden nur die Datensätze der in Abschnitt 2.3 beschriebenen Gebäuestichprobe einbezogen, bei denen für die Fenster eine detaillierte Flächenaufnahme vorgenommen wurde. Darüber hinaus wurden die Daten der früher vorgenommenen Untersuchung [Herbert 2001] mit 881 Gebäudedatensätzen mit einbezogen (siehe Abschnitt 2.1.5). Damit standen insgesamt 3242 Gebäude für die Analyse der Fensterflächen zur Verfügung.

Das Verhältnis aus Fensterfläche und beheizter Wohnfläche wurde in Abhängigkeit vom Baualter, der Gebäudeart (Einfamilienhaus oder Mehrfamilienhaus) und der Anbausituation ermittelt. Tab. 10 zeigt das Ergebnis.

Der Mittelwert liegt für alle Einfamilienhäuser bei 0,20, für alle Mehrfamilienhäuser bei 0,18. Die Abhängigkeit vom Baualter ist insgesamt nicht besonders ausgeprägt. Niedrige Werte von ca. 0,17 zeigen sich bei den bis 1918 erbauten Einfamilienhäusern, sowie bei den bis 1948 und ab 1969 erbauten Mehrfamilienhäusern. Demgegenüber ist keine besondere Abhängigkeit von der Anbausituation festzustellen. Anscheinend werden bei Gebäuden, an die ein oder zwei Nachbargebäude angrenzen, die Fensterflächen bezogen auf die Fassade im Mittel großzügiger dimensioniert.

Die Standardabweichung liegt in einem Bereich zwischen 0,05 und 0,08. Vor dem Hintergrund dieser Streuung ist eine feine Differenzierung der Parameter für die Flächenschätzung sicherlich nicht sinnvoll. Als Parameter wird daher in der weiteren Untersuchung zunächst nur die Abhängigkeit vom Baualter verwendet (siehe Tab. 11) – im Rahmen weiterer Vereinfachungen entfällt später auch diese Differenzierung (Abschnitt 5.3).

Tab. 10: Auswertung der Fensterfläche pro m² Wohnfläche

Baualtersklasse		A/B	C	D	E	F	G,H	alle Baualters-
Baujahr		bis 1918	1919-1948	1949-1957	1958-1968	1969-1978	ab 1979	klassen
		n $\bar{p}$ σ	n $\bar{p}$ σ	n $\bar{p}$ σ	n $\bar{p}$ σ	n $\bar{p}$ σ	n $\bar{p}$ σ	n $\bar{p}$ σ
EFH	freistehend	252 0,173 0,070	257 0,200 0,072	170 0,215 0,085	332 0,220 0,079	358 0,196 0,072	258 0,195 0,072	1627 0,200
	einseitig angebaut	34 0,180 0,078	119 0,179 0,064	95 0,200 0,075	107 0,215 0,065	94 0,205 0,072	122 0,199 0,072	571 0,198
	zweiseitig angebaut	10 0,202 0,065	14 0,153 0,050	42 0,205 0,069	79 0,200 0,050	80 0,211 0,079	75 0,201 0,055	300 0,202
	alle EFH	296 0,174	390 0,192	307 0,209	518 0,216	532 0,200	455 0,197	2498 0,200
MFH	freistehend	32 0,168 0,055	30 0,184 0,071	23 0,177 0,050	48 0,177 0,058	45 0,174 0,057	28 0,145 0,052	206 0,171
	einseitig angebaut	37 0,166 0,062	35 0,155 0,054	47 0,181 0,057	79 0,216 0,054	50 0,173 0,050	43 0,182 0,071	291 0,184
	zweiseitig angebaut	37 0,174 0,052	35 0,178 0,038	61 0,188 0,053	68 0,198 0,050	21 0,168 0,044	25 0,186 0,069	247 0,185
	alle MFH	106 0,169	100 0,172	131 0,184	195 0,200	116 0,172	96 0,172	744 0,181
alle Gebäude		402 0,173	490 0,188	438 0,201	713 0,212	648 0,195	551 0,193	3242 0,195

5 Schätzung von Bauteilflächen auf Basis der ermittelten Parameter

5.1 Differenzierter Ansatz

Die in Abschnitt 4 ermittelten Abhängigkeiten werden in Form von Parametern in Tab. 11 zusammengefasst. Der Parameter p gibt dabei den Zusammenhang zwischen der jeweiligen Bauteilfläche und der beheizten Wohnfläche des betroffenen Geschosses wieder. Der Parameter q ist ein Zuschlagswert je betreffendes Geschoss, der unabhängig von der Größe des Gebäudes ist.

$$A_{BT} = p \cdot A_{WIVG} + q \quad [\text{m}^2] \quad (6)$$

mit:	A_{BT}	Fläche des betreffenden Bauteils	$[\text{m}^2]$
	A_{WIVG}	Basisvariable „Wohnfläche pro Geschoss“ = „Geschosswohnfläche“	$[\text{m}^2]$
	p	Parameter „Bauteilfläche pro m^2 Geschosswohnfläche“	$[\text{m}^2/\text{m}^2]$
	q	Parameter „Bauteilflächenzuschlag pro Geschoss“	$[\text{m}^2]$

Tab. 11: Ergebnisse der Flächenanalyse / Parameter

Bezug				alle		Flachdach		Dachgeschoss					
				p	q	p	q	nicht beheizt		teilweise beheizt		vollbeheizt	
								p	q	p	q	p	q
				m^2/m^2	m^2	m^2/m^2	m^2	m^2/m^2	m^2	m^2/m^2	m^2	m^2/m^2	m^2
alle beheizten Geschosse	DG	Dachfläche				1,33	0,3			0,92	1,2	1,51	16,4
		Oberste Geschossdecke						1,32	2,4	0,62	0,8		
		Fassade											
		freistehend	kompakt			0,44	90,0	0,82	49,7	0,66	47,9	0,73	42,7
			gestreckt			0,58	115,3	0,63	93,0	0,67	50,7	0,48	84,8
		einseitig angebaut	kompakt			0,56	49,7	0,67	37,9	0,62	30,9	0,73	23,0
			gestreckt			0,59	85,2	0,75	49,8	0,52	62,2	0,42	66,3
		zweiseitig angebaut	kompakt			0,59	17,4	0,66	14,6	0,60	10,4	0,62	9,4
			gestreckt			0,95	-0,8	1,14	-7,5	1,30	-26,2	1,66	-166,6
		Fenster	B	0,17									
			C	0,19									
			D	0,20									
			E	0,21									
			F	0,20									
			G	0,19									
KG Fußboden gegen Keller oder Erdreich				1,33	0,0								

Werte bezogen auf die Wohnfläche des jeweils betreffenden Geschosses

Mit diesen Parametern ist eine Abschätzung der Bauteilflächen eines Gebäudes schon mit wenigen Eingabegrößen möglich. Das grundsätzliche Vorgehen und die Formeln für die Flächenabschätzung sind in Abschnitt 6 dargestellt.

Zur Überprüfung der Genauigkeit dieses Flächenschätzverfahrens wurden zunächst die Bauteilflächen für alle 4016 Gebäude der Stichprobe abgeschätzt. Auf der Basis der für die realen Gebäude erhobenen U-Werte der Bauteile wurden dann die Transmissionswärmeverluste bestimmt – und zwar unter Verwendung sowohl der exakten Flächen als auch der geschätzten Flächen. Die Abweichung der mit geschätzten Flächen bestimmten Transmissionswärmeverluste von den exakten in % ist ein gutes Maß für die Genauigkeit des Gesamtverfahrens unter realitätsnahen Bedingungen.

In Bild 6 bis Bild 9 ist jeweils die Häufigkeit der relativen Abweichung von den exakt bestimmten Transmissionswärmeverlusten dargestellt.

Für die Gesamtheit gibt es eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den geschätzten und den exakten Werten (Bild 6); die systematische Abweichung ist gering (Median = +3%). Aber auch die Streuung ist für ein auf wenigen Größen basierendes Schätzverfahren relativ gering (Standardabweichung 14,7%). Im Fall der Gebäude ohne beheiztes Dach- oder Kellergeschoss ist die Genauigkeit noch größer (Bild 7: Standardabweichung 12,3%). Differenziert man nach der Gebäudegröße (Anzahl der Wohnungen: Bild 8) sowie nach Grundrisstyp / Anbausituation (Bild 9) ergeben sich keine besonders auffälligen Abweichungen.

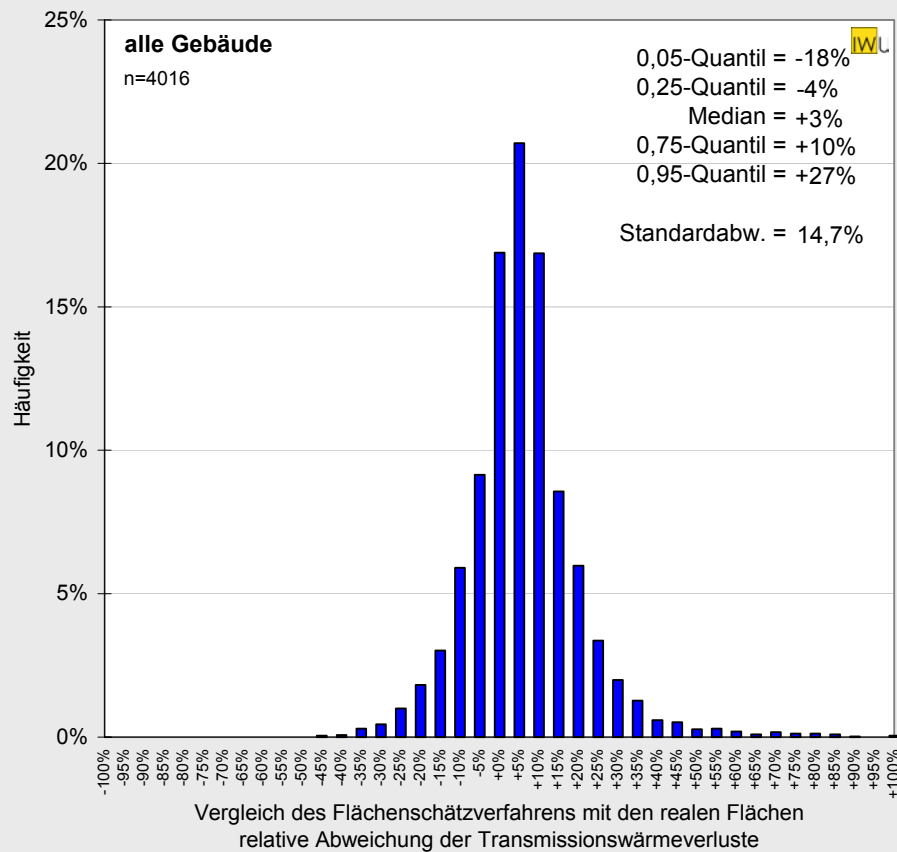


Bild 6:
Genauigkeit des
Flächenschätz-
verfahrens -
alle Gebäude

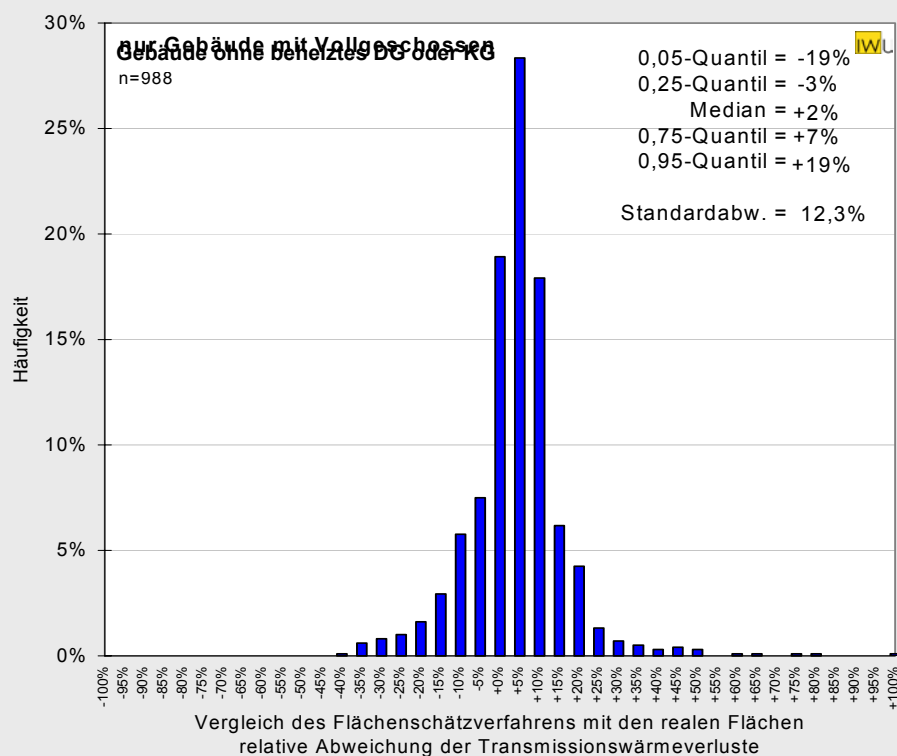


Bild 7:
Genauigkeit des
Flächenschätz-
verfahrens -
Gebäude ohne
beheiztes DG oder KG

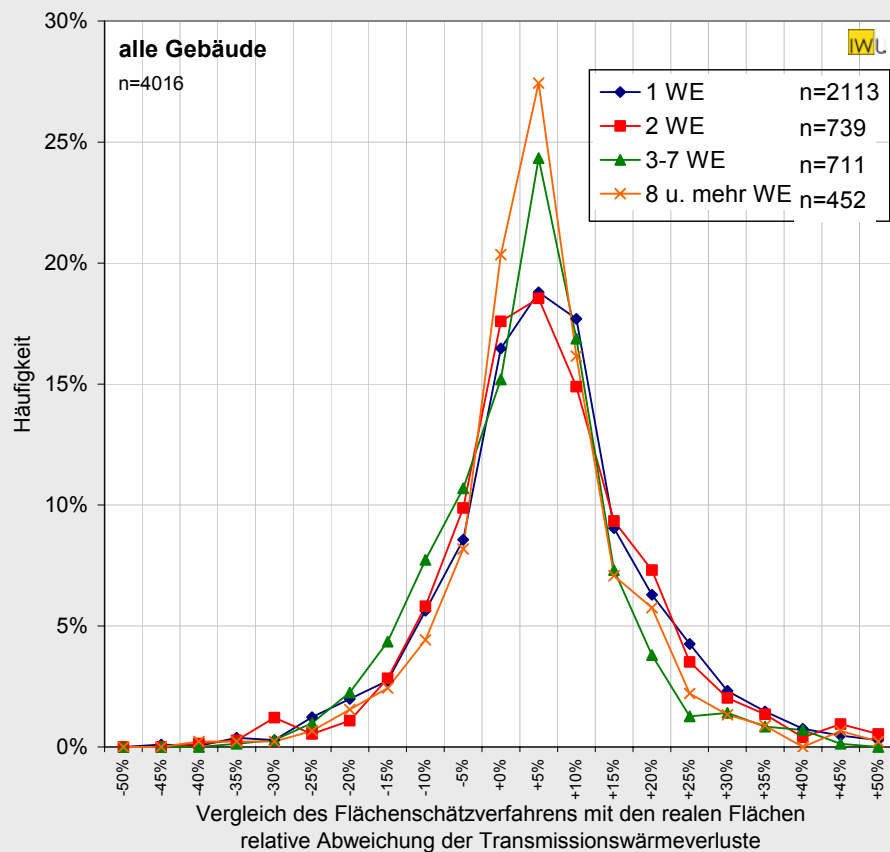


Bild 8:
Genauigkeit des
Flächenschätz-
verfahrens -
differenziert nach
Gebäudegröße

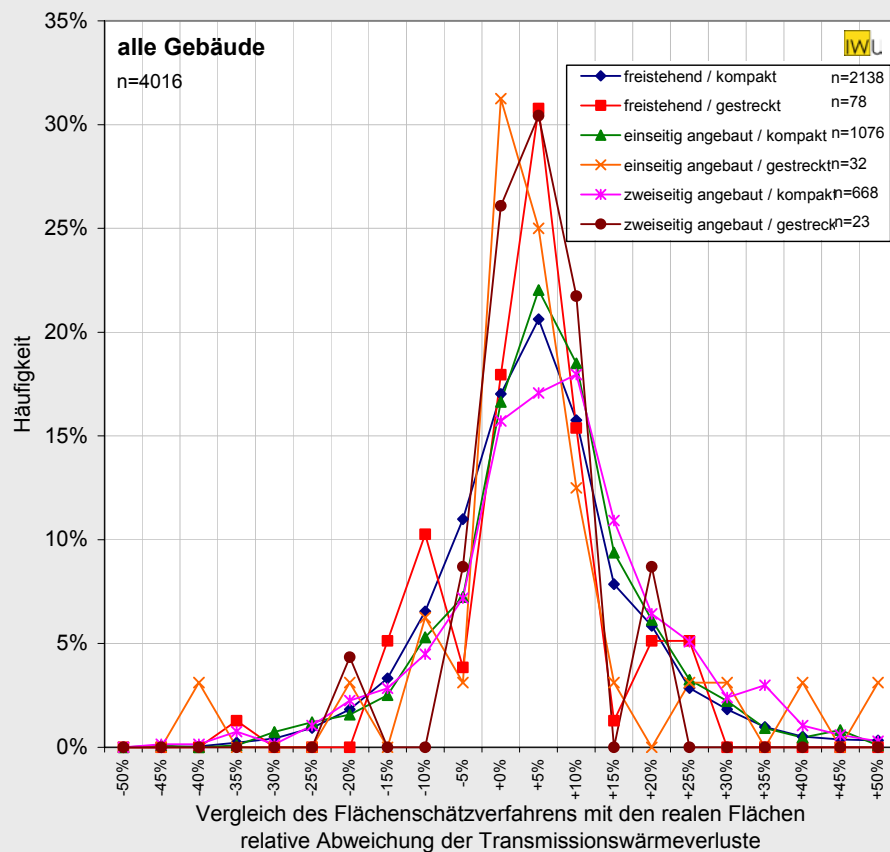


Bild 9:
Genauigkeit des
Flächenschätz-
verfahrens -
differenziert nach
Grundrisstyp und
Anbausituation

5.2 Systematische Abweichung bei unterschiedlichen Raumhöhen

Die Raumhöhe wurde zunächst nicht als Basisvariable verwendet. Bild 10 zeigt jedoch, dass sich für die Gebäude mit gegenüber dem Durchschnitt deutlich abweichenden Raumhöhen eine systematische Abweichung von ca. 5% ergibt: Die Verluste werden für Gebäude mit hohen Räumen zu niedrig, für Gebäude mit niedrigen Räumen zu hoch berechnet.

Aus diesem Grund wird in das Modell noch eine Raumhöhenkorrektur eingeführt (siehe Definition in Abschnitt 6), die eine deutlich bessere Übereinstimmung bei den Gebäuden mit hohen und mit niedrigen Räumen ergibt (siehe im nächsten Abschnitt: Bild 15).

Da nur ca. 15% der Gebäude davon betroffen sind, ist die Auswirkung auf die Genauigkeit für die Gesamtheit der Gebäude gering.

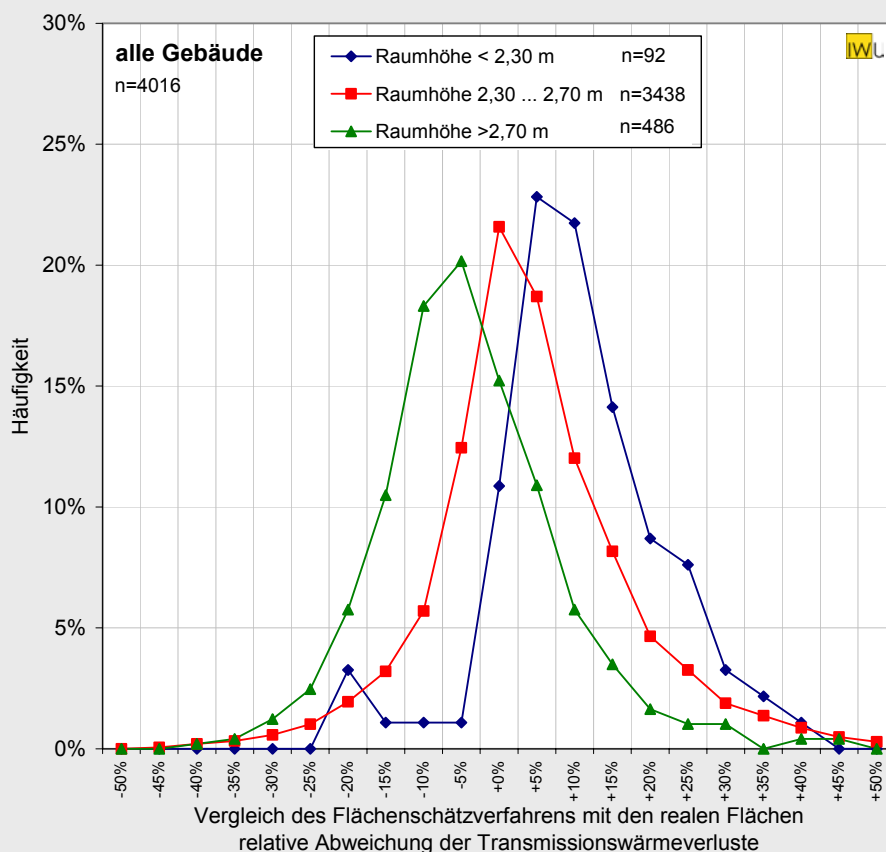


Bild 10:
Systematische
Abweichung bei
unterschiedlichen
Raumhöhen

5.3 Vereinfachungen

Es ist möglich, die in Tab. 11 dargestellten Parameter zusammenzufassen, ohne dass das Verfahren erheblich ungenauer wird. Die im nächsten Abschnitt abgedruckte Tab. 14 zeigt den vereinfachten Parametersatz, Bild 11 die daraus resultierenden Abweichungen. Die Streuung nimmt nur minimal zu (Standardabweichung 14,9% statt 14,7%), die systematische Abweichung ist noch geringer als im ersten Ansatz (Median +1%). Lediglich bei den Teilergebnissen zeigt sich eine leichte systematische Verschiebung (Bild 12, Bild 13, Bild 14), die jedoch vertretbar erscheint. Durch die Raumhöhenkorrektur (Abschnitt 5.2) ist die systematische Abweichung bei besonders hohen und niedrigen Räumen jetzt nicht mehr zu beobachten (Bild 15).

Tab. 12 zeigt die Abweichungen noch einmal als Zahlenwerte im Überblick. Da es sich um leicht asymmetrische Verteilungen handelt, sind die Quantile ein besseres Maß für die systematische Abweichung und die Streuung als die Standardabweichung.

Für 90 % der Gebäude liegt der auf der Basis des Flächenschätzverfahrens bestimmte Transmissionswärmeverlust in einem Bereich zwischen -18% und +27% um den tatsächlichen Wert, für 50% der Gebäude in einem Bereich zwischen -5 und +8%. Dabei ist keine Gebäudegruppe erkennbar, bei der systematische Abweichung oder Streuung besonders auffällig wären. Auch bei den einzelnen Bauteilen gibt es keine markanten Abweichungen. Den größten Beitrag zur Streuung liefert erwartungsgemäße die Außenwand, die größte systematische Verschiebung die Fenster.

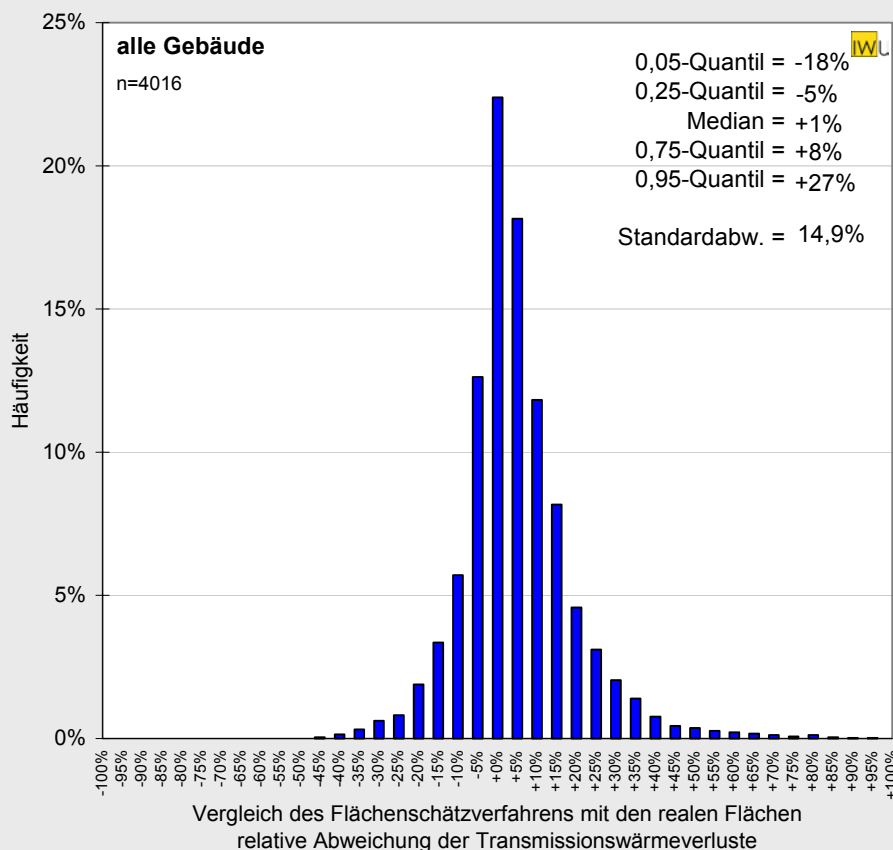


Bild 11:
Genauigkeit des
Flächenschätz-
verfahrens mit
Vereinfachungen -
alle Gebäude

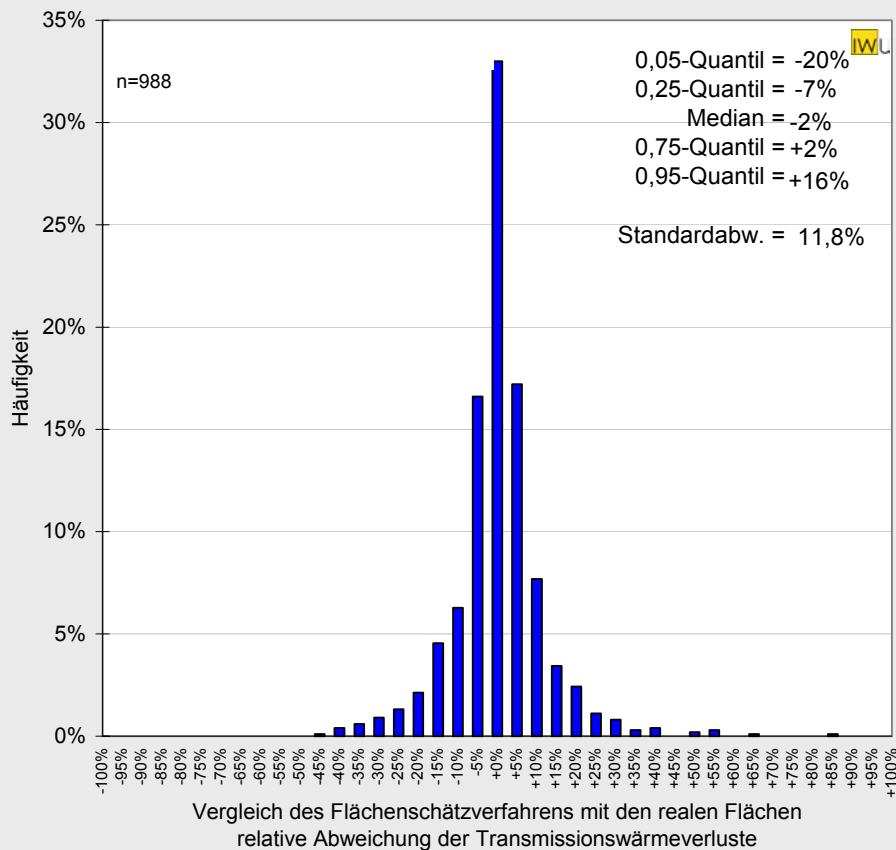


Bild 12:
 Genauigkeit des
 Flächenschätz-
 verfahrens mit
 Vereinfachungen -
 Gebäude ohne
 beheiztes DG oder KG

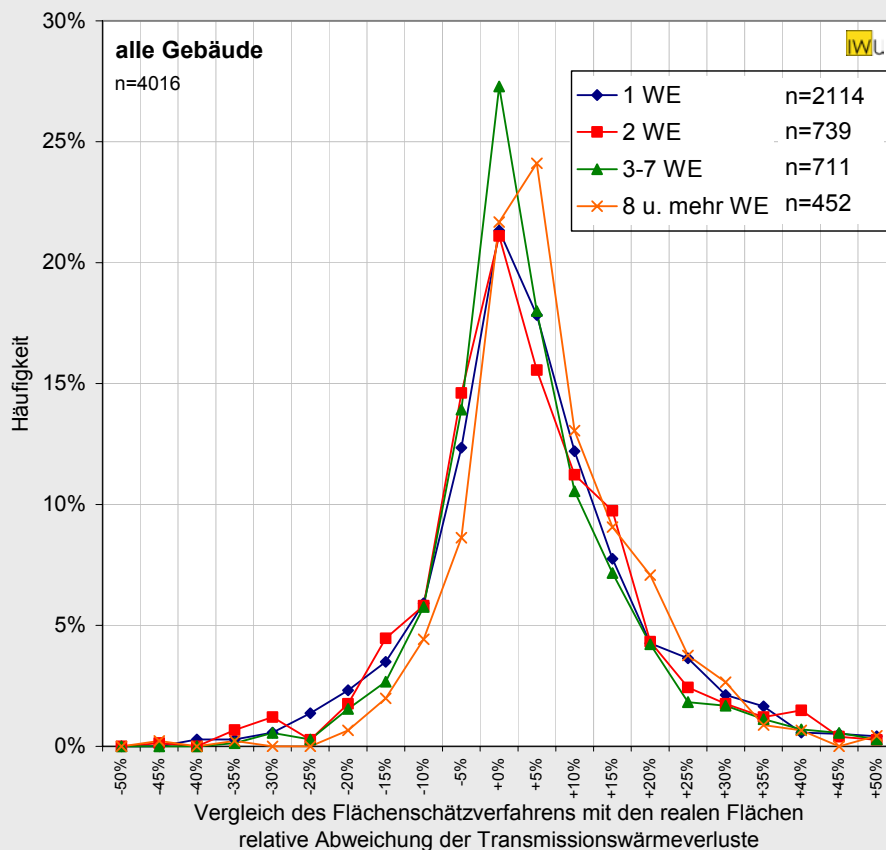


Bild 13:
 Genauigkeit des
 Flächenschätz-
 verfahrens mit
 Vereinfachungen -
 differenziert nach
 Gebäudegröße

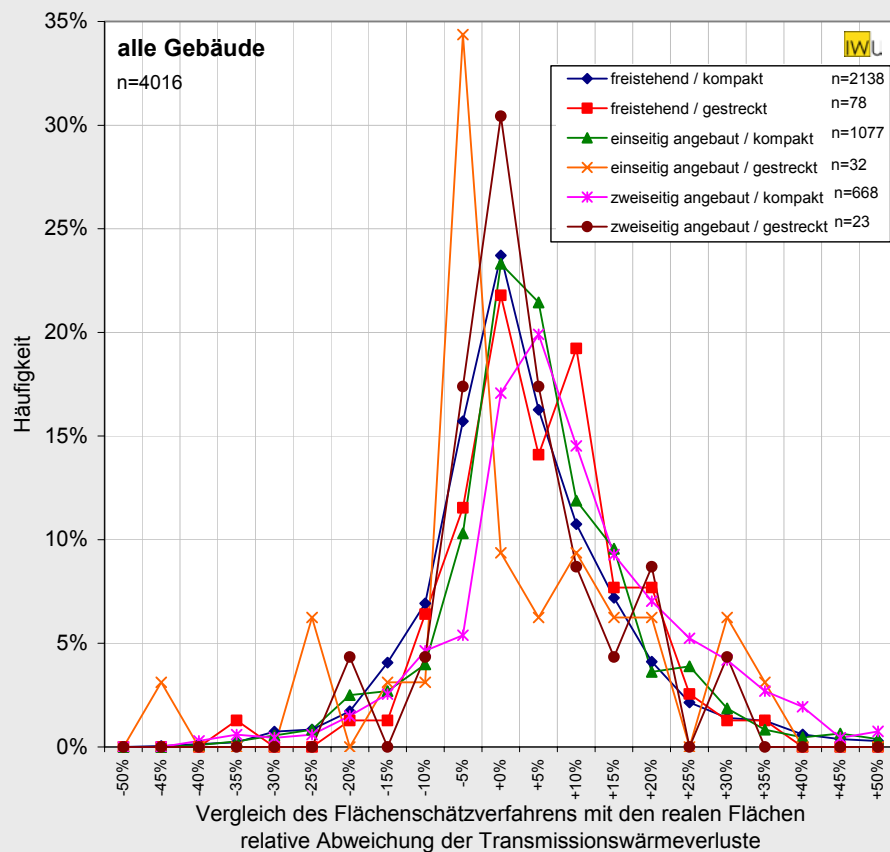


Bild 14:
Genauigkeit des
Flächenschätz-
verfahrens mit
Vereinfachungen -
differenziert nach
Grundrisstyp und
Anbausituation

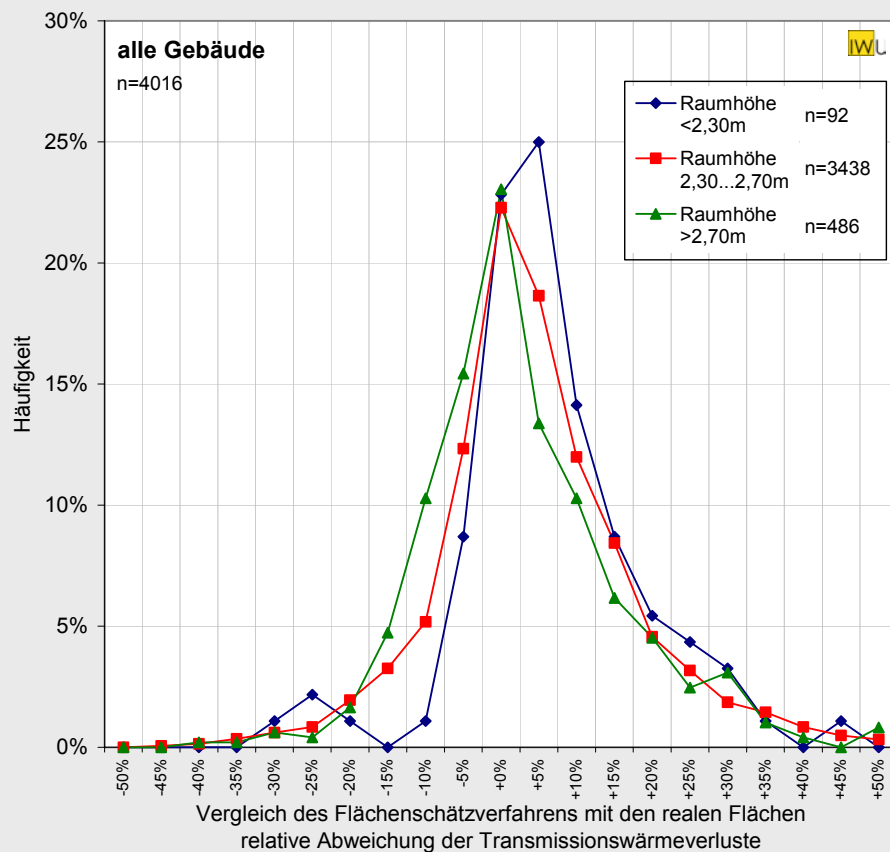


Bild 15:
Genauigkeit des
Flächenschätz-
verfahrens mit
Vereinfachungen -
differenziert nach
Raumhöhe

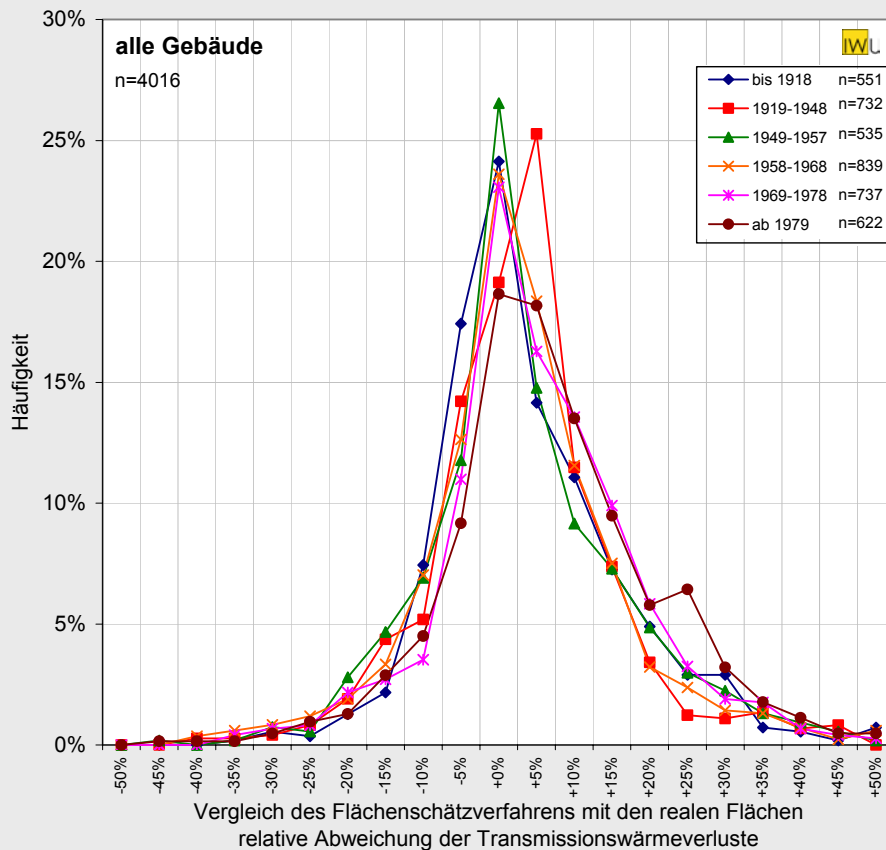


Bild 16:
Genauigkeit des
Flächenschätz-
verfahrens mit
Vereinfachungen -
differenziert nach
Baualtersklassen

Tab. 12: Genauigkeit des Flächenschätzverfahrens für verschiedene Gebäudeteilmengen

	Anzahl	Mittelwert	Standard- abweichung	0,05- Quantil	0,25- Quantil	Median	0,75- Quantil	0,95- Quantil
alle Gebäude	4016	+3%	15%	-18%	-5%	+1%	+8%	+27%
Gebäude ohne beh. DG oder KG	988	-2%	12%	-20%	-7%	-2%	+2%	+16%
Gebäude- typ								
Einfamilienhäuser	2114	+2%	15%	-20%	-5%	+1%	+9%	+28%
Zweifamilienhäuser	739	+2%	16%	-19%	-6%	-0%	+9%	+29%
kleine Mehrfamilienhäuser	711	+2%	15%	-15%	-5%	-0%	+7%	+28%
große Mehrfamilienhäuser	452	+4%	12%	-11%	-3%	+2%	+10%	+25%
Grundrisstyp / Anbausituation								
freistehend / kompakt	2138	+1%	15%	-18%	-6%	-1%	+7%	+26%
freistehend / gestreckt	78	+4%	16%	-11%	-4%	+2%	+8%	+25%
einseitig angebaut / kompakt	1077	+3%	14%	-18%	-4%	+2%	+8%	+24%
einseitig angebaut / gestreckt	32	+1%	19%	-26%	-7%	-4%	+9%	+31%
zweiseitig angebaut / kompakt	668	+6%	15%	-17%	-2%	+4%	+14%	+33%
zweiseitig angebaut / gestreckt	23	+1%	11%	-12%	-5%	-0%	+5%	+16%
Raum- höhe								
< 2,30 m	92	+4%	12%	-12%	-3%	+3%	+9%	+24%
2,30 ... 2,70 m	3438	+3%	15%	-18%	-5%	+1%	+9%	+28%
> 2,70 m	486	+1%	15%	-18%	-8%	-2%	+7%	+26%
Baualtersklasse								
bis 1918	551	+2%	14%	-15%	-6%	-1%	+8%	+26%
1919-1948	732	+1%	13%	-18%	-6%	+1%	+6%	+23%
1949-1957	535	+2%	16%	-19%	-6%	-1%	+8%	+27%
1958-1968	839	+1%	15%	-19%	-6%	-0%	+7%	+26%
1969-1978	737	+4%	15%	-17%	-4%	+2%	+10%	+29%
ab 1979	622	+5%	15%	-16%	-4%	+3%	+13%	+30%
Beitrag der einzelnen Bauteile								
Fußboden gegen Keller / Erdreich	4016	-0%	0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%
Wand gegen Keller / Erdreich	4016	-0%	2%	-5%	+0%	+0%	+0%	+3%
Außenwand	4016	+1%	11%	-15%	-5%	-0%	+6%	+19%
Fenster	4016	+3%	8%	-8%	-1%	+2%	+7%	+18%
oberste Geschossdecke	4016	+0%	4%	-5%	-0%	-0%	+0%	+6%
Dach	4016	-1%	7%	-12%	-3%	-0%	+0%	+5%

6 Flächenschätzverfahren

Aufbauend auf dem im vorangegangenen Abschnitt hergeleiteten Parametersatz wird das Schätzverfahren für die Ermittlung der Teilflächen der thermischen Hülle in diesem Abschnitt noch einmal vollständig beschrieben.

6.1 Eingangsgrößen

Für die Anwendung des Flächenschätzverfahrens müssen folgende Eingangsgrößen erhoben werden:

Tab. 13: Eingabedaten für die Flächenschätzung

Größe	Einheit	Erläuterung	Wertebereich
A_W	[m ²]	beheizte Wohnfläche	
n_{VG}	[-]	Anzahl der Vollgeschosse	
$n_{Nachbar}$	[-]	Anbausituation / Anzahl der direkt angrenzenden Nachbargebäude - Gebäude freistehend: - einseitig angebaut: - zweiseitig angebaut:	$n_{Nachbar} = 0$ $n_{Nachbar} = 1$ $n_{Nachbar} = 2$
T_{GR}	[-]	Grundrisstyp - kompakt: - gestreckt:	$T_{GR} = \text{„K“}$ $T_{GR} = \text{„G“}$
$f_{TB,KG}$	[%]	Teilbeheizungsgrad Kellergeschoss - kein Kellergeschoss vorhanden: - Kellergeschoss nicht beheizt: - Kellergeschoss teilweise beheizt: - Kellergeschoss voll beheizt:	$f_{TB,KG} = 0\%$ $f_{TB,KG} = 0\%$ $f_{TB,KG} = 50\%$ $f_{TB,KG} = 100\%$
$f_{TB,DG}$	[%]	Teilbeheizungsgrad Dachgeschoss - kein Dachgeschoss vorhanden (Flachdach): - Dachgeschoss nicht beheizt: - Dachgeschoss teilweise beheizt: - Dachgeschoss voll beheizt:	$f_{TB,DG} = 0\%$ $f_{TB,DG} = 0\%$ $f_{TB,DG} = 50\%$ $f_{TB,DG} = 100\%$
f_{Ga}	[-]	Korrekturfaktor für Gauben (und andere Dachaufbauten) - keine Dachgauben vorhanden: - Dachgauben vorhanden:	$f_{Ga} = 1,0$ $f_{Ga} = 1,3$
h_R	[m]	lichte Raumhöhe (Mittelwert über alle Vollgeschosse)	

6.2 Vorgehen bei der Flächenschätzung

Bei der Abschätzung der Teilflächen der thermischen Hülle wird wie folgt vorgegangen. Die erforderlichen Parameter finden sich in Tab. 14.

Bestimmung der Zahl der beheizten Geschosse n_G :

$$n_G = f_{TB,KG} + n_{VG} + 0,75 \cdot f_{TB,DG} \quad [-] \quad (7)$$

Bestimmung der Wohnfläche pro Geschoss („Geschosswohnfläche“) $A_{W/G}$:

$$A_{W/G} = \frac{A_W}{n_G} \quad [m^2] \quad (8)$$

Abschätzung der Fläche des unteren Gebäudeabschlusses A_{Fb} :

$$A_{Fb} = p_{Fb} \cdot A_{W/G} \quad [m^2] \quad (9)$$

mit: p_{Fb} Parameter „Fußbodenfläche pro m² Geschosswohnfläche“ / Werte siehe Tab. 14 [m²/m²]

Abschätzung der Flächen des oberen Gebäudeabschlusses A_{Da} und A_{OG} :

Dachfläche:

$$A_{Da} = f_{Ga} \cdot p_{Da} \cdot A_{W/G} \quad [m^2] \quad (10)$$

Fläche der obersten Geschossdecke:

$$A_{OG} = p_{OG} \cdot A_{W/G} \quad [m^2] \quad (11)$$

mit: f_{Ga} Korrekturfaktor für Gauben / Werte siehe Tab. 14 [m²/m²]

p_{Da} Parameter „Dachfläche pro m² Geschosswohnfläche“ / Werte siehe Tab. 14 [m²/m²]

p_{OG} Parameter „Fläche oberste Geschossdecke pro m² Geschosswohnfläche“ / Werte siehe Tab. 14 [m²/m²]

Abschätzung der Fassadenfläche pro Geschoss A_{Fa} :

$$A_{Fa} = \frac{h_R}{2,5 \text{ m}} \cdot (p_{Fa} \cdot A_{W/G} + q_{Fa}) \quad [m^2] \quad (12)$$

mit: p_{Fa} Parameter „Fassadenfläche pro m² Geschosswohnfläche“ / Werte siehe Tab. 14 [m²/m²]

q_{Fa} Parameter „Zuschlagsfläche Fassade je Vollgeschoss“ / Werte siehe Tab. 14 [m²/m²]

h_R lichte Raumhöhe (Mittelwert über alle Vollgeschosse) [m²/m²]
 nur anzugeben wenn h_R kleiner als 2,3 m oder größer als 2,7 m ist;
 ansonsten kann vereinfachend ein **Standardwert von 2,5 m** verwendet werden

Abschätzung der Fensterflächen A_{Fe} :

$$A_{Fe} = p_{Fe} \cdot A_W \quad [\text{m}^2] \quad (13)$$

mit: p_{Fe} Parameter „Fensterfläche pro m² Wohnfläche“ / Werte siehe Tab. 14 $[\text{m}^2/\text{m}^2]$

Abschätzung der Kellerwandflächen gegen Erdreich oder unbeh. Keller A_{AWK} :

$$A_{AWK} = 0,5 \cdot f_{TB,KG} \cdot A_{Fa} \quad [\text{m}^2] \quad (14)$$

Abschätzung der Außenwandflächen A_{AW} :

$$A_{AW} = n_G \cdot A_{Fa} - A_{AWK} - A_{Fe} \quad [\text{m}^2] \quad (15)$$

Abschätzung des beheizten Gebäudevolumens V_e :

$$V_e = 4 \cdot A_W \cdot \frac{h_R}{2,5 \text{ m}} \quad [\text{m}^3] \quad (16)$$

Abschätzung des Luftvolumens V_L :

$$V_e = A_W \cdot 2,5 \text{ m} \quad [\text{m}^3] \quad (17)$$

Tab. 14: Parameter des Flächenschätzverfahrens

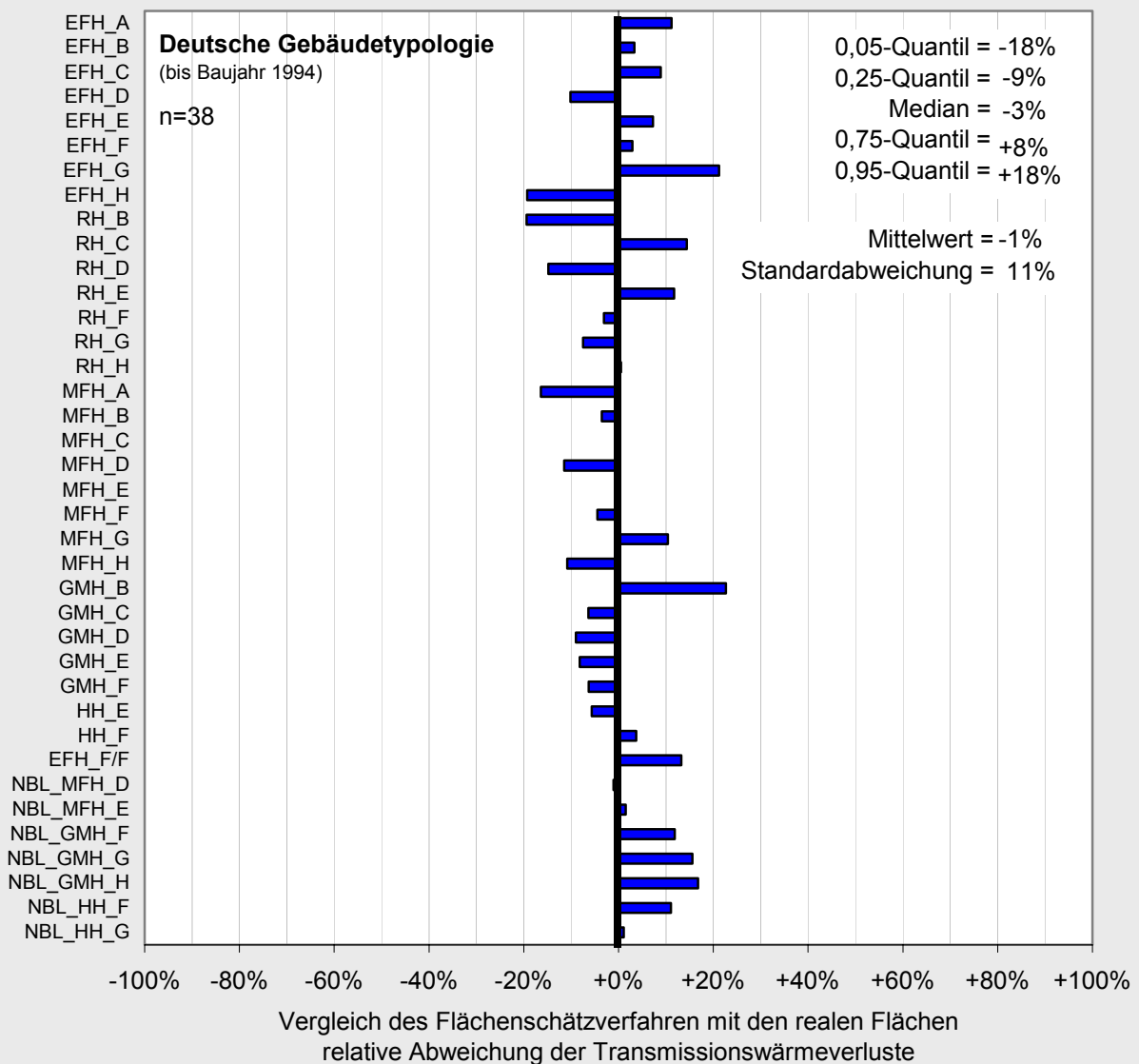
		Flach- dach	Dachgeschoss				
			nicht beheizt	teil- weise beheizt	voll beheizt		
oberer Gebäudeabschluss							
Dachfläche pro m² Geschosswohnfläche		p _{Da}	1,33	0	0,75	1,50	m²/m²
Fläche oberste Geschossdecke pro m² Geschosswohnfläche		p _{OG}	0	1,33	0,67	0	m²/m²
Korrekturfaktor Gauben	Gebäude ohne Gauben	f _{Ga}	1,0				
	Gebäude mit Gauben	f _{Ga}	1,3				
Fassade							
Fassadenfläche je Vollgeschoss pro m² Geschosswohnfläche							
Grundrisstyp	kompakt	p _{Fa}	0,66				m²/m²
	gestreckt	p _{Fa}	0,80				m²/m²
Zuschlagsfläche je Vollgeschoss							
Anbausituation	freistehend	q _{Fa}	50				m²
	einseitig angebaut	q _{Fa}	30				m²
	zweiseitig angebaut	q _{Fa}	10				m²
Fenster							
Fensterfläche pro m² Wohnfläche		p _{Fe}	0,20				m²/m²
unterer Gebäudeabschluss							
Fußbodenfläche pro m² Geschosswohnfläche		p _{FB}	1,33				m²/m²

7 Anwendungstest: Musterhäuser der deutschen Gebäudetypologie

Um einen ersten Anwendungstest durchzuführen, wurde das Flächenschätzverfahren auf die 38 Musterhäuser der deutschen Gebäudetypologie [IWU 2003] angewendet. So wie in Abschnitt 5 wurden hierzu die Transmissionswärmeverluste jeweils auf der Basis der realen Flächen und auf der Basis der gemäß Abschnitt 0 geschätzten Flächen ermittelt.

Das Ergebnis für die einzelnen Gebäude zeigt Bild 17. Die maximale Abweichung liegt bei +23% bzw. -20%. Der Mittelwert der Abweichung liegt bei -1%. Die Standardabweichung liegt bei nur 11%. Damit besitzt das Verfahren für diese Gebäude eine noch größere Genauigkeit als bei der oben ausgewerteten Gebäuestichprobe. Dies ist auch zu erwarten, da es sich ja um typische Vertreter der jeweiligen Gebäudeklasse handelt.

Bild 17: Anwendungstest: Genauigkeit des Flächenschätzverfahrens bei Anwendung auf die Musterhäuser der deutschen Gebäudetypologie



8 Literatur

- [Eicke-Hennig et al. 1994] Eicke-Hennig, W. et al.: Empirische Überprüfung der Möglichkeiten und Kosten, im Gebäudebestand und bei Neubauten Energie einzusparen und die Energieeffizienz zu steigern (ABL und NBL); Bericht an die Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages; IWU, Darmstadt 1994
- [Knissel/Alles 2003] Knissel, Jens; Roland Alles: Ökologischer Mietspiegel - Empirische Untersuchung über den möglichen Zusammenhang zwischen der Höhe der Vergleichsmiete und der wärmetechnischen Beschaffenheit des Gebäudes; IWU, Darmstadt 2003
- [Herbert 2001] Herbert, Carsten: Entwicklung eines Schätzverfahrens zur vereinfachten Bestimmung der Fensterflächen für die energetische Bilanzierung von Wohngebäuden; Institut Wohnen und Umwelt; Darmstadt 2001
- [IWU 2003] Institut Wohnen und Umwelt (Hrsg.): Deutsche Gebäudetypologie – Systematik und Datensätze; IWU, Darmstadt 2003
- [Reiß/Erhorn 1994] Reiß, J.; Erhorn, H.: Stand der Neubautätigkeit in Deutschland – Analyse und Entwicklung energierelevanter Gebäudekerndaten; gi - Gesundheits-Ingenieur 115 (1994) Heft 5, Seite 233-246



**INSTITUT WOHNEN
UND UMWELT GmbH**

Annastraße 15

64285 Darmstadt

Fon: (0049) 06151/2904-0

Fax: (0049) 06151/2904-97

eMail: info@iwu.de

Internet: <http://www.iwu.de>

Projekt: „Entwicklung eines vereinfachten,
statistisch abgesicherten Verfahrens zur
Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung
des Energieprofils von Gebäuden“

Kurztitel: „Kurzverfahren Energieprofil“

Teil II: Pauschale U-Werte

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln des
Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung gefördert.

(Aktenzeichen Z6-5.4.00-12/II 13 -80 01 03-15)

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

Darmstadt, den 28.01.2005

Autoren: Tobias Loga
Rolf Born

Inhalt

	Zusammenfassung	1
1	Zielsetzung des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“ Teil II.....	3
2	Grundlagen	4
3	Bauteilkatalog	5
4	Anwendung der Pauschalwert-Tabellen	11
4.1	Kategorien im Fragebogen	11
4.2	U-Wert-Tabelle für Bauteile im Urzustand.....	12
4.3	Auswirkung nachträglicher Maßnahmen	12
4.4	Zuordnung der pauschalen U-Werte für andere Bauteile.....	14
5	Literatur	15

Zusammenfassung

Auf der Basis verschiedener Untersuchungen wurden Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) abgeleitet, die in Kombination mit einem einfachen Fragebogen eine grobe Bewertung der thermischen Hülle von Bestands-Wohngebäuden erlauben.

Die Datenaufnahme für ein konkretes Objekt erfolgt mit dem in Bild 1 dargestellten Teil des Fragebogens. Die dort aufgeführten Auswahlfelder ermöglichen in einfacher Weise die Einordnung der energetischen Qualität der Bauteile. Die U-Werte im Urzustand können dann Tab. 1 entnommen werden. Nachträglich durchgeführte Wärmeschutzmaßnahmen werden durch eine einfache Formel oder durch Anwendung von Tab. 2 berücksichtigt.

Bild 1: Zweiter Fragebogenteil für das „Kurzverfahren Energieprofil“ – Datengrundlage für die Abschätzung der U-Werte

11 Konstruktionsart und nachträgliche Dämmung

	Konstruktionsart		nachträglich aufgebrachte Dämmung		
	massiv	Holz	Dämmstärke		
Dach (wenn Dachgeschoss beheizt)	☐	☐		cm auf	% der Fläche
oberste Geschossdecke (wenn Dachgeschoss nicht beheizt)	☐	☒	4	cm auf	100 % der Fläche
Außenwände	☒	☐		cm auf	% der Fläche
Fußboden zum Keller oder Erdreich	☒	☐		cm auf	% der Fläche

12 Fenster

Jahr des Fenstereinbaus (ca.)	☐ Holzfenster, einfach verglast
1980	☐ Holzfenster, zwei Scheiben (Isolierverglasung, Kastenfenster, Verbundfenster)
	☒ Kunststofffenster, Isolierverglasung
	☐ Alu- oder Stahlfenster, Isolierverglasung

Tab. 1: Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten von Bestandsgebäuden

		Baualtersklasse*							
		bis 1918	1919 bis 1948	1949 bis 1957	1958 bis 1968	1969 bis 1978	1979 bis 1983	1984 bis 1994	ab 1995
Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten in W/(m²K)									
Dach	massive Konstruktion (insbes. Flachdächer)	2,1	2,1	2,1	2,1	0,6	0,5	0,4	0,3
	Holzkonstruktion (insbes. Steildächer)	2,6	1,4	1,4	1,4	0,8	0,5	0,4	0,3
oberste Geschoss- decke	massive Decke	2,1	2,1	2,1	2,1	0,6	0,5	0,4	0,3
	Holzbalkendecke	1,0	0,8	0,8	0,8	0,6	0,4	0,3	0,3
Außenwand	massive Konstruktion (Mauerwerk, Beton, ...)	1,7	1,7	1,4	1,4	1,0	0,8	0,6	0,5
	Holzkonstruktion (Fachwerk, Fertighaus, ...)	2,0	2,0	1,4	1,4	0,6	0,5	0,4	0,4
Bauteile gegen Erdreich oder Keller	massive Bauteile	1,2	1,2	1,5	1,0	1,0	0,8	0,6	0,6
	Holzbalkendecke	1,0	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4
Fenster	Holzfenster, einfach verglast	$g_{\perp} = 0,87$	5,0	5,0	5,0	5,0	–	–	–
	Holzfenster, zwei Scheiben**	$g_{\perp} = 0,75^{***}$	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	1,6
	Kunststofffenster, Isolierverglasung	$g_{\perp} = 0,75^{***}$	–	–	–	3,0	3,0	3,0	1,9
	Alu- oder Stahlfenster, Isolierverglasung	$g_{\perp} = 0,75^{***}$	–	–	4,3	4,3	4,3	3,2	1,9

*) Baualtersklasse des Gebäudes (bzw. des Bauteils bei neu eingebauten Bauteilen, insbes. Fenster)

**) Isolierverglasung, Kastenfenster oder Verbundfenster

***) ab Baualtersklasse 1995: $g_{\perp} = 0,6$

Tab. 2: Vereinfachte Berücksichtigung nachträglicher Wärmeschutzmaßnahmen

Urzustand	zusätzliche Dämmung							
	2 cm	5 cm	8 cm	12 cm	16 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten in W/(m²K)								
> 2,5	1,20	0,63	0,43	0,30	0,23	0,19	0,13	0,10
>2,0 ... 2,5	1,11	0,61	0,42	0,29	0,23	0,19	0,13	0,10
>1,5 ... 2,0	1,00	0,57	0,40	0,29	0,22	0,18	0,13	0,10
>1,0 ... 1,5	0,86	0,52	0,38	0,27	0,21	0,18	0,12	0,09
>0,7 ... 1,0	0,67	0,44	0,33	0,25	0,20	0,17	0,12	0,09
>0,5 ... 0,7	0,52	0,37	0,29	0,23	0,18	0,16	0,11	0,09
≤ 0,5	0,40	0,31	0,25	0,20	0,17	0,14	0,11	0,08

1 Zielsetzung des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“ Teil II

Ziel des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“ ist die Entwicklung eines Verfahrens, das vom Aufwand (Zeit für Datenerhebung und Berechnung) und vom Nutzen (Genauigkeit im Ergebnis) an die energetische Bewertung größerer Gebäudebestände angepasst ist. Mit möglichst wenig Angaben soll ein vollständiger Gebäudedatensatz generiert werden, mit dem die Energiebilanz gemäß DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 bzw. -12 ausreichend genau berechnet werden kann. Die Genauigkeit des Verfahrens soll dabei quantitativ belegt werden.

Die Vereinfachungen des „Kurzverfahrens Energieprofil“ betreffen drei Bereiche:

- I. Erhebung der Flächen der Bauteile (Flächenschätzverfahren)
- II. Ermittlung der thermischen Qualität der Bauteile (pauschale U-Werte)
- III. Ermittlung der energetischen Qualität der Anlagentechnik (Pauschalwerte Anlagentechnik)

Entsprechend ist das Projekt in drei weitgehend voneinander unabhängige Teile gegliedert.

Gegenstand des hier vorliegenden Teilberichts II ist die Entwicklung eines Verfahrens zur vereinfachten Datenerhebung und Bewertung des Wärmeschutzes.

Die erforderlichen Angaben sollen sich auf Daten beschränken, die ohne umfassende Begehung des Objekts verfügbar sind. Entsprechend kann die Qualität des Wärmeschutzes nicht im Detail beurteilt werden, sondern es werden für das jeweilige System typische Effizienzwerte angesetzt.

2 Grundlagen

Für die Festlegung der Wärmedurchgangskoeffizienten typischer Bauteile wurden die folgenden Quellen herangezogen:

- die Sammlung „k-Werte alter Bauteile“ des Rationalisierungs-Kuratoriums der Deutschen Wirtschaft in zwei Fassungen [RKW 1983] / [RKW 1999]
- die Studie „Die Heizenergie-Einsparmöglichkeiten durch Verbesserung des Wärmeschutzes typischer hessischer Wohngebäude“ [Eicke-Hennig/Siepe 1997]
- das „Konstruktionshandbuch - Verbesserung des Wärmeschutzes im Gebäudebestand“ [Eicke-Hennig et al. 1997]
- der „Modernisierungsberater Wärmeschutz“, Bundesarbeitskreis Altbauerneuerung e.V. [BAKA 1984]
- der Ratgeber „Energie-, und umweltgerechte Sanierung“ des TÜV-Rheinland [Kerschberger 1995]
- speziell für das Bauteil „Fenster“ die Studie „Energetische Klassifizierung von Fenstern“ [Kehl 2000]
- speziell für Fertighäuser verschiedene Planunterlagen der Fa. OKAL aus den Jahren 1974 bis 1985 [OKAL 74-85]

Speziell für die Wärmeleitfähigkeiten historischer Baumaterialien wurden herangezogen:

- die „Bauphysikalische Entwurfslehre“ mit einer umfassenden Sammlung von Wärmeleitfähigkeiten historischer Baustoffe [Eichler 1968]
- die DIN 4108-4 Wärmeschutz im Hochbau [DIN 4108-4]
- der „Leitfaden für die Vor-Ort-Beratung bei Sanierungsvorhaben“ [Geißler et al. 2001]

Eine kritische Hinterfragung der in den genannten Quellen angegebenen Wärmedurchgangskoeffizienten, Wärmeleitfähigkeiten, Konstruktionsarten und -dicken sowie Übergangskoeffizienten ist nicht Gegenstand der vorliegenden Studie. Zu beachten ist jedoch der Umstand, dass bis in die 70er Jahre diese Werte vor allem der Auslegung von Heizsystemen bzw. des Feuchteschutzes und nicht der Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs dienten. Es ist deshalb nicht auszuschließen, dass in der Vergangenheit bei Unsicherheiten oder größeren Streuungen jeweils konservative Annahmen getroffen wurden. Als Beispiel sei der Wärmeübergangskoeffizient an der Rauminnen-seite genannt, der in der Praxis durch Bücherregale, Schränke, Vorhänge usw. reduziert wird, was sich bei geringem Wärmedurchlasswiderstand der Bauteile deutlich bemerkbar macht. Vor diesem Hintergrund scheint es durchaus sinnvoll, in zukünftigen Forschungsprojekten die mittleren Transmissionswärmeverluste von bewohnten Bestandsgebäuden genauer zu analysieren. Für die vorliegende Studie stellt diese Unsicherheit kein Problem dar, da – ähnlich wie bei der Heizlastberechnung – im Rahmen eines Kurzverfahrens tendenziell konservative Annahmen anzusetzen sind.

3 Bauteilkatalog

Ausgehend von den oben genannten Quellen wurden in Tab. 3 bis Tab. 7 pauschale U-Werte für typische Bauteile des deutschen Gebäudebestands zusammengestellt. Die Differenzierung ist dabei relativ grob. Sofern es verschiedene typische Bauteile mit ähnlichem U-Wert gibt, wurde für diese jeweils ein Repräsentant ausgewählt und dargestellt.

In den oben angegebenen Quellen finden sich teilweise unterschiedliche U-Werte für die gleiche Konstruktion. Die Ursachen waren neben divergierenden Annahmen für die Wärmeleitfähigkeit oft auch unterschiedliche Ansätze für die Dicken der Bauteilschichten. Da für das Kurzverfahren nicht davon ausgegangen werden kann, dass Bauteildicken im Detail erfasst werden, wurden auch hierfür jeweils typische Werte angesetzt.

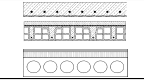
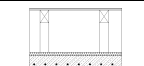
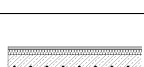
Neben der offensichtlichen Konstruktionsart werden die Tabellen nach der Baualtersklasse differenziert. Dabei spielt nur das typische Vorkommen eine Rolle. In der Praxis finden sich die entsprechenden Bauteile vereinzelt auch außerhalb dieser Zeiträume.

Den größten Einfluss auf die energetische Qualität opaker Bauteile haben gegebenenfalls nachträglich realisierte Wärmeschutzmaßnahmen. Diese werden pauschal in Form der Dämmstärke erfasst. Da eine Information über die Wärmeleitfähigkeit des eingesetzten Dämmstoffes nur in den seltensten Fällen verfügbar sein dürfte, wird hier ein Pauschalwert von $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ angesetzt. Die Auswirkung von Dämmmaßnahmen wird in den Bauteiltabellen jeweils aufgezeigt.

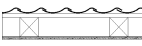
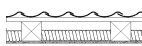
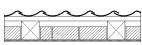
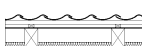
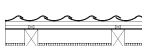
Bei den Steildächern wird zwischen einer nachträglichen Dämmung des Sparrenzwischenraums und einer (zusätzlichen) Auf- bzw. Untersparrendämmung unterschieden. Im ersten Fall wird der Holzanteil zusätzlich berücksichtigt – die Dämmwirkung ist etwas geringer (schraffierter Bereich in Tab. 4). Ist die Dämmstärke größer als die Sparrenhöhe, so wird davon ausgegangen, dass der zusätzliche Dämmstoff auf oder unter den Sparren verlegt wird (ab 12 cm Dämmstärke: nicht schraffierter Bereich). Ist im Urzustand bereits eine Dämmung (geringer Stärke) vorhanden, so wird davon ausgegangen, dass dieses Material vor der nachträglichen Dämmung entfernt wird. Im Fall der Steildächer entspricht die Angabe der zusätzlichen cm Dämmung also immer der gesamten Dämmstärke.

Für die Fenster (Tab. 7) wurde zusätzlich auch der g-Wert aufgenommen. Der für die solaren Gewinne maßgebliche Glasanteil an der Gesamtfensterfläche wird für Fenster im Bestand auf pauschal 60% angesetzt (vgl. [Kehl 2000] / Ansatz in der EnEV für Neubau: 70%).

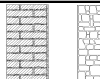
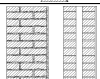
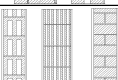
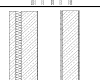
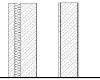
Tab. 3: Pauschal-U-Werte für oberste Geschossdecken und Flachdächer im Bestand

Oberste Geschossdecken (bei unbeheizten Dachräumen) und Flachdächer			Ur- zustand	zusätzliche Dämmung							
				2 cm	5 cm	8 cm	12 cm	16 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Bauart	typischer Erstellungs- zeitraum	typische Konstruktion	Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten in W/(m²K)								
Holzbalken- decke mit sichtbaren Balken	bis 1918	Holzbalken- decke mit Strohlehm- wickel 	1,0	0,67	0,44	0,33	0,25	0,20	0,17	0,12	0,09
Holzbalkendecke	bis 1968	Holzbalken- decke mit Blindboden u. Lehmschlag 	0,8	0,57	0,40	0,31	0,24	0,19	0,16	0,11	0,09
massive Decke	1919 bis 1968	Betondecke Rippendecke Stahlsteindecke 	2,1	1,02	0,58	0,40	0,29	0,22	0,18	0,13	0,10
massive Decke	1958 bis 1978	Betondecke mit 5 cm Dämmung oberseits 	0,6	0,46	0,34	0,27	0,21	0,18	0,15	0,11	0,09
Flachdach	1958 bis 1978	Betondecke mit 5 cm Dämmung oberseits 	0,6	0,46	0,34	0,27	0,21	0,18	0,15	0,11	0,09
Fertighaus oder Holzbau	1969 bis 1978	Holzbalken- decke mit 6 cm Dämmung 	0,6	0,46	0,34	0,27	0,21	0,18	0,15	0,11	0,09
massive Decke	1979 bis 1983	Betondecke mit 6 cm Dämmung oberseits 	0,5	0,40	0,31	0,25	0,20	0,17	0,14	0,11	0,08
Flachdach	1979 bis 1983	Betondecke mit 6 cm Dämmung und Dachhaut 	0,5	0,40	0,31	0,25	0,20	0,17	0,14	0,11	0,08
Fertighaus oder Holzbau	1979 bis 1983	Holzbalken- decke mit 10 cm Dämmung 	0,4	0,33	0,27	0,22	0,18	0,15	0,13	0,10	0,08
oberste Geschossdecke	1984 bis 1994	Betondecke mit 10 cm Dämmung oberseits 	0,4	0,33	0,27	0,22	0,18	0,15	0,13	0,10	0,08
Fertighaus oder Holzbau	1984 bis 1994	Holzbalken- decke mit 16 cm Dämmung 	0,3	0,26	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12	0,09	0,08

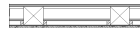
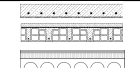
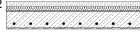
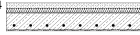
Tab. 4: Pauschal-U-Werte für Steildächer im Bestand

Steildach (beheizte Dachräume)			Ur- zustand	zusätzliche Dämmung							
				2 cm	5 cm	8 cm	12 cm	16 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Bauart	typischer Erstellungs- zeitraum	typische Konstruktion	Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten in W/(m²K)								
				Zwischensparrendämmung				zusätzlich Aufsparrendämmung			
Putzträger, leeres Gefach	bis 1948	Putz auf Schilfmatte oder Spall- latten 	2,6	1,11	0,66	0,49	0,38	0,27	0,21	0,14	0,10
Lehmschlag	bis 1948	Strohlehm- wickel zwischen den Sparren 	1,3	0,81	0,55	0,43	0,35	0,26	0,21	0,14	0,10
Holzfaserplatte, leeres Gefach	1919 bis 1968	Holzfaser- platten 3,5 cm verputzt 	1,4	0,84	0,56	0,44	0,35	0,26	0,21	0,14	0,10
Ausmauerung mit z.B. Bims- vollsteinen	1949 bis 1978	Sonderfall: Zwischen- sparren- dämmung nicht mögl. 	1,4	0,82	0,51	0,37	0,27	0,21	0,18	0,12	0,09
5 cm Dämmung	1958 bis 1978	5 cm Dämmung zwischen denn Sparren (wird entfernt) 	0,8	1,11	0,66	0,49	0,38	0,27	0,21	0,14	0,10
8 cm Dämmung	1968 bis 1983	8 cm Dämmung zwischen denn Sparren (wird entfernt) 	0,5	1,11	0,66	0,49	0,38	0,27	0,21	0,14	0,10
12 cm Dämmung	ab 1984	12 cm zwischen den Sparren (zusätzl. Aufsparren- dämmung) 	0,4	0,33	0,27	0,22	0,18	0,15	0,13	0,10	0,08

Tab. 5: Pauschal-U-Werte für Außenwände im Bestand

Außenwände			Ur- zustand	zusätzliche Dämmung							
				2 cm	5 cm	8 cm	12 cm	16 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Bauart	typischer Erstellungs- zeitraum	typische Konstruktion	Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten in W/(m²K)								
Mauerwerk	bis 1918	Ziegel- oder Bruchsteinmauer ca. 40 cm 	2,2	1,05	0,59	0,41	0,29	0,22	0,18	0,13	0,10
Fachwerk	bis 1918	Holzfachwerk mit Lehmausfachung 	2,0	1,00	0,57	0,40	0,29	0,22	0,18	0,13	0,10
Vollziegel-Mauerwerk	bis 1948	Ziegelmauerwerk, 25 - 38 cm 	1,7	0,92	0,54	0,39	0,28	0,22	0,18	0,12	0,09
Vollziegel-Mauerwerk verbessert	bis 1948	einschalig 38 - 51 cm oder zweischalig 	1,4	0,82	0,51	0,37	0,27	0,21	0,18	0,12	0,09
leichtes Mauerwerk	1949 bis 1968	Hohlblock- steine, Gitterziegel, Gasbeton 	1,4	0,82	0,51	0,37	0,27	0,21	0,18	0,12	0,09
Bims-vollsteine	1949 bis 1968	Mauerwerk aus Bimsvollsteinen 	0,9	0,62	0,42	0,32	0,24	0,20	0,16	0,12	0,09
leichtes Mauerwerk	1969 bis 1978	Leicht-Hochlochziegel mit Normalmörtel 	1,0	0,67	0,44	0,33	0,25	0,20	0,17	0,12	0,09
Betonfertigteile	1969 bis 1978	Dreischicht- oder Leichtbetonplatte 	1,1	0,71	0,46	0,34	0,26	0,20	0,17	0,12	0,09
Fertighaus oder Holzbau	1969 bis 1978	Holzständerwand mit 6 cm Dämmung  Draufsicht	0,6	0,46	0,34	0,27	0,21	0,18	0,15	0,11	0,09
leichtes Mauerwerk	1979 bis 1983	Leicht-Hochlochziegel mit Leichtmörtel 	0,8	0,57	0,40	0,31	0,24	0,19	0,16	0,11	0,09
Porenbeton	1979 bis 1983	Mauerwerk aus Porenbetonsteinen ("Gasbeton") 	0,6	0,46	0,34	0,27	0,21	0,18	0,15	0,11	0,09
Betonfertigteile	1979 bis 1994	Dreischicht- oder Leichtbetonplatte 	0,9	0,62	0,42	0,32	0,24	0,20	0,16	0,12	0,09
Fertighaus oder Holzbau	1979 bis 1983	Holzständerwand mit 8 cm Dämmung  Draufsicht	0,5	0,40	0,31	0,25	0,20	0,17	0,14	0,11	0,08
leichtes Mauerwerk	ab 1984	Leicht-Hochlochziegel mit Leichtmörtel 	0,6	0,46	0,34	0,27	0,21	0,18	0,15	0,11	0,09
Porenbeton	ab 1984	Mauerwerk aus Porenbetonsteinen ("Gasbeton") 	0,5	0,40	0,31	0,25	0,20	0,17	0,14	0,11	0,08

Tab. 6: Pauschal-U-Werte für Bauteile gegen Keller oder Erdreich im Bestand

Fußböden gegen Erdreich und Kellerdecken			Ur- zustand	zusätzliche Dämmung							
Bauart	typischer Erstellungs- zeitraum	typische Konstruktion		2 cm	5 cm	8 cm	12 cm	16 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten in W/(m²K)											
Holzbalken- decke mit sichtbaren Balken	bis 1918	Holzbalken- decke mit Strohlehm- wickel 	1,0	0,67	0,44	0,33	0,25	0,20	0,17	0,12	0,09
Steinboden	bis 1918	Steinboden auf Erdreich oder Gewölbekeller 	2,9	1,18	0,63	0,43	0,30	0,23	0,19	0,13	0,10
Massivdecke	bis 1948	Kappendecke mit Dielen- fußboden 	1,2	0,75	0,48	0,35	0,26	0,21	0,17	0,12	0,09
Holzbalken- decke	bis 1968	Holzbalken- decke mit Blindboden u. Lehmschlag 	0,8	0,57	0,40	0,31	0,24	0,19	0,16	0,11	0,09
Massivdecke	1949 bis 1968	Beton-, Rippen- oder Stahlstein- decke mit minim. Trittschalld. 	1,5	0,86	0,52	0,38	0,27	0,21	0,18	0,12	0,09
Massivdecke mit 2 cm Dämmung	1969 bis 1978	Betondecke mit 2 cm Trittschall- dämmung 	1,0	0,67	0,44	0,33	0,25	0,20	0,17	0,12	0,09
Massivdecke mit 4cm Dämmung	1979 bis 1983	Betondecke mit 4 cm Trittschall- dämmung 	0,8	0,57	0,40	0,31	0,24	0,19	0,16	0,11	0,09
Massivdecke mit 5 cm Dämmung	ab 1984	Betondecke mit 5 cm Trittschall- dämmung 	0,6	0,46	0,34	0,27	0,21	0,18	0,15	0,11	0,09

Tab. 7: Pauschale U- und g-Werte für Fenster

Verglasung	Bauart Rahmen	Baualters- klassen	Wärmedurchgangs- koeffizient Gesamt-Fenster * U_w [W/(m²K)]	Gesamtenergie- durchlassgrad für senkrechten Strahlungseinfall $g_{\perp}$
 Einfach-Verglasung $U_g = 5,8 \text{ W/(m²K)}$	Holzrahmen	bis 1968	5,0	0,87
 2-Scheiben- Isolierverglasung oder 2 einzelne Glasscheiben $U_g = 2,8 \text{ W/m²K}$	Alu-Rahmen ohne thermische Trennung	1969 bis 1983	4,3	0,75
	Alu-Rahmen mit thermischer Trennung	1984 bis 1994	3,2	
	Kunststoff-Rahmen	1969 bis 1994	3,0	
	Holzrahmen (Verbundfenster, Kastenfenster ...)	bis 1994	2,7	
 2-Scheiben- Wärmeschutz- Verglasung $U_g = 1,1 \text{ W/(m²K)}$	verbesserter Kunststoff- oder Alu-Rahmen ($U_f \leq 2 \text{ W/(m²K)}$)	ab 1995 bzw. Moderni- sierung	1,9	0,60
	Holzrahmen	ab 1995 bzw. Moderni- sierung	1,6	
 3-Scheiben- Wärmeschutz- Verglasung $U_g = 0,7 \text{ W/(m²K)}$	verbesserter Holzrahmen ($U_f \leq 1,5 \text{ W/(m²K)}$)	Moderni- sierung	1,2	0,50
	Passivhaus-Rahmen ($U_f \leq 0,8 \text{ W/(m²K)}$)	Moderni- sierung	0,9	
Standardwert für den Abminderungsfaktor Rahmen F_F für Fenster im Gebäudebestand			0,6	

U_g = U-Wert Verglasung (glazing) / U_f = U-Wert Rahmen (frame) / U_w = U-Wert Fenster inkl. Rahmen (window)

*) inkl. Rahmen + Randverbund, ohne Einbau, bei Glasanteil 60% der Fensterfläche

Institut Wohnen und Umwelt - November 2004

4 Anwendung der Pauschalwert-Tabellen

4.1 Kategorien im Fragebogen

Die Zahl der Abfragen im Fragebogen muss möglichst gering gehalten werden. Außerdem sind nur offensichtliche Eigenschaften abfragbar.

Die Baualtersklasse des Bauteils wird aus der Baualtersklasse des Gebäudes abgeleitet. Nur für den Fall, dass Bauteile ersetzt wurden (z.B. durch Kriegsschäden) oder bei nachträglichen Anbauten liefert diese Einordnung eine gewisse Unschärfe, die jedoch im Rahmen des Kurzverfahrens in Kauf genommen werden muss. Lediglich bei den Fenstern wird auch das Jahr des Einbaus abgefragt, da hier häufig schon ein Ersatz stattgefunden hat.

Das zweite wesentliche Kriterium für unterschiedliche U-Werte ist die Konstruktionsart. Entscheidend ist hier in der Regel, ob es sich um ein massives Bauteil handelt oder um eine Holzkonstruktion. Meist hatten die Materialien zwischen den Hölzern (Sparren, Balken) eine geringere Wärmeleitfähigkeit als massive (monolithisch gemauerte, betonierte usw.) Bauteile, wodurch sich ein geringerer U-Wert ergibt (Tab. 3 bis Tab. 6). Eine Ausnahme stellen Fachwerkwände dar, die eine deutlich geringere Stärke aufweisen als gemauerte Außenwände.

Im Fragebogen sind je (opake) Bauteilart folgende Abfragen vorgesehen:

- Konstruktionsart: massiv oder Holz
- nachträglich aufgebrachte Dämmung: Dämmstärke + Flächenanteil in %

Auch bezüglich der Fenster können nicht alle in Tab. 7 angegebenen Kriterien abgefragt werden. So genügt es für eine grobe Bewertung, die Fenster in eine der folgenden Kategorien einzuordnen:

- Holzfenster, einfach verglast
- Holzfenster, zwei Scheiben (hierzu zählen sowohl Verbundfenster als auch Isolierglasfenster)
- Isolierverglasung im Kunststoffrahmen
- Isolierverglasung im Alu- oder Stahlrahmen

Um festzustellen, ob es sich bei der Verglasung um Wärmeschutzverglasung handelt (teilweise Aufdruck im Randverbund, sonst Feuerzeugtest), muss eine Begehung von mindestens einer Wohnung stattfinden. Dies erscheint für das Kurzverfahren zu aufwändig. Da Wärmeschutzverglasungen mit Einführung der Wärmeschutzverordnung 1995 sprunghaft einen bedeutenden Marktanteil erlangten, wird vereinfachend das Baualter der Fenster als Indikator für das Vorhandensein von Beschichtung und Edelgasfüllung vorausgesetzt.

Den auf dieser Grundlage entwickelten Fragebogenabschnitt zeigt Bild 1 (in der Zusammenfassung).

4.2 U-Wert-Tabelle für Bauteile im Urzustand

Ausgehend von den oben benannten Kategorien wurden die im Bauteilkatalog (Tab. 3 bis Tab. 7) dargestellten U-Werte im Urzustand systematisch gegliedert, so dass eine eindeutige Zuordnung leicht möglich ist. Das Ergebnis zeigt Tab. 1 im Abschnitt „Zusammenfassung“.

Die Werte aus der Tabelle sind dann zu verwenden, wenn über die Konstruktionen sonst nichts bekannt ist. Um regionale Besonderheiten abzubilden, kann diese Tabelle durch regionale Bauteiltypologien ergänzt werden. Darüber hinaus ist es immer auch möglich, den Aufbau einzelner Bauteile im Detail zu erfassen und den U-Wert zu berechnen.

4.3 Auswirkung nachträglicher Maßnahmen

Wurden an einem Bauteil nachträglich Dämmmaßnahmen durchgeführt, so kann der pauschale U-Wert aus Tab. 1 entsprechend korrigiert werden. Dabei wird vereinfacht davon ausgegangen, dass das Dämmmaterial eine Wärmeleitfähigkeit von $0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ aufweist. Es muss also lediglich die Stärke der nachträglichen Dämmung d_D erhoben werden:

$$U_D = \frac{1}{\frac{1}{U_0} + \frac{d_D}{0,04 \text{ W/m}\cdot\text{K}}} \quad [\text{W/(m}^2\text{K)}] \quad (1)$$

mit:	U_D	pauschaler U-Wert für das nachträglich gedämmte Bauteil	$[\text{W/(m}^2\text{K)}]$
	U_0	pauschaler U-Wert für das Bauteil im Urzustand (aus Tabelle)	$[\text{W/(m}^2\text{K)}]$
	d_D	Stärke der nachträglichen Dämmung	$[\text{m}]$

Wie in Abschnitt 3 bereits ausgeführt, hängt beim Steildach der U-Wert davon ab, ob die nachträgliche Dämmung zwischen den Sparren eingebracht oder von innen/außen aufgebracht wird. Angesichts der Unschärfen der Einordnung von Ausgangs-U-Wert und Wärmeleitfähigkeit erscheint diese Differenzierung jedoch nicht erforderlich. Auch hier kann im vereinfachten Verfahren Gleichung (1) verwendet werden. Die damit in Kauf genommene Ungenauigkeit zeigt das Beispiel der Baualtersklasse 1949 bis 1978: Bauteil „Standard“ und „Ausmauerung mit Bimsvollsteinen“ besitzen den selben Ausgangs-U-Wert – der maximale Unterschied in den U-Werten beträgt bei 12 cm Dämmung $0,35 - 0,27 = 0,08 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Die mit Gleichung (1) berechneten U-Werte in Abhängigkeit vom Ausgangs-U-Wert zeigt Tab. 8. Zur Vereinfachung können verschiedene Ausgangs-U-Werte zusammengefasst werden. Als Repräsentant für jede Gruppe wird der jeweils höchste Ausgangs-U-Wert angesetzt (fett gedruckte Zeile in Tab. 8).

Damit ergeben sich die in Tab. 2 (Abschnitt „Zusammenfassung“) gebündelten U-Werte. Diese Tabelle kann alternativ zu Gleichung (1) verwendet werden.

Neben der Dämmstärke der nachträglichen Maßnahme wird auch der Anteil an der Fläche abgefragt, für den die Maßnahme durchgeführt wurde. Ist dieser Anteil kleiner als 100% so wird der für die Bilanzierung anzusetzende U-Wert gebildet aus dem U-Wert im Urzustand und dem U-Wert im gedämmten Zustand, gewichtet mit dem jeweiligen Flächenanteil.

Tab. 8: Abhängigkeit des U-Wertes von der zusätzlichen Dämmstärke für verschiedene U-Werte im Urzustand

Urzustand	zusätzliche Dämmung							
	2 cm	5 cm	8 cm	12 cm	16 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Wärmedurchgangskoeffizient in W/(m²K)								
3,0	1,20	0,63	0,43	0,30	0,23	0,19	0,13	0,10
2,9	1,18	0,63	0,43	0,30	0,23	0,19	0,13	0,10
2,8	1,17	0,62	0,42	0,30	0,23	0,19	0,13	0,10
2,7	1,15	0,62	0,42	0,30	0,23	0,19	0,13	0,10
2,6	1,13	0,61	0,42	0,30	0,23	0,19	0,13	0,10
2,5	1,11	0,61	0,42	0,29	0,23	0,19	0,13	0,10
2,4	1,09	0,60	0,41	0,29	0,23	0,18	0,13	0,10
2,3	1,07	0,59	0,41	0,29	0,23	0,18	0,13	0,10
2,2	1,05	0,59	0,41	0,29	0,22	0,18	0,13	0,10
2,1	1,02	0,58	0,40	0,29	0,22	0,18	0,13	0,10
2,0	1,00	0,57	0,40	0,29	0,22	0,18	0,13	0,10
1,9	0,97	0,56	0,40	0,28	0,22	0,18	0,12	0,10
1,8	0,95	0,55	0,39	0,28	0,22	0,18	0,12	0,09
1,7	0,92	0,54	0,39	0,28	0,22	0,18	0,12	0,09
1,6	0,89	0,53	0,38	0,28	0,22	0,18	0,12	0,09
1,5	0,86	0,52	0,38	0,27	0,21	0,18	0,12	0,09
1,4	0,82	0,51	0,37	0,27	0,21	0,18	0,12	0,09
1,3	0,79	0,50	0,36	0,27	0,21	0,17	0,12	0,09
1,2	0,75	0,48	0,35	0,26	0,21	0,17	0,12	0,09
1,1	0,71	0,46	0,34	0,26	0,20	0,17	0,12	0,09
1,0	0,67	0,44	0,33	0,25	0,20	0,17	0,12	0,09
0,9	0,62	0,42	0,32	0,24	0,20	0,16	0,12	0,09
0,8	0,57	0,40	0,31	0,24	0,19	0,16	0,11	0,09
0,7	0,52	0,37	0,29	0,23	0,18	0,16	0,11	0,09
0,6	0,46	0,34	0,27	0,21	0,18	0,15	0,11	0,09
0,5	0,40	0,31	0,25	0,20	0,17	0,14	0,11	0,08
0,4	0,33	0,27	0,22	0,18	0,15	0,13	0,10	0,08
0,3	0,26	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12	0,09	0,07

4.4 Zuordnung der pauschalen U-Werte für andere Bauteile

Für den Fall, dass die pauschalen U-Werte außerhalb des Kurzverfahrens Energieprofils Verwendung finden (also nicht zusammen mit dem Flächenschätzverfahren angewendet werden), gibt es eine Reihe weiterer Bauteilarten. Auch diesen müssen pauschale U-Werte zugeordnet werden. Für diese Zuordnung kann Tab. 9 verwendet werden.

Tab. 9: Zuordnung der verschiedenen Bauteile zu den Bauteilkategorien und dem zugehörigen pauschalen U-Wert

Bauteile	Kategorie für pauschalen U-Wert
Flachdächer Steildächer Wände zwischen beheiztem und unbeh. Dachgeschoss	Dach
oberste Geschossdecken Fußboden gegen außen (z.B. über Durchfahrten)	oberste Geschossdecke
Außenwände Wände zum Erdreich Wände zu unbeheizten (Keller-)Räume	Außenwand
Fußboden zum Keller (Kellerdecke) Fußboden zum Erdreich	Fußboden zum Keller oder Erdreich
Fenster, Fenstertüren, Festverglasungen Glasbausteine Außentüren	Fenster

5 Literatur

- [BAKA 1984] Modernisierungsberater Wärmeschutz, Bundesarbeitskreis Altbauerneuerung e.V., Bonn 1984
- [DIN 4108-4] Deutsches Institut für Normung: Wärmeschutz im Hochbau, Wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte, DIN 4108-4, Berlin, 1991
- [Eichler 1968] Eichler, F.: Bauphysikalische Entwurfslehre, VEB-Verlag für Bauwesen, Berlin, 1968
- [Eicke-Hennig et al. 1997] Eicke-Hennig, W.; Siepe, B.; Zink, J.: Konstruktionshandbuch - Verbesserung des Wärmeschutzes im Gebäudebestand; IWU, Darmstadt 1997
- [Eicke-Hennig/Siepe 1997] Eicke-Hennig, Werner; Siepe, Benedikt: Die Heizenergie-Einsparmöglichkeiten durch Verbesserung des Wärmeschutzes typischer hessischer Wohngebäude; IWU, Darmstadt 1997
- [Geißler et al. 2001] Geißler, A.; Maas, A.; Hauser, G.: Leitfaden für die Vor-Ort-Beratung bei Sanierungsvorhaben. Hilfestellung zur Beurteilung baulicher Aspekte; Kassel 2001
- [Kehl 2000] Kehl, Daniel: Energetische Klassifizierung von Fenstern. Quantifizierung von Wärmebrücken für typische Fenster und Einbausituationen; IWU, Darmstadt 2000
- [Kerschberger 1995] Kerschberger, Fred: Energie-, und umweltgerechte Sanierung, TÜV-Rheinland, 1995
- [OKAL 74-85] Planunterlagen der Fa. OKAL Bauservice GmbH, Salzhemmendorf, 1974 bis 1985
- [RKW 1983] Zapke, W.; Ebert, H.: (Institut für Bauforschung e.V., Hannover): k-Werte alter Bauteile; Rationalisierungs-Kuratorium der Deutschen Wirtschaft (RKW); Eschborn 1983
- [RKW 1999] Böhmer, Heike: k-Werte alter Bauteile, 3. völlig überarbeitete Auflage, Rationalisierungs-Kuratorium der Deutschen Wirtschaft (RKW); Eschborn 1999



**INSTITUT WOHNEN
UND UMWELT GmbH**

Annastraße 15

64285 Darmstadt

Fon: (0049) 06151/2904-0

Fax: (0049) 06151/2904-97

eMail: info@iwu.de

Internet: <http://www.iwu.de>

Projekt: „Entwicklung eines vereinfachten,
statistisch abgesicherten Verfahrens zur
Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung
des Energieprofils von Gebäuden“

Kurztitel: „Kurzverfahren Energieprofil“

Teil III: Pauschalwerte Anlagentechnik

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln des
Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung gefördert.

(Aktenzeichen Z6-5.4.00-12/II 13 -80 01 03-15)

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

Darmstadt, den 28.01.2005

Autoren: Tobias Loga
Nikolaus Diefenbach

Inhalt

Zusammenfassung	1
1 Zielsetzung des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“ Teil III.....	6
2 Ansätze und Randbedingungen für die Ermittlung der Heizsystem-Kennwerte	7
3 Verteilung Trinkwarmwasser	10
4 Speicherung Trinkwarmwasser	13
5 Erzeugung Trinkwarmwasser	16
5.1 Brennstoffgespeiste Systeme (Kessel und Umlaufwasserheizer).....	16
5.2 Gas-Speicherwassererwärmer	19
5.3 Elektro-Wärmepumpen.....	19
5.4 Nah-/Fernwärme.....	20
5.5 Thermische Solaranlagen.....	20
5.6 Dezentral-elektrische Warmwasserbereitung.....	20
5.7 Zusammenfassung der Kennwerte für die Erzeugung Trinkwarmwasser.....	20
6 Übergabe Raumwärme	22
7 Verteilung Heizwärme.....	23
8 Speicherung Heizwärme	26
9 Erzeugung Heizwärme.....	28
9.1 Brennstoffgespeiste Systeme (Kessel und Umlaufwasserheizer).....	28
9.2 Elektrowärmepumpe.....	31
9.3 Fernwärme.....	32
9.4 Einzelöfen für Heizöl, Kohle oder Holz	32
9.5 Gasraumheizgeräte	32
9.6 Elektro-Direktheizgeräte und Elektro-Nachtspeicherheizungen.....	32
9.7 Solare Heizungsunterstützung	33
9.8 Zusammenfassung der Kennwerte für die Erzeugung von Heizwärme	33
10 Hilfsenergie	35
11 Primärenergie- und CO₂-Emissionsfaktoren	36
12 Genauigkeit des Verfahrens	38
ANHANG	40
Anhang A – Ermittelte Pauschalwerte Anlagentechnik bezogen auf A_N	41
Anhang B – Ansätze für die Systemtemperaturen.....	44
B.1 Raumheizung.....	44
B.2 Trinkwarmwasser.....	47
Anhang C – Modell für die Wärmeverteilung im Bestand	48
C.1 Jährliche Wärmeverluste	48
C.2 Wärmeverlustkoeffizienten von Rohrleitungen	52
C.3 Längen von Rohrleitungen	60
Anhang D – Daten von Elektro-Wärmepumpen im Bestand.....	74
D.1 Recherche	74
D.2 Elektrowärmepumpen im Bestand – Zusammenfassung.....	77
Anhang E – Quellenverzeichnis	78

Zusammenfassung

Auf der Basis der vorliegenden Normen zur Anlagentechnik wurden Pauschalwerte für Teilsysteme abgeleitet, die in Kombination mit einem einfachen Fragebogen eine grobe Bewertung der Anlagentechnik von Bestands-Wohngebäuden erlauben.

Die Datenaufnahme für ein konkretes Objekt erfolgt mit dem in Bild 1 dargestellten 1-seitigen Fragebogen. Die dort aufgeführten Auswahlfelder ermöglichen in einfacher Weise die Definition eines Anlagentyps, dem eine entsprechende Anlagenkonfiguration zugeordnet ist. Die energetischen Kenndaten der so festgelegten Teilsysteme können den zugehörigen Tabellen entnommen werden, die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung erarbeitet wurden (Tab. 1). Die Berechnung der Anlagenverluste des Gebäudes und des zugehörigen Primärenergieaufwands erfolgt entsprechend dem Schema des Tabellenverfahrens der DIN V 4701-10 Anhang C.

Zentralheizung	
☐ Kessel oder Therme Brennstoff ☐ Erdgas / Flüssiggas ☐ Heizöl ☐ Scheitholz / Pellets Baujahr ☐ bis 1986 ☐ 1987-1994 ☐ ab 1995 bei Gas- oder Ölkessel Kesseltemperatur ☐ konstant ☐ gleitend ☐ mit Brennwertnutzung	Wärmeverteilung Baualter / Dämmstandard ☐ 50er bis 70er Jahre ☐ nachträgl. gedämmt ☐ 80er und 90er Jahre ☐ gedämmt nach EnEV
☐ Elektrospeicher / Elektro-Wärmepumpe Wärmeerzeugung ☐ nur El.-Wärmepumpe ☐ El.-Wärmep. mit Heizstab ☐ El.-Wärmep. + Kessel ☐ nur Elektro-Heizstab Wärmequelle El.-WP. ☐ Außenluft ☐ Erdreich/Grundw. Baujahr El.-WP. ☐ bis 1994 ☐ ab 1995	
☐ Fern-/Nahwärme Wärmeerzeugung ☐ Kessel / Heizwerk ☐ Heizkraftwerk / BHKW ☐ Anteil Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung > 50%	
Wohnungsweise Beheizung	
☐ Gas-Etagenheizung (Umlaufwasserheizer) ☐ mit Brennwertnutzung	Einbau ☐ bis 1994 ☐ ab 1995
Raumweise Beheizung	
☐ Einzelöfen ☐ Gasraumheizgeräte ☐ Elektroheizgeräte oder Elektro-Nachtspeicherheizung	Brennstoff für Einzelöfen ☐ Heizöl ☐ Kohle ☐ Holz
Warmwasserbereitung	
☐ kombiniert mit Zentralheizung (s.o.) ☐ zentraler Gas-Speicherwassererwärmer ☐ zentraler Elektro-Speicher ☐ Kellerluft-/Abluft-Wärmepumpe ☐ Gas-Etagenheizung (s.o.) ☐ Gas-Durchlauferhitzer ☐ Elektro-Durchlauferhitzer ☐ Elektro-Speicher / -Kleinspeicher	zentrale Warmwasserbereitung ☐ mit Warmwasserzirkulation ☐ mit thermischer Solaranlage Baualter / Dämmstandard Wärmeverteilung ☐ 50er bis 70er Jahre ☐ 80er & 90er Jahre ☐ nachträgl. gedämmt ☐ EnEV Einbau Speicher bzw. Durchlauferhitzer ☐ bis 1994 ☐ ab 1995

Bild 1:
Dritter Frage-
bogenteil für
das „Kurz-
verfahren
Energieprofil“
– Datengrund-
lage für die
Anlagenbilanz

Tab. 1: Pauschalwerte für die Bilanzierung der Anlagentechnik (Flächenbezug A_{Wohn} / eine gleichartige Tabelle mit dem Flächenbezug A_N befindet sich im Anhang A Tab. 26)

			Kennwerte bezogen auf die beheizte Wohnfläche A_{Wohn}								
Wd Warmwasser Verteilung			Wärmeverluste $q_{W,d}$ [kWh/(m²a)]			Heizwärme-gutschrift $q_{h,W,d}$ [kWh/(m²a)]			Hilfsenergie-bedarf $q_{W,d,HE}$ [kWh/(m²a)]		
Kürzel	Name	Baualtersklasse	Anzahl Vollgeschosse			Anzahl Vollgeschosse			Wohnungsanzahl		
			1 bis 2	3 bis 5	6 und mehr	1 bis 2	3 bis 5	6 und mehr	1 bis 2	3 und mehr	
z70mZ	zentrale Verteilung mit Zirkulation	50er bis 70er	29,6	38,5	34,0	15,3	19,4	19,4	1,1	0,7	
z70mZMod	zentrale Verteilung mit Zirkulation	50er bis 70er, nachträgl. gedämmt	26,8	34,4	32,1	15,3	19,4	19,4	1,1	0,7	
z90mZ	zentrale Verteilung mit Zirkulation	80er und 90er	10,8	12,9	10,6	5,1	5,6	5,6	1,1	0,7	
zEnEVmZ	zentr. Vert. mit Zirk. inkl. Qualitätssicherung	EnEV	7,1	9,2	7,0	2,7	3,2	3,2	1,1	0,7	
z70oZ	zentrale Verteilung ohne Zirkulation	50er bis 70er	14,0	14,0	-	6,6	6,6	-	0,0	0,0	
z70oZMod	zentrale Verteilung ohne Zirkulation	50er bis 70er, nachträgl. gedämmt	12,1	12,1	-	6,6	6,6	-	0,0	0,0	
z90oZ	zentrale Verteilung ohne Zirkulation	80er und 90er	8,5	8,5	-	4,2	4,2	-	0,0	0,0	
zEnEVVoZ	zentr. Vert. ohne Zirk. inkl. Qualitätssicherung	EnEV	4,8	4,8	-	1,9	1,9	-	0,0	0,0	
d90	dezentrales System	bis 90er	5,1	5,1	5,1	3,3	3,3	3,3	0,0	0,0	
dEnEV	dezentrales System	EnEV	1,5	1,5	1,5	0,9	0,9	0,9	0,0	0,0	
Ws Warmwasser Speicherung			Wärmeverluste $q_{W,s}$ [kWh/(m²a)]			Heizwärme-gutschrift $q_{h,W,s}$ [kWh/(m²a)]			Hilfsenergie-bedarf $q_{W,s,HE}$ [kWh/(m²a)]		
Kürzel	Name	Baualtersklasse	Wohnungsanzahl			Wohnungsanzahl			Wohnungsanzahl		
			1 bis 2	3 bis 7	8 und mehr	1 bis 2	3 bis 7	8 und mehr	1 bis 2	3 und mehr	
ZS94a	zentraler WW-Speicher außerh. th. H.	bis 1994	11,5	4,2	2,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	
ZS95a	zentraler WW-Speicher außerh. th. H.	ab 1995	6,2	2,5	1,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	
ZS94i	zentraler WW-Speicher innerh. th. H.	bis 1994	11,5	4,2	2,0	7,4	2,7	1,3	0,1	0,1	
ZS95i	zentraler WW-Speicher innerh. th. H.	ab 1995	6,2	2,5	1,1	4,0	1,6	0,7	0,1	0,1	
GS	Gas-beheizter Trinkwasserspeicher	-	24,7	-	-	0,0	-	-	0,0	-	
EKS94	Elektro-Kleinspeicher	bis 1994	4,0	4,0	4,0	2,6	2,6	2,6	0,0	0,0	
EKS95	Elektro-Kleinspeicher	ab 1995	3,2	3,2	3,2	2,1	2,1	2,1	0,0	0,0	
WG Warmwasser Erzeugung			Erzeuger-Aufwandszahl $e_{W,g}$ [-]						Hilfsenergie-bedarf $q_{W,g,HE}$ [kWh/(m²a)]		
Kürzel	Name	Baualtersklasse	Wohnungsanzahl						Wohnungsanzahl		
			1 bis 2	3 und mehr					1 bis 2	3 und mehr	
KTK86	Konstanttemperatur-Kessel	bis 1986	1,61	1,31					0,3	0,1	
KTK94	Konstanttemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,57	1,28					0,3	0,1	
KTK95	Konstanttemperatur-Kessel	ab 1995	1,49	1,21					0,3	0,1	
NTK86	Niedertemperatur-Kessel	bis 1986	1,26	1,18					0,3	0,1	
NTK94	Niedertemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,23	1,15					0,3	0,1	
NTK95	Niedertemperatur-Kessel	ab 1995	1,16	1,10					0,3	0,1	
BWK86	Brennwert-Kessel	bis 1986	1,20	1,13					0,3	0,1	
BWK94	Brennwert-Kessel	1987 bis 1994	1,17	1,11					0,3	0,1	
BWK95	Brennwert-Kessel	ab 1995	1,12	1,08					0,3	0,1	
GT94	Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	bis 1994	1,23	1,23					0,3	0,1	
GT95	Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	ab 1995	1,20	1,20					0,3	0,1	
BT94	Gas-Brennwert-Therme	bis 1994	1,20	1,20					0,3	0,1	
BT95	Gas-Brennwert-Therme	ab 1995	1,16	1,16					0,3	0,1	
WPE94	Elektro-Wärmepumpe Erreich oder Grundw.	bis 1994	0,32	0,32					0,4	0,3	
WPE94mHS	Elektro-WP Erreich oder Grundw. mit Heizstab	bis 1994	0,36	0,36					0,4	0,3	
WPE95	Elektro-Wärmepumpe Erreich oder Grundw.	ab 1995	0,29	0,29					0,4	0,3	
WPE95mHS	Elektro-WP Erreich oder Grundw. mit Heizstab	ab 1995	0,32	0,32					0,4	0,3	
WPL94	Elektro-Wärmepumpe Außenluft	bis 1994	0,42	0,42					0,4	0,3	
WPL94mHS	Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	bis 1994	0,45	0,45					0,4	0,3	
WPL95	Elektro-Wärmepumpe Außenluft	ab 1995	0,35	0,35					0,4	0,3	
WPL95mHS	Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	ab 1995	0,38	0,38					0,4	0,3	
WPK94	Elektro-Wärmepumpe Kellerluft	bis 1994	0,36	0,36					0,4	0,3	
WPK94mHS	Elektro-Wärmepumpe Kellerluft mit Heizstab	bis 1994	0,39	0,39					0,4	0,3	
WPK95	Elektro-Wärmepumpe Kellerluft	ab 1995	0,35	0,35					0,4	0,3	
WPK95mHS	Elektro-Wärmepumpe Kellerluft mit Heizstab	ab 1995	0,38	0,38					0,4	0,3	
FWU	Fernwärme-Übergabestation	-	1,14	1,14					0,0	0,0	
ESz	zentraler Elektro-Speicher	-	1,00	1,00					0,0	0,0	
EKS	dezentrale Elektro-Kleinspeicher	-	1,00	1,00					0,0	0,0	
EDH	dezentrale Elektro-Durchlauferhitzer	-	1,00	1,00					0,0	0,0	
GDH94	dezentrale Gas-Durchlauferhitzer	bis 1994	1,23	1,23					0,0	0,0	
GDH95	dezentrale Gas-Durchlauferhitzer	ab 1995	1,20	1,20					0,0	0,0	
GS	Gas-Speicherwasserwärmer	-	1,22	1,22					0,0	0,0	
TSA	Thermische Solaranlage	-	0,00	0,00					0,0	0,0	

Tab. 1 (Fortsetzung)

			Kennwerte bezogen auf die beheizte Wohnfläche A_{Wohn}			
Hce	Heizwärme Übergabe		Wärmeverluste			Hilfsenergie- bedarf
			$q_{H,ce}$ [kWh/(m²a)]			$q_{H,ce,HE}$ [kWh/(m²a)]
Kürzel	Name	Baualtersklasse				
Th	Zentralheizung, thermostatisch geregelt		4,1			0,0
dMan	raumweise Beheizung, manuell geregelt		0,0			0,0
Hd	Heizwärme Verteilung		Wärmeverluste			Hilfsenergie- bedarf
			$q_{H,d}$ [kWh/(m²a)]			$q_{H,d,HE}$ [kWh/(m²a)]
Kürzel	Name	Baualtersklasse	Anzahl Vollgeschosse			Wohnungszahl
			1 bis 2	3 bis 5	6 und mehr	1 bis 2 3 und mehr
z70	zentrale Verteilung	50er bis 70er	34,8	29,8	24,2	4,3 1,6
z70Mod	zentrale Verteilung	50er bis 70er, nachträgl. gedämmt	26,9	24,4	21,5	4,3 1,6
z90	zentrale Verteilung	80er und 90er	21,9	19,4	16,6	4,3 1,6
zEnEV	zentrale Verteilung inkl. Qualitätssicherung	EnEV	11,7	8,8	6,2	4,3 1,6
wo	wohnungsweise Verteilung	-	6,8	6,8	6,8	4,3 4,3
dez	dezentrl. System (ohne Verteilung)	-	0,0	0,0	0,0	0,0 0,0
Hs	Heizwärme Speicherung		Wärmeverluste			Hilfsenergie- bedarf
			$q_{H,s}$ [kWh/(m²a)]			$q_{H,s,HE}$ [kWh/(m²a)]
Kürzel	Name	Baualtersklasse	Wohnungszahl			Wohnungszahl
			1 bis 2	3 und mehr		1 bis 2 3 und mehr
PSWP94	Pufferspeicher El.-Wärmep. / -Nachtspe.	bis 1994	6,5	6,5		0,0 0,0
PSWP95	Pufferspeicher El.-Wärmep. / -Nachtspe.	ab 1995	5,0	5,0		0,0 0,0
PSHK94	Pufferspeicher für Holzkessel	bis 1994	12,2	12,2		0,0 0,0
PSHK95	Pufferspeicher für Holzkessel	ab 1995	7,9	7,9		0,0 0,0
Hg	Heizwärme Erzeugung		Erzeuger- Aufwands- zahl $e_{H,g}$			Hilfsenergie- bedarf
			[-]			$q_{H,g,HE}$ [kWh/(m²a)]
Kürzel	Name	Baualtersklasse	Wohnungszahl			Wohnungszahl
			1 bis 2	3 und mehr		1 bis 2 3 und mehr
		Basiswert für f_0	2,0	2,0		
		Basiswert für Q_n	24	500		
KTK86	Konstanttemperatur-Kessel	bis 1986	1,33	1,21		2,4 0,4
KTK94	Konstanttemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,29	1,18		2,4 0,4
KTK95	Konstanttemperatur-Kessel	ab 1995	1,26	1,14		2,4 0,4
NTK86	Niedertemperatur-Kessel	bis 1986	1,23	1,18		2,4 0,4
NTK94	Niedertemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,18	1,12		2,4 0,4
NTK95	Niedertemperatur-Kessel	ab 1995	1,12	1,08		2,4 0,4
BWK86	Brennwert-Kessel	bis 1986	1,11	1,07		2,4 0,4
BWK94	Brennwert-Kessel	1987 bis 1994	1,08	1,04		2,4 0,4
BWK95	Brennwert-Kessel	ab 1995	1,06	1,03		2,4 0,4
GT94	Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	bis 1994	1,16	1,16		2,4 0,4
GT95	Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	ab 1995	1,08	1,08		2,4 0,4
GBT94	Gas-Brennwert-Therme	bis 1994	1,07	1,07		2,4 0,4
GBT95	Gas-Brennwert-Therme	ab 1995	0,99	0,99		2,4 0,4
WPE94	Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	bis 1994	0,32	0,32		1,4 1,0
WPE94mHS	Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	bis 1994	0,36	0,36		1,4 1,0
WPE95	Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	ab 1995	0,29	0,29		1,4 1,0
WPE95mHS	Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	ab 1995	0,32	0,32		1,4 1,0
WPL94	Elektro-Wärmepumpe Außenluft	bis 1994	0,42	0,42		1,4 1,0
WPL94mHS	Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	bis 1994	0,45	0,45		1,4 1,0
WPL95	Elektro-Wärmepumpe Außenluft	ab 1995	0,35	0,35		1,4 1,0
WPL95mHS	Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	ab 1995	0,38	0,38		1,4 1,0
FWU	Fernwärme-Übergabestation	-	1,02	1,02		0,0 0,0
Oelofen	Ölbefeuert Einzelöfen mit Verdampfungsbr.	-	1,40	1,40		0,0 0,0
Ofen	Kohle- oder Holzöfen	-	1,60	1,60		0,0 0,0
GRH	Gasraumheizer	-	1,40	1,40		0,0 0,0
ESz	zentraler Elektro-Speicher	-	1,00	1,00		0,0 0,0
ENSsp	Elektro-Nachtspeicherheizung	-	1,00	1,00		0,0 0,0
EDHG	Elektro-Direktheizgeräte	-	1,00	1,00		0,0 0,0
TSA	Thermische Solaranlage	-	0,00	0,00		0,0 0,0

Tab. 1 (Fortsetzung)

VK	Vorkette		Primär- energie- faktor f_p	CO ₂ - Emissions- faktor f_{CO_2} (CO ₂ - Äquivalent)	Energieinhalt (H _u) bezogen auf handelsübliche Maßeinheit	
			bezogen auf Endenergie [-]	[g/kWh _{End}]	Einheit	kWh je Einheit
HO	Heizöl		1,1	310	Liter	10,2
EG	Erdgas H		1,1	250	Normkubikmeter	10,4
EG-L	Erdgas L		1,1	270	Normkubikmeter	8,9
FG	Flüssiggas		1,1	270	kg	12,8
SK	Steinkohle		1,1	440	Schüttkubikmeter	6600
BK	Braunkohle		1,2	450	Schüttkubikmeter	3900
SH	Scheitholz		0,2	40	Raummeter	1700
HHS	Holzackschnitzel		0,2	40	Schüttkubikmeter	850
HP	Holz-Pellets		0,2	40	Schüttkubikmeter	3200
S	Strom-Mix		3,0	680	kWh	1,0
FWEG00	Nah-/Fernwärme, Erdgas	0% KWK	1,3	300	kWh	1,0
FWEG33	Nah-/Fernwärme, Erdgas	33% KWK	1,1	250	kWh	1,0
FWEG67	Nah-/Fernwärme, Erdgas	67% KWK	0,9	200	kWh	1,0
FWEG100	Nah-/Fernwärme, Erdgas	100% KWK	0,7	150	kWh	1,0
FW00	Nah-/Fernwärme, andere foss. Brennstof	0% KWK	1,3	420	kWh	1,0
FW33	Nah-/Fernwärme, andere foss. Brennstof	33% KWK	1,1	350	kWh	1,0
FW67	Nah-/Fernwärme, andere foss. Brennstof	67% KWK	0,9	280	kWh	1,0
FW100	Nah-/Fernwärme, andere foss. Brennstof	100% KWK	0,7	210	kWh	1,0
FWreg00	Nah-/Fernwärme, erneuerbare Brennstoffe	0% KWK	0,3	60	kWh	1,0
FWreg33	Nah-/Fernwärme, erneuerbare Brennstoffe	33% KWK	0,2	40	kWh	1,0
FWreg67	Nah-/Fernwärme, erneuerbare Brennstoffe	67% KWK	0,1	20	kWh	1,0
FWreg100	Nah-/Fernwärme, erneuerbare Brennstoffe	100% KWK	0,0	0	kWh	1,0
So	Sonne		0,0	0	kWh	1,0

1 Zielsetzung des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“ Teil III

Ziel des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“ ist die Entwicklung eines Verfahrens, das vom Aufwand (Zeit für Datenerhebung und Berechnung) und vom Nutzen (Genauigkeit im Ergebnis) an die energetische Bewertung größerer Gebäudebestände angepasst ist. Mit möglichst wenig Angaben soll ein vollständiger Gebäudedatensatz generiert werden, mit dem die Energiebilanz gemäß DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 bzw. -12 ausreichend genau berechnet werden kann. Die Genauigkeit des Verfahrens soll dabei quantitativ belegt werden.

Die Vereinfachungen des „Kurzverfahrens Energieprofil“ betreffen drei Bereiche:

- I. Erhebung der Flächen der Bauteile (Flächenschätzverfahren)
- II. Ermittlung der thermischen Qualität der Bauteile (pauschale U-Werte)
- III. Ermittlung der energetischen Qualität der Anlagentechnik (Pauschalwerte Anlagentechnik)

Entsprechend ist das Projekt in drei weitgehend voneinander unabhängige Teile gegliedert.

Gegenstand des hier vorliegenden Teilberichts III ist die Entwicklung eines Verfahrens zur vereinfachten Datenerhebung und Bewertung der Anlagentechnik.

Die erforderlichen Angaben zur Anlagentechnik soll sich auf Daten beschränken, die ohne Begehung des Objekts verfügbar sind. Entsprechend kann die Qualität der Anlagentechnik nicht im Detail beurteilt werden, sondern es müssen für das jeweilige System typische Effizienzwerte angesetzt werden.

2 Ansätze und Randbedingungen für die Ermittlung der Heizsystem-Kennwerte

Für die Bilanzierung der Anlagentechnik existiert noch kein durchgängig dokumentiertes und für alle Neu- und Altanlagen anwendbares Verfahren. Grundlage für die Berechnung sind daher Algorithmen und Kennwerte aus folgenden Quellen:

1. DIN V 4701-10 : 2003: Bilanzgleichungen sowie Kennwerte für Einzelkomponenten und Systeme, die ab 1995 installiert wurden
2. DIN V 4701-12 : 2004: Systemtemperaturen und Kennwerte für Wärmeerzeuger und -speicher im Bestand
3. [PAS 1027]: Systemtemperaturen, Verlustkoeffizienten von Wärmeverteilungen und Kennwerte für die Wärmeübergabe von Bestandsanlagen
4. [Diefenbach et al. 2002]: ergänzende Kennwerte, insbesondere für Wärmepumpen sowie für die Wärmeverteilung

Die Bilanzgleichungen entsprechen in der Regel der DIN V 4701-10. Wenn für die Modellierung von einzelnen Komponenten andere Formeln verwendet wurden, ist dies explizit vermerkt. Die Quellen für die Kennwerte der Komponenten finden sich ebenfalls in den jeweiligen Abschnitten.

Aus der detaillierten Bilanzierung wurden für typische Konfigurationen und Randbedingungen Kennwerte für Teilsysteme ermittelt. Das Kennwertschema orientiert sich an der DIN V 4701-10 Anhang C. Dementsprechend gibt es folgende Teilsysteme mit den in Tab. 2 dargestellten Kenngrößen.

Tab. 2: Kennwerte gemäß dem Schema von DIN V 4701-10

System	Teilsystem	Aufwands- zahlen	flächenbezogene Kennwerte		
			Energie- verlust	Heizwärme- gutschrift	Hilfsenergie- bedarf
Trinkwarmwasser	Verteilung		x	x	x
	Speicherung		x	x	x
	Erzeugung	x		x	x
Heizwärme	Übergabe		x		
	Verteilung		x		x
	Speicherung		x		x
	Erzeugung	x			x
Vorkette		x			

Tab. 3: Zusammenfassung der Randbedingungen für die Ermittlung der Kennwerte

Klima	Standardklima Deutschland
Heizgrenztemperatur	15 °C
Länge der Heizzeit	275 d/a
Bereitstellungszeit für Trinkwarmwasser	365 d/a
Nachtabstaltung Heizwärmeverteilung *	4 h/d
mittlere Umgebungstemperatur	
innerhalb der thermischen Hülle	20 °C
außerhalb der therm. Hülle (Keller, Dach)	13 °C
Temperatur Verteilung Heizwärme	
Auslegungstemperatur (Vorlauf/Rücklauf)	70 / 55 °C
Mitteltemperatur über Heizzeit	
typischer Betrieb ($f_{\dot{U},HK} = 1,2$)	50 °C
EnEV + Qualitätssicherung	46 °C
mittlere Temperatur Verteilung Trinkwarmwasser	
mit Zirkulation	50 °C
ohne Zirkulation	32 °C
ohne Zirkulation bei nicht gedämmten Zapfleitungen ($U_R > 1 \text{ W/(m K)}$)	26 °C

*) entspricht etwa 7 h Abschaltzeit + Frostschutzbetrieb + Aufheizzeit

Für die Ermittlung der Kennwerte der Bestandsanlagen werden die Randbedingungen nach DIN V 4701-10, DIN V 4701-12 und [PAS 1027] verwendet. Diese sind in Tab. 3 noch einmal zusammengestellt.

Die Heizgrenztemperatur ist auf einen Wert von 15°C festgelegt. Daraus ergibt sich für das Standardklima Deutschland eine Heizperiodenlänge von 275 d/a. Diese Vereinfachung führt bei wärmetechnisch verbesserten Gebäuden tendenziell zu einer Überschätzung der Wärmeverluste. Im Kurzverfahren kann diese Ungenauigkeit toleriert werden, da die Abschätzung auf der sicheren Seite erfolgt. Um einen Übergang zum Neubaustandard zu schaffen, ist jedoch auch eine Korrektur der flächenbezogenen Wärmeverluste (nicht jedoch der Aufwandszahlen) mit der tatsächlichen Länge der Heizzeit möglich und sinnvoll (siehe Gl. (1)).

$$q'_{H,x} = \frac{t_{HP}}{275 \frac{\text{d}}{\text{a}}} \cdot q_{H,x} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})] \quad (1)$$

mit:	$q'_{H,x}$	korrigierter Wert für den Verlustkennwert Heizwärme-Teilsystem x	[kWh/(m²a)]
		Index x = ce (Übergabe), d (Verteilung), s (Speicherung)	
	$q_{H,x}$	Verlustkennwert Heizwärme-Teilsystem x	[kWh/(m²a)]
	t_{HP}	tatsächliche Länge der Heizperiode entsprechend der Heizgrenze des betreffenden Gebäudes	[d/a]

Die Netztemperatur für die Heizwärmeverteilung wird vereinfacht mit dem Auslegungstemperaturpaar 70/55°C (Vorlauf/Rücklauf) angesetzt. Im Zuge der vereinfachten Datenerhebung ist eine Abfrage der tatsächlich eingestellten Systemtemperatur nicht möglich, da diese verlässlich nur durch Einsicht in die Regler-Einstellung vor Ort möglich ist. Entsprechend den Ansätzen in [Diefenbach et al. 2002]/[PAS 1027] wird im Standardfall ein „typischer Betrieb“ angesetzt, was einem Verteilnetz ohne hydraulischen Abgleich (→ höhere Rücklauftemperaturen) und mit flacher eingestellter Heizkurve (→ höhere Temperaturen in der Übergangsjahreszeit) entspricht. Dieser Ansatz ist im Detail in Anhang B dargestellt.

Die der EnEV zu Grunde liegende DIN V 4701-10 geht bei den Netztemperaturen dagegen davon aus, dass das Netz optimal betrieben wird. Auch dieser Betriebszustand wird im Rahmen der vorliegenden Untersuchung betrachtet und als Kategorie „EnEV + Qualitätssicherung“ (Abk.: EnEV + QS) bezeichnet.

Für den Betrieb des Heizwärmenetzes wird vereinfachend eine Vollbetriebszeit von 20 h/d angesetzt (vgl. [Loga et al. 2004]). Die daraus resultierenden Verluste entsprechen etwa der auf der Gebäudeseite angesetzten Dauer der Nachtabstaltung von 7 h/d, wenn man Aufheizzeiten und Frostschutzbetrieb bei tiefen Außentemperaturen berücksichtigt.

Die mittleren Temperaturen der Trinkwarmwasser-Leitungen entsprechen [Diefenbach et al. 2002] / [PAS 1027] für Zirkulationsbetrieb 50 °C, ohne Zirkulation 32 °C. Besitzen die Einzelleitungen ohne Zirkulation einen U_R -Wert >1 , so wird die mittlere Temperatur mit 26 °C angesetzt.

Die Baualtersklassen sind im Wesentlichen mit [PAS 1027] und DIN V 4701-10 identisch. An einzelnen Stellen wurden die Grenzen jedoch leicht verschoben, um die Verwendung von einheitlichen Klassen bei den unterschiedlichen Komponenten zu ermöglichen. Die sich daraus ergebenden Baualtersklassen für Geräte sind:

- vor 1978
- 1978 bis 1986
- 1987 bis 1994
- ab 1995

Die Baualtersklassen der Verteilung entsprechen [PAS 1027].

Für die im „Kurzverfahren Energieprofil“ zu bewertenden Gebäude ist nur die beheizte Wohnfläche bekannt. Daher sind die flächenbezogenen Kennwerte primär auf die beheizte Wohnfläche bezogen. Um einen Vergleich mit der DIN V 4701-10 zu ermöglichen, sind jedoch jeweils auch auf A_N bezogene Kennwerte angegeben. Für den Umrechnungsfaktor zwischen A_{Wohn} und A_N siehe Teilbericht I „Flächenschätzverfahren“.

Für das Verhältnis der „Gebäudenutzfläche“ A_N nach EnEV zur beheizten Wohnfläche A_{Wohn} wird generell ein Wert von 1,25 angesetzt (vgl. „Kurzverfahren Energieprofil“ Teil I – Flächenschätzverfahren).

Der TWW-Nutzwärmebedarf wird gemäß DIN V 4701-12 mit 12,5 kWh pro $m^2 A_N$ und Jahr angesetzt (das entspricht 15,8 kWh pro m^2 Wohnfläche).

3 Verteilung Trinkwarmwasser

Die Ansätze für die Wärmeverlustkoeffizienten der TWW-Verteilleitungen entsprechen [Diefenbach et al. 2002]/[PAS 1027] und sind in Anhang B Tab. 34 dokumentiert. Für die Leitungslängen wird das auf den Gebäudebestand zugeschnittene Modell nach [Diefenbach et al. 2002] verwendet, das eine Differenzierung für Gebäude unterschiedlicher Geschosszahl erlaubt (Anhang B Tab. 37). Damit können die Längen realistischer eingeschätzt werden als bei der alleinigen Abhängigkeit von der Nutzfläche – insbesondere für den Bereich der horizontalen Verteilung (siehe Anhang B Tab. 36). Die Kennwerte für die Hilfsenergie entsprechen [PAS 1027].

Die Randbedingungen für die Berechnung sind im vorangegangenen Abschnitt 2 dokumentiert.

Auf dieser Basis wurden gemäß den Gleichungen der DIN V 4701-10 die Wärmeverluste und die Heizwärmegutschrift für unterschiedliche wärmetechnische Standards bei Variation der Gebäudegröße berechnet. Das Ergebnis zeigt Tab. 4. Hier sind zur besseren Einordnung der Höhe der Verluste auch die effektiven Wärmeverluste, also die Differenz aus Wärmeverlusten und Heizwärmegutschrift angegeben. Die berechneten Kennwerte für die Hilfsenergie finden sich zusammen mit den Hilfsenergiekennwerten der anderen Komponenten in Abschnitt 10.

Bei gleicher Wohnfläche bzw. Nutzfläche zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit von der Anzahl der Vollgeschosse n_{VG} , so dass diese für die Bildung von Kategorien herangezogen werden. Gegenüber dem in DIN V 4701-10 für die Gebäudegröße verwendeten Parameter A_N besitzt die diskrete Größe n_{VG} den Vorteil, dass keine Interpolation nötig ist. Während bei den kleinen Gebäuden ohne Zirkulation eine weitere Differenzierung nicht erforderlich ist, wird bei den Gebäuden mit Zirkulation unterschieden zwischen 3 Kategorien: 1 bis 2 Vollgeschosse, 3 bis 5 Vollgeschosse sowie 6 und mehr Vollgeschosse. Diese Kategorien werden jeweils durch Repräsentanten vertreten, die etwa in der Mitte der Spanne liegen (Tab. 5). Die so ermittelten pauschalen Kennwerte für die Wärmeverluste, die Heizwärmegutschrift und die Hilfsenergie der TWW-Verteilung gibt Tab. 6a (bezogen auf die beheizte Wohnfläche) und Tab. 6b (bezogen auf A_N) wieder.

Tab. 4: Berechnung der Wärmeverluste von TWW-Verteilsystemen bei Variation der „Gebäudenutzfläche“ A_N nach EnEV bzw. der Wohnfläche A_{Wohn} und der Geschosshöhe

Wärmeverluste der Warmwasserverteilung																				
					Standardwerte Bestand												DIN V 4701-10 Anhang C			
					Wärmeverluste in kWh/(m²a)				nutzbare Wärmegewinne in kWh/(m²a)				effektive Wärmeverluste in kWh/(m²a)				Wärme- verluste in kWh/(m²a)	nutzbare Wärme- gewinne in kWh/(m²a)	effektive Wärme- verluste in kWh/(m²a)	
					Anzahl Geschosse				Anzahl Geschosse				Anzahl Geschosse				Verteilung innerhalb der thermischen Hülle			
					1	2	4	8	1	2	4	8	1	2	4	8				
zentrale Systeme mit Zirkulation	Baualtersklasse Verteilsystem	50er - 70er	Ist-Zustand	100	80	29,5	19,0			11,4	11,4			18,0	7,5					
				150	120	35,0	23,7			12,3	12,3			22,7	11,4					
				200	160	38,3	26,5	20,7		12,8	12,8	12,8		25,5	13,7	7,8				
				300	240	42,4	29,9	23,7		13,6	13,6	13,6		28,8	16,3	10,1				
				500	400	46,2	33,1	26,6	23,3	14,3	14,3	14,3	14,3	31,9	18,8	12,2	9,0			
				750	600		35,0	28,2	24,8		14,8	14,8	14,8		20,2	13,4	10,1			
				1.000	800		36,0	29,1	25,6		15,0	15,0	15,0		21,0	14,1	10,6			
				1.500	1.200			30,0	26,5			15,3	15,3			14,7	11,2			
				2.500	2.000			30,8	27,2			15,5	15,5			15,3	11,7			
				5.000	4.000			31,4	27,8			15,7	15,7			15,7	12,1			
		10.000	8.000			31,7	28,1			15,8	15,8			16,0	12,3					
		Mittelwert				38	29	28	26	13	13	15	15	25	16	13	11			
		50er - 70er	Verteilung modernisiert	100	80	23,7	18,4			11,4	11,4			12,2	7,0					
				150	120	27,1	21,4			12,3	12,3			14,8	9,2					
				200	160	29,2	23,3	20,3		12,8	12,8	12,8		16,4	10,5	7,5				
				300	240	31,8	25,5	22,4		13,6	13,6	13,6		18,2	12,0	8,9				
				500	400	34,3	27,7	24,4	22,8	14,3	14,3	14,3	14,3	20,0	13,4	10,1	8,5			
				750	600		29,0	25,6	23,9		14,8	14,8	14,8		14,2	10,9	9,2			
				1.000	800		29,7	26,2	24,5		15,0	15,0	15,0		14,7	11,2	9,5			
				1.500	1.200			26,9	25,2			15,3	15,3			11,7	9,9			
				2.500	2.000			27,5	25,7			15,5	15,5			12,0	10,2			
				5.000	4.000			27,9	26,1			15,7	15,7			12,3	10,5			
		10.000	8.000			28,2	26,4			15,8	15,8			12,4	10,6					
		Mittelwert				29	25	26	25	13	13	15	15	16	12	11	10			
		80er, 90er	Ist-Zustand	100	80	12,0	6,7			4,0	4,0			8,0	2,8					
150	120			14,3	8,6			4,1	4,1			10,2	4,6							
200	160			15,6	9,7	6,8		4,1	4,1	4,1		11,5	5,6	2,6						
300	240			17,2	11,0	7,9		4,2	4,2	4,2		13,0	6,7	3,6						
500	400			18,7	12,1	8,9	7,2	4,3	4,3	4,3	4,3	14,4	7,8	4,5	2,9					
750	600				12,8	9,4	7,7		4,4	4,4	4,4		8,4	5,0	3,3					
1.000	800				13,2	9,7	8,0		4,4	4,4	4,4		8,7	5,3	3,6					
1.500	1.200					10,0	8,3			4,4	4,4			5,6	3,8					
2.500	2.000					10,3	8,5			4,5	4,5			5,8	4,0					
5.000	4.000					10,5	8,7			4,5	4,5			6,0	4,2					
10.000	8.000			10,6	8,8			4,5	4,5			6,1	4,3							
Mittelwert				16	11	9	8	4	4	4	4	11	6	5	4					
NEU	Ist-Zustand	100	80	9,1	3,8			2,1	2,1			7,0	1,7							
		150	120	11,3	5,7			2,2	2,2			9,1	3,5							
		200	160	12,7	6,8	3,8		2,3	2,3	2,3		10,4	4,5	1,6						
		300	240	14,3	8,0	4,9		2,3	2,3	2,3		11,9	5,7	2,6						
		500	400	15,8	9,2	5,9	4,3	2,4	2,4	2,4	2,4	13,3	6,8	3,5	1,8					
		750	600		9,9	6,5	4,8		2,5	2,5	2,5		7,4	4,0	2,3					
		1.000	800		10,2	6,8	5,1		2,5	2,5	2,5		7,7	4,2	2,5					
		1.500	1.200			7,1	5,3			2,6	2,6			4,5	2,8					
		2.500	2.000			7,3	5,6			2,6	2,6			4,8	3,0					
		5.000	4.000			7,6	5,8			2,6	2,6			4,9	3,1					
10.000	8.000			7,7	5,8			2,6	2,6			5,0	3,2							
Mittelwert				13	8	6	5	2	2	2	3	10	5	4	3					
zentrale Systeme ohne Zirkulation	Baualtersklasse Verteilsystem	50er - 70er	Ist-Zustand	100	80	16,4	9,0			5,3	5,3			11,2	3,7					
				150	120	18,6	11,2			5,3	5,3			13,4	5,9					
				200	160	19,7	12,3			5,3	5,3			14,5	7,1					
				300	240	20,9	13,4			5,3	5,3			15,6	8,2					
				500	400															
				Mittelwert				19	11			5	5			14	6			
				50er - 70er	Verteilung modernisiert	100	80	12,3	8,6			5,3	5,3			7,1	3,3			
						150	120	13,4	9,7			5,3	5,3			8,2	4,4			
						200	160	14,0	10,3			5,3	5,3			8,7	5,0			
						300	240	14,5	10,8			5,3	5,3			9,3	5,6			
		500	400																	
		Mittelwert				14	10			5	5			8	5					
		80er, 90er	Ist-Zustand			100	80	9,4	5,7			3,4	3,4			6,0	2,3			
						150	120	10,5	6,8			3,4	3,4			7,1	3,4			
						200	160	11,0	7,3			3,4	3,4			7,7	3,9			
						300	240	11,6	7,9			3,4	3,4			8,2	4,5			
				500	400															
				Mittelwert				11	7			3	3			7	4			
				80er, 90er	Verteilung modernisiert	100	80	6,4	2,7			1,5	1,5			4,9	1,2			
						150	120	7,6	3,8			1,5	1,5			6,1	2,3			
						200	160	8,1	4,4			1,5	1,5			6,6	2,9			
						300	240	8,7	5,0			1,5	1,5			7,2	3,4			
		500	400																	
		Mittelwert				8	4			2	2			6	2					
		EnEV	Ist-Zustand			100	80	6,4	2,7			1,5	1,5			4,9	1,2			
150	120					7,6	3,8			1,5	1,5			6,1	2,3					
200	160					8,1	4,4			1,5	1,5			6,6	2,9					
300	240					8,7	5,0			1,5	1,5			7,2	3,4					
500	400																			
Mittelwert				8	4			2	2			6	2							
dezentrale Systeme und Gas-Etagenheizungen																				
Stichleitungen ungedämmt					4,1				2,6				1,5							
Stichleitungen gedämmt					1,2				0,8				0,4							
1) Bei Bezug auf die beheizte Wohnfläche A _{Wohn} müssen die Werte mit dem Faktor 1,25 multipliziert werden.																				

Kategorien		Repräsentant		
Verteilungsart	Anzahl Vollgeschosse	Vollgeschosse	A_{Wohn}	A_N
ohne Zirkulation	–	2	120 m ²	150 m ²
	1 bis 2	2	120 m ²	150 m ²
mit Zirkulation	3 bis 5	4	2000 m ²	2500 m ²
	6 und mehr	8	2000 m ²	2500 m ²

Tab. 6a: Pauschalwerte für die Trinkwarmwasser Verteilung – Kennwerte bezogen auf die beheizte Wohnfläche A_{Wohn}

Warmwasser Verteilung		Wärmeverluste $q_{w,d}$ [kWh/(m ² a)]			Heizwärme- gutschrift $q_{h,w,d}$ [kWh/(m ² a)]			Hilfsenergie- bedarf $q_{w,d,HE}$ [kWh/(m ² a)]	
Name	Baualtersklasse	Anzahl Vollgeschosse			Anzahl Vollgeschosse			Wohnungsanzahl	
		1 bis 2	3 bis 5	6 und mehr	1 bis 2	3 bis 5	6 und mehr	1 bis 2	3 und mehr
zentrale Verteilung mit Zirkulation	50er bis 70er	29,6	38,5	34,0	15,3	19,4	19,4	1,1	0,7
zentrale Verteilung mit Zirkulation	50er bis 70er, nachträgl. gedämmt	26,8	34,4	32,1	15,3	19,4	19,4	1,1	0,7
zentrale Verteilung mit Zirkulation	80er und 90er	10,8	12,9	10,6	5,1	5,6	5,6	1,1	0,7
zentr. Vert. mit Zirk. inkl. Qualitätssicherung	EnEV	7,1	9,2	7,0	2,7	3,2	3,2	1,1	0,7
zentrale Verteilung ohne Zirkulation	50er bis 70er	14,0	14,0	-	6,6	6,6	-	0,0	0,0
zentrale Verteilung ohne Zirkulation	50er bis 70er, nachträgl. gedämmt	12,1	12,1	-	6,6	6,6	-	0,0	0,0
zentrale Verteilung ohne Zirkulation	80er und 90er	8,5	8,5	-	4,2	4,2	-	0,0	0,0
zentr. Vert. ohne Zirk. inkl. Qualitätssicherung	EnEV	4,8	4,8	-	1,9	1,9	-	0,0	0,0
dezentrales System	bis 90er	5,1	5,1	5,1	3,3	3,3	3,3	0,0	0,0
dezentrales System	EnEV	1,5	1,5	1,5	0,9	0,9	0,9	0,0	0,0

Tab. 6b: Pauschalwerte für die Trinkwarmwasser Verteilung – Kennwerte bezogen auf A_N nach EnEV

Warmwasser Verteilung		Wärmeverluste $q_{w,d}$ [kWh/(m ² a)]			Heizwärme- gutschrift $q_{h,w,d}$ [kWh/(m ² a)]			Hilfsenergie- bedarf $q_{w,d,HE}$ [kWh/(m ² a)]	
Name	Baualtersklasse	Anzahl Vollgeschosse			Anzahl Vollgeschosse			Wohnungsanzahl	
		1 bis 2	3 bis 5	6 und mehr	1 bis 2	3 bis 5	6 und mehr	1 bis 2	3 und mehr
zentrale Verteilung mit Zirkulation	50er bis 70er	23,7	30,8	27,2	12,3	15,5	15,5	0,9	0,5
zentrale Verteilung mit Zirkulation	50er bis 70er, nachträgl. gedämmt	21,4	27,5	25,7	12,3	15,5	15,5	0,9	0,5
zentrale Verteilung mit Zirkulation	80er und 90er	8,6	10,3	8,5	4,1	4,5	4,5	0,9	0,5
zentr. Vert. mit Zirk. inkl. Qualitätssicherung	EnEV	5,7	7,3	5,6	2,2	2,6	2,6	0,9	0,5
zentrale Verteilung ohne Zirkulation	50er bis 70er	11,2	11,2	-	5,3	5,3	-	0,0	0,0
zentrale Verteilung ohne Zirkulation	50er bis 70er, nachträgl. gedämmt	9,7	9,7	-	5,3	5,3	-	0,0	0,0
zentrale Verteilung ohne Zirkulation	80er und 90er	6,8	6,8	-	3,4	3,4	-	0,0	0,0
zentr. Vert. ohne Zirk. inkl. Qualitätssicherung	EnEV	3,8	3,8	-	1,5	1,5	-	0,0	0,0
dezentrales System	bis 90er	4,1	4,1	4,1	2,6	2,6	2,6	0,0	0,0
dezentrales System	EnEV	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8	0,8	0,0	0,0

4 Speicherung Trinkwarmwasser

Ausgangspunkt für die Bestimmung der Pauschalwerte für die TWW-Speicherung sind die Kennwerte für den Wärmeverlust und den Hilfsenergiebedarf gemäß DIN V 4701-12 (Einbau bis 1994) und DIN V 4701-10 (Einbau ab 1995).

Mit den Gleichungen der DIN V 4701-10 wurden die Wärmeverluste für unterschiedliche Baualtersklassen bei Variation der Gebäudegröße berechnet. Das Ergebnis zeigt Tab. 7. Es zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit von der Wohn- bzw. Nutzfläche. Diese wurde in drei Kategorien aufgeteilt. Als Parameter für die Gebäudegröße wird nicht A_N sondern die Anzahl der Wohneinheiten n_{WE} verwendet. Der Vorteil dieser diskreten Größe ist, dass keine unmotivierten Sprünge bei Variation der Gebäudegröße auftreten bzw. keine Interpolation nötig ist.

Wie bei der TWW-Verteilung wird auch hier jeder Kategorie ein Repräsentant zugeordnet (siehe Tab. 8). Die berechneten Kennwerte für die Hilfsenergie finden sich zusammen mit den Hilfsenergiekennwerten der anderen Komponenten in Abschnitt 10.

Die auf diese Weise ermittelten pauschalen Kennwerte für die Wärmeverluste und die Hilfsenergie der TWW-Speicherung gibt Tab. 9a (bezogen auf die beheizte Wohnfläche) und Tab. 9b (bezogen auf A_N) wieder. Da nicht vorausgesetzt werden kann, dass Gebäudeeigentümer das genaue Baualter von zentralen oder dezentralen Speichern kennen, die vor 1994 eingebaut wurden und eine detaillierte Datenaufnahme im Rahmen des Kurzverfahrens nicht vorgesehen ist, wurden die Baualtersklassen vor 1994 zusammengefasst. Die Wärmeverluste von elektrischen Tages speichern und Elektro-Nachtspeichern werden vereinfachend wie indirekt beheizte Speicher behandelt

Tab. 7 Berechnung der Wärmeverluste von TWW-Speichern bei Variation der „Gebäudenutzfläche“ nach EnEV bzw. der Wohnfläche

zentrale WW-Bereitung – indirekt beheizte Speicher												
	A _N [m²]	A _{Wohn} [m²]	Anzahl Wohn- einheiten	Speicher- Gesamt- Volumen	Anzahl Speicher	Volumen Einzel- Speicher	Wärme- verlust täglich	Wärme- verlust- leistung	Wärme- verlust jährlich	bezogen auf A _N * q _{TW,s}	Kategorie Wohnungs- anzahl	
			n _{WE}	V _{SG} [Liter]	n _S	V _S [Liter]	q _{B,S} [kWh/d]	[W]	Q _{TW,s} [kWh/a]	q _{TW,s} kWh/(m²a)]		
Baualterklasse	vor 1978	100	80	1	247	1	247	4,6	193	1672	16,7	1 bis 2
		150	120	1	268	1	268	4,8	201	1736	11,6	
		200	160	2	289	1	289	5,0	208	1797	9,0	
		300	240	3	331	1	331	5,3	221	1912	6,4	3 bis 7
		500	400	5	414	1	414	5,9	246	2122	4,2	
		750	600	7	518	1	518	6,5	273	2356	3,1	
		1.000	800	10	621	1	621	7,1	297	2567	2,6	8 und mehr
		1.500	1.200	15	826	1	826	8,2	340	2938	2,0	
		2.500	2.000	25	1229	2	614	14,2	591	5108	2,0	
		5.000	4.000	50	2200	3	733	23,1	964	8332	1,7	
	10.000	8.000	100	3985	4	996	35,7	1487	12853	1,3		
	1978-1986	100	80	1	205	1	205	3,7	154	1330	13,3	1 bis 2
		150	120	1	222	1	222	3,8	160	1379	9,2	
		200	160	2	240	1	240	4,0	165	1427	7,1	
		300	240	3	275	1	275	4,2	175	1517	5,1	3 bis 7
		500	400	5	344	1	344	4,7	194	1681	3,4	
		750	600	7	431	1	431	5,2	216	1863	2,5	
		1.000	800	10	517	1	517	5,6	234	2027	2,0	8 und mehr
		1.500	1.200	15	687	1	687	6,4	268	2315	1,5	
		2.500	2.000	25	1023	2	512	11,2	467	4035	1,6	
		5.000	4.000	50	1833	2	916	14,7	614	5303	1,1	
	10.000	8.000	100	3320	4	830	28,1	1171	10122	1,0		
	1987-1994	100	80	1	205	1	205	3,4	142	1227	12,3	1 bis 2
		150	120	1	222	1	222	3,5	147	1272	8,5	
		200	160	2	240	1	240	3,7	152	1315	6,6	
		300	240	3	275	1	275	3,9	162	1397	4,7	3 bis 7
		500	400	5	344	1	344	4,3	179	1547	3,1	
		750	600	7	431	1	431	4,8	198	1713	2,3	
		1.000	800	10	517	1	517	5,2	216	1863	1,9	8 und mehr
		1.500	1.200	15	687	1	687	5,9	246	2126	1,4	
		2.500	2.000	25	1023	2	512	10,3	429	3709	1,5	
		5.000	4.000	50	1833	2	916	13,5	563	4867	1,0	
	10.000	8.000	100	3320	4	830	25,8	1075	9291	0,9		
ab 1995	100	80	1	151	1	151	1,9	79	680	6,8	1 bis 2	
	150	120	1	200	1	200	2,1	86	744	5,0		
	200	160	2	245	1	245	2,2	92	794	4,0		
	300	240	3	325	1	325	2,4	101	872	2,9	3 bis 7	
	500	400	5	465	1	465	2,7	114	984	2,0		
	750	600	7	618	1	618	3,0	126	1085	1,4		
	1.000	800	10	755	1	755	3,2	135	1164	1,2	8 und mehr	
	1.500	1.200	15	1003	2	502	5,6	234	2021	1,3		
	2.500	2.000	25	1435	2	717	6,4	265	2287	0,9		
	5.000	4.000	50	2330	3	777	9,8	408	3528	0,7		
10.000	8.000	100	3786	4	946	14,0	583	5043	0,5			
Gas-beh. Speicher	vor 1985	200	160	1	163	1	163	15,4	640	5884	29,4	
	ab 1986	200	160	1	163	1	163	11,0	457	3949	19,7	
Elektro- Kleinspeicher	vor 1989	100	80	1	10	2	5	1,0	42	362	3,6	
	1989-1994	100	80	1	10	2	5	0,9	37	323	3,2	
	ab 1995	100	80	1	10	2	5	0,7	30	258	2,6	

*) Bei Bezug auf die beheizte Wohnfläche A_{Wohn} müssen die Werte mit dem Faktor 1,25 multipliziert werden.

Tab. 8: Zuordnung der Repräsentanten zu den Kategorien für die TWW-Speicherung

Kategorien		Repräsentant		
Speichertyp	Anzahl Wohneinheiten	Anzahl Wohneinheiten	A_{Wohn}	A_N
zentraler Speicher (indirekt beheizt)	1 bis 2	1	120 m ²	150 m ²
	3 bis 7	5	400 m ²	500 m ²
	8 und mehr	25	2000 m ²	2500 m ²
Gas-beh. Speicher	1 bis 2	1	160 m ²	200 m ²
Elektro-Kleinspeicher	alle	1	80 m ²	100 m ²

Tab. 9a: ermittelte Pauschalwerte für die Trinkwarmwasser Speicherung – Kennwerte bezogen auf die beheizte Wohnfläche A_{Wohn}

Warmwasser Speicherung		Wärmeverluste $q_{w,s}$ [kWh/(m ² a)]			Heizwärme-gutschrift $q_{h,w,s}$ [kWh/(m ² a)]			Hilfsenergie-bedarf $q_{w,s,HE}$ [kWh/(m ² a)]	
Name	Baualterklasse	Wohnungsanzahl			Wohnungsanzahl			Wohnungsanzahl	
		1 bis 2	3 bis 7	8 und mehr	1 bis 2	3 bis 7	8 und mehr	1 bis 2	3 und mehr
zentraler WW-Speicher außerh. th. H.	bis 1994	11,5	4,2	2,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
zentraler WW-Speicher außerh. th. H.	ab 1995	6,2	2,5	1,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
zentraler WW-Speicher innerh. th. H.	bis 1994	11,5	4,2	2,0	7,4	2,7	1,3	0,1	0,1
zentraler WW-Speicher innerh. th. H.	ab 1995	6,2	2,5	1,1	4,0	1,6	0,7	0,1	0,1
Gas-beheizter Trinkwasserspeicher	-	24,7	-	-	0,0	-	-	0,0	-
Elektro-Kleinspeicher	bis 1994	4,0	4,0	4,0	2,6	2,6	2,6	0,0	0,0
Elektro-Kleinspeicher	ab 1995	3,2	3,2	3,2	2,1	2,1	2,1	0,0	0,0

Tab. 9b: ermittelte Pauschalwerte für die Trinkwarmwasser Speicherung – Kennwerte bezogen auf A_N nach EnEV

Warmwasser Speicherung		Wärmeverluste $q_{w,s}$ [kWh/(m ² a)]			Heizwärme-gutschrift $q_{h,w,s}$ [kWh/(m ² a)]			Hilfsenergie-bedarf $q_{w,s,HE}$ [kWh/(m ² a)]	
Name	Baualterklasse	Wohnungsanzahl			Wohnungsanzahl			Wohnungsanzahl	
		1 bis 2	3 bis 7	8 und mehr	1 bis 2	3 bis 7	8 und mehr	1 bis 2	3 und mehr
zentraler WW-Speicher außerh. th. H.	bis 1994	9,2	3,4	1,6	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
zentraler WW-Speicher außerh. th. H.	ab 1995	5,0	2,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
zentraler WW-Speicher innerh. th. H.	bis 1994	9,2	3,4	1,6	5,9	2,2	1,0	0,1	0,0
zentraler WW-Speicher innerh. th. H.	ab 1995	5,0	2,0	0,9	3,2	1,3	0,6	0,1	0,0
Gas-beheizter Trinkwasserspeicher	-	19,7	-	-	0,0	-	-	0,0	-
Elektro-Kleinspeicher	bis 1994	3,2	3,2	3,2	2,1	2,1	2,1	0,0	0,0
Elektro-Kleinspeicher	ab 1995	2,6	2,6	2,6	1,7	1,7	1,7	0,0	0,0

5 Erzeugung Trinkwarmwasser

5.1 Brennstoffgespeiste Systeme (Kessel und Umlaufwasserheizer)

Die Kennwerte der bis 1994 eingebauten Wärmeerzeuger stammen aus DIN V 4701-12, die Kennwerte der Neuanlagen aus DIN V 4701-10.

Die Berechnung der Erzeugeraufwandszahlen erfolgt mit Hilfe der Formeln aus DIN V 4701-10. Bereitschaftsverluste werden nach DIN nur außerhalb der Heizperiode berücksichtigt – die innerhalb der Heizperiode entstehenden Bereitschaftsverluste sind in der Erzeugeraufwandszahl für die Raumheizung enthalten.

In der Praxis ergibt sich auf Grund unterschiedlicher Kesselauslegungen eine große Bandbreite für den Belastungsgrad. Die quantitative Auswirkung liegt jedoch im Fall der Warmwasserbereitung nur im Bereich von 1 bis 2 kWh/(m²a). Daher wird der Belastungsgrad bei der Warmwasserbereitung für alle Wärmeerzeuger vereinfachend konstant gesetzt. Der Wert ergibt sich aus den folgenden Annahmen und Vereinfachungen:

- Der TWW-Nutzwärmebedarf wird gemäß DIN V 4701-12 mit 12,5 kWh pro m² A_N und Jahr angesetzt (das entspricht 15,8 kWh pro m² Wohnfläche). Die Wärmeverluste für Wärmespeicherung und Verteilung werden vereinfacht als konstanter flächenbezogener Wert angesetzt, der dem eines kleinen Mehrfamilienhauses entspricht. Für die Speicherung wird gemäß Tab. 9 der A_N -bezogene Wert 3,4 kWh/(m²a) (Kategorie „3 bis 7 Wohneinheiten“ Baualtersklasse „bis 1994“), für die Verteilung gemäß Tab. 6 der Wert 10,3 kWh/(m²a) (Kategorie „3 bis 5 Vollgeschosse“ und Baualtersklasse „80er und 90er“) angesetzt.
- Die insgesamt bereitzustellende Wärmemenge beträgt damit 26,3 kWh/(m²a) (bezogen auf A_N).
- Die Gebäudeheizlast wird pauschal mit 100 W pro m² Wohnfläche angesetzt, also 80 W pro m² A_N .
- Bei Annahme einer zweifachen Überdimensionierung des Wärmeerzeugers ergibt dies eine Nennwärmeleistung von 160 W pro m² A_N .
- Unter diesen Annahmen ergibt sich ein Belastungsgrad von 0,019.

Tab. 11 zeigt die so berechneten Erzeugeraufwandszahlen in Abhängigkeit von der Kesselleistung. Zur Vereinfachung werden die Werte in den beiden Kategorien Einfamilienhaus („EFH“) und Mehrfamilienhaus („MFH“) zusammengefasst. „EFH“ und „MFH“ werden über die Zahl der Wohneinheiten definiert (siehe Tab. 10). Die so ermittelten pauschalen Erzeugeraufwandszahlen und Hilfsenergie-Kennwerte sind in Tab. 13a (bezogen auf die beheizte Wohnfläche) und in Tab. 13b (bezogen auf A_N) zusammen mit denen der anderen Wärmeerzeuger zusammengestellt.

Tab. 10: Zuordnung der Repräsentanten zu den Kategorien für die Wärmeerzeugung TWW

Kategorien		Repräsentant		
Gebäudeart	Anzahl Wohneinheiten	Q_n	A_{Wohn}	A_N
EFH	1 bis 2	24	120 m²	150 m²
MFH	3 und mehr	500	2500 m²	3125 m²

Tab. 11: berechnete Erzeugeraufwandszahlen für die Warmwasserbereitung bei Variation der Nennwärmeleistung des Kessels

Wärmeerzeuger Warmwasserbereitung bei Kombination mit Heizbetrieb	Nennwärme- leistung Kessel $\dot{Q}_n$	Erzeugeraufwandszahl e_g		entspricht Jahres- Nutzungsgrad
		berechnet	Pauschal- wert	
Konstant-Temperatur-Kessel atmosphärisch (Gas-Spezialkessel) vor 1978	11 kW	1,89	EFH 1,75	57%
	24 kW	1,75		
	50 kW	1,64		
	Berechnung nach DIN V 4701-10	100 kW 1,55	MFH 1,41	71%
	Werte aus DIN V 4701-12	500 kW 1,41		
		1000 kW 1,36		
Konstant-Temperatur-Kessel atmosphärisch (Gas-Spezialkessel) 1978 - 1994	11 kW	1,70	EFH 1,58	63%
	24 kW	1,58		
	50 kW	1,49		
	Berechnung nach DIN V 4701-10	100 kW 1,42	MFH 1,30	77%
	Werte aus DIN V 4701-12	500 kW 1,30		
		1000 kW 1,26		
Konstant-Temperatur-Kessel mit Gebläse (Öl/Gas) vor 1978	-	-	EFH 1,78	56%
	24 kW	1,78		
	50 kW	1,66		
	Berechnung nach DIN V 4701-10	100 kW 1,57	MFH 1,41	71%
	Werte aus DIN V 4701-12	500 kW 1,41		
		1000 kW 1,36		
Konstant-Temperatur-Kessel mit Gebläse (Öl/Gas) 1978 - 1986	-	-	EFH 1,61	62%
	24 kW	1,61		
	50 kW	1,51		
	Berechnung nach DIN V 4701-10	100 kW 1,43	MFH 1,31	77%
	Werte aus DIN V 4701-12	500 kW 1,31		
		1000 kW 1,27		
Konstant-Temperatur-Kessel mit Gebläse (Öl/Gas) 1987 - 1994	-	-	EFH 1,57	64%
	24 kW	1,57		
	50 kW	1,47		
	Berechnung nach DIN V 4701-10	100 kW 1,40	MFH 1,28	78%
	Werte aus DIN V 4701-12	500 kW 1,28		
		1000 kW 1,24		
Konstant-Temperatur-Kessel (Öl/Gas) ab 1995	11 kW	1,63	EFH 1,49	67%
	24 kW	1,49		
	50 kW	1,39		
	Berechnung nach DIN V 4701-10	100 kW 1,32	MFH 1,21	83%
	Werte aus DIN V 4701-10	500 kW 1,21		
		1000 kW 1,17		
Niedertemperatur-Kessel atmosphärisch (Gas-Spezialkessel) vor 1995	11 kW	1,27	EFH 1,24	81%
	24 kW	1,24		
	50 kW	1,21		
	Berechnung nach DIN V 4701-10	100 kW 1,19	MFH 1,16	86%
	Werte aus DIN V 4701-12	500 kW 1,16		
		1000 kW 1,16		
Gas-Therme Umlaufwasserheizer vor 1987	11 kW	1,26	EFH 1,26	79%
	24 kW	1,26		
	-	-		
	Berechnung nach DIN V 4701-10	-	MFH -	-
	Werte aus DIN V 4701-12	-		
	-	-		
Gas-Therme Umlaufwasserheizer 1987 - 1994	11 kW	1,23	EFH 1,23	81%
	24 kW	1,23		
	-	-		
	Berechnung nach DIN V 4701-10	-	MFH -	-
	Werte aus DIN V 4701-12	-		
	-	-		
Gas-Therme Umlaufwasserheizer ab 1995	11 kW	1,20	EFH 1,20	83%
	24 kW	1,20		
	-	-		
	Berechnung nach DIN V 4701-10	-	MFH -	-
	Werte aus DIN V 4701-10	-		
	-	-		

Tab. 11 (Fortsetzung)

Wärmeerzeuger Warmwasserbereitung bei Kombination mit Heizbetrieb	Nennwärme- leistung Kessel $\dot{Q}_n$	Erzeugeraufwandszahl e_g		entspricht Jahres- Nutzungsgrad
		berechnet	Pauschal- wert	
Niedertemperatur-Kessel mit Gebläse (Öl/Gas) vor 1987 Berechnung nach DIN V 4701-10 Werte aus DIN V 4701-12	-	-	EFH	79%
	24 kW	1,26	MFH	1,18
	50 kW	1,23		
	100 kW	1,21		
	500 kW	1,18		
	1000 kW	1,17		
Niedertemperatur-Kessel mit Gebläse (Öl/Gas) 1987 - 1994 Berechnung nach DIN V 4701-10 Werte aus DIN V 4701-12	-	-	EFH	81%
	24 kW	1,23	MFH	1,15
	50 kW	1,20		
	100 kW	1,18		
	500 kW	1,15		
	1000 kW	1,14		
Niedertemperatur-Kessel (Öl/Gas) ab 1995 Berechnung nach DIN V 4701-10 Werte aus DIN V 4701-10	11 kW	1,18	EFH	87%
	24 kW	1,16	MFH	1,10
	50 kW	1,14		
	100 kW	1,12		
	500 kW	1,10		
	1000 kW	1,09		
Brennwert-Kessel Gas vor 1987 Berechnung nach DIN V 4701-10 Werte aus DIN V 4701-12	-	-	EFH	83%
	24 kW	1,20	MFH	1,13
	50 kW	1,18		
	100 kW	1,16		
	500 kW	1,13		
	1000 kW	1,13		
Brennwert-Kessel Gas 1987 - 1994 Berechnung nach DIN V 4701-10 Werte aus DIN V 4701-12	-	-	EFH	85%
	24 kW	1,17	MFH	1,11
	50 kW	1,15		
	100 kW	1,13		
	500 kW	1,11		
	1000 kW	1,10		
Brennwert-Kessel Gas ab 1995 Berechnung nach DIN V 4701-10 Werte aus DIN V 4701-10	11 kW	1,14	EFH	89%
	24 kW	1,12	MFH	1,08
	50 kW	1,11		
	100 kW	1,09		
	500 kW	1,08		
	1000 kW	1,07		
Gas-Brennwert-Therme Umlaufwasserheizer ab 1995 Berechnung nach DIN V 4701-10 Werte aus DIN V 4701-10	11 kW	1,16	EFH	86%
	24 kW	1,16	MFH	-
	-	-		
	-	-		
Brennwert-Kessel Öl ab 1995 Berechnung nach DIN V 4701-10 Werte aus DIN V 4701-10	11 kW	1,16	EFH	88%
	24 kW	1,14	MFH	1,09
	50 kW	1,12		
	100 kW	1,11		
	500 kW	1,09		
	1000 kW	1,08		

fett gedruckte Werte = innerhalb des Toleranzbereichs von +20%/-20% um den Pauschalwert

EFH = Wohnhäuser mit 1 bis 2 Wohneinheiten oder wohnungsweise Versorgung

MFH = Wohnhäuser mit 3 und mehr Wohneinheiten

5.2 Gas-Speicherwassererwärmer

Die Erzeugeraufwandszahl von Gas-Speicherwassererwärmern wird gemäß DIN V 4701-12 mit $e_g = 1,22$ angesetzt. Zusätzlich müssen Speicherwärmeverluste gemäß Abschnitt 4 angesetzt werden. Der Hilfsenergiebedarf wird zu 0 kWh/(m²a) angesetzt. Diese Kennwerte finden sich zusammen mit denen der anderen Wärmeerzeuger in Tab. 13a/b.

5.3 Elektro-Wärmepumpen

Die Ansätze für bis 1994 gebaute Elektro-Wärmepumpen entsprechen denen der DIN V 4701-12. Für ab 1995 gebaute Anlagen werden die Werte aus [Diefenbach et al. 2002] verwendet (siehe Anhang D). Die dort durchgeführten Datenerhebungen legen den Schluss nahe, dass diese Werte für diese Baualtersklasse realistischer sind als die in DIN V 4701-10 für Neuanlagen angesetzten Kennwerte. Werden die Anlagen monovalent bzw. monoenergetisch betrieben, so wird pauschal ein Wärmeanteil von 5% durch einen elektrischen Heizstab gedeckt (Ansatz nach DIN V 4701-10). Dieser ist pauschal schon in der entsprechenden Erzeugeraufwandszahl berücksichtigt. Bei alternativer oder paralleler Betriebsweise können die Werte ohne Heizstab verwendet werden.

Tab. 12 zeigt die ermittelten Jahresarbeitszahlen und die sich daraus ergebenden Erzeugeraufwandszahlen. Diese und die Hilfsenergie-Kennwerte sind in Tab. 13a (bezogen auf die beheizte Wohnfläche) und in Tab. 13b (bezogen auf A_N) noch einmal zusammen mit denen der anderen Wärmeerzeuger dargestellt.

Tab. 12: Ansätze für die pauschalen Jahresarbeitszahlen und Erzeugeraufwandszahlen von Elektro-Wärmepumpen für die Trinkwarmwasserbereitung

		Jahresarbeitszahlen β				Erzeuger-Aufwandszahlen e_g		
	Baualtersklasse	Elektro-Heizstab	Wärmequelle			Wärmequelle		
			Erdreich oder Grundwasser	Außenluft	Kellerluft	Erdreich oder Grundwasser	Außenluft	Kellerluft
WW-Bereitung	bis 1994	ohne	3,1	2,4	2,8	0,32	0,42	0,36
		mit*	2,8	2,2	2,6	0,36	0,45	0,39
	ab 1995	ohne	3,5	2,8	2,8	0,29	0,35	0,35
		mit*	3,1	2,6	2,6	0,32	0,38	0,38

*) Heizstab mit pauschal 5% Deckungsanteil

5.4 Nah-/Fernwärme

Im Fall des Anschlusses des Gebäudes an Nah- oder Fernwärme wird analog zu DIN V 4701-10 als Wärmeerzeuger eine Fernwärme-Übergabestation angesetzt. Die in DIN V 4701-12 und 4701-10 angegebene Erzeugeraufwandszahl beträgt 1,14, der Hilfsenergiebedarf 0 kWh/(m²a).

5.5 Thermische Solaranlagen

Gemäß DIN V 4701-10/-12 ist die Erzeugeraufwandszahl von thermischen Solaranlagen Null. Der Deckungsanteil der Solaranlagen hängt von vielen Parametern ab. DIN V 4701-10 stellt für die Ermittlung ein sehr komplexes Verfahren mit einer Reihe von Eingangsgrößen bereit. Im Kurzverfahren kann jedoch lediglich abgefragt werden, ob eine thermische Solaranlage vorhanden ist. Alle weiteren Parameter sind nur sehr aufwändig zu ermitteln. Daher muss der Deckungsanteil einer thermischen Solaranlage vereinfacht bewertet werden. Der Deckungsanteil wird pauschal für Einfamilienhäuser (1 bis 2 Wohneinheiten) mit 50%, für Mehrfamilienhäuser (3 und mehr Wohneinheiten) mit 40% angesetzt.

5.6 Dezentral-elektrische Warmwasserbereitung

Die Erzeuger-Aufwandszahl für Durchlauferhitzer und Elektro-Speicher wird entsprechend DIN V 4701-10 und -122 mit 1,0 angesetzt.

5.7 Zusammenfassung der Kennwerte für die Erzeugung Trinkwarmwasser

Die in den vorangegangenen Abschnitten abgeleiteten Erzeuger-Aufwandszahlen und Hilfsenergie-Kennwerte für die TWW-Wärmeerzeugung sind in Tab. 13a (bezogen auf die beheizte Wohnfläche) und in Tab. 13b (bezogen auf A_N) zusammengestellt.

Tab. 13a: ermittelte Pauschalwerte für die Trinkwarmwasser Wärmeerzeugung – Erzeugeraufwandszahlen und Kennwerte für den Hilfsenergiebedarf bezogen auf die beheizte Wohnfläche A_{Wohn}

Warmwasser Erzeugung		Erzeuger- Aufwandszahl $e_{W,g}$ [-]		Hilfsenergie- bedarf $q_{W,g,HE}$ [kWh/(m ² a)]	
Name	Baualtersklasse	Wohnungsanzahl		Wohnungsanzahl	
		1 bis 2	3 und mehr	1 bis 2	3 und mehr
Konstanttemperatur-Kessel	bis 1986	1,61	1,31	0,3	0,1
Konstanttemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,57	1,28	0,3	0,1
Konstanttemperatur-Kessel	ab 1995	1,49	1,21	0,3	0,1
Niedertemperatur-Kessel	bis 1986	1,26	1,18	0,3	0,1
Niedertemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,23	1,15	0,3	0,1
Niedertemperatur-Kessel	ab 1995	1,16	1,10	0,3	0,1
Brennwert-Kessel	bis 1986	1,20	1,13	0,3	0,1
Brennwert-Kessel	1987 bis 1994	1,17	1,11	0,3	0,1
Brennwert-Kessel	ab 1995	1,12	1,08	0,3	0,1
Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	bis 1994	1,23	1,23	0,3	0,1
Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	ab 1995	1,20	1,20	0,3	0,1
Gas-Brennwert-Therme	bis 1994	1,20	1,20	0,3	0,1
Gas-Brennwert-Therme	ab 1995	1,16	1,16	0,3	0,1
Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	bis 1994	0,32	0,32	0,4	0,3
Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	bis 1994	0,36	0,36	0,4	0,3
Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	ab 1995	0,29	0,29	0,4	0,3
Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	ab 1995	0,32	0,32	0,4	0,3
Elektro-Wärmepumpe Außenluft	bis 1994	0,42	0,42	0,4	0,3
Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	bis 1994	0,45	0,45	0,4	0,3
Elektro-Wärmepumpe Außenluft	ab 1995	0,35	0,35	0,4	0,3
Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	ab 1995	0,38	0,38	0,4	0,3
Elektro-Wärmepumpe Kellerluft	bis 1994	0,36	0,36	0,4	0,3
Elektro-Wärmepumpe Kellerluft mit Heizstab	bis 1994	0,39	0,39	0,4	0,3
Elektro-Wärmepumpe Kellerluft	ab 1995	0,35	0,35	0,4	0,3
Elektro-Wärmepumpe Kellerluft mit Heizstab	ab 1995	0,38	0,38	0,4	0,3
Fernwärme-Übergabestation	-	1,04	1,04	0,0	0,0
zentraler Elektro-Speicher	-	1,00	1,00	0,0	0,0
dezentrale Elektro-Kleinspeicher	-	1,00	1,00	0,0	0,0
dezentrale Elektro-Durchlauferhitzer	-	1,00	1,00	0,0	0,0
dezentrale Gas-Durchlauferhitzer	bis 1994	1,23	1,23	0,0	0,0
dezentrale Gas-Durchlauferhitzer	ab 1995	1,20	1,20	0,0	0,0
Gas-Speicherwassererwärmer		1,22	1,22	0,0	0,0

Tab. 6b: ermittelte Pauschalwerte für die Trinkwarmwasser Wärmeerzeugung – Erzeugeraufwandszahlen und Kennwerte für den Hilfsenergiebedarf bezogen auf A_N nach EnEV

Warmwasser Erzeugung		Erzeuger- Aufwandszahl $e_{W,g}$ [-]		Hilfsenergie- bedarf $q_{W,g,HE}$ [kWh/(m ² a)]	
Name	Baualtersklasse	Wohnungsanzahl		Wohnungsanzahl	
		1 bis 2	3 und mehr	1 bis 2	3 und mehr
Konstanttemperatur-Kessel	bis 1986	1,61	1,31	0,2	0,0
Konstanttemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,57	1,28	0,2	0,0
Konstanttemperatur-Kessel	ab 1995	1,49	1,21	0,2	0,0
Niedertemperatur-Kessel	bis 1986	1,26	1,18	0,2	0,0
Niedertemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,23	1,15	0,2	0,0
Niedertemperatur-Kessel	ab 1995	1,16	1,10	0,2	0,0
Brennwert-Kessel	bis 1986	1,20	1,13	0,2	0,0
Brennwert-Kessel	1987 bis 1994	1,17	1,11	0,2	0,0
Brennwert-Kessel	ab 1995	1,12	1,08	0,2	0,0
Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	bis 1994	1,23	1,23	0,2	0,0
Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	ab 1995	1,20	1,20	0,2	0,0
Gas-Brennwert-Therme	bis 1994	1,20	1,20	0,2	0,0
Gas-Brennwert-Therme	ab 1995	1,16	1,16	0,2	0,0
Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	bis 1994	0,32	0,32	0,3	0,2
Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	bis 1994	0,36	0,36	0,3	0,2
Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	ab 1995	0,29	0,29	0,3	0,2
Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	ab 1995	0,32	0,32	0,3	0,2
Elektro-Wärmepumpe Außenluft	bis 1994	0,42	0,42	0,3	0,2
Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	bis 1994	0,45	0,45	0,3	0,2
Elektro-Wärmepumpe Außenluft	ab 1995	0,35	0,35	0,3	0,2
Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	ab 1995	0,38	0,38	0,3	0,2
Elektro-Wärmepumpe Kellerluft	bis 1994	0,36	0,36	0,3	0,2
Elektro-Wärmepumpe Kellerluft mit Heizstab	bis 1994	0,39	0,39	0,3	0,2
Elektro-Wärmepumpe Kellerluft	ab 1995	0,35	0,35	0,3	0,2
Elektro-Wärmepumpe Kellerluft mit Heizstab	ab 1995	0,38	0,38	0,3	0,2
Fernwärme-Übergabestation	-	1,04	1,04	0,0	0,0
zentraler Elektro-Speicher	-	1,00	1,00	0,0	0,0
dezentrale Elektro-Kleinspeicher	-	1,00	1,00	0,0	0,0
dezentrale Elektro-Durchlauferhitzer	-	1,00	1,00	0,0	0,0
dezentrale Gas-Durchlauferhitzer	bis 1994	1,23	1,23	0,0	0,0
dezentrale Gas-Durchlauferhitzer	ab 1995	1,20	1,20	0,0	0,0
Gas-Speicherwassererwärmer		1,22	1,22	0,0	0,0

6 Übergabe Raumwärme

Für die thermostatisch geregelte Wärmeabgabe wird nach Vorgabe der DIN V 4701-10/-12 ein Wert von 3,3 kWh/(m²a) (bezogen auf A_N) angesetzt.¹ Im Fall von energetisch modernisierten Ge-

¹ Allerdings ist die Verwendung eines konstanten Wertes des Wärmeübergabeverlustes für sehr unterschiedliche Wärmeschutzstandards äußerst fragwürdig. Sobald neuere Forschungsergebnisse hierzu vorliegen, sollte der Ansatz korrigiert werden.

bäuden können diese Tabellenwerte wie auch die für die Verteilung und Speicherung mit der tatsächlichen Länge der Heizzeit korrigiert werden (siehe Gl. (1)).

Für Einzelfeuerstätten ist in der Norm ein Verlust von $9,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ angesetzt. Dieser relativ hohe Wert erscheint aus folgenden Gründen fragwürdig: Für den Intervallbetrieb ohne thermostatische Regelung und ohne Sollwert der Raumtemperatur sind die Wärmeübergabeverluste im Prinzip nicht definiert. Genauso wie zeitweise höhere Temperaturen auftreten (nach dem Anheizen), gibt es in der Regel auch Zeiten der Unterversorgung. Dies bestätigt die Praxis: In mit Einzelöfen beheizten Gebäuden ist allgemein das durchschnittliche Raumtemperaturniveau niedriger als in zentralbeheizten Gebäuden. Daher ist meist auch eine Zunahme des Brennstoffverbrauchs nach Einbau von Zentralheizungen zu beobachten – bedingt durch den dann erreichten höheren thermischen Komfort. Der nach DIN angesetzte hohe Verlust von $9,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ würde sich im Gegensatz dazu in höheren Raumtemperaturen bemerkbar machen. Diese Frage kann im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht geklärt werden. Da die Wärmeübergabeverluste im Fall von Einzelöfen eigentlich gar nicht definiert sind, wird hier ein Wert $0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ angesetzt.²

7 Verteilung Heizwärme

Die Ansätze für die Wärmeverlustkoeffizienten entsprechen [PAS 1027]/[Diefenbach et al. 2002] und sind in Anhang B Tab. 34 dokumentiert. Wie bei der Warmwasserbereitung wird für die Leitungslängen das auf den Gebäudebestand zugeschnittene Modell nach [Diefenbach et al. 2002] verwendet, das eine Differenzierung für Gebäude unterschiedlicher Geschosshöhe erlaubt (Anhang B Tab. 37). Damit können die Längen realistischer eingeschätzt werden als bei der alleinigen Abhängigkeit von der Nutzfläche – insbesondere für den Bereich der horizontalen Verteilung (siehe Anhang B Tab. 35). Die Kennwerte für die Hilfsenergie entsprechen [PAS 1027].

Die Randbedingungen für die Berechnung sind in Abschnitt 2 dokumentiert.

Auf dieser Basis wurden gemäß den Gleichungen der DIN V 4701-10 die Wärmeverluste für unterschiedliche wärmetechnische Standards bei Variation der Gebäudegröße berechnet. Das Ergebnis zeigt Tab. 14. Zum Vergleich sind hier auch die Werte der DIN V 4701-10 für Neubauten dargestellt. Die berechneten Kennwerte für die Hilfsenergie finden sich zusammen mit den Hilfsenergiekennwerten der anderen Komponenten in Abschnitt 10.

Bei gleicher Wohnfläche bzw. Nutzfläche zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit von der Geschosshöhe, so dass diese für die Bildung von 3 Kategorien herangezogen werden: 1 bis 2 Vollgeschosse, 3 bis 5 Vollgeschosse sowie 6 und mehr Vollgeschosse. Diese Kategorien werden jeweils durch Repräsentanten vertreten, die etwa in der Mitte der Spanne liegen (Tab. 15). Im Fall der Zentralheizung wird vereinfachend stets von einer außenliegenden Verteilung ausgegangen. Für die wohnungsweise Verteilung (Gas-Etagenheizung) wird zur Vereinfachung nicht nach Baualtersklassen differenziert (es gelten die Werte der Baualtersklasse „80er / 90er Jahre“). Die so ermittelten pauschalen Kennwerte für die Wärmeverluste und die Hilfsenergie der Heizwärme-Verteilung gibt Tab. 16a (bezogen auf die beheizte Wohnfläche) und Tab. 16b (bezogen auf A_N) wieder.

Im Fall von energetisch modernisierten Gebäuden können diese Tabellenwerte mit der tatsächlichen Länge der Heizzeit korrigiert werden (siehe Gl. (1)).

² Es soll an dieser Stelle noch darauf hingewiesen werden, dass gegenwärtig eine fachliche Diskussion läuft, inwiefern die von der DIN V 4701-10 eingeführten Wärmeübergabeverluste überhaupt zweckmäßig definiert sind (vgl. [Feist 2004]).

Tab. 14: Berechnung der Wärmeverluste von Heizwärme-Verteilsystemen bei Variation der „Gebäudenutzfläche“ nach EnEV bzw. der Wohnfläche und der Geschosszahl

					Standardwerte Bestand								DIN 4701-10 Anhang C			
					zentrales Verteilsystem außen liegende Steigleitungen				zentrales Verteilsystem innen liegende Steigleitungen				wohnungs- weise Verteilung	außen liegende Steig- leitungen	innen liegende Steig- leitungen	
					Anzahl Geschosse				Anzahl Geschosse					horiz. Verteilung außerhalb der thermischen Hülle		
					1	2	4	8	1	2	4	8				
					Wärmeverluste der Heizwärmeverteilung in kWh/(m²a) ¹⁾											
Baualtersklasse Verteilsystem / Zustand	50er - 70er	Ist-Zustand	Überdimensionierung 120%	100	80	43,3	25,1		18,7	9,6		17,5				
				150	120	46,0	27,9		21,4	12,3		17,5				
				200	160	47,4	29,2	20,1	22,8	13,7	9,1	17,5				
				300	240	48,7	30,6	21,5	24,1	15,0	10,5	17,5				
				500	400		31,7	22,6	18,0	16,1	11,6	9,3	17,5			
				750	600		32,2	23,1	18,6	16,7	12,1	9,8	17,5			
				1000	800		32,5	23,4	18,8	16,9	12,4	10,1	17,5			
				1500	1200			23,7	19,1		12,7	10,4	17,5			
				2500	2000			23,9	19,3		12,9	10,6	17,5			
				5000	4000			24,0	19,5		13,0	10,8	17,5			
				10000	8000			24,1	19,6		13,1	10,8	17,5			
				Mittelwert		46	30	23	19	22	14	12	10	17		
	Verteilung modernisiert	Überdimensionierung 120%	100	80	29,2	20,1		13,7	9,1		17,5					
			150	120	30,6	21,5		15,0	10,5		17,5					
			200	160	31,2	22,2	17,6	15,7	11,2	8,9	17,5					
			300	240	31,9	22,8	18,3	16,4	11,8	9,6	17,5					
			500	400		23,4	18,8	16,6	12,4	10,1	9,0	17,5				
			750	600		23,7	19,1	16,8	12,7	10,4	9,2	17,5				
			1000	800		23,8	19,2	17,0	12,8	10,5	9,4	17,5				
			1500	1200			19,4	17,1		10,7	9,5	17,5				
			2500	2000			19,5	17,2		10,8	9,6	17,5				
			5000	4000			19,6	17,3		10,8	9,7	17,5				
			10000	8000			19,6	17,3		10,9	9,8	17,5				
			Mittelwert		31	22	19	17	15	11	10	9	17			
	Verteilung modernisiert + Außenwand-Dämmung	Überdimensionierung 170%	100	80	17,5	9,6		11,5	7,6		14,5					
			150	120	18,6	10,8		12,7	8,8		14,5					
			200	160	19,2	11,4	7,4	13,3	9,4	7,4	14,5					
			300	240	19,8	11,9	8,0	13,9	10,0	8,0	14,5					
			500	400		12,4	8,5	6,5	10,4	8,5	7,5	14,5				
			750	600		12,6	8,7	6,8	10,7	8,7	7,7	14,5				
			1000	800		12,8	8,8	6,9	10,8	8,8	7,8	14,5				
			1500	1200			9,0	7,0		8,9	8,0	14,5				
			2500	2000			9,0	7,1		9,0	8,1	14,5				
			5000	4000			9,1	7,2		9,1	8,1	14,5				
			10000	8000			9,2	7,2		9,1	8,2	14,5				
			Mittelwert		19	12	9	7	13	10	9	8	15			
	80er, 90er	Überdimensionierung 120%	100	80	25,3	16,2		7,2	2,7		5,4					
			150	120	26,6	17,5		8,6	4,0		5,4					
			200	160	27,3	18,2	13,7	9,2	4,7	2,4	5,4					
			300	240	28,0	18,9	14,3	9,9	5,4	3,1	5,4					
			500	400		19,4	14,9	12,6	5,9	3,6	2,5	5,4				
			750	600		19,7	15,2	12,9	6,2	3,9	2,8	5,4				
			1000	800		19,8	15,3	13,0	6,3	4,0	2,9	5,4				
			1500	1200			15,4	13,2		4,2	3,0	5,4				
			2500	2000			15,5	13,3		4,3	3,2	5,4				
			5000	4000			15,6	13,4		4,4	3,2	5,4				
10000			8000			15,7	13,4		4,4	3,3	5,4					
Mittelwert			27	19	15	13	9	5	4	3	5					
EnEV + QS ²⁾	Überdimensionierung 120%	100	80	15,7	7,6		6,1	2,0		4,0	11,4	10,3				
		150	120	16,9	8,8		7,3	3,2		4,0	8,6	7,7				
		200	160	17,5	9,4	5,3	7,9	3,8	1,8	4,0	7,2	6,3				
		300	240	18,1	10,0	5,9	8,5	4,4	2,4	4,0	5,8	5				
		500	400		10,5	6,4	4,4	4,9	2,9	1,9	4,0	4,7	3,9			
		750	600		10,7	6,7	4,6	5,2	3,1	2,1	4,0	4,2	3,4			
		1000	800		10,8	6,8	4,8	5,3	3,3	2,3	4,0	3,9	3,1			
		1500	1200			6,9	4,9		3,4	2,4	4,0	3,6	2,9			
		2500	2000			7,0	5,0		3,5	2,5	4,0	3,4	2,7			
		5000	4000			7,1	5,1		3,6	2,5	4,0	3,2	2,5			
		10000	8000			7,1	5,1		3,6	2,6	4,0	3,1	2,4			
		Mittelwert		17	10	7	5	7	4	3	2	4				

¹⁾ Bei Bezug auf die beheizte Wohnfläche A_{Wohn} müssen die Werte mit dem Faktor 1,25 multipliziert werden.

²⁾ Alle Leitungen nach HeizAnIV bzw. EnEV gedämmt + Qualitätssicherung (hydraulischer Abgleich + richtig eingestellte Regelung)

Randbedingungen für "Standardwerte Bestand":

Systemtemperaturen: 70/55°C / "typischer Betrieb" (bei NEU = "optimierter Betrieb");

Länge der Heizzeit: 275 d/a; Nachtabstimmung: 4 h/d; Raumtemperatur: 20°C; Kellertemperatur: 13°C

Tab. 15: Zuordnung der Repräsentanten zu den Kategorien für die Heizwärme-Verteilung

Kategorien		Repräsentant		
Verteilungsart	Anzahl Vollgeschosse	Vollgeschosse	A_{Wohn}	A_N
Zentralheizung	1 bis 2	2	120 m ²	150 m ²
	3 bis 5	4	2000 m ²	2500 m ²
	6 und mehr	8	2000 m ²	2500 m ²

Tab. 16a: ermittelte Pauschalwerte für die Heizwärme Verteilung – Kennwerte bezogen auf die beheizte Wohnfläche A_{Wohn}

Heizwärme Verteilung		Wärmeverluste $q_{H,d}$ [kWh/(m ² a)]			Hilfsenergiebedarf $q_{H,d,HE}$ [kWh/(m ² a)]	
Name	Baualtersklasse	Anzahl Vollgeschosse			Wohnungsanzahl	
		1 bis 2	3 bis 5	6 und mehr	1 bis 2	3 und mehr
zentrale Verteilung	50er bis 70er	34,8	29,8	24,2	4,3	1,6
zentrale Verteilung	50er bis 70er, nachträgl. gedämmt	26,9	24,4	21,5	4,3	1,6
zentrale Verteilung	80er und 90er	21,9	19,4	16,6	4,3	1,6
zentrale Verteilung inkl. Qualitätssicherung	EnEV	11,7	8,8	6,2	4,3	1,6
wohnungsweise Verteilung	-	6,8	6,8	6,8	4,3	4,3
dezent. System (ohne Verteilung)	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tab. 16b: ermittelte Pauschalwerte für die Heizwärme Verteilung – Kennwerte bezogen auf A_N nach EnEV

Heizwärme Verteilung		Wärmeverluste $q_{H,d}$ [kWh/(m ² a)]			Hilfsenergiebedarf $q_{H,d,HE}$ [kWh/(m ² a)]	
Name	Baualtersklasse	Anzahl Vollgeschosse			Wohnungsanzahl	
		1 bis 2	3 bis 5	6 und mehr	1 bis 2	3 und mehr
zentrale Verteilung	50er bis 70er	27,9	23,9	19,3	3,4	1,2
zentrale Verteilung	50er bis 70er, nachträgl. gedämmt	21,5	19,5	17,2	3,4	1,2
zentrale Verteilung	80er und 90er	17,5	15,5	13,3	3,4	1,2
zentrale Verteilung inkl. Qualitätssicherung	EnEV	9,4	7,0	5,0	3,4	1,2
wohnungsweise Verteilung	-	5,4	5,4	5,4	3,4	3,4
dezent. System (ohne Verteilung)	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

8 Speicherung Heizwärme

DIN V 4701-12 liefert keine Kennwerte für Heizkreis-Pufferspeicher im Bestand. Daher werden hier für die Baualtersklasse „bis 1994“ die Verlustkennwerte von Warmwasserspeichern der entsprechenden Größe verwendet. Für neuere Anlagen sind die Kennwerte aus DIN V 4701-10 angesetzt.

Es werden zwei Systeme für Einfamilienhäuser definiert: ein 200 Liter-Speicher, wie er typischerweise für eine Elektro-Wärmepumpe verwendet wird sowie ein 800-Liter-Pufferspeicher für einen mit Stückholz befeuerten Heizkessel. Die Ergebnisse der Berechnung gemäß DIN V 4701-10 zeigt Tab. 17. Der Hilfsenergiebedarf wird vernachlässigt.

Die so ermittelten pauschalen Kennwerte für die Wärmeverluste der Heizkreis-Pufferspeicher gibt Tab. 18a (bezogen auf die beheizte Wohnfläche) und Tab. 18b (bezogen auf A_N) wieder. Im Fall von energetisch modernisierten Gebäuden können diese Tabellenwerte mit der tatsächlichen Länge der Heizzeit korrigiert werden (siehe Gl. (1)).

Tab. 17: Berechnung der Wärmeverluste von Heizwärme-Speichern

	Baualter Speicher	A_N [m ²]	A_{Wohn} [m ²]	Anzahl Wohn-einheiten n_{WE}	Speicher-Gesamt-Volumen V_{SG} [Liter]	Anzahl Speicher n_S	Volumen Einzel-Speicher V_S [Liter]	Wärme-verlust täglich $q_{B,S}$ [kWh/d]	Wärme-verlust-leistung [W]	Wärme-verlust jährlich $Q_{TW,S}$ [kWh/a]	bezogen auf A_N
											$q_{TW,S}$ [kWh/(m ² a)]
Wärmepumpe	bis 1994	200	160	1	200	1	200	3,4	140	1038	5,2
	ab 1995	200	160	1	200	1	200	2,6	108	795	4,0
Holzkessel	bis 1994	200	160	1	800	1	800	6,3	264	1953	9,8
	ab 1995	200	160	1	800	1	800	4,1	172	1270	6,4

Tab. 18a: ermittelte Pauschalwerte für die Heizwärme Speicherung – Kennwerte bezogen auf die beheizte Wohnfläche A_{Wohn}

Heizwärme Speicherung		Wärmeverluste $q_{H,s}$ [kWh/(m ² a)]		Hilfsenergiebedarf $q_{H,s,HE}$ [kWh/(m ² a)]	
Name	Baualtersklasse	Wohnungsanzahl		Wohnungsanzahl	
		1 bis 2	3 und mehr	1 bis 2	3 und mehr
Pufferspeicher El.-Wärmep. / -Nachtspe.	bis 1994	6,5	6,5	0,0	0,0
Pufferspeicher El.-Wärmep. / -Nachtspe.	ab 1995	5,0	5,0	0,0	0,0
Pufferspeicher für Holzkessel	bis 1994	12,2	12,2	0,0	0,0
Pufferspeicher für Holzkessel	ab 1995	7,9	7,9	0,0	0,0

Tab. 18b: ermittelte Pauschalwerte für die Heizwärme Speicherung – Kennwerte bezogen auf A_N nach EnEV

Heizwärme Speicherung		Wärmeverluste $q_{H,s}$ [kWh/(m ² a)]		Hilfsenergiebedarf $q_{H,s,HE}$ [kWh/(m ² a)]	
Name	Baualtersklasse	Wohnungsanzahl		Wohnungsanzahl	
		1 bis 2	3 und mehr	1 bis 2	3 und mehr
Pufferspeicher El.-Wärmep. / -Nachtspe.	bis 1994	5,2	5,2	0,0	0,0
Pufferspeicher El.-Wärmep. / -Nachtspe.	ab 1995	4,0	4,0	0,0	0,0
Pufferspeicher für Holzkessel	bis 1994	9,8	9,8	0,0	0,0
Pufferspeicher für Holzkessel	ab 1995	6,4	6,4	0,0	0,0

9 Erzeugung Heizwärme

9.1 Brennstoffgespeiste Systeme (Kessel und Umlaufwasserheizer)

Die Kennwerte der bis 1994 eingebauten Wärmeerzeuger stammen aus DIN V 4701-12, die Kennwerte der Neuanlagen aus DIN V 4701-10.

Die Erzeugeraufwandszahlen werden gemäß DIN V 4701-10 für verschiedene Kesselgrößen berechnet (Tab. 20). Als Standort wird vereinfachend immer der Keller angenommen, da dies im Bestand der Regelfall ist. In der Praxis ist eine Überdimensionierung von Kesseln verbreitet. Diese wird durch den Faktor $f_{ü,K}$ charakterisiert, der das Verhältnis der Nennwärmeleistung des Wärmeerzeugers zur maximalen Gebäudeheizlast beschreibt. Die in Tab. 20 angegebenen 3 Stufen für $f_{ü,K} = 1,2 / 2,0 / 4,0$ entsprechen einem Belastungsgrad $\varphi_H = 0,25 / 0,15 / 0,075$.

Wie bereits im Abschnitt zur Warmwasserbereitung (Abschnitt 5.1) werden zwei Kategorien gebildet: Einfamilienhaus („EFH“) und Mehrfamilienhaus („MFH“). Die Definition der entsprechenden Repräsentanten für die Kategorien finden sich in Tab. 19.

Die so ermittelten Pauschalwerte überspannen einen recht weiten Bereich der Kesselgröße und der Auslastung. Um die Grenzen dieser Pauschalisierung zu überprüfen, wurden in Tab. 20 die berechneten Werte, die um mehr als +/- 20 % von den Pauschalwerten abweichen, rot und kursiv dargestellt. Es zeigt sich, dass die Grenzen allein bei Konstanttemperaturkesseln mit 4-facher Überdimensionierung überschritten werden. Eine derartige Überdimensionierung ist allerdings nur bei nachträglich in erheblichem Umfang gedämmten Gebäuden zu erwarten. Dass hier alte Standardkessel im Zuge der Modernisierung nicht ersetzt wurden, ist in der Regel kaum zu erwarten. Für typische Fälle scheint die Verwendung der entsprechenden Pauschalwerte also ausreichend genau.

Die ermittelten pauschalen Erzeugeraufwandszahlen und Hilfsenergie-Kennwerte sind in Tab. 22a (bezogen auf die beheizte Wohnfläche) und in Tab. 22b (bezogen auf A_N) zusammen mit denen der anderen Wärmeerzeuger zusammengestellt.

Tab. 19: Zuordnung der Repräsentanten zu den Kategorien für die Heizwärmeerzeugung

Kategorien		Repräsentant			
Gebäudeart	Anzahl Wohneinheiten	$\dot{Q}_n$	$f_{\ddot{U}}$	A_{Wohn}	$\dot{q}_{GB}$
EFH	1 bis 2	24 kW	2,0	120 m ²	100 W/m ²
MFH	3 und mehr	500 kW	2,0	2500 m ²	100 W/m ²

Tab. 20: berechnete Aufwandszahlen für die Erzeugung von Heizwärme bei Variation der Nennwärmeleistung und der Überdimensionierung des Kessels

Wärmeerzeuger Raumheizung	Nennwärme- leistung Kessel $\dot{Q}_n$	Überdimensionierungsfaktor f_U			Erzeugeraufwandszahl e_g	entspricht Jahres- Nutzungs- grad	
		1,2	2,0	4,0			
		Erzeugeraufwandszahl e_g					
		berechnet			Pauschal- wert		
Konstant-Temperatur-Kessel	11 kW	1,30	1,42	1,75	EFH	1,38	73%
atmosphärisch (Gas-Spezialkessel)	24 kW	1,27	1,38	1,64			
vor 1978	50 kW	1,25	1,34	1,56	MFH	1,25	80%
Berechnung nach DIN V 4701-10	100 kW	1,24	1,31	1,49			
Werte aus DIN V 4701-12 / Entwurf vom 30.6.2003	500 kW	1,20	1,25	1,36			
	1000 kW	1,19	1,22	1,32			
Konstant-Temperatur-Kessel	11 kW	1,26	1,36	1,62	EFH	1,32	76%
atmosphärisch (Gas-Spezialkessel)	24 kW	1,24	1,32	1,53			
1978 - 1994	50 kW	1,22	1,29	1,45	MFH	1,20	83%
Berechnung nach DIN V 4701-10	100 kW	1,20	1,26	1,39			
Werte aus DIN V 4701-12 / Entwurf vom 30.6.2003	500 kW	1,17	1,20	1,28			
	1000 kW	1,16	1,18	1,25			
Konstant-Temperatur-Kessel	-	-	-	-	EFH	1,41	71%
mit Gebläse (Öl/Gas)	24 kW	1,29	1,41	1,69			
vor 1978	50 kW	1,27	1,37	1,60	MFH	1,26	79%
Berechnung nach DIN V 4701-10	100 kW	1,25	1,33	1,52			
Werte aus DIN V 4701-12 / Entwurf vom 30.6.2003	500 kW	1,22	1,26	1,39			
	1000 kW	1,20	1,24	1,34			
Konstant-Temperatur-Kessel	-	-	-	-	EFH	1,33	75%
mit Gebläse (Öl/Gas)	24 kW	1,25	1,33	1,55			
1978 - 1986	50 kW	1,23	1,30	1,47	MFH	1,21	83%
Berechnung nach DIN V 4701-10	100 kW	1,21	1,27	1,40			
Werte aus DIN V 4701-12 / Entwurf vom 30.6.2003	500 kW	1,18	1,21	1,29			
	1000 kW	1,16	1,19	1,26			
Konstant-Temperatur-Kessel	-	-	-	-	EFH	1,29	77%
mit Gebläse (Öl/Gas)	24 kW	1,21	1,29	1,50			
1987 - 1994	50 kW	1,19	1,26	1,42	MFH	1,18	85%
Berechnung nach DIN V 4701-10	100 kW	1,18	1,23	1,36			
Werte aus DIN V 4701-12 / Entwurf vom 30.6.2003	500 kW	1,14	1,18	1,26			
	1000 kW	1,13	1,16	1,22			
Konstant-Temperatur-Kessel	11 kW	1,21	1,30	1,54	EFH	1,26	80%
(Öl/Gas)	24 kW	1,19	1,26	1,43			
ab 1995	50 kW	1,17	1,22	1,35	MFH	1,14	88%
Berechnung nach DIN V 4701-10	100 kW	1,15	1,19	1,29			
Werte aus DIN V 4701-10	500 kW	1,12	1,14	1,19			
	1000 kW	1,11	1,12	1,16			
Niedertemperatur-Kessel	11 kW	1,15	1,20	1,30	EFH	1,18	85%
atmosphärisch (Gas-Spezialkessel)	24 kW	1,14	1,18	1,26			
vor 1995	50 kW	1,14	1,16	1,23	MFH	1,13	89%
Berechnung nach DIN V 4701-10	100 kW	1,13	1,15	1,20			
Werte aus DIN V 4701-12 / Entwurf vom 30.6.2003	500 kW	1,11	1,13	1,16			
	1000 kW	1,11	1,12	1,14			
Gas-Therme	11 kW	1,15	1,16	1,17	EFH	1,16	86%
Umlaufwasserheizer (innerhalb therm. Hülle)	24 kW	1,15	1,16	1,17			
vor 1995	-	-	-	-	MFH	-	-
Berechnung nach DIN V 4701-10	-	-	-	-			
Werte aus DIN V 4701-12 / Entwurf vom 30.6.2003	-	-	-	-			
	-	-	-	-			
Gas-Therme	11 kW	1,08	1,08	1,09	EFH	1,08	93%
Umlaufwasserheizer (innerhalb therm. Hülle)	24 kW	1,08	1,08	1,08			
ab 1995	-	-	-	-	MFH	-	-
Berechnung nach DIN V 4701-10	-	-	-	-			
Werte aus DIN V 4701-10	-	-	-	-			
	-	-	-	-			

Tab. 20 (Fortsetzung)

Wärmeerzeuger Raumheizung	Nennwärme- leistung Kessel $\dot{Q}_n$	Überdimensionierungsfaktor f_U			Erzeugeraufwandszahl e_g Pauschal- wert	entspricht Jahres- Nutzungs- grad	
		1,2	2,0	4,0			
		berechnet					
Niedertemperatur-Kessel mit Gebläse (Öl/Gas) vor 1987	- 24 kW	- 1,20	- 1,23	- 1,32	EFH	1,23	81%
Berechnung nach DIN V 4701-10	50 kW	1,19	1,22	1,28	MFH	1,18	85%
100 kW	1,18	1,20	1,25				
Werte aus DIN V 4701-12 / Entwurf vom 30.6.2003	500 kW	1,16	1,18	1,20			
	1000 kW	1,16	1,17	1,19			
Niedertemperatur-Kessel mit Gebläse (Öl/Gas) 1987 - 1994	- 24 kW	- 1,14	- 1,18	- 1,26	EFH	1,18	85%
Berechnung nach DIN V 4701-10	50 kW	1,14	1,16	1,22	MFH	1,12	89%
100 kW	1,13	1,15	1,20				
Werte aus DIN V 4701-12 / Entwurf vom 30.6.2003	500 kW	1,11	1,12	1,15			
	1000 kW	1,11	1,12	1,14			
Niedertemperatur-Kessel (Öl/Gas) ab 1995	11 kW	1,11	1,13	1,20	EFH	1,12	89%
Berechnung nach DIN V 4701-10	24 kW	1,10	1,12	1,16	MFH	1,08	92%
100 kW	1,09	1,10	1,12				
Werte aus DIN V 4701-10	500 kW	1,08	1,08	1,09			
	1000 kW	1,07	1,07	1,08			
Brennwert-Kessel Gas vor 1987	- 24 kW	- 1,08	- 1,11	- 1,17	EFH	1,11	90%
Berechnung nach DIN V 4701-10	50 kW	1,08	1,09	1,14	MFH	1,07	93%
100 kW	1,07	1,09	1,12				
Werte aus DIN V 4701-12 / Entwurf vom 30.6.2003	500 kW	1,06	1,07	1,09			
	1000 kW	1,06	1,06	1,08			
Brennwert-Kessel Gas 1987 - 1994	- 24 kW	- 1,05	- 1,08	- 1,14	EFH	1,08	93%
Berechnung nach DIN V 4701-10	50 kW	1,05	1,07	1,11	MFH	1,04	96%
100 kW	1,04	1,06	1,09				
Werte aus DIN V 4701-12 / Entwurf vom 30.6.2003	500 kW	1,03	1,04	1,06			
	1000 kW	1,03	1,04	1,05			
Brennwert-Kessel Gas ab 1995	11 kW	1,05	1,07	1,11	EFH	1,06	95%
Berechnung nach DIN V 4701-10	24 kW	1,04	1,06	1,09	MFH	1,03	97%
100 kW	1,04	1,05	1,08				
Werte aus DIN V 4701-10	500 kW	1,03	1,03	1,04			
	1000 kW	1,02	1,03	1,04			
Gas-Brennwert-Therme Umlaufwasserheizer (innerhalb therm. Hülle) ab 1995	11 kW	0,99	0,99	1,00	EFH	0,99	101%
Berechnung nach DIN V 4701-10	24 kW	0,99	0,99	1,00	MFH	-	-
Werte aus DIN V 4701-10	-	-	-	-			
	-	-	-	-			
Brennwert-Kessel Öl ab 1995	11 kW	1,08	1,10	1,15	EFH	1,09	92%
Berechnung nach DIN V 4701-10	24 kW	1,07	1,09	1,12	MFH	1,06	95%
100 kW	1,07	1,08	1,10				
Werte aus DIN V 4701-10	500 kW	1,06	1,07	1,09			
	1000 kW	1,05	1,06	1,07			
		1,05	1,05	1,06			

fett gedruckte Werte = innerhalb des Toleranzbereichs von +20%/-20% um den Pauschalwert

EFH = Wohnhäuser mit 1 bis 2 Wohneinheiten oder wohnungsweise Versorgung

MFH = Wohnhäuser mit 3 und mehr Wohneinheiten

9.2 Elektrowärmepumpe

Die Ansätze für bis 1994 gebaute Elektro-Wärmepumpen entsprechen denen der DIN V 4701-12. Für ab 1995 gebaute Anlagen werden die Werte aus [Diefenbach et al. 2002] verwendet (siehe Anmerkung in Abschnitt 5.3 bzw. Anhang D)

In der Praxis gibt es sehr unterschiedliche Betriebsweisen von Elektrowärmepumpen, die jedoch nur bei genauer Analyse der Reglereinstellungen ermittelt werden können. Zur Vereinfachung werden daher zwei Kategorien gebildet, die sich an der offensichtlichen Ausstattung mit einem zusätzlichen Wärmeerzeuger festmachen:

- Der Betrieb erfolgt parallel oder alternativ zu einem Kessel: In diesem Fall beträgt der Anteil der erzeugten Wärme gemäß DIN V 4701-12: Wärmepumpe = 80%, Kessel = 20 %
- Der Betrieb erfolgt ohne zusätzlichen Kessel: Der Anteil der erzeugten Wärme wird gemäß DIN V 4701-10/-12 angesetzt zu: Wärmepumpe = 95%, Heizstab = 5 %

Die sich aus der unterschiedlichen Betriebsweise nach DIN V 4701-12 ergebende Differenzierung bei den Jahresarbeitszahlen werden dabei vernachlässigt. Da es sich im Fall der Ausstattung mit einem Elektro-Heizstab um den gleichen Energieträger handelt, kann dieser schon vereinfachend in die Erzeugeraufwandszahl eingerechnet werden. Bei alternativer oder paralleler Betriebsweise können die Werte ohne Heizstab verwendet werden, es muss jedoch der zusätzliche Wärmeerzeuger mit dem entsprechenden Deckungsanteil berücksichtigt werden. Darüber hinaus muss im Regelfall ein zusätzlicher Pufferspeicher berücksichtigt werden (siehe Abschnitt 8)

Tab. 21 zeigt die ermittelten Jahresarbeitszahlen und die sich daraus ergebenden Erzeugeraufwandszahlen. Diese und die Hilfsenergie-Kennwerte sind in Tab. 22a (bezogen auf die beheizte Wohnfläche) und in Tab. 22b (bezogen auf A_N) noch einmal zusammen mit denen der anderen Wärmeerzeuger dargestellt.

Tab. 21: Ansätze für die pauschalen Jahresarbeitszahlen und Erzeugeraufwandszahlen von Elektro-Wärmepumpen für die Erzeugung von Heizwärme

		Jahresarbeits- zahlen β		Erzeuger- Aufwandszahlen e_g	
		Wärmequelle		Wärmequelle	
Baualter- klasse	Elektro- Heizstab	Erdreich oder Grundwasser	Außenluft	Erdreich oder Grundwasser	Außenluft
Raumheizung	bis 1994	ohne	3,1 2,4	0,32	0,42
		mit*	2,8 2,2	0,36	0,45
	ab 1995	ohne	3,5 2,8	0,29	0,35
		mit*	3,1 2,6	0,32	0,38

*) Heizstab mit pauschal 5% Deckungsanteil

9.3 Fernwärme

Im Fall des Anschlusses des Gebäudes an Nah- oder Fernwärme wird analog zu DIN V 4701-10 als Wärmeerzeuger eine Fernwärme-Übergabestation angesetzt. Die in DIN V 4701-12 und 4701-10 angegebene Erzeugeraufwandszahl beträgt 1,02, der Hilfsenergiebedarf 0 kWh/(m²a).

9.4 Einzelöfen für Heizöl, Kohle oder Holz

Die DIN V 4701-12 unterscheidet zwischen ölbefeuerten Einzelöfen mit Verdampfungsbrenner in 2 Bauklassen („vor 1985“ und „1985 bis 1994“), Kachelöfen und kohlebefeuerten eisernen Öfen. Mit Holz befeuerte eiserne Öfen fehlen.

Da das Baualter von Einzelöfen mitunter nicht zu ermitteln ist und in einem Gebäude meist auch unterschiedliche Ofentypen anzutreffen sind, wird vereinfachend nur zwischen zwei Typen unterschieden, für die die folgenden Erzeugeraufwandszahlen angesetzt werden:

- Ölbefeuerte Einzelöfen mit Verdampfungsbrenner: $e_g = 1,4$
- Kohle- oder Holzöfen: $e_g = 1,6$

Bei der Interpretation des für Einzelöfen berechneten Endenergiebedarfs ist Vorsicht geboten. In der Regel findet man bei derart beheizten Gebäuden eine im Mittel deutlich niedrigere Raumtemperatur als bei zentral beheizten Gebäuden, da diese nur bei Anwesenheit beheizt werden – also der Heizbetrieb stärker zeitlich und räumlich begrenzt ist. So wird bei Ersatz der Einzelöfen durch eine Zentralheizung trotz der Steigerung der Energieeffizienz meist keine Energieeinsparung erzielt. Oftmals steigen sogar die Heizkosten (vgl. Anmerkung zum Punkt Wärmeübergabe / Abschnitt 6).

9.5 Gasraumheizgeräte

DIN V 4701-12 unterscheidet zwischen schornsteingebundenen und Außenwand-Geräten mit unterschiedlichen Bauklassen. Die Werte bewegen sich zwischen 1,34 und 1,47.

Wie bei den Einzelöfen gilt auch hier: Das Baualter kann nur durch eine Wohnungsbegehung ermittelt werden. Darüber hinaus findet sich oftmals eine Mischung aus schornsteingebundenen (z.B. innenliegendes Bad / Küche) und Außenwand-Geräten (Wohnräume). Diese Differenzierung ist im Kurzverfahren nicht möglich. Daher wird vereinfachend angesetzt:

- Gasraumheizer: $e_g = 1,4$

9.6 Elektro-Direktheizgeräte und Elektro-Nachtspeicherheizungen

DIN V 4701-10 setzt für die Erzeugeraufwandszahl von Elektro-Direktheizgeräten und Speicherheizungen jeweils einen Wert von 1,0 an. Demgegenüber werden in DIN V 4701-12 Werte von 1,02 bzw. 1,12 angegeben. Da sonst keine Verluste auftreten können, ist in dem Wert der DIN V 4701-12 vermutlich die Übergabe mit enthalten. Dies geht jedoch nicht explizit aus dem Normen-text hervor.

Da die Wärmeübergabeverluste separat berücksichtigt werden, wird hier dem von DIN V 4701-10 vorgegebenen Weg gefolgt:

- Elektro-Direktheizung: $e_g = 1,0$
- Elektro-Nachtspeicherheizung: $e_g = 1,0$

9.7 Solare Heizungsunterstützung

Die solare Heizungsunterstützung ist im Bestand nur äußerst anzutreffen und wird daher nicht berücksichtigt (bzw. vernachlässigt).

9.8 Zusammenfassung der Kennwerte für die Erzeugung von Heizwärme

Die in den vorangegangenen Abschnitten abgeleiteten Erzeuger-Aufwandszahlen und Hilfsenergie-Kennwerte für die Heizwärmeerzeugung sind in Tab. 22a (bezogen auf die beheizte Wohnfläche) und in Tab. 22b (bezogen auf A_N) zusammengestellt.

Tab. 22a: ermittelte Pauschalwerte für die Erzeugung Heizwärme – Erzeugeraufwandszahlen und Hilfsenergiebedarfskennwerte bezogen auf die beheizte Wohnfläche A_{Wohn}

Heizwärme Erzeugung		Erzeuger-Aufwandszahl $e_{H,g}$ [-]		Hilfsenergiebedarf $q_{H,g,HE}$ [kWh/(m²a)]	
Name	Baualtersklasse	Wohnungsanzahl		Wohnungsanzahl	
		1 bis 2	3 und mehr	1 bis 2	3 und mehr
	Basiswert für f_U	2,0	2,0		
	Basiswert für Q_n	24	500		
Konstanttemperatur-Kessel	bis 1986	1,33	1,21	2,4	0,4
Konstanttemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,29	1,18	2,4	0,4
Konstanttemperatur-Kessel	ab 1995	1,26	1,14	2,4	0,4
Niedertemperatur-Kessel	bis 1986	1,23	1,18	2,4	0,4
Niedertemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,18	1,12	2,4	0,4
Niedertemperatur-Kessel	ab 1995	1,12	1,08	2,4	0,4
Brennwert-Kessel	bis 1986	1,11	1,07	2,4	0,4
Brennwert-Kessel	1987 bis 1994	1,08	1,04	2,4	0,4
Brennwert-Kessel	ab 1995	1,06	1,03	2,4	0,4
Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	bis 1994	1,16	1,16	2,4	0,4
Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	ab 1995	1,08	1,08	2,4	0,4
Gas-Brennwert-Therme	bis 1994	1,07	1,07	2,4	0,4
Gas-Brennwert-Therme	ab 1995	0,99	0,99	2,4	0,4
Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	bis 1994	0,32	0,32	1,4	1,0
Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	bis 1994	0,36	0,36	1,4	1,0
Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	ab 1995	0,29	0,29	1,4	1,0
Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	ab 1995	0,32	0,32	1,4	1,0
Elektro-Wärmepumpe Außenluft	bis 1994	0,42	0,42	1,4	1,0
Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	bis 1994	0,45	0,45	1,4	1,0
Elektro-Wärmepumpe Außenluft	ab 1995	0,35	0,35	1,4	1,0
Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	ab 1995	0,38	0,38	1,4	1,0
Fernwärme-Übergabestation	-	1,02	1,02	0,0	0,0
Ölbefeuerte Einzelöfen mit Verdampfungsbr.	-	1,40	1,40	0,0	0,0
Kohle- oder Holzöfen	-	1,60	1,60	0,0	0,0
Gasraumheizer	-	1,40	1,40	0,0	0,0
zentraler Elektro-Speicher	-	1,00	1,00	0,0	0,0
Elektro-Nachtspeicherheizung	-	1,00	1,00	0,0	0,0
Elektro-Direktheizgeräte	-	1,00	1,00	0,0	0,0

**Tab. 22b: ermittelte Pauschalwerte für die Erzeugung Heizwärme –
Erzeugeraufwandszahlen und Hilfsenergiebedarfskennwerte
bezogen auf A_N nach EnEV**

Heizwärme Erzeugung		Erzeuger- Aufwands- zahl $e_{H,g}$ [-]		Hilfsenergie- bedarf $q_{H,g,HE}$ [kWh/(m²a)]	
Name	Baualtersklasse	Wohnungsanzahl		Wohnungsanzahl	
		1 bis 2	3 und mehr	1 bis 2	3 und mehr
	Basiswert für f_0	2,0	2,0		
	Basiswert für Q_n	24	500		
Konstanttemperatur-Kessel	bis 1986	1,33	1,21	1,9	0,4
Konstanttemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,29	1,18	1,9	0,4
Konstanttemperatur-Kessel	ab 1995	1,26	1,14	1,9	0,4
Niedertemperatur-Kessel	bis 1986	1,23	1,18	1,9	0,4
Niedertemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,18	1,12	1,9	0,4
Niedertemperatur-Kessel	ab 1995	1,12	1,08	1,9	0,4
Brennwert-Kessel	bis 1986	1,11	1,07	1,9	0,4
Brennwert-Kessel	1987 bis 1994	1,08	1,04	1,9	0,4
Brennwert-Kessel	ab 1995	1,06	1,03	1,9	0,4
Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	bis 1994	1,16	1,16	1,9	0,4
Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	ab 1995	1,08	1,08	1,9	0,4
Gas-Brennwert-Therme	bis 1994	1,07	1,07	1,9	0,4
Gas-Brennwert-Therme	ab 1995	0,99	0,99	1,9	0,4
Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	bis 1994	0,32	0,32	1,1	0,8
Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	bis 1994	0,36	0,36	1,1	0,8
Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	ab 1995	0,29	0,29	1,1	0,8
Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	ab 1995	0,32	0,32	1,1	0,8
Elektro-Wärmepumpe Außenluft	bis 1994	0,42	0,42	1,1	0,8
Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	bis 1994	0,45	0,45	1,1	0,8
Elektro-Wärmepumpe Außenluft	ab 1995	0,35	0,35	1,1	0,8
Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	ab 1995	0,38	0,38	1,1	0,8
Fernwärme-Übergabestation	-	1,02	1,02	0,0	0,0
Ölbefeuerteter Einzelöfen mit Verdampfungsbr.	-	1,40	1,40	0,0	0,0
Kohle- oder Holzöfen	-	1,60	1,60	0,0	0,0
Gasraumheizer	-	1,40	1,40	0,0	0,0
zentraler Elektro-Speicher	-	1,00	1,00	0,0	0,0
Elektro-Nachtspeicherheizung	-	1,00	1,00	0,0	0,0
Elektro-Direktheizgeräte	-	1,00	1,00	0,0	0,0

10 Hilfsenergie

Für die Hilfsenergie wurden im Fall der Wärmeerzeuger die Ansätze aus DIN V 4701-12 übernommen, im Fall der Verteilung und Speicherung die Ansätze aus [PAS 1027]. Zur Vereinfachung wird keine Differenzierung bei den Baualtersklassen der Verteilung vorgenommen. Weiterhin wird bei Kesseln nicht zwischen atmosphärischen und Gebläsebrennern unterschieden und der Strombedarf des Gebläsebrenners als Pauschalwert übernommen.

Die Kennwerte für den Hilfsenergiebedarf sind in den Pauschalwerttabellen für Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung (Raumheizung bzw. Warmwasserbereitung) jeweils aufgeführt. Tab. 23 gibt noch einmal einen Überblick über die wohnflächen- und A_N -bezogenen Werte.

Tab. 23: ermittelte Pauschalwerte für den Hilfsenergiebedarf – Kennwerte bezogen auf die beheizte Wohnfläche A_{Wohn} und auf A_N nach EnEV

		Strombedarf q_{HE} in kWh/(m ² a)			
		bezogen auf die Wohnfläche A_{Wohn}		bezogen auf die "Gebäudenutzfläche" A_N nach EnEV	
		EFH	MFH	EFH	MFH
Warmwasserbereitung	Wärmeverteilung				
	zentral mit Zirkulation	1,1	0,7	0,9	0,5
	zentral ohne Zirkulation	0,0	0,0	0,0	0,0
	dezentral	0,0	0,0	0,0	0,0
	Wärmespeicherung				
	zentral mit Speicher	0,1	0,1	0,1	0,0
	zentral (wohnungsw.) ohne Speicher	0,0	0,0	0,0	0,0
	dezentral	0,0	0,0	0,0	0,0
	Wärmeerzeugung				
	Kessel	0,3	0,1	0,2	0,0
Heizwärme	Elektro-Wärmepumpe	0,4	0,3	0,3	0,2
	Fernwärme	0,0	0,0	0,0	0,0
	dezentrale Systeme	0,0	0,0	0,0	0,0
	Wärmeverteilung				
	zentrale Systeme	4,3	1,6	3,4	1,2
	wohnungswise Verteilung	4,3	4,3	3,4	3,4
	dezentrale Systeme	0,0	0,0	0,0	0,0
	Wärmespeicherung				
	alle Systeme	0,0	0,0	0,0	0,0
	Wärmeerzeugung				
	Kessel	2,4	0,4	1,9	0,4
	Elektro-Wärmepumpe	1,4	1,0	1,1	0,8
	Fernwärme	0,0	0,0	0,0	0,0
	Einzelöfen	0,0	0,0	0,0	0,0

11 Primärenergie- und CO₂-Emissionsfaktoren

Für die Primärenergiefaktoren gelten generell die Werte aus DIN V 4701-10.

Lediglich im Fall von Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung besteht Bedarf nach einer Vereinfachung, da die für den ausführlichen Rechengang erforderlichen Größen in der Praxis nicht bekannt bzw. schwer zu ermitteln sind. Zur Vereinfachung werden die beiden Eckpunkte aus Tabelle C.4-1 der DIN V 4701-10 für Nah-/Fernwärme aus Heizwerken (KWK-Anteil 0%) und aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Anteil 100%) aufgegriffen und eine lineare Interpolation entsprechend dem tatsächlichen KWK-Anteil durchgeführt.

Allerdings wird es bei der Datenaufnahme im Zuge des Kurzverfahrens im Regelfall bestenfalls möglich sein abzufragen, ob die Wärme aus einem Heizwerk oder einem Heizkraftwerk geliefert wird. Es muss also ein Standardwert für den KWK-Anteil festgesetzt werden, der verwendet wird, wenn keine weiteren Angaben bekannt sind. Es wird vorgeschlagen, hierfür einen KWK-Anteil von 33% festzulegen – der entsprechende Primärenergiefaktor liegt dann bei 1,1 (siehe Tab. 24). Faktisch heißt dies, dass die Stromgutschrift die zusätzlichen Netzverluste etwa (primärenergetisch) kompensiert.

Tab. 24: ermittelte Pauschalwerte für Primärenergiefaktoren und CO₂-Emissionsfaktoren

Energieträger		Primärenergiefaktor f_{PE} bezogen auf Endenergie [-]				CO ₂ -Emissionsfaktor f_{CO_2} bezogen auf Endenergie CO ₂ -Äquivalent [g/kWh _{End}]			
Brennstoffe ¹⁾	Heizöl	1,1				310			
	Erdgas	1,1				250			
	Flüssiggas	1,1				270			
	Steinkohle	1,1				440			
	Braunkohle	1,2				450			
	Holz ²⁾	0,2				40			
Strom	Strom-Mix	3,0				680			
		KWK-Anteil ³⁾							
		0%	33%	67%	100%	0%	33%	67%	100%
Nah-/Fernwärme	Brennstoff: Erdgas ⁴⁾	1,3	1,1	0,9	0,7	300	250	200	150
	andere fossile Brennstoffe	1,3	1,1	0,9	0,7	420	350	280	210
	erneuerbare Brennstoffe	0,3	0,2	0,1	0,0	60	40	20	0

¹⁾ Bezugsgröße: unterer Heizwert H_u

²⁾ Holzscheite, Holzpellets, Holzhackschnitzel

³⁾ Der KWK-Anteil ist der Anteil der jährlichen Wärmemenge, der in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt wird. Zwischenwerte für andere KWK-Anteile können interpoliert werden.

Ist eine KWK-Anlage vorhanden, jedoch der KWK-Anteil nicht bekannt, so kann vereinfachend 33% angesetzt werden.

⁴⁾ Werden zu mehr als 30% andere Energieträger als Erdgas eingesetzt oder ist der Energieträger nicht bekannt, dann gelten die Werte für "andere fossile Brennstoffe".

Erst wenn der KWK-Anteil über 50% liegt, kann tatsächlich eine nennenswerte Primärenergieeinsparung erreicht werden. Ist dies für ein Netz bekannt, kann der in der Tabelle angegebene f_{PE} -Wert von 0,9 verwendet werden (KWK-Anteil 67%).

Neben den Primärenergiefaktoren werden in Tab. 24 auch CO₂-Emissionsfaktoren angegeben. Es handelt sich um CO₂-Äquivalente, die mit GEMIS 4.13 berechnet und anschließend gerundet wurden. Bei den CO₂-Emissionen der mit fossilen Energieträgern befeuerten KWK-Anlagen wurde eine weitere Differenzierung vorgenommen: Wegen der deutlich geringeren CO₂-Emissionen wird der Brennstoff Erdgas anders bewertet als die „anderen fossilen Brennstoffe“. Ist über den Energieträger nichts bekannt, werden die Werte für „andere fossile Brennstoffe“ verwendet.

Als Ergänzung liefert Tab. 25 für verschiedene Brennstoffe typische Werte für Heizwert und Dichte. Damit kann der berechnete Bedarf in handelsüblichen Maßeinheiten angegeben werden.

Tab. 25: Heizwert und Dichte verschiedener Brennstoffe (aus: [IWU 2001])

	unterer Heizwert H_u	oberer Heizwert (Brennwert) H_o	Dichte	Umrechnung gebräuchlicher Volumeneinheiten in kWh (H_u)
Brennstoffe	[kWh/kg]		[kg/m ³]	
Heizöl EL	11,8	12,7	860	1 Liter = 10,2 kWh
Erdgas H	13,7	15,0	0,76 ¹⁾	1 m _N ³ = 10,4 kWh
Erdgas L	11,7	12,8	0,76 ¹⁾	1 m _N ³ = 8,9 kWh
Flüssiggas	12,8	13,9	2,36 ¹⁾	1 m _N ³ = 30,2 kWh
Steinkohle	8,7	9,0	760 ²⁾	1 m ³ = 6600 kWh
Braunkohle	5,5	5,9	700 / 1000 ³⁾	1 m ³ = 3900 / 5500 kWh ³⁾
Brennholz	3,6 / 4,1 ⁴⁾	4,1 / 4,7 ⁴⁾	420 / 560 ⁵⁾	1 rm = 1700 / 2300 kWh ⁵⁾
Holz-Hackschnitzel	4,6 ⁶⁾	5,1 ⁶⁾	185 ⁷⁾	1 Scbm = 850 kWh
Holz-Pellets	4,9		1200 / 650 ⁸⁾	1 Scbm = 3200 kWh

Quellen:

GEMIS 3.1, Recknagel/Sprenger

Anmerkungen:

neue Bezeichnungen nach DIN EN 437: H_i statt H_u / H_s statt H_o

neue Bezeichnungen nach Gas-Geräte-Richtlinie: "Erdgas E" statt "Erdgas H" / "Erdgas LL" statt "Erdgas L"

¹⁾ bezogen auf Normkubikmeter (m_N³)

²⁾ Schüttdichte Nüsse/Eierbriketts

³⁾ Briketts geschüttet / gesetzt

⁴⁾ bei Feuchtegehalt 30% (1 Jahr Freiluftlagerung) / 20 % (lufttrocken)
Je Erhöhung um 10% Feuchteanteil ergibt sich Abnahme des Heizwertes um ca. 0,5 kWh/kg.

⁵⁾ Weichholz (Nadelholz) / Hartholz (Buche); bezogen auf Raummeter (1 rm = 1 ster; ca. 25% Raumanteil Luft)
für lufttrockenes Holz

⁶⁾ bei Feuchtegehalt 20% (lufttrocken)

⁷⁾ Schüttdichte, bezogen auf Schüttkubikmeter Scbm

⁸⁾ Einzelpellet / Schüttdichte

12 Genauigkeit des Verfahrens

Um die Genauigkeit des vereinfachten Verfahrens abzuschätzen, wird der mittels Anlagen-Pauschalwerten bestimmte Primärenergiebedarf mit dem unter gleichen Randbedingungen ausführlich berechneten verglichen. Die baulichen Daten basieren auf der Deutschen Gebäudetypologie [IWU 2003]. Es handelt um Bestandsgebäude, an denen keine baulichen Maßnahmen durchgeführt wurden. Allerdings sind auch die Baualtersklassen I (1995-2001) und J (ab 2002) enthalten und damit Gebäude mit deutlich niedrigerem Heizwärmebedarf, so dass die Genauigkeit auch für den Fall eines verbesserten Gebäudewärmeschutzes überprüft wird.

Für die Analyse der Genauigkeit wird eine Gas-Zentralheizung mit im Keller aufgestellten Konstanttemperatur-Kessel Baualtersklasse 1978-1986 herangezogen. Die Warmwasserbereitung erfolgt zentral über den Kessel und einen indirekt beheizten Warmwasserspeicher (Baualtersklasse 1978-1986). Die Verteilungen für Heizung und Warmwasser liegen jeweils unter der Kellerdecke, die Baualtersklasse ist „50er bis 70er Jahre“. Bei den Mehrfamilienhäusern ist eine Zirkulation vorhanden, bei den Einfamilienhäusern nicht.

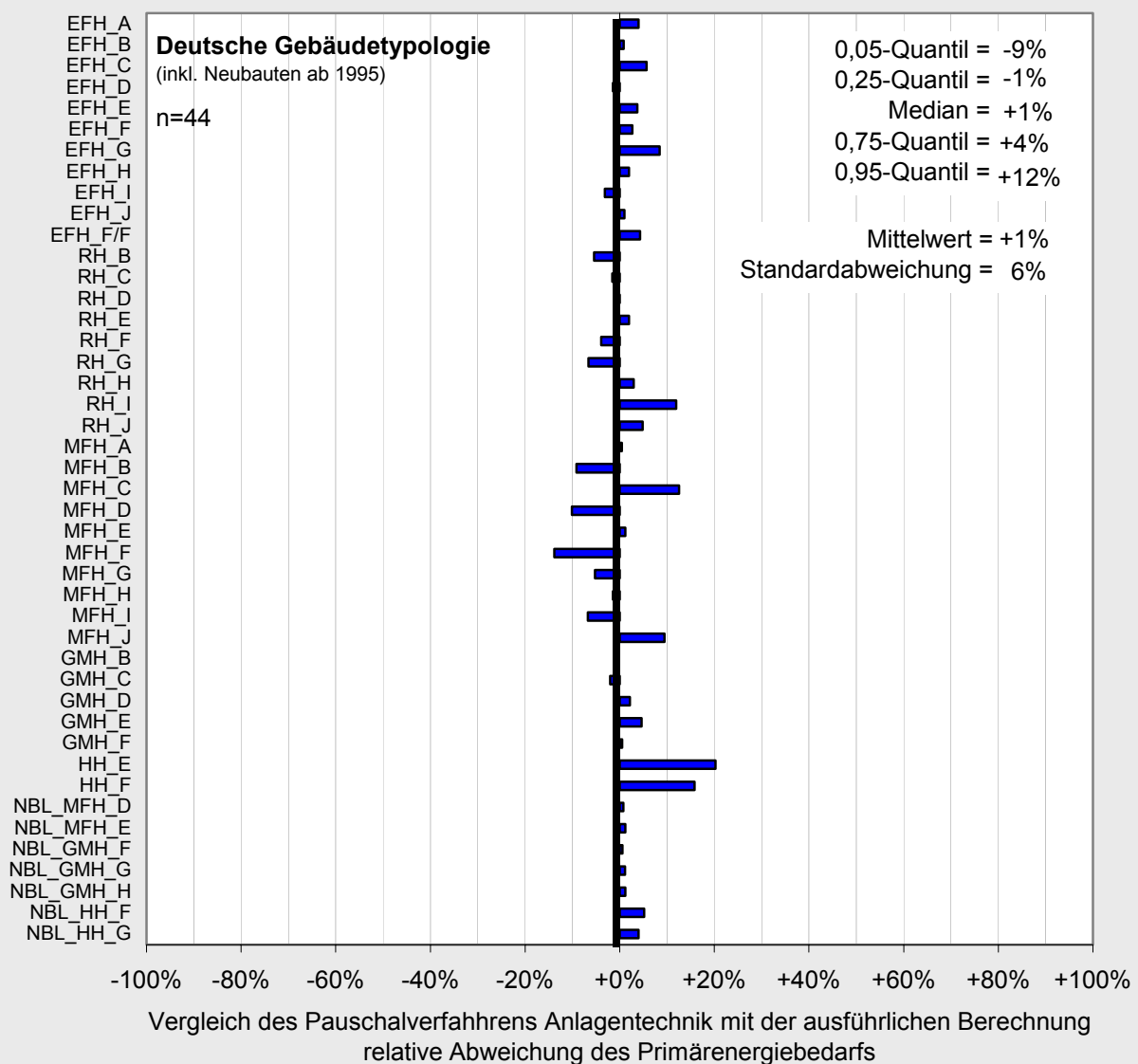
Die ausführliche Berechnung erfolgt im Wesentlichen nach DIN V 4701-12 und [PAS 1027].

Bei dem Vergleich zwischen Pauschalwerten und ausführlicher Berechnung wird nur die Anlagentechnik unterschiedlich berechnet – die baulichen Daten als Ausgangsbasis sind jeweils gleich.

Das Ergebnis der Analyse zeigt Bild 2. Dargestellt ist die relative Abweichung des mit Anlagenpauschalwerten berechneten Primärenergiebedarfs vom ausführlich berechneten Primärenergiebedarf. Die maximale Abweichung beträgt +20% bzw. -14%. Der Mittelwert der Abweichung beträgt +1%. Die Standardabweichung beträgt 6%. Damit erscheint das Pauschalwertverfahren für die vereinfachte Bewertung von Bestandsanlagen ausreichend genau.

Für den Vergleich wurde bewusst ein Heizsystem mit relativ hohen Verlusten ausgewählt. Für andere Heizsysteme ist die relative Abweichung tendenziell noch geringer.

Bild 2: Analyse der Genauigkeit der Pauschalwerte Anlagentechnik im Vergleich zur ausführlichen Berechnung für die Gebäude der deutschen Gebäudetypologie



ANHANG

Anhang A – Ermittelte Pauschalwerte Anlagentechnik bezogen auf A_N Tab. 26: Pauschalwerte der Anlagentechnik – Flächenbezug A_N

			Kennwerte bezogen auf die "Gebäudenutzfläche" A_N								
Wd Warmwasser Verteilung			Wärmeverluste $q_{w,d}$ [kWh/(m²a)]			Heizwärme- gutschrift $q_{h,w,d}$ [kWh/(m²a)]			Hilfsenergie- bedarf $q_{w,d,HE}$ [kWh/(m²a)]		
Kürzel	Name	Baualtersklasse	Anzahl Vollgeschosse			Anzahl Vollgeschosse			Wohnungsanzahl		
			1 bis 2	3 bis 5	6 und mehr	1 bis 2	3 bis 5	6 und mehr	1 bis 2	3 und mehr	
z70mZ	zentrale Verteilung mit Zirkulation	50er bis 70er	23,7	30,8	27,2	12,3	15,5	15,5	0,9	0,5	
z70mZMod	zentrale Verteilung mit Zirkulation	50er bis 70er, nachträgl. gedämmt	21,4	27,5	25,7	12,3	15,5	15,5	0,9	0,5	
z90mZ	zentrale Verteilung mit Zirkulation	80er und 90er	8,6	10,3	8,5	4,1	4,5	4,5	0,9	0,5	
zEnEVmZ	zentr. Vert. mit Zirk. inkl. Qualitätssicherung	EnEV	5,7	7,3	5,6	2,2	2,6	2,6	0,9	0,5	
z70oZ	zentrale Verteilung ohne Zirkulation	50er bis 70er	11,2	11,2	-	5,3	5,3	-	0,0	0,0	
z70oZMod	zentrale Verteilung ohne Zirkulation	50er bis 70er, nachträgl. gedämmt	9,7	9,7	-	5,3	5,3	-	0,0	0,0	
z90oZ	zentrale Verteilung ohne Zirkulation	80er und 90er	6,8	6,8	-	3,4	3,4	-	0,0	0,0	
zEnEV oZ	zentr. Vert. ohne Zirk. inkl. Qualitätssicherung	EnEV	3,8	3,8	-	1,5	1,5	-	0,0	0,0	
d90	dezentrales System	bis 90er	4,1	4,1	4,1	2,6	2,6	2,6	0,0	0,0	
dEnEV	dezentrales System	EnEV	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8	0,8	0,0	0,0	
Ws Warmwasser Speicherung			Wärmeverluste $q_{w,s}$ [kWh/(m²a)]			Heizwärme- gutschrift $q_{h,w,s}$ [kWh/(m²a)]			Hilfsenergie- bedarf $q_{w,s,HE}$ [kWh/(m²a)]		
Kürzel	Name	Baualtersklasse	Wohnungsanzahl			Wohnungsanzahl			Wohnungsanzahl		
			1 bis 2	3 bis 7	8 und mehr	1 bis 2	3 bis 7	8 und mehr	1 bis 2	3 und mehr	
ZS94a	zentraler WW-Speicher äußerh. th. H.	bis 1994	9,2	3,4	1,6	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	
ZS95a	zentraler WW-Speicher äußerh. th. H.	ab 1995	5,0	2,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	
ZS94i	zentraler WW-Speicher innerh. th. H.	bis 1994	9,2	3,4	1,6	5,9	2,2	1,0	0,1	0,0	
ZS95i	zentraler WW-Speicher innerh. th. H.	ab 1995	5,0	2,0	0,9	3,2	1,3	0,6	0,1	0,0	
GS	Gas-beheizter Trinkwasserspeicher	-	19,7	-	-	0,0	-	-	0,0	-	
EKS94	Elektro-Kleinspeicher	bis 1994	3,2	3,2	3,2	2,1	2,1	2,1	0,0	0,0	
EKS95	Elektro-Kleinspeicher	ab 1995	2,6	2,6	2,6	1,7	1,7	1,7	0,0	0,0	
WG Warmwasser Erzeugung			Erzeuger- Aufwandszahl $e_{w,g}$ [-]						Hilfsenergie- bedarf $q_{w,g,HE}$ [kWh/(m²a)]		
Kürzel	Name	Baualtersklasse	Wohnungsanzahl						Wohnungsanzahl		
			1 bis 2	3 und mehr					1 bis 2	3 und mehr	
KTK86	Konstanttemperatur-Kessel	bis 1986	1,61	1,31					0,2	0,0	
KTK94	Konstanttemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,57	1,28					0,2	0,0	
KTK95	Konstanttemperatur-Kessel	ab 1995	1,49	1,21					0,2	0,0	
NTK86	Niedertemperatur-Kessel	bis 1986	1,26	1,18					0,2	0,0	
NTK94	Niedertemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,23	1,15					0,2	0,0	
NTK95	Niedertemperatur-Kessel	ab 1995	1,16	1,10					0,2	0,0	
BWK86	Brennwert-Kessel	bis 1986	1,20	1,13					0,2	0,0	
BWK94	Brennwert-Kessel	1987 bis 1994	1,17	1,11					0,2	0,0	
BWK95	Brennwert-Kessel	ab 1995	1,12	1,08					0,2	0,0	
GT94	Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	bis 1994	1,23	1,23					0,2	0,0	
GT95	Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	ab 1995	1,20	1,20					0,2	0,0	
BT94	Gas-Brennwert-Therme	bis 1994	1,20	1,20					0,2	0,0	
BT95	Gas-Brennwert-Therme	ab 1995	1,16	1,16					0,2	0,0	
WPE94	Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	bis 1994	0,32	0,32					0,3	0,2	
WPE94mHS	Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	bis 1994	0,36	0,36					0,3	0,2	
WPE95	Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	ab 1995	0,29	0,29					0,3	0,2	
WPE95mHS	Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	ab 1995	0,32	0,32					0,3	0,2	
WPL94	Elektro-Wärmepumpe Außenluft	bis 1994	0,42	0,42					0,3	0,2	
WPL94mHS	Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	bis 1994	0,45	0,45					0,3	0,2	
WPL95	Elektro-Wärmepumpe Außenluft	ab 1995	0,35	0,35					0,3	0,2	
WPL95mHS	Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	ab 1995	0,38	0,38					0,3	0,2	
WPK94	Elektro-Wärmepumpe Kellerluft	bis 1994	0,36	0,36					0,3	0,2	
WPK94mHS	Elektro-Wärmepumpe Kellerluft mit Heizstab	bis 1994	0,39	0,39					0,3	0,2	
WPK95	Elektro-Wärmepumpe Kellerluft	ab 1995	0,35	0,35					0,3	0,2	
WPK95mHS	Elektro-Wärmepumpe Kellerluft mit Heizstab	ab 1995	0,38	0,38					0,3	0,2	
FWU	Fernwärme-Übergabestation	-	1,14	1,14					0,0	0,0	
ESz	zentraler Elektro-Speicher	-	1,00	1,00					0,0	0,0	
EKS	dezentrale Elektro-Kleinspeicher	-	1,00	1,00					0,0	0,0	
EDH	dezentrale Elektro-Durchlauferhitzer	-	1,00	1,00					0,0	0,0	
GDH94	dezentrale Gas-Durchlauferhitzer	bis 1994	1,23	1,23					0,0	0,0	
GDH95	dezentrale Gas-Durchlauferhitzer	ab 1995	1,20	1,20					0,0	0,0	
GS	Gas-Speicherwassererwärmer	-	1,22	1,22					0,0	0,0	
TSA	Thermische Solaranlage	-	0,00	0,00					0,0	0,0	

Tab. 26 (Fortsetzung)

			Kennwerte bezogen auf die "Gebäudenutzfläche" A_N				
Hce Heizwärme Übergabe			Wärmeverluste			Hilfsenergie- bedarf	
			$q_{H,ce}$ [kWh/(m²a)]			$q_{H,ce,HE}$ [kWh/(m²a)]	
Kürzel	Name	Baualtersklasse					
Th	Zentralheizung, thermostatisch geregelt		3,3			0,0	
dMan	raumweise Beheizung, manuell geregelt		0,0			0,0	
Hd Heizwärme Verteilung			Wärmeverluste			Hilfsenergie- bedarf	
			$q_{H,d}$ [kWh/(m²a)]			$q_{H,d,HE}$ [kWh/(m²a)]	
Kürzel	Name	Baualtersklasse	Anzahl Vollgeschosse			Wohnungsanzahl	
			1 bis 2	3 bis 5	6 und mehr	1 bis 2	3 und mehr
z70	zentrale Verteilung	50er bis 70er	27,9	23,9	19,3	3,4	1,2
z70Mod	zentrale Verteilung	50er bis 70er, nachträgl. gedämmt	21,5	19,5	17,2	3,4	1,2
z90	zentrale Verteilung	80er und 90er	17,5	15,5	13,3	3,4	1,2
zEnEV	zentrale Verteilung inkl. Qualitätssicherung	EnEV	9,4	7,0	5,0	3,4	1,2
wo	wohnungsweise Verteilung	-	5,4	5,4	5,4	3,4	3,4
dez	dezent. System (ohne Verteilung)	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hs Heizwärme Speicherung			Wärmeverluste			Hilfsenergie- bedarf	
			$q_{H,s}$ [kWh/(m²a)]			$q_{H,s,HE}$ [kWh/(m²a)]	
Kürzel	Name	Baualtersklasse	Wohnungsanzahl			Wohnungsanzahl	
			1 bis 2	3 und mehr		1 bis 2	3 und mehr
PSWP94	Pufferspeicher El.-Wärmep. / -Nachtsp.	bis 1994	5,2	5,2		0,0	0,0
PSWP95	Pufferspeicher El.-Wärmep. / -Nachtsp.	ab 1995	4,0	4,0		0,0	0,0
PSHK94	Pufferspeicher für Holzkessel	bis 1994	9,8	9,8		0,0	0,0
PSHK95	Pufferspeicher für Holzkessel	ab 1995	6,4	6,4		0,0	0,0
Hg Heizwärme Erzeugung			Erzeuger- Aufwands- zahl $e_{H,g}$ [-]			Hilfsenergie- bedarf	
						$q_{H,g,HE}$ [kWh/(m²a)]	
Kürzel	Name	Baualtersklasse	Wohnungsanzahl			Wohnungsanzahl	
			1 bis 2	3 und mehr		1 bis 2	3 und mehr
Basiswert für f_0			2,0	2,0			
Basiswert für Q_n			24	500			
KTk86	Konstanttemperatur-Kessel	bis 1986	1,33	1,21		1,9	0,4
KTk94	Konstanttemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,29	1,18		1,9	0,4
KTk95	Konstanttemperatur-Kessel	ab 1995	1,26	1,14		1,9	0,4
NTK86	Niedertemperatur-Kessel	bis 1986	1,23	1,18		1,9	0,4
NTK94	Niedertemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,18	1,12		1,9	0,4
NTK95	Niedertemperatur-Kessel	ab 1995	1,12	1,08		1,9	0,4
BWK86	Brennwert-Kessel	bis 1986	1,11	1,07		1,9	0,4
BWK94	Brennwert-Kessel	1987 bis 1994	1,08	1,04		1,9	0,4
BWK95	Brennwert-Kessel	ab 1995	1,06	1,03		1,9	0,4
GT94	Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	bis 1994	1,16	1,16		1,9	0,4
GT95	Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	ab 1995	1,08	1,08		1,9	0,4
GBT94	Gas-Brennwert-Therme	bis 1994	1,07	1,07		1,9	0,4
GBT95	Gas-Brennwert-Therme	ab 1995	0,99	0,99		1,9	0,4
WPE94	Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	bis 1994	0,32	0,32		1,1	0,8
WPE94mHS	Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	bis 1994	0,36	0,36		1,1	0,8
WPE95	Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	ab 1995	0,29	0,29		1,1	0,8
WPE95mHS	Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	ab 1995	0,32	0,32		1,1	0,8
WPL94	Elektro-Wärmepumpe Außenluft	bis 1994	0,42	0,42		1,1	0,8
WPL94mHS	Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	bis 1994	0,45	0,45		1,1	0,8
WPL95	Elektro-Wärmepumpe Außenluft	ab 1995	0,35	0,35		1,1	0,8
WPL95mHS	Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	ab 1995	0,38	0,38		1,1	0,8
FWU	Fernwärme-Übergabestation	-	1,02	1,02		0,0	0,0
Oelofen	Ölbefeuert Einzelöfen mit Verdampfungsbr.	-	1,40	1,40		0,0	0,0
Ofen	Kohle- oder Holzöfen	-	1,60	1,60		0,0	0,0
GRH	Gasraumheizer	-	1,40	1,40		0,0	0,0
ESz	zentraler Elektro-Speicher	-	1,00	1,00		0,0	0,0
ENSp	Elektro-Nachtspeicherheizung	-	1,00	1,00		0,0	0,0
EDHG	Elektro-Direktheizgeräte	-	1,00	1,00		0,0	0,0
TSA	Thermische Solaranlage	-	0,00	0,00		0,0	0,0

Tab. 26 (Fortsetzung)

VK	Vorkette		Primär- energie- faktor f_p	CO ₂ - Emissions- faktor f_{CO_2} (CO ₂ - Äquivalent)	Energieinhalt (H _u) bezogen auf handelsübliche Maßeinheit	
			bezogen auf Endenergie [-]	[g/kWh _{End}]	Einheit	kWh je Einheit
HO	Heizöl		1,1	310	Liter	10,2
EG	Erdgas H		1,1	250	Normkubikmeter	10,4
EG-L	Erdgas L		1,1	270	Normkubikmeter	8,9
FG	Flüssiggas		1,1	270	kg	12,8
SK	Steinkohle		1,1	440	Schüttkubikmeter	6600
BK	Braunkohle		1,2	450	Schüttkubikmeter	3900
SH	Scheitholz		0,2	40	Raummeter	1700
HHS	Holzackschnitzel		0,2	40	Schüttkubikmeter	850
HP	Holz-Pellets		0,2	40	Schüttkubikmeter	3200
S	Strom-Mix		3,0	680	kWh	1,0
FWEG00	Nah-/Fernwärme, Erdgas	0% KWK	1,3	300	kWh	1,0
FWEG33	Nah-/Fernwärme, Erdgas	33% KWK	1,1	250	kWh	1,0
FWEG67	Nah-/Fernwärme, Erdgas	67% KWK	0,9	200	kWh	1,0
FWEG100	Nah-/Fernwärme, Erdgas	100% KWK	0,7	150	kWh	1,0
FW00	Nah-/Fernwärme, andere foss. Brennstof	0% KWK	1,3	420	kWh	1,0
FW33	Nah-/Fernwärme, andere foss. Brennstof	33% KWK	1,1	350	kWh	1,0
FW67	Nah-/Fernwärme, andere foss. Brennstof	67% KWK	0,9	280	kWh	1,0
FW100	Nah-/Fernwärme, andere foss. Brennstof	100% KWK	0,7	210	kWh	1,0
FWreg00	Nah-/Fernwärme, erneuerbare Brennstoffe	0% KWK	0,3	60	kWh	1,0
FWreg33	Nah-/Fernwärme, erneuerbare Brennstoffe	33% KWK	0,2	40	kWh	1,0
FWreg67	Nah-/Fernwärme, erneuerbare Brennstoffe	67% KWK	0,1	20	kWh	1,0
FWreg100	Nah-/Fernwärme, erneuerbare Brennstoffe	100% KWK	0,0	0	kWh	1,0
So	Sonne		0,0	0	kWh	1,0

Anhang B – Ansätze für die Systemtemperaturen

Auszug aus: [Diefenbach et al. 2002]

{ Inhaltliche Änderungen gegenüber der Vorlage sind gekennzeichnet. }

B.1 Raumheizung

Die mittlere Temperatur der Heizwärmeverteilung wird gemäß DIN V 4701-10 Abschnitt 5 bestimmt:

$$\bar{\vartheta}_{HK} = \frac{1}{2} \cdot (\bar{\vartheta}_{VL} + \bar{\vartheta}_{RL}) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{B-1})$$

mit der mittleren Vorlauftemperatur:

$$\bar{\vartheta}_{VL} = \vartheta_{VL,\min} + \varphi_{HP}^{\frac{1}{n}} \cdot (\vartheta_{VL,\max} - \vartheta_{VL,\min}) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{B-2})$$

der mittleren Rücklauftemperatur:

$$\bar{\vartheta}_{RL} = \vartheta_{RL,\min} + \varphi_{HP}^{\frac{1}{n}} \cdot (\vartheta_{RL,\max} - \vartheta_{RL,\min}) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{B-3})$$

Die mittlere Heizkreisbelastung φ_{HP} ist das Verhältnis aus mittlerer Gebäudeheizlast in der Heizperiode $\bar{\dot{Q}}_{GB}$ und maximaler Wärmeabgabe des Heizkreises bei Auslegungstemperatur $\dot{Q}_{\max, HK}$:

$$\varphi_{HP} = \frac{\bar{\dot{Q}}_{GB}}{\dot{Q}_{\max, HK}} = \frac{\bar{\dot{Q}}_{GB}}{f_{\ddot{u}, HK} \dot{Q}_{GB}} \approx \frac{1}{f_{\ddot{u}, HK}} \cdot \frac{(\vartheta_{i, Norm} - \bar{\vartheta}_u)}{(\vartheta_{i, Norm} - \vartheta_{u, \min})} \quad [-] \quad (\text{B-4})$$

mit: $\bar{\dot{Q}}_{GB}$	mittlere Gebäudeheizlast in der Heizperiode	[W]
$\dot{Q}_{GB}$	maximale Gebäudeheizlast für Randbedingungen gemäß Auslegung	[W]
$\dot{Q}_{\max, HK}$	maximale Wärmeabgabeleistung des Heizkreises für Randbedingungen gemäß Auslegung	[W]
$\vartheta_{VL, \max} / \vartheta_{RL, \max}$	Maximalwert der Vorlauf-/Rücklauftemperatur (=Auslegungsfall); Standardwert = 70°C/55°C	[°C]
$\vartheta_{VL, \min} / \vartheta_{RL, \min}$	Minimalwert der Vorlauf-/Rücklauftemperatur; Standardwert = 20°C/20°C	[°C]
$\vartheta_{i, Norm}$	Norm-Innentemperatur = für die Heizkreisauslegung zu Grunde gelegte Raumtemperatur; Standardwert = 20°C	[°C]
$\vartheta_{u, \min}$	minimale Außentemperatur in der Heizzeit = Auslegungstemperatur; Standardwert = -12°C	[°C]
$\bar{\vartheta}_u$	mittlere Außentemperatur in der Heizzeit	[°C]
$f_{\ddot{u}, HK}$	Faktor für Überdimensionierung des Heizkreises “Standardwert Bestand“ $f_{\ddot{u}, HK} = 1,2$	$f_{\ddot{u}, HK} = \frac{\dot{Q}_{\max, HK}}{\dot{Q}_{GB}} \quad [-]$
n	Heizkörper-Exponent; Standardwert = 1,3	[-]

Zusätzlich zu den Gleichungen der DIN V 4701-10 wird hier ein Überdimensionierungsfaktor $f_{\ddot{u},HK}$ für den Heizkreis eingeführt. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass Heizflächen in der Vergangenheit stärker überdimensioniert wurden bzw. dass gegenüber dem Auslegungsfall in der Regel bereits eine Verbesserung der Bausubstanz vorliegt (z.B. zweifach- statt einfachverglaste Fenster). Als Standardwert für Anlagen in bestehenden (nicht umfassend modernisierten) Gebäuden wird $f_{\ddot{u},HK} = 1,2$ gesetzt.

Da die Abhängigkeit des zeitlichen Mittels der Heizkreistemperatur von der Länge der Heizzeit nur gering ist, kann diese vernachlässigt werden. Als Standardwert wird die zur Heizgrenztemperatur 12°C gehörige Gradtagszahl verwendet.

Bei Ansatz von Modernisierungsmaßnahmen für die thermische Hülle unter Beibehaltung der Heizflächen sollte der Effekt einer Absenkung der Heizkreistemperaturen rechnerisch berücksichtigt werden. Ausgehend von $f_{\ddot{u},HK} = 1,2$ ergibt sich beispielsweise bei Verringerung der Heizlast um 50% $f_{\ddot{u},HK} = 2,4$, was sich in einer Verringerung der Wärmeverluste der Verteilleitungen um ca. ein Drittel bemerkbar macht.

Ist der Heizkreis hydraulisch nicht abgeglichen, kommt es zu Kurzschlussströmungen und in der Folge zu einer Anhebung der Rücklauftemperatur. Darüber hinaus ist oftmals die Heizkurve so eingestellt, dass auch in der Übergangszeit noch ausreichend Heizleistung zur Verfügung steht (z.B. für das Aufheizen des Gebäudes nach einer Nachtabenkung). Für einen solchen „typischen Betrieb“ werden folgende Werte für die maximale Rücklauftemperatur (Auslegungsfall) und die minimale Vor- und Rücklauftemperatur (an der Heizgrenze) eingeführt:

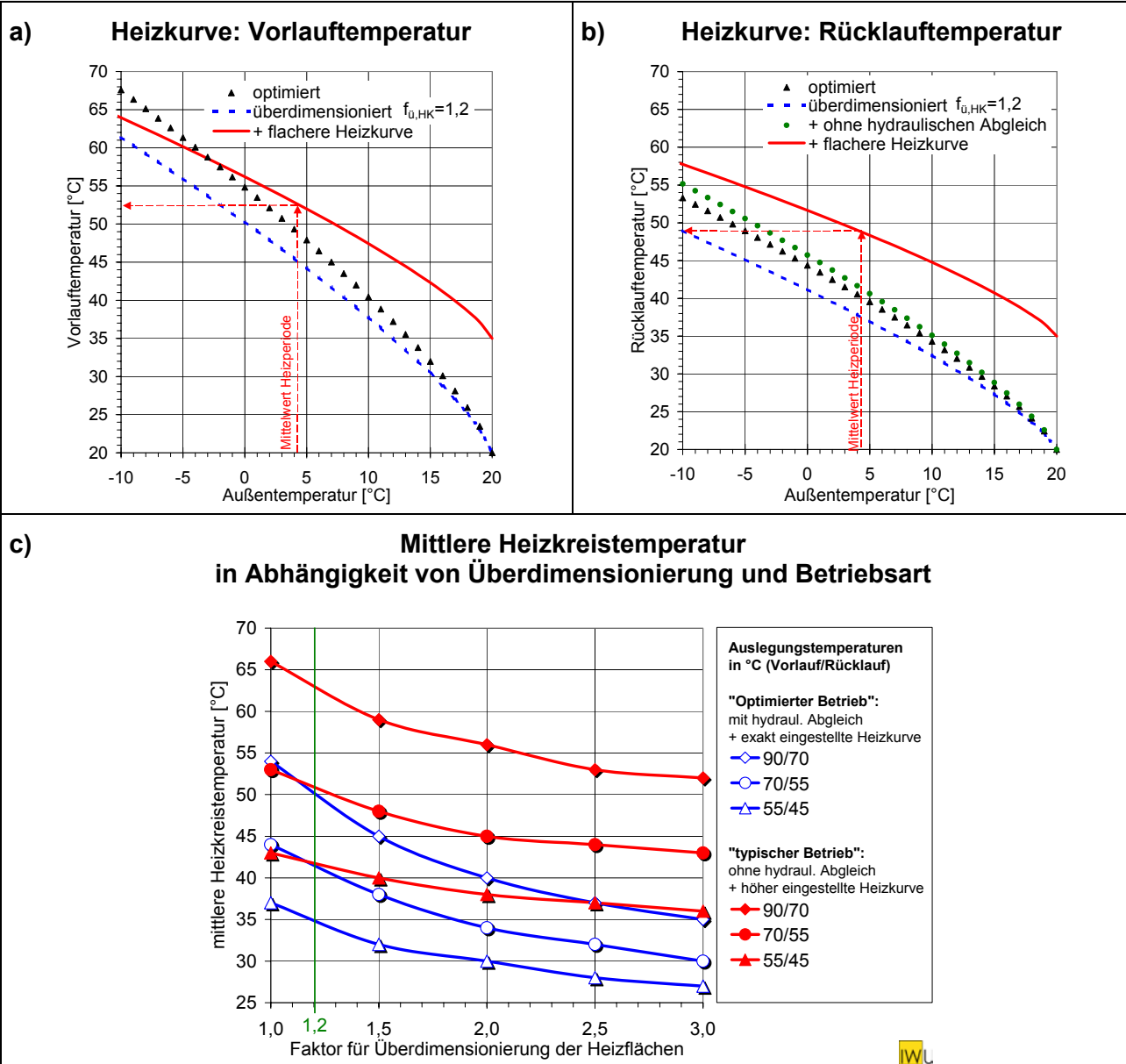
$$\vartheta_{RL,max}(\text{typischer Betrieb}) = \frac{1}{2}(\vartheta_{VL,max} + \vartheta_{RL,max}(\text{optimierter Betrieb})) \quad (\text{B-5})$$

$$\vartheta_{VL,min}(\text{typischer Betrieb}) = \vartheta_{RL,min}(\text{typischer Betrieb}) = 20 + 0,3(\vartheta_{VL,max} - 20) = 14 + 0,3\vartheta_{VL,max} \quad (\text{B-6})$$

Die Abhängigkeit der Heizkreistemperaturen von der Überdimensionierung der Heizflächen und von der Betriebsweise geben die Diagramme in Bild 3 wieder: Bild 3 a) und b) zeigt die Vor- und Rücklauftemperatur als Funktion der Außentemperatur („Heizkurven“), Bild 3 c) die resultierende mittlere Heizkreistemperatur als Funktion der Überdimensionierung. Die Werte für die mittleren Heizkreistemperaturen zeigt Tab. 27.

Gibt es über die konkreten Auslegungstemperaturen und die Betriebsweise für ein Gebäude keine Angaben, so kann **vereinfachend** mit der **Temperaturpaarung 70°C/55°C** bei einem „**typischen Betrieb**“ gerechnet werden. Bei Ansatz des Standardwertes für die Überdimensionierung $f_{\ddot{u},HK} = 1,2$ ergibt sich **eine mittlere Heizkreistemperatur von $\vartheta_{HK} = 50^\circ\text{C}$** .

Bild 3a-c: Abhängigkeit der Heizkreistemperaturen von Überdimensionierung und Betriebsart:
a) Vorlauf-, b) Rücklauftemperatur als Funktion der Außentemperatur (Heizkurve)
c) resultierende mittlere Heizkreistemperatur als Funktion der Überdimensionierung der Heizflächen



Tab. 27: Mittlere Heizkreistemperaturen

	optimierter Betrieb¹⁾ (optimale Heizkurve / mit hydraul. Abgleich)			typischer Betrieb (flachere Heizkurve / ohne hydraul. Abgleich)		
Auslegungstemperatur Netz (Vorlauf / Rücklauf in °C)	90/70	70/55	55/45	90/70	70/55	55/45
minimale Vor-/Rücklauf-temperatur	20 °C	20 °C	20 °C	41 °C	35 °C	31 °C
Faktor für Überdimensionierung	Mittlere Heizkreistemperaturen in °C					
1,0	54	44	37	66	53	43
1,2	50	41	35	63	50	41
1,5	45	38	32	59	48	40
2,0	40	34	30	56	45	38
3,0	37	32	28	53	44	37
Berechnung nach DIN V 4701-10						
¹⁾ optimierter Betrieb: Randbedingungen entsprechen Ansatz DIN V 4701-10						

B.2 Trinkwarmwasser

Die mittlere Temperatur des Trinkwarmwassernetzes wird entsprechend DIN V 4701-10 Tab. 5-2 angesetzt:

Leitungen mit Zirkulation: $\bar{\vartheta}_{TW} = 50^\circ\text{C}$ / Leitungen ohne Zirkulation: $\bar{\vartheta}_{TW} = 32^\circ\text{C}$

{Ergänzung: Gemäß [PAS 1027] wird im Fall ungedämmter Zapfleitungen mit einem Wärmeübergangskoeffizienten $U_R > 1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ $\bar{\vartheta}_{TW} = 26^\circ\text{C}$ angesetzt.}

Anhang C – Modell für die Wärmeverteilung im Bestand

Auszug aus: [Diefenbach et al. 2002].

{ Inhaltliche Änderungen gegenüber der Vorlage sowie in der vorliegenden Studie nicht verwendete Ansätze sind gekennzeichnet. }

C.1 Jährliche Wärmeverluste

C.1.1 Heizwärmeverteilung

In Anlehnung an DIN V 4701-10 wird der jährliche Wärmeverlust eines Rohrabschnitts i der Heizwärmeverteilung wie folgt berechnet:

$$Q_{H,d,i} = \frac{1}{1000} U_{R,i} L_i (\bar{\vartheta}_{HK} - \bar{\vartheta}_u) f_a f_b z t_{HP} \quad [\text{kWh/a}] \quad (\text{C-1})$$

mit:	$U_{R,i}$	längenspezifischer Wärmeverlustkoeffizient der Rohrleitung	[W/(m K)]
	$L_{Z,i}$	Länge des Rohrabschnitts	[m]
	$\bar{\vartheta}_{HK}$	mittlere Temperatur des Rohrabschnitts Standardwerte siehe Abschnitt B.1	[°C]
	$\bar{\vartheta}_u$	mittlere Umgebungstemperatur Standardwerte: 20°C innerhalb / 13°C außerhalb der thermischen Hülle	[°C]
	f_a	Verlustfaktor nach DIN V 4701-10 Gl. (5.3.2-2) $f_a = 1$ für Komponenten außerhalb der thermischen Hülle $f_a = 0,15$ für Komponenten innerhalb der thermischen Hülle $f_a = 0,1$ für absperrbare Rohre innerhalb der thermischen Hülle Werte für innerhalb der Außenwände verlegte Leitungen im Bestand siehe Tab. 32	[m]
	f_b	Teilbeheizungsfaktor nach DIN V 4701-10 Gl. (5.3.2-2) $f_b = 1$ für nicht absperrbare Rohre $f_b = 0,8$ für absperrbare Rohre	[m]
	t_{HP}	jährliche Betriebszeit = Dauer der Heizperiode	[d/a]
	z	tägliche Laufzeit der Umwälzpumpe Standardwert nach DIN V 4701-10: 24 h/d	[h/d]

Standardwerte
nach
DIN V 4701-10

Standardwerte
nach
DIN V 4701-10

C.1.2 Verteilung Trinkwarmwasser

In Anlehnung an DIN V 4701-10 wird der jährliche Wärmeverlust eines Rohrabschnitts i der Warmwasserverteilung wie folgt berechnet:

Rohrabschnitte mit Zirkulation

Wärmeverluste während des Zirkulationsbetriebs:

$$Q_{TW,d,Z,i} = \frac{1}{1000} \cdot U_{R,i} \cdot L_{Z,i} \cdot (\bar{\vartheta}_{TW,Z} - \bar{\vartheta}_u) \cdot z \cdot t_{TW} \quad [\text{kWh/a}] \quad (\text{C-2})$$

Wärmeverluste während der Zirkulationsunterbrechung

$$Q_{TW,d,Z,i} = \frac{1}{1000} \cdot U_{R,i} \cdot \frac{1}{2} \cdot L_{Z,i} \cdot (\bar{\vartheta}_{TW,ZU} - \bar{\vartheta}_u) \cdot (24 - z) \cdot t_{TW} \quad [\text{kWh/a}] \quad (\text{C-3})$$

mit:	$U_{R,i}$	längenspezifischer Wärmeverlustkoeffizient der Rohrleitung	[W/(m K)]
	$L_{Z,i}$	Länge des Rohrabschnitts (Summe aus Förder- und Zirkulationsrückleitung)	[m]
	$\bar{\vartheta}_{TW,Z}$	mittlere Temperatur des Rohrabschnitts während des Zirkulationsbetriebs Standardwert: 50 °C	[°C]
	$\bar{\vartheta}_{TW,ZU}$	mittlere Temperatur des Rohrabschnitts während der Zirkulationsunterbrechung Standardwert: 32 °C { falls $U_R > 1 \text{ W/(m·K)}$: 26 °C }	[°C]
	$\bar{\vartheta}_u$	mittlere Umgebungstemperatur Standardwerte: 20 °C innerhalb / 13 °C außerhalb der thermischen Hülle	[°C]
	t_{TW}	jährliche Betriebszeit	[d/a]
	z	tägliche Laufzeit der Zirkulationspumpe	[h/d]

{ In der vorliegenden Studie nicht verwendet: }

Ist die tägliche Laufzeit der Zirkulationspumpe nicht bekannt, wird sie wie folgt angesetzt:

$$z = 7,5 + \frac{100}{6 + \frac{7}{n_{WE}}} \approx 7,5 + \frac{1}{0,06 + \frac{7}{A_N}} \quad [\text{h/d}] \quad (\text{C-4})$$

mit:	n_{WE}	Anzahl der Wohneinheiten (für $n_{WE} \leq 100$)	[-]
	A_N	„Gebäudenutzfläche“ nach EnEV (für $A_N \leq 10000 \text{ m}^2$)	[m]

Für $n_{WE} > 100$ oder $A_N > 10000 \text{ m}^2$ ist $z = 24 \text{ h/d}$ zu setzen.

Die hieraus ermittelten Werte liegen deutlich höher als in Gl. 5.1.2-3 in DIN V 4701-10 (Tab. 28). Dieser Ansatz berücksichtigt die Erfahrung, dass im Gebäudebestand bei Einfamilienhäusern meist nur eine Nachtabschaltung, bei Mehrfamilienhäusern im Regelfall ein durchgängiger Zirkulationsbetrieb anzutreffen ist.

Tab. 28: Vergleich der Werte für die tägliche Laufzeit der Zirkulationspumpe

Anzahl Wohn- einheiten	Wohn- fläche [m ²]	A _N [m ²]	Formel nach DIN V 4701-10		mit geänderten Parametern	
			z [h/d]	1 - z [h/d]	z [h/d]	1 - z [h/d]
1	80	100	11,8	12,2	15,2	8,8
2	160	200	13,1	10,9	18,0	6,0
3	240	300	14,2	9,8	19,5	4,5
5	400	500	15,9	8,1	21,0	3,0
10	800	1000	18,3	5,7	22,4	1,6
50	4000	5000	22,5	1,5	23,8	0,2
100	8000	10000	23,3	0,7	24,0	0,0

Rohrabschnitte ohne Zirkulation / Zapfleitungen

Wärmeverluste für Einzelleitungen (Zapfleitungen) ohne Zirkulationsrückleitung:

$$Q_{TW,d,Z,i} = \frac{1}{1000} \cdot U_i \cdot L_E \cdot (\bar{\vartheta}_{TW,E} - \bar{\vartheta}_u) \cdot 24 \cdot t_{TW} \quad [\text{kWh/a}] \quad (\text{C-5})$$

mit:	U_i	längenspezifischer Wärmeverlustkoeffizient	[W/(m K)]
	$L_{E,i}$	Länge des Rohrabschnitts der Einzelleitung	[m]
	$\bar{\vartheta}_{TW,E}$	mittlere Temperatur des Rohrabschnitts der Einzelleitung Standardwert: 32 °C	[°C]
	$\bar{\vartheta}_u$	mittlere Umgebungstemperatur Standardwerte: 20°C innerhalb / 13°C außerhalb der thermischen Hülle	[°C]
	t_{TW}	jährliche Betriebszeit	[d/a]

Rohrabschnitte mit elektrischer Begleitheizung

Die Wärmeverluste von mit elektrischer Begleitheizung ausgestatteten Rohrabschnitten werden wie folgt bestimmt:

Wärmeverluste während des Betriebs der elektrischen Begleitheizung:

$$Q_{TW,d,EBH,i} = \frac{1}{1000} \cdot U_i \cdot L_{EBH,i} \cdot (\bar{\vartheta}_{TW,EBH} - \bar{\vartheta}_u) \cdot z_{EBH} \cdot t_{TW} \quad [\text{kWh/a}] \quad (\text{C-6})$$

Die Wärmeverluste während der Unterbrechung der elektrischen Begleitheizung entsprechen denen einer Einzelleitung (s.o.):

$$Q_{TW,d,E,i} = \frac{1}{1000} \cdot U_i \cdot L_{EBH,i} \cdot (\bar{g}_{TW,E} - \bar{g}_u) \cdot (24 - z_{EBH}) \cdot t_{TW} \quad [\text{kWh/a}] \quad (\text{C-7})$$

mit:	U_i	längenspezifischer Wärmeverlustkoeffizient	[W/(m K)]
	$L_{EBH,i}$	Länge des mit elektrischer Begleitheizung ausgestatteten Rohrabschnitts	[m]
	$\bar{g}_{TW,EBH}$	mittlere Temperatur des Rohrabschnitts während des Betriebs der elektrischen Begleitheizung Standardwert: 50 °C	[°C]
	$\bar{g}_{TW,E}$	mittlere Temperatur des Rohrabschnitts während der Unterbrechung der elektrischen Begleitheizung Standardwert: 32 °C	[°C]
	$\bar{g}_u$	mittlere Umgebungstemperatur Standardwerte: 20°C innerhalb / 13°C außerhalb der thermischen Hülle	[°C]
	t_{TW}	jährliche Betriebszeit	[d/a]
	z_{EBH}	tägliche Betriebszeit der elektrischen Begleitheizung (entspricht Betriebszeit Zirkulation / Gl. (C-4))	[h/d]

Der Anteil an Wärme, der durch den zusätzlichen Wärmeerzeuger „elektrische Direktheizung“ mit der Erzeugeraufwandszahl 1,0 bereitzustellen ist, bestimmt sich wie folgt:

$$\alpha_{TW,EBH} = \frac{\sum_i Q_{TW,d,EBH,i}}{Q_{TW}^*} \quad [-] \quad (\text{C-8})$$

Dabei ist die von den Wärmeerzeugern insgesamt bereitzustellende Wärmemenge:

$$Q_{TW}^* = Q_{TW} + \sum_i Q_{TW,s,i} + \sum_i Q_{TW,d,EBH,i} + \sum_i Q_{TW,d,E,i} \quad [\text{kWh/a}] \quad (\text{C-9})$$

C.1.3 Heizwärme-Gutschrift

Bei innerhalb der thermischen Hülle angeordneten Warmwasserleitungen kann in der Heizzeit ein Teil der Verluste als Heizwärmebeitrag genutzt werden ("Heizwärme-Gutschrift"). Die Ansätze entsprechen denen der DIN V 4701-10.

Die als Heizwärmebeitrag nutzbaren Wärmeverluste der Heizwärmeverteilung werden nach dem Ansatz der DIN V 4701-10 direkt von den Verlusten abgezogen (siehe Gl. (C-1))

C.2 Wärmeverlustkoeffizienten von Rohrleitungen

C.2.1 Ungedämmte Rohrleitungen, freiliegend

Die Wärmeabgabe von ungedämmten Rohrleitungen setzt sich zusammen aus den Verlusten durch **Konvektion** und durch **Strahlung**. Der Wärmeübergang vom Medium zum Rohr sowie die Wärmeleitung innerhalb der Rohrwandung (bei Metallrohren) kann vernachlässigt werden.

Der **Wärmeverlustkoeffizient für den äußeren konvektiven Wärmeübergang von ungedämmten Rohrleitungen** $\alpha_{R,K}$ berechnet sich wie folgt (Näherungsgleichung nach Glück gemäß [Recknagel/Sprenger 01/02] S. 163):

$$\alpha_{R,K} = 1,23 \frac{\Delta T^{0,25+0,1d_R}}{d_R^{0,25}} \cdot \pi \cdot d_R \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \quad (\text{C-10})$$

mit: ΔT Temperaturdifferenz zwischen Rohr und Umgebung [K]
 d_R Außendurchmesser des Rohres [m]

gültig für Umgebungstemperaturen zwischen 0 und 20°C sowie Rohrdurchmesser zwischen 0,01 und 1 m.

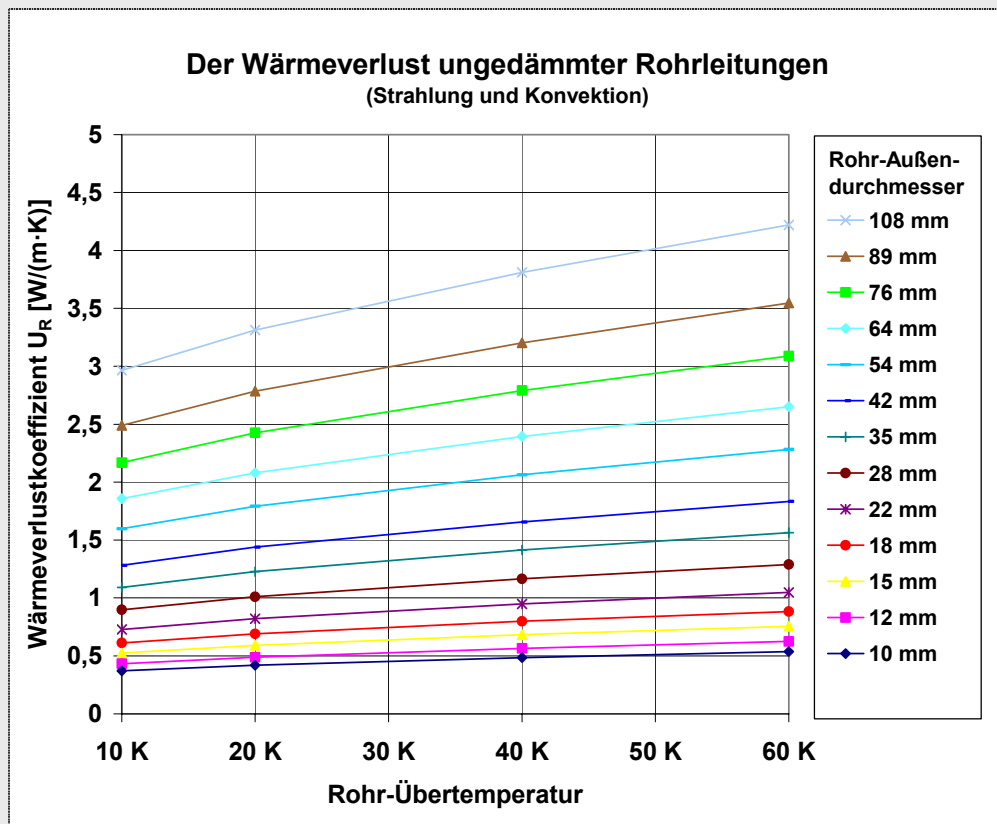
Der **Wärmeverlustkoeffizient für die Wärmeabstrahlung von ungedämmten Rohrleitungen** in einem großen Raum $\alpha_{R,S}$ berechnet sich wie folgt (vgl. [Recknagel/Sprenger 01/02] S. 170):

$$\alpha_{R,S} = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot \varepsilon_R \cdot \frac{(T_R^4 - T_U^4)}{(T_R - T_U)} \cdot \pi \cdot d_R \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \quad (\text{C-11})$$

mit: T_R absolute Temperatur des Rohres [K]
 T_U absolute Temperatur der Umgebung [K]
 ε_R Emissionsgrad der Rohroberfläche

Der Emissionsgrad ε schwankt für ungedämmte Verteilrohre aus Kupfer oder Stahl je nach Grad der Oxidation zwischen ca. 0,07 und 0,8 – bei Farbanstrichen bis zu ca. 0,95. Im Folgenden wird von einem Standardwert von $\varepsilon_R = 0,8$ ausgegangen.

Bild 4: Wärmeverlustkoeffizienten für ungedämmte Rohrleitungen (Strahlung und Konvektion) für verschiedene Rohrdurchmesser bei Variation der Temperaturdifferenz zwischen Rohr und Umgebung



Die sich aus den Gln. (C-10) und (C-11) ergebenden Wärmeverlustkoeffizienten zeigt Bild 4 für verschiedenen Rohrleitungsquerschnitte. Vereinfacht können folgende Rechenwerte verwendet werden:

Tab. 29: Anhaltswerte für die Wärmeverlustkoeffizienten ungedämmter Rohrleitungen

Rohrdurchmesser	≤ 18 mm	>18 bis 35 mm	>35 bis 64 mm	>64 mm
U_R [W/(m²K)]	0,6	1,0	2,0	3,0

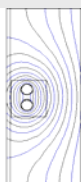
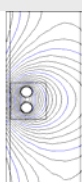
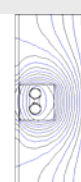
C.2.2 Ungedämmte Rohrleitungen, unter Putz verlegt

Die Wärmeverluste von unter Putz verlegten ungedämmten Rohrleitungen wurden mit Hilfe eines zweidimensionalen Wärmebrückenprogramms bestimmt. Dabei wurden drei Fälle unterschieden:

- Leitungen in einer ungedämmten Altbau-Außenwand ($U_{\text{Wand}} = 1,46 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)
- Leitungen in einer von außen gedämmten Altbau- oder Neubau-Außenwand ($U_{\text{Wand}} = 0,27 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)
- Leitungen in einer einschaligen Neubau-Außenwand ($U_{\text{Wand}} = 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

Die Berechnungen finden sich im Anhang von [Diefenbach et al. 2002]. Tab. 30 zeigt die Ergebnisübersicht. Die so bestimmten U_R -Werte sind bezogen auf die Temperaturdifferenz zwischen Rohrleitung und Raum. Zusätzlich ist der in der thermischen Hülle verfügbare Anteil des Rohr-Wärmeverlustes angegeben. Die Ergebnisse stimmen generell für ein Verhältnis der Temperaturdifferenzen Rohr-Raum : Raum-Außenluft von ca. 2:1.

Tab. 30: Bestimmung der Wärmeverlustkoeffizienten von unter Putz verlegten Rohrleitungen mit Hilfe eines zweidimensionalen Wärmebrücken-Programms (Details siehe Anhang)

		Außenwand Altbau ungedämmt			Außenwand Altbau/Neubau von außen gedämmt			Außenwand Neubau monolith. ohne Dämmung		
										
		vom Rohr	außen	innen	vom Rohr	außen	innen	vom Rohr	außen	innen
Gesamtwärmestrom	[W/m]	163,7	107,4	56,4	117,4	16,5	100,9	91,4	33,6	57,8
Wärmestrom ohne Rohrleitungen	[W/m]		-43,6	43,6		-8,1	8,1		-12,0	12,0
U-Wert Wand ungestört	[W/(m²K)]	1,455			0,271			0,399		
Wärmestrom aus Rohrleitungen	[W/m]		63,7	100,0		8,3	109,1		21,6	69,8
gesamter Wärmeverlust Rohrleitungen	[W/m]		163,7			117,4			91,4	
U _R -Wert bezogen auf Raumtemp. 2 Rohre	[W/(m K)]		2,729			1,957			1,523	
U_R-Wert bezogen auf Raumtemp. 1 Rohr	[W/(m K)]	1,36			0,98			0,76		
in der therm. Hülle verfügbarer Anteil		61%			93%			76%		

Zweidimensionale Berechnung der Wärmeströme								
<u>Randbedingungen</u>					<u>Wärmeleitfähigkeiten in W/(m·K)</u>			
Rohrtemperatur = 80°C			α _{innen} = 7,69 W/(m²K)		Gipsputz	0,872	Mauerwerk Altbau	0,814
Raumtemperatur = 20°C			α _{außen} = 25 W/(m²K)		Außenputz	0,689	Mauerwerk Neubau	0,160
Außentemperatur = -10°C					Dämmfilz	0,058	Außendämmung	0,040

C.2.3 Gedämmte Rohrleitungen

Der Wärmeverlustkoeffizient von **gedämmten Rohrleitungen** berechnet sich wie folgt:

$$U_R = \frac{\pi}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_a}{d_R} + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_a}} \left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right] \quad (\text{C-12})$$

mit: λ Wärmeleitfähigkeit Dämmung [W/(m K)]
 d_a Außendurchmesser des gedämmten Rohres (inkl. Dämmung) [m]
 d_R Rohrdurchmesser [m]
 α_a Wärmeübergangskoeffizient [W/(m²K)]
 Pauschalwert für gedämmte Rohrleitungen = 8 W/(m²K)

C.2.4 Mäßig gedämmte Leitungen im Bestand

In Tab. 31 sind auf der Basis von historischen Daten ermittelte Wärmeverlustkoeffizienten von Rohrleitungen der Heizwärmeverteilung wiedergegeben. Ist der Durchmesser der Rohrleitungen bekannt, können die angegebenen Mittelwerte verwendet werden.

Da eine Bestimmung von Rohrdurchmesser, Dämm-Material und -Dicke in der Praxis kaum möglich ist, wird im Folgenden vereinfachend für alle Durchmesser ein Wärmeverlustkoeffizient von 0,4 W/(m K) verwendet.

Tab. 31: Wärmeverlustkoeffizienten von Rohrleitungen für unterschiedliche Rohrdurchmesser und Dämm-Materialien (nach: [Recknagel/Sprenger 1966])

Wärmeverlustkoeffizienten von Verteilleitungen im Bestand							
		Matten, Formstücke, Dämmschnüre aus Mineralfasern		Kieselgur-, Magnesia- masse	Mittelwert		
		ohne Um- mantelung	inkl.Hart- mantel				
Mindestdicke der Dämmung*							
bei Rohrdurch- messer	bis 40 mm		15 mm	25 mm	30 mm		
	über 40 mm bis 60 mm		25 mm	35 mm	45 mm		
	über 60 mm bis 125 mm		30 mm	40 mm	55 mm		
Obere Grenzwerte der Wärmeleitfähigkeit in W/(m·K)							
(entspr. Betriebswärmeleitzahlen nach DIN 18421 : 1961)		von	0,046	0,052	0,058		
		bis	0,053	0,070	0,074		
Wärmeverlustkoeffizienten in W/(m²K)							
bei Rohrdurch- messer	bis 40 mm		von bis	0,33 0,37	0,29 0,36	0,29 0,36	0,33
	über 40 mm bis 60 mm		von bis	0,36 0,41	0,33 0,43	0,32 0,40	0,38
	über 60 mm bis 125 mm		von bis	0,45 0,51	0,42 0,55	0,39 0,48	0,47
	Vereinfachung (alle Rohrdurchmesser)						0,4
	nach: Recknagel / Sprenger 1966; S. 546/548						
	*) bis 80°C mittlere Temperatur während der Betriebszeit						



C.2.5 Nach HeizAnIV bzw. EnEV gedämmte Leitungen

Seit 1978 legt die Heizungsanlagenverordnung den Dämmstandard von Rohrleitungen fest. Für heutige Neubauten regelt dies der Anhang 5 der Energieeinsparverordnung. Für die Wärmeverlustkoeffizienten nach HeizAnIV bzw. EnEV werden folgende Vereinfachungen vorgenommen:

- **außerhalb der thermischen Hülle verlegte Leitungen und Armaturen**

(gedämmt nach EnEV Anhang 5 Tab. 1 Zeile 1 bis 4):

Standardwert: $U_R = 0,2 \text{ W/(m K)}$

Dieser Ansatz entspricht dem Standardwert DIN V 4701-10. Für nach Vorschrift HeizAnIV / EnEV gedämmte Leitungen mit Durchmesser $< 22 \text{ mm}$ wird der Wärmeverlust allerdings um bis zu 50% unterschätzt. Da diese Leitungsquerschnitte jedoch im unbeheizten Bereich nur selten anzutreffen sind, ist dieser Fehler tolerierbar.

- **innerhalb der thermischen Hülle verlegte Leitungen in Bauteilen zwischen beheizten Räumen verschiedener Nutzer sowie im Fußbodenaufbau** (gedämmt nach EnEV Anhang 5 Tab. 1 Zeile 6):

Standardwert: $U_R = 0,3 \text{ W/(m K)}$.

(DIN V 4701-10 setzt hier einen Pauschalwert von $0,255 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ für die Heizwärmeverteilung und $0,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ für TWW-Leitungen an, der für Rohrdurchmesser bis 22 mm etwa passt. Bei größeren Durchmessern – wie sie insbesondere bei Steigsträngen in Mehrfamilienhäusern anzutreffen sind – liegt der Wert jedoch eher bei $0,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$)

- **innerhalb der thermischen Hülle und jeweils einer Wohnung verlegte Leitungen (Anbinde- bzw. Stichleitungen):**

Standardwert: $U_R = 0,6 \text{ W/(m K)}$.

(DIN V 4701-10 setzt auch hier einen Pauschalwert von $0,255 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ für die Heizwärmeverteilung und $0,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ für TWW-Leitungen an. Da eine Dämmung nach HeizAnIV bzw. EnEV nicht gefordert ist, wird hier der genannte Wert verwendet.)

{ in der vorliegenden Studie nicht verwendet: }

Um auch die Möglichkeit energetischer Optimierungen in Richtung **Niedrigenergiehaus- und Passivhaus-Standard** zu ermöglichen, wird zusätzlich folgender Dämmstandard eingeführt:

- **außerhalb der thermischen Hülle verlegte Leitungen sowie Armaturen**

(doppelte Dämmstärke gegenüber EnEV Anhang 5 Tab. 1 Zeile 1 bis 4):

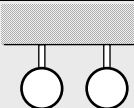
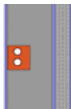
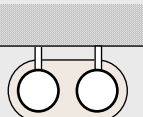
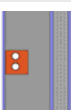
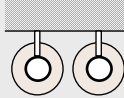
Standardwert: $U_R = 0,15 \text{ W/(m K)}$.

C.2.6 Dämmstandard und Verlegeart nach Baualtersklassen

Eine Übersicht über die in den vorangegangenen Abschnitten hergeleiteten Werte für die Wärmeverlustkoeffizienten und Wärmeverlustfaktoren von Rohrleitungen zeigt Tab. 32.

Ist für ein Gebäude die Verlegeart oder der Dämmstandard für die einzelnen Teilstränge nicht bekannt, so kann – ausgehend vom Baualter des Verteilsystems – die in Tab. 33 angegebenen Standardannahmen für die energetische Bewertung zu Grunde gelegt werden.

Tab. 32: Standardwerte für die Wärmeverlustkoeffizienten von Rohrleitungen

		Dämm-standard	Verlegeart	Skizze	Beschreibung	U_R [W/(m·K)]	im Verlege- raum verfü- barer Anteil des Wärme- verlustes	effektiver Wärmeverlust- faktor f_a bei Anordnung innerhalb der therm. Hülle		
								Rohre nicht absperbar	Rohre absperbar	
Baualtersklasse Verteilsystem	50er - 70er	ungedämmt	freiliegend		Stahl-/Kupferrohr; abhängig von Rohrdurchmesser	Rohrdurch- messer ≤ 18 mm	0,6	100%	0,15	0,10
						>18 bis 35 mm	1,0			
						>35 bis 64 mm	2,0			
						>64 mm	3,0			
		ungedämmt	unter Putz in Außenwand <u>ohne</u> Außendämmung		Stahl-/Kupferrohr mit Wellpappe, Filz o.ä. ummantelt oder WICU-Rohr verlegt unter Putz im massiven Mauerwerk ohne Außenwanddämmung / $U_{Wand} > 0,8$ W/(m²K)	1,4	61%	0,48	0,45	
	ungedämmt	unter Putz in Außenwand <u>mit</u> Außendämmung		Stahl-Kupferrohr mit Wellpappe, Filz o.ä. ummantelt oder WICU-Rohr verlegt unter Putz im massiven Mauerwerk mit Außenwanddämmung / $U_{Wand} \leq 0,8$ W/(m²K)	1,0	93%	0,21	0,16		
	mäßig gedämmt	freiliegend		Mineral-/Glaswolle in Form von Matten, Formstücken, Dämmschnüren oder gestopft / Kieselgur, Magnesia als plastische Massen oder Formstücke usw. / mit Hart- oder Blechmantel	0,4	100%	0,15	0,10		
	80er, 90er, NEU	ungedämmt	unter Putz in Außenwand <u>ohne</u> Außendämmung		Stahl-/Kupferrohr mit Wellpappe, Filz o.ä. ummantelt oder WICU-Rohr verlegt unter Putz im massiven Mauerwerk ohne Außenwanddämmung / $U_{Wand} \leq 0,8$ W/(m²K)	0,8	76%	0,35	0,32	
			unter Putz in Außenwand <u>mit</u> Außendämmung		Stahl-/Kupferrohr mit Wellpappe, Filz o.ä. ummantelt oder WICU-Rohr verlegt unter Putz im massiven Mauerwerk mit Außenwanddämmung / $U_{Wand} \leq 0,8$ W/(m²K)	1,0	93%	0,21	0,16	
		HeizAnIV bzw. EnEV	(Pauschalwert DIN V 4701-10 für innerhalb der thermischen Hülle verlegte Rohrleitungen					0,255)	100%	0,15
halbe Dämmstärke				in Wohnungstrennwänden und -decken	0,3					
Standard				generell in unbeheizten Räumen	0,2					
doppelte Dämmstärke				vorbildlicher Energiesparstandard	0,15					

Tab. 33: Dämmstandard und Verlegeart nach Baualtersklassen

Bereich:			Heizwärmeverteilung									Verteilung Trinkwarmwasser		
			zentrales Verteilsystem <u>außen</u> liegende Steigleitungen			zentrales Verteilsystem <u>innen</u> liegende Steigleitungen			wohnungswise Verteilung					
			horizontale Leitungen V	Strangleitungen S	Anbindeleitungen A	horizontale Leitungen V	Strangleitungen S	Anbindeleitungen A	Strangleitungen S	Anbindeleitungen A		horizontale Leitungen V	Strangleitungen S	Stichleitungen SL
Baualtersklasse Verteilsystem / Zustand	50er - 70er	Ist-Zustand	Dämmstandard Rohrleitungen	mäßig gedämmt	ungedämmt	ungedämmt	mäßig gedämmt	ungedämmt	ungedämmt	ungedämmt	ungedämmt	mäßig gedämmt	ungedämmt	ungedämmt
			Verlegeart	freiliegend, unter Kellerdecke	unter Putz in Altbau-Außenw. ohne Außendämm.	freiliegend	freiliegend, unter Kellerdecke	im Schacht	freiliegend	freiliegend	freiliegend	freiliegend, unter Kellerdecke	im Schacht	unter Putz in Innenwand
		Verteilung modernisiert	Dämmstandard Rohrleitungen	Dämmung nach EnEV	ungedämmt	ungedämmt	Dämmung nach EnEV	ungedämmt	ungedämmt	ungedämmt	ungedämmt	Dämmung nach EnEV	ungedämmt	ungedämmt
			Verlegeart	freiliegend, unter Kellerdecke	unter Putz in Altbau-Außenw. ohne Außendämm.	freiliegend	freiliegend, unter Kellerdecke	im Schacht	freiliegend	freiliegend	freiliegend	freiliegend, unter Kellerdecke	im Schacht	unter Putz in Innenwand
		Verteilung modernisiert + Außenwand-Dämmung	Dämmstandard Rohrleitungen	Dämmung nach EnEV	ungedämmt	ungedämmt	Dämmung nach EnEV	ungedämmt	ungedämmt	ungedämmt	ungedämmt	Dämmung nach EnEV	ungedämmt	ungedämmt
			Verlegeart	freiliegend, unter Kellerdecke	unter Putz in Altbau-Außenw. mit Außendämm.	freiliegend	freiliegend, unter Kellerdecke	im Schacht	freiliegend	freiliegend	freiliegend	freiliegend, unter Kellerdecke	im Schacht	unter Putz in Innenwand
	80er, 90er		Dämmstandard Rohrleitungen	Dämmung nach EnEV	ungedämmt	ungedämmt	Dämmung nach EnEV	Dämmung nach EnEV	ungedämmt	ungedämmt	ungedämmt	Dämmung nach EnEV	Dämmung nach EnEV	ungedämmt
			Verlegeart	freiliegend, unter Kellerdecke	unter Putz in Neubau-Außenw. ohne Außendämm.	unter Putz in Neubau-Außenw. ohne Außendämm.	freiliegend, unter Kellerdecke	im Schacht	im Fußbodenaufbau	unter Putz in Neubau-Außenw. ohne Außendämm.	unter Putz in Neubau-Außenw. ohne Außendämm.	freiliegend, unter Kellerdecke	im Schacht	unter Putz / in Innenwand bzw. Vorwand-Installation
	NEU (EnEV)		Dämmstandard Rohrleitungen	Dämmung nach EnEV	Dämmung nach EnEV	Dämmung nach EnEV	Dämmung nach EnEV	Dämmung nach EnEV	Dämmung nach EnEV	Dämmung nach EnEV	Dämmung nach EnEV	Dämmung nach EnEV	Dämmung nach EnEV	ungedämmt
			Verlegeart	freiliegend, unter Kellerdecke	unter Putz in Neubau-Außenw. ohne Außendämm.	unter Putz in Neubau-Außenw. ohne Außendämm.	freiliegend, unter Kellerdecke	im Schacht	im Fußbodenaufbau	unter Putz in Neubau-Außenw. ohne Außendämm.	unter Putz in Neubau-Außenw. ohne Außendämm.	freiliegend, unter Kellerdecke	im Schacht	unter Putz / in Innenwand bzw. Vorwand-Installation

C.2.7 Wärmeverlustkoeffizienten von Rohrleitungen – Zusammenfassung

Die für die Berechnung der Wärmeverluste erforderlichen Wärmeverlustkoeffizienten U_R und Wärmeverlustfaktoren f_a für die verschiedenen Verteilnetze zeigt Tab. 34. Der Teilbeheizungsfaktor für absperzbare Heizungsrohre ändert sich gegenüber DIN V 4701-10 nicht.

Tab. 34: Wärmeverlustkoeffizienten U_R und Wärmeverlustfaktoren f_a für Heizwärme- und TWW-Verteilnetze

{ Änderung gegenüber [Diefenbach et al. 2002]/[PAS 1027]: TWW-Netze 50er-bis 70er Jahre / Bereich „S“: 1,4 statt 2,0 W/(m²K) }

Baualtersklasse	Besonderheiten	Bereich:	Heizwärme-Verteilnetze								Verteilnetze Trinkwarmwasser		
			zentrales Verteilsystem <u>außen</u> liegende Steigleitungen			zentrales Verteilsystem <u>innen</u> liegende Steigleitungen			wohnungsweise Verteilung		horizontale Leitungen	Strangleitungen	Stichleitungen
			horizontale Leitungen	Strangleitungen	Anbindeleitungen	horizontale Leitungen	Strangleitungen	Anbindeleitungen	Strangleitungen	Anbindeleitungen			
			V	S	A	V	S	A	S	A	V	S	SL
50er - 70er	Ist-Zustand	f_a [-]	1,00	0,48	0,10	1,00	0,15	0,10	0,15	0,10	1,00	0,15	0,15
		U_R [W/(m·K)]	0,4	1,4	1,0	0,4	2,0	1,0	1,0	0,6	0,4	1,4	1,4
	Verteilung modernisiert	f_a [-]	1,00	0,48	0,10	1,00	0,15	0,10	0,15	0,10	1,00	0,15	0,15
		U_R [W/(m·K)]	0,2	1,4	1,0	0,2	2,0	1,0	1,0	0,6	0,2	1,4	1,4
	Verteilung modernisiert + Außenwanddämmung	f_a [-]	1,00	0,21	0,10	1,00	0,15	0,10	0,15	0,10	1,00	0,15	0,15
		U_R [W/(m·K)]	0,2	1,0	1,0	0,2	2,0	1,0	1,0	0,6	0,2	1,4	1,4
80er + 90er		f_a [-]	1,00	0,35	0,32	1,00	0,15	0,10	0,15	0,10	1,00	0,15	0,15
		U_R [W/(m·K)]	0,2	0,8	0,8	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	1,4
NEU (EnEV)		f_a [-]	1,00	0,35	0,32	1,00	0,15	0,10	0,15	0,10	1,00	0,15	0,15
		U_R [W/(m·K)]	0,2	0,26	0,26	0,2	0,26	0,26	0,26	0,26	0,2	0,2	0,2

C.3 Längen von Rohrleitungen

C.3.1 Geometrische Grunddaten für die Abschätzung von Leitungslängen

Die Abschätzung erfolgt größtenteils unter Rückgriff auf die geometrischen Daten des Gebäudes:

a, b	Gebäudebreite und -länge (bei rechteckigem Grundriss) [m]
$c, d, e, f, g, h, \dots$	Kantenlängen zusätzlicher Grundriss-Teilflächen [m]
L_{char}	charakteristische Gebäudelänge [m]
h_R	lichte Raumhöhe [m]
h_G	Geschosshöhe [m]
n_G	Anzahl Geschosse (Vollgeschosse zuzügl. 0,5 bei ausgebautem Dachgeschoss oder Keller)
A_G	Grundfläche des Gebäudes (entspricht Boden gegen Keller oder Erdreich [m ²])

Für rechteckige Gebäudegrundrisse ist L_{char} gleich der Gebäudekante b .

Komplexere Gebäudegrundrisse mit rechtwinklig angeordneten Gebäudekanten setzen sich zusammen aus dem größten Rechteck mit den Kantenlängen a und b und weiteren Rechtecken mit den Kantenlängen c und d , e und f , g und h etc., wobei d , f , h etc. als die längere der beiden Kanten definiert ist. Die charakteristische Gebäudelänge ist dann:

$$L_{Char} = b + d + f + h + \dots \quad [m] \quad (C-13)$$

Ist die Länge der Gebäudekanten nicht bekannt, kann diese überschlägig wie folgt geschätzt werden:

$$L_{char} = \frac{A_G}{a} \quad [m] \quad (C-14)$$

$$a = 10 \text{ m}$$

Ist die Grundfläche des Gebäudes A_G nicht bekannt, so kann L_{char} auch aus dem beheizten Gebäudevolumen V_e , der Geschoszahl n_G und einem Pauschalwert für die Geschosshöhe $h_G = 2,8$ m überschlägig ermittelt werden:

$$L_{char} = \frac{V_e}{n_G \cdot h_G \cdot a} \approx \frac{V_e}{n_G \cdot 28 \text{ m}^2} \quad [m] \quad (C-15)$$

C.3.2 Heizwärmeverteilung

Bezüglich der Leitungsführung und -länge bedeutsam sind folgende Fallunterscheidungen für Verteilungssysteme im Bestand:

- zentrale Verteilung als Zweirohrsystem;
- zentrale Verteilung als Zweirohrsystem nach Tichelmann (Charakteristikum: zusätzliche Sammelleitung, so dass bei jedem Heizkörper gleiche Druckverhältnisse vorliegen);
- zentrale Verteilung als Einrohrsystem;
- wohnungsweise Verteilung als Zweirohrsystem;
- wohnungsweise Verteilung als Einrohrsystem.

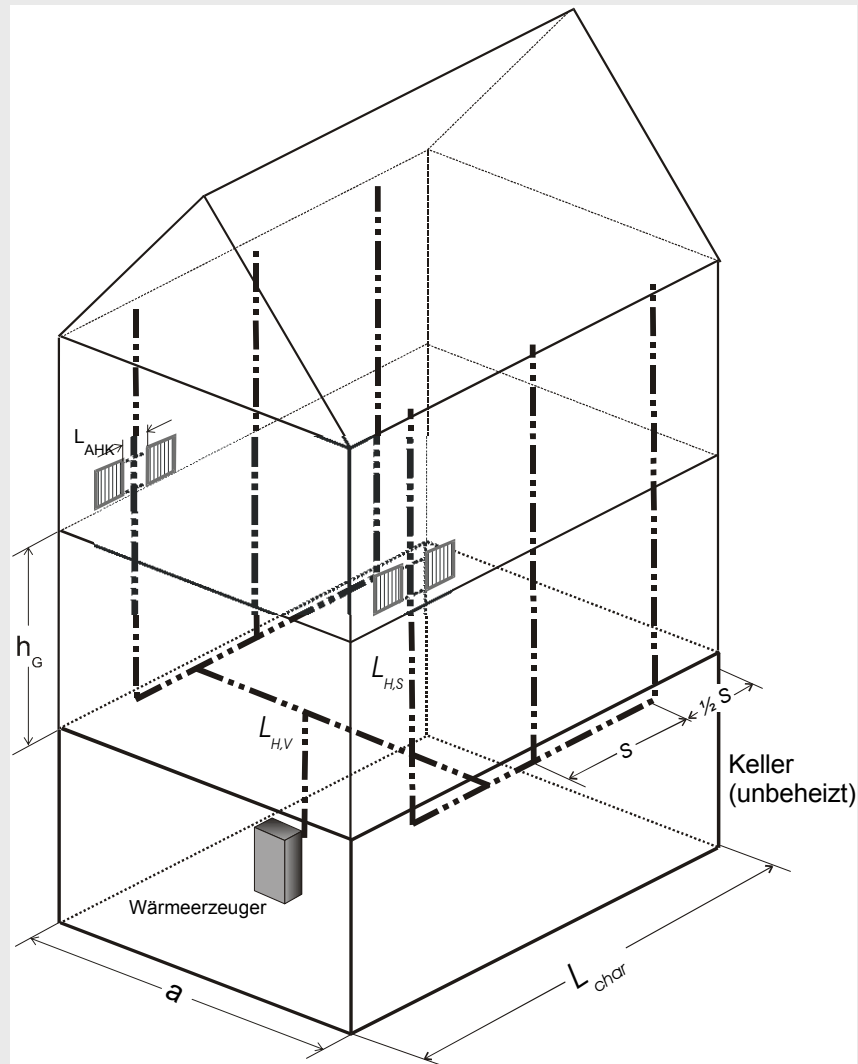
Der größte Teil der Heizsysteme im Bestand entfällt auf die zentrale Verteilung als Zweirohrsystem mit innen- oder außen liegenden Steigleitungen (vgl. [Schüßler/Jagnow 2002]) sowie auf die wohnungsweise Verteilung als Zweirohrsystem. Die im Folgenden vorgenommene pauschale Abschätzung von Leitungslängen soll sich auf diese Systeme beschränken.

Gemäß DIN V 4701-10 kann das Heizwärmeverteilnetz in folgende 3 Bereiche aufgeteilt werden (damit keine Verwechslungen mit der Warmwasserverteilung möglich sind, wird der zusätzliche Index H für „Heizung“ eingeführt):

- | | |
|---|-----------------|
| Bereich V: Leitungen zwischen Wärmeerzeuger und vertikalen Steigleitungen | Länge $L_{H,V}$ |
| Bereich S: Strangleitungen vertikal und gegebenenfalls auch horizontal | Länge $L_{H,S}$ |
| Bereich A: Anbindeleitungen zwischen den Strangleitungen und den Heizkörpern | Länge $L_{H,A}$ |

Zentrale Wärmeverteilung als Zweirohrsystem mit außen liegenden Steigleitungen

Bild 5: Vereinfachtes Schema für die Bestimmung von Leitungslängen der zentralen Heizwärmeverteilung mit außenliegenden Steigleitungen (Fall 1)



Im Folgenden wird von einer unteren Verteilung ausgegangen, die bei den meisten Bestandsanlagen anzutreffen ist (vgl. [Schüßler/Jagnow 2002]). Bild 5 zeigt zwei Varianten der unteren Verteilung mit außen liegenden Strängen. Im Folgenden werden typische Längen in Abhängigkeit von den Gebäudeparametern Geschosshöhe und charakteristische Gebäudelänge ermittelt.

Bereich V

Die Leitungslänge zwischen Wärmeerzeuger und vertikalen Steigleitungen setzt sich aus der horizontalen Verteilung $L_{H,hor}$ und der Anbindung an den Kessel $L_{H,KA}$ wie folgt zusammen

$$L_{H,V} = L_{H,KA} + L_{H,hor} \quad [m] \quad (C-16)$$

Für die Stranglänge zur Kesselanbindung werden pauschal 5 m angesetzt:

$$L_{H,KA} = n_{Rohr} \cdot 5 \quad [m] \quad (C-17)$$

mit: n_{rohr} Anzahl der Rohre = 2

Für den horizontalen Strang werden zwei Fälle unterschieden:

Fall 1: 2 Stränge in Gebäudelängsrichtung an den Gebäudeaußenkanten und eine Verbindungsleitung zwischen beiden (siehe Bild 5)

Bei 2 Strängen an den Gebäudeaußenkanten mit den jeweiligen Längen $L_{Char} - s$ und einer Verbindungsleitung mit der Länge a ergibt sich folgende Gleichung (siehe Bild 5):

$$L_{H,hor} = n_{rohr} \cdot (2 \cdot (L_{Char} - s) + a) \quad [m] \quad (C-18)$$

Mit der Annahme $a = s = 10\text{ m}$ ergibt sich für die Länge der Rohrleitungen zwischen Wärmeerzeuger und Steigsträngen:

$$L_{H,V} = 4 L_{Char} - 10 \quad [m] \quad (C-19)$$

Fall 2: zentraler Strang in Gebäudelängsrichtung mit Abzweigen zu den Steigsträngen

Die zugehörige Leitungslänge kann wie folgt abgeschätzt werden:

$$L_{H,hor} = n_{rohr} \cdot (L_{Char} + \frac{L_{Char}}{s} \cdot a - s) \quad [m] \quad (C-20)$$

mit: a Gebäudetiefe [m]

s Abstand der Steigstränge [m]

Näherungsweise kann angesetzt werden:

$$a = s = 10 \quad [m] \quad (C-21)$$

Dann ergibt sich für die Länge der Rohrleitungen zwischen Wärmeerzeuger und Steigsträngen:

$$L_{H,V} = 4 L_{Char} - 10 \quad [m] \quad (C-22)$$

Aufgrund identischer Ergebnisse ist eine Fallunterscheidung also nicht erforderlich.

Bereich S

Für die Länge der Steigstränge gilt:

$$L_{H,S} = n_{rohr} \cdot (n_S \cdot n_G \cdot h_G) \quad [m] \quad (C-23)$$

mit: n_S Anzahl der Steigstränge [-]
 n_G Geschosshöhe [-]
 h_G Geschosshöhe; Standardwert = 2,8 [m]

Die Anzahl der Steigstränge kann wie folgt abgeschätzt werden:

$$n_S = 2 \cdot \frac{L_{char}}{s} \quad [m] \quad (C-24)$$

Mit dem Ansatz $s = 10m$ und $n_{Rohr} = 2$ und $h_G = 2,8m$ folgt:

$$L_{H,S} = \frac{2}{5} \cdot 2,8 \cdot n_G \cdot L_{char} \quad [m] \quad (C-25)$$

Die Länge der vertikalen Stränge kann damit näherungsweise wie folgt angesetzt werden:

$$L_{H,S} = n_G \cdot L_{char} \quad [m] \quad (C-26)$$

Bereich A

$$L_{H,A} = n_{HK} \cdot L_{AHK} \quad [m] \quad (C-27)$$

mit: n_{HK} Anzahl der Heizkörper [-]
 L_{AHK} mittlere Länge der Anbindeleitungen Heizkörper – Steigstrang [m]

Es wird davon ausgegangen, dass an jedem Steigstrang pro Geschoss 2 Heizkörper angebunden sind, die jeweils 2 m Abstand zum Steigstrang aufweisen. Damit ergibt sich:

$$n_{HK} = 2 \cdot n_S \cdot n_G \quad (C-28)$$

$$L_{AHK} = 2 \cdot 2 \quad [m] \quad (C-29)$$

Unter Anwendung der Abschätzung von Gl. (C-24) ergibt sich für die Gesamtlänge der Heizkörperanbindung:

$$L_{H,A} = 2 \cdot \frac{L_{char}}{5} \cdot n_G \cdot 2 \cdot 2 \quad [m] \quad (C-30)$$

Damit ergibt sich näherungsweise folgende Formel für die Länge der Anbindeleitungen der Heizkörper:

$$L_{H,A} = \frac{3}{2} \cdot n_G \cdot L_{char} \quad [m] \quad (C-31)$$

Zentrale Wärmeverteilung als Zweirohrsystem mit innen liegenden Steigleitungen

Bild 6: Vereinfachtes Schema für die Bestimmung von Leitungslängen der zentralen Heizwärmeverteilung mit innen liegenden Steigleitungen

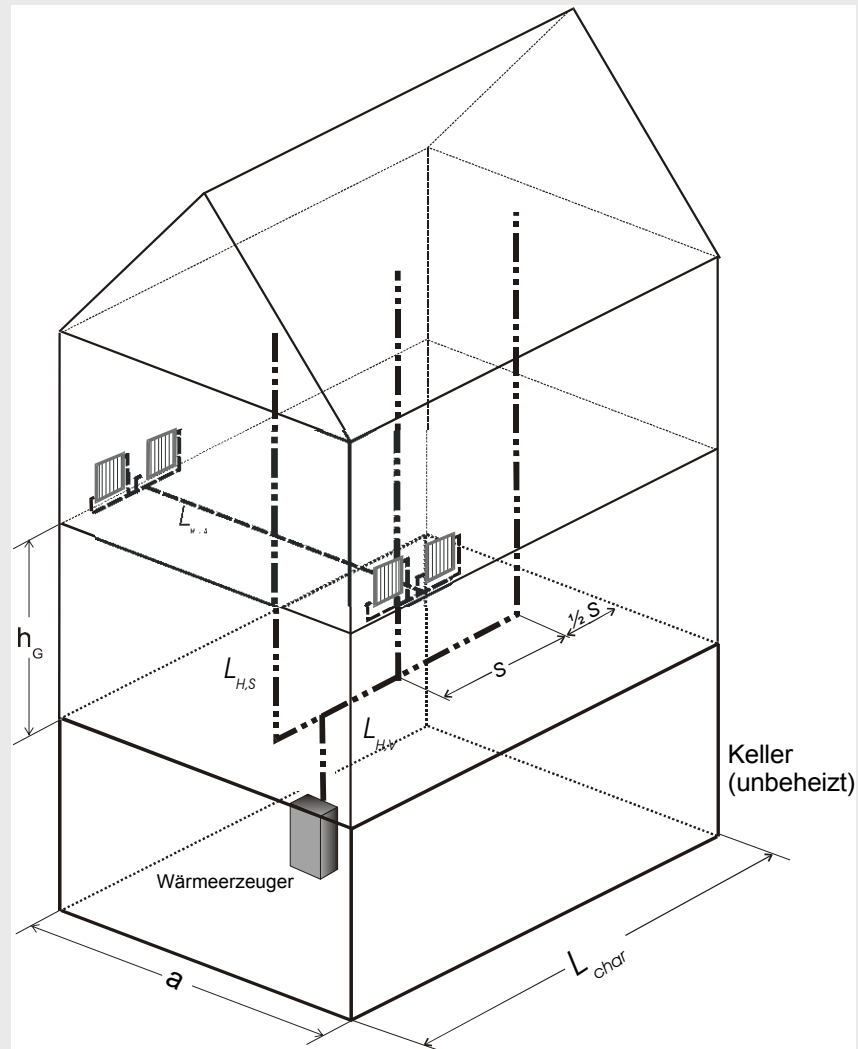


Bild 6 zeigt das Schema des zentralen Verteilsystems mit innen liegenden Steigleitungen.

Bereich V

Die Leitungslänge zwischen Wärmeerzeuger und vertikalen Steigleitungen setzt sich aus der horizontalen Verteilung $L_{H,hor}$ und der Anbindung an den Kessel $L_{H,KA}$ wie folgt zusammen

$$L_{H,V} = L_{H,KA} + L_{H,hor} \quad [\text{m}] \quad (\text{C-32})$$

Für die Stranglänge zur Kesselanbindung werden wieder pauschal 5 m angesetzt:

$$L_{H,KA} = n_{Rohr} \cdot 5 \quad [\text{m}] \quad (\text{C-33})$$

Bei einem zentralen Strang mit der Länge L_{Char} ergibt sich folgende Gleichung:

$$L_{H,hor} = n_{rohr} \cdot (L_{Char} - s) \quad [\text{m}] \quad (\text{C-34})$$

Mit der Annahme $s = 10\text{m}$ ergibt sich für die Länge der Rohrleitungen zwischen Wärmeerzeuger und Steigsträngen:

$$L_{H,V} = 2 L_{Char} - 10 \quad [\text{m}] \quad (\text{C-35})$$

Bereich S

Für die Länge der Steigstränge gilt:

$$L_{H,S} = n_{rohr} \cdot (n_S \cdot n_G \cdot h_G) \quad [\text{m}] \quad (\text{C-36})$$

mit: n_S Anzahl der Steigstränge [-]

n_G Geschosshöhe [-]

h_G Geschosshöhe; Standardwert = 2,8 [m]

Die Anzahl der Steigstränge kann wie folgt abgeschätzt werden:

$$n_S = \frac{L_{char}}{s} \quad [\text{m}] \quad (\text{C-37})$$

Mit dem Ansatz $s = 10\text{m}$ und $n_{Rohr} = 2$ und $h_G = 2,8\text{m}$ folgt:

$$L_{H,S} = \frac{1}{5} \cdot 2,8 \cdot n_G \cdot L_{char} \quad [\text{m}] \quad (\text{C-38})$$

Die Länge der vertikalen Stränge kann damit näherungsweise wie folgt angesetzt werden:

$$L_{H,S} = \frac{n_G L_{char}}{2} \quad [\text{m}] \quad (\text{C-39})$$

Bereich A

Es wird davon ausgegangen, dass von jedem Steigstrang pro Geschoss zwei horizontale Verteilleitungen mit jeweils der Stranglänge $\frac{1}{2}a$ zu den Längsseiten abgehen. An beiden Enden sind mit einer Stranglänge von je 2 m jeweils 2 Heizkörper angebunden. Mit $a = 10\text{m}$ ergibt sich:

$$L_{H,A} = 2 \cdot n_S \cdot n_G \cdot (10 + 4 \cdot 2) \quad [\text{m}] \quad (\text{C-40})$$

Damit ergibt sich näherungsweise folgende Formel für die Länge der Anbindeleitungen der Heizkörper:

$$L_{H,A} = 4 n_G L_{char} \quad [m] \quad (C-41)$$

Wohnungsweise Wärmeverteilung als Zweirohrsystem

Bild 7: Vereinfachtes Schema für die Bestimmung von Leitungslängen der wohnungsweisen Verteilung

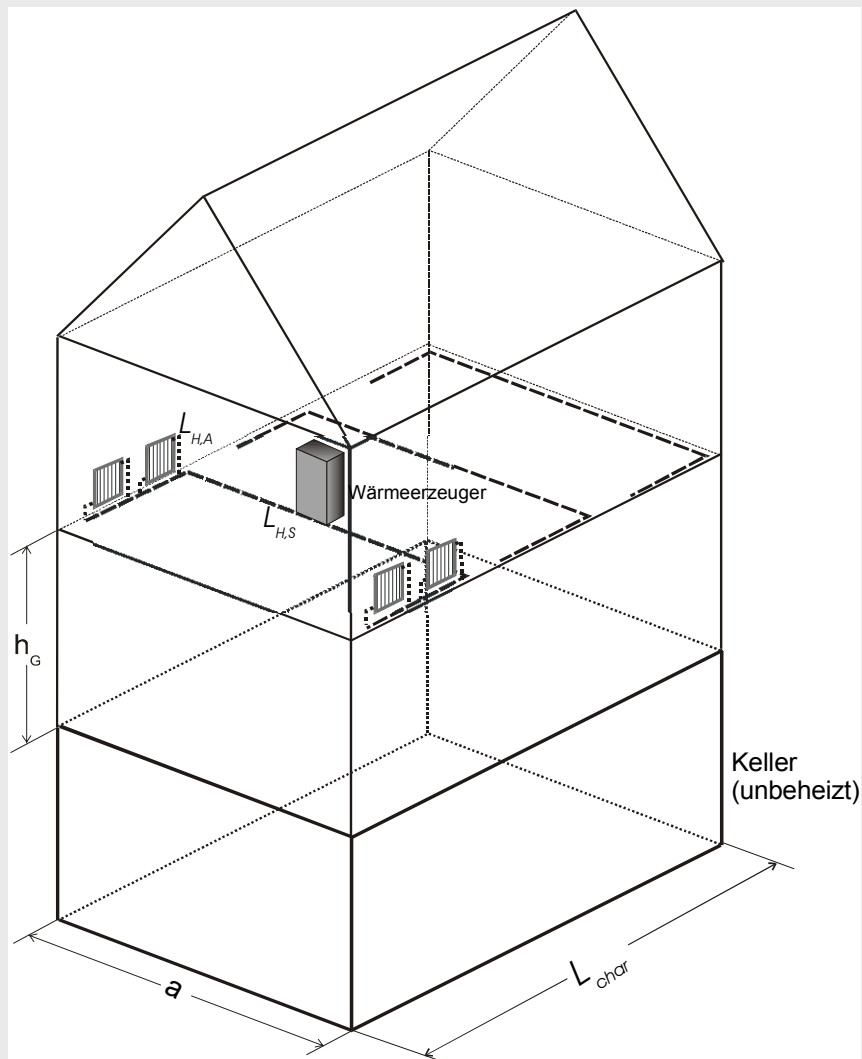


Bild 5 zeigt das Schema des zentralen Verteilsystems mit innen liegenden Steigleitungen. Bei der wohnungsweisen Verteilung wird von einem horizontalen Strang mit zirkulierendem Medium und jeweils absperrbaren Anbindeleitungen zu den Heizkörpern ausgegangen.

Bereich S

Für die Länge der horizontalen Verteilstränge innerhalb der Wohnung wird angesetzt:

$$L_{H,S} = n_{Rohr} \cdot n_G \cdot (2 \cdot L_{Char} + n_q \cdot a) \quad [m] \quad (C-42)$$

mit: n_q Anzahl Querverbindungen [-]

Unter der Annahme, dass $n_q = \frac{L_{Char}}{10}$ und $a = 10m$ ergibt sich

$L_{H,S} = 6 \cdot n_G \cdot L_{Char}$	[m]	(0-43)
--	-----	--------

Bereich A

Für die Länge der absperrbaren Heizkörperanbindung wird folgender Ansatz getroffen:

$$L_{H,A} = n_{HK} \cdot L_{HKA} \quad [m] \quad (C-44)$$

mit: n_{HK} Anzahl der Heizkörper

L_{HKA} mittlere Länge der Anbindeleitungen Heizkörper – Steigstrang

Es wird davon ausgegangen, dass sich an jeder Gebäudelängsseite in $d_{HK} = 5$ m Abstand ein Heizkörper befindet, der mit 2,5 m Leitung angebunden ist. Damit ergibt sich:

$$n_{HK} = \frac{2 \cdot L_{char} \cdot n_G}{5} \quad [m] \quad (C-45)$$

$$L_{HKA} = 2,5 \quad [m] \quad (C-46)$$

Damit ergibt sich für die Gesamtlänge der Heizkörperanbindung:

$L_{H,A} = n_G \cdot L_{char}$	[m]	(C-47)
--------------------------------	-----	--------

C.3.3 Verteilung Trinkwarmwasser

Gemäß DIN V 4701-10 wird das TWW-Verteilnetz in folgende 3 Bereiche aufgeteilt werden (Index W steht für Warmwasserbereitung eingeführt):

Bereich V: Leitungen zwischen Wärmeerzeuger und vertikalen Steigleitungen Länge $L_{W,V}$

Bereich S: Strangleitungen vertikal und gegebenenfalls auch horizontal Länge $L_{W,S}$

Bereich SL: Stichleitungen zwischen den Strangleitungen und Zapfstellen Länge $L_{H,SL}$

Zentrale Warmwasserbereitung mit Zirkulation

Bild 8: Vereinfachtes Schema für die Bestimmung von Leitungslängen der zentralen Heizwärmeverteilung mit innen liegenden Steigleitungen

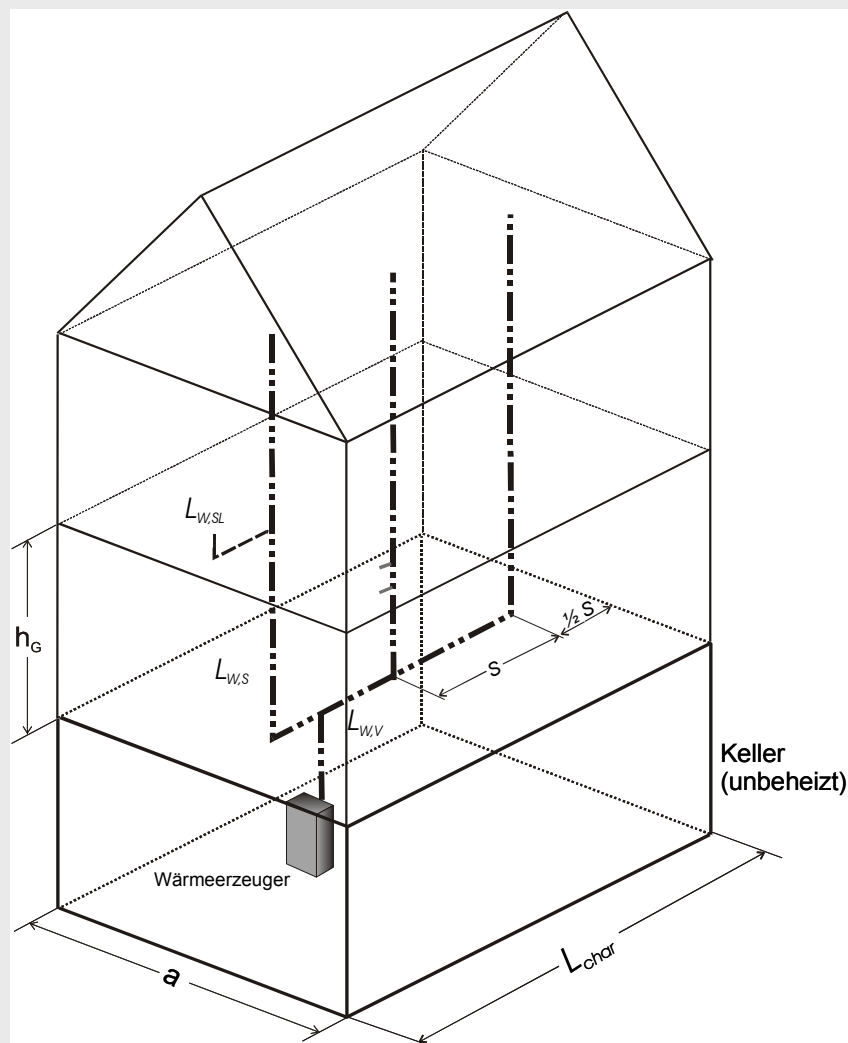


Bild 8 zeigt das Schema des zentralen Warmwasserverteilsystems.

Bereich V

Für den Bereich V entspricht die Leitungslängelänge der der Heizwärmeverteilung mit innen liegenden Steigsträngen (Herleitung siehe Gln. (C-32) bis (C-35)):

$$L_{W,V} = 2 L_{Char} - 10 \quad [m] \quad (C-48)$$

Bereich S

Auch für den Bereich S entspricht die Länge der der Heizwärmeverteilung mit innen liegenden Steigsträngen (Herleitung siehe Gln. (C-36) bis (C-39)):

$$L_{W,S} = \frac{n_G L_{char}}{2} \quad [m] \quad (C-49)$$

Bereich SL

Es wird davon ausgegangen, dass von jedem Steigstrang pro Geschoss 5 m Stichleitungen abgehen:

$$L_{W,SL} = n_S \cdot n_G \cdot 5 \quad [m] \quad (C-50)$$

Für $n_S = \frac{L_{char}}{s}$ und $s = 10m$ folgt für die Länge der Stichleitungen:

$$L_{W,SL} = \frac{n_G L_{char}}{2} \quad [m] \quad (C-51)$$

Zentrale Warmwasserbereitung ohne Zirkulation

Die Annahmen für die Stranglängen entsprechen denen bei der Warmwasserbereitung mit Zirkulation. Aufgrund der fehlenden Zirkulationsleitung wird jedoch nur jeweils eine Rohrleitung angesetzt.

Bereich V

$$L_{W,V} = L_{Char} - 5 \quad [m] \quad (C-52)$$

Bereich S

$$L_{W,S} = \frac{n_G L_{char}}{4} \quad [m] \quad (C-53)$$

Bereich SL

Die Länge der Stichleitungen entspricht dem Ansatz bei der zentralen Warmwasserbereitung mit Zirkulation:

$$L_{W,SL} = \frac{n_G L_{char}}{2} \quad [m] \quad (C-54)$$

Zentrale Warmwasserbereitung mit elektrischer Begleitheizung

Für mit elektrischer Begleitheizung ausgestatte zentrale TWW-Verteilnetze werden die gleichen Leitungslängen angesetzt wie für die zentrale Warmwasserbereitung ohne Zirkulation.

Dezentrale und wohnungsweise Warmwasserbereitung (ohne Zirkulation)

Die Leitungslänge für die dezentrale und wohnungsweise Warmwasserbereitung wird vereinfachend gleich der Länge der Stichleitungen der zentralen Warmwasserbereitung gesetzt: Die Bereiche V und S entfallen.

Bereich SL

Die Länge der Stichleitungen entspricht dem Ansatz bei der zentralen Warmwasserbereitung mit Zirkulation:

$$L_{W,SL} = \frac{n_G L_{char}}{2} \quad [m] \quad (C-55)$$

C.3.4 Überblick über die Leitungslängen und Vergleich mit den Werten aus DIN V 4701-10

Tab. 35 und Tab. 36 geben einen Überblick über die sich aus den Formeln ergebenden Leitungslängen für die jeweiligen Verteilsysteme der Raumheizung und Warmwasserbereitung. Der in den entsprechenden Formeln verwendeten Gebäudeparameter L_{char} wurde gemäß Gl. (C-15) in eine A_N -abhängige Darstellung überführt. Zum Vergleich sind die Ansätze der DIN V 4701-10 für den Neubau mit aufgenommen.

Da die mit dem hier vorgestellten Modell abgeschätzten Leitungslängen in der Summe grob mit den Werten nach DIN V 4701-10 übereinstimmen, können die DIN-Werte alternativ verwendet werden.

Tab. 35: Leitungslängen Heizwärmeverteilung und Vergleich mit den Werten der DIN V 4701-10 für den EnEV-Nachweis

"Gebäude-nutz-fläche" A _N	beheizte Wohn-fläche	Leitungslängen in m														EnEV-Nachweis Neubau			
		Standardwerte "Bestand"																	
		zentrales Verteilsystem außen liegende Steigleitungen						zentrales Verteilsystem innen liegende Steigleitungen						wohnungs- weise Verteilung					
		horizontale Leitungen L _V				Strang- leitungen L _S	Anbinde- leitungen L _A	horizontale Leitungen L _V				Strang- leitungen L _S	Anbinde- leitungen L _A	horizontale Leitungen L _V					
		Anzahl Geschosse						Anzahl Geschosse						Steigleitungen					
1	2	4	8			1	2	4	8			Strang- liegend	Anbinde- liegend						
100 m²	80 m²	35	12			11	17	12	1			6	45	67	11	34	30	8	55
150 m²	120 m²	57	23			17	25	23	7			8	67	100	17	36	31	11	83
200 m²	160 m²	79	35	12		22	33	35	12	1		11	89	134	22	39	33	15	110
300 m²	240 m²	124	57	23		33	50	57	23	7		17	134	201	33	44	35	23	165
500 m²	400 m²		102	46	18	56	84		46	18	4	28	223	335	56	54	40	38	275
750 m²	600 m²		157	74	32	84	126		74	32	11	42	335	502	84	66	46	56	413
1000 m²	800 m²		213	102	46	112	167		102	46	18	56	446	670	112	79	53	75	550
1500 m²	1200 m²			157	74	167	251			74	32	84	670	1004	167	104	65	113	825
2500 m²	2000 m²			269	130	279	419			130	60	140	1116	1674	279	154	90	188	1375
5000 m²	4000 m²			548	269	558	837			269	130	279	2232	3348	558	279	153	375	2750
10000 m²	8000 m²			1106	548	1116	1674			548	269	558	4464	6696	1116	529	278	750	5500

Tab. 36: Leitungslängen der Warmwasserverteilung und Vergleich mit den Werten der DIN V 4701-10 für den EnEV-Nachweis

	"Gebäude-nutz-fläche" A _N	beheizte Wohn-fläche	Leitungslängen in m								
			Standardwerte "Bestand"						EnEV-Nachweis Neubau		
			horizontale Leitungen L _V				Strang-leitungen L _S	Anbinde-leitungen L _A	horizontale Leitungen L _V	Strang-leitungen L _S	Stich-leitungen L _{SL}
			Anzahl Geschosse								
1	2	4	8								
mit Zirkulation	100 m ²	80 m ²	12	1,2			5,6	5,6	28	7,5	7,5
	150 m ²	120 m ²	23	6,7			8,4	8,4	29	11	11
	200 m ²	160 m ²	35	12	1,2		11	11	30	15	15
	300 m ²	240 m ²	57	23	6,7		17	17	32	23	23
	500 m ²	400 m ²		46	18	4,0	28	28	36	38	38
	750 m ²	600 m ²		74	32	11	42	42	41	56	56
	1.000 m ²	800 m ²		102	46	18	56	56	46	75	75
	1.500 m ²	1.200 m ²			74	32	84	84	56	113	113
	2.500 m ²	2.000 m ²			130	60	140	140	76	188	188
	5.000 m ²	4.000 m ²			269	130	279	279	126	375	375
10.000 m ²	8.000 m ²			548	269	558	558	226	750	750	
ohne Zirkulation	100 m ²	80 m ²	6,2	0,6			2,8	5,6	14	3,8	8
	150 m ²	120 m ²	11,7	3,4			4,2	8,4	15	5,7	11
	200 m ²	160 m ²	17,3	6,2	0,6		5,6	11	15	7,6	15
	300 m ²	240 m ²	28	11,7	3,4		8,4	17	16	11	23
	500 m ²	400 m ²		23	9,0	2,0	14	28	18	19	38

C.3.5 Längen von Rohrleitungen – Zusammenfassung

In Tab. 37 sind die Formeln für die Abschätzung von Leitungslängen von Heizwärme- und Warmwasserverteilnetzen in Abhängigkeit von der Geschosszahl n_G und der charakteristischen Gebäudelänge L_{char} angegeben. L_{char} entspricht im Fall eines rechteckigen Gebäudegrundrisses der Kantenlänge des Gebäudes (Regeln für die Ermittlung bei komplizierteren Grundrissen und Näherungsformeln für die grobe Abschätzung aus anderen Gebäudedaten sind in Abschnitt C.3.1 dargestellt).

Da die mit dem hier vorgestellten Modell abgeschätzten Leitungslängen in der Summe grob mit den Werten nach DIN V 4701-10 übereinstimmen, können die DIN-Werte alternativ verwendet werden.

Tab. 37: Formeln für die Abschätzung der Rohrleitungslänge für verschiedene Verteilsysteme in den drei Bereichen V, S und A bzw. SL

	Rohrlängen in m		
Heizwärmeverteilung			
	horizontale Leitungen $L_V =$	Strangleitungen $L_S =$	Anbindeleitungen $L_A =$
zentrales Verteilsystem <u>außen</u> liegende Steigleitungen	$4L_{Char} - 10$	$n_G L_{char}$	$\frac{3}{2} n_G L_{char}$
zentrales Verteilsystem <u>innen</u> liegende Steigleitungen	$2 L_{Char} - 10$	$\frac{n_G L_{char}}{2}$	$4 n_G L_{char}$
wohnungswise Verteilung	–	$6 n_G L_{char}$	$n_G L_{char}$
Verteilung Trinkwarmwasser			
	horizontale Leitungen $L_V =$	Strangleitungen $L_S =$	Stichleitungen $L_{SL} =$
zentrale Warmwasserbereitung <u>mit</u> Zirkulation	$2 L_{Char} - 10$	$\frac{n_G L_{char}}{2}$	$\frac{n_G L_{char}}{2}$
zentrale Warmwasserbereitung <u>ohne</u> Zirkulation	$L_{Char} - 5$	$\frac{n_G L_{char}}{4}$	$\frac{n_G L_{char}}{2}$
zentrale Warmwasserbereitung mit elektrischer Begleitheizung	$L_{Char} - 5$	$\frac{n_G L_{char}}{4}$	$\frac{n_G L_{char}}{2}$
dezentrale und wohnungswei- se Warmwasserbereitung (ohne Zirkulation)	–	–	$\frac{n_G L_{char}}{2}$

Anhang D – Daten von Elektro-Wärmepumpen im Bestand

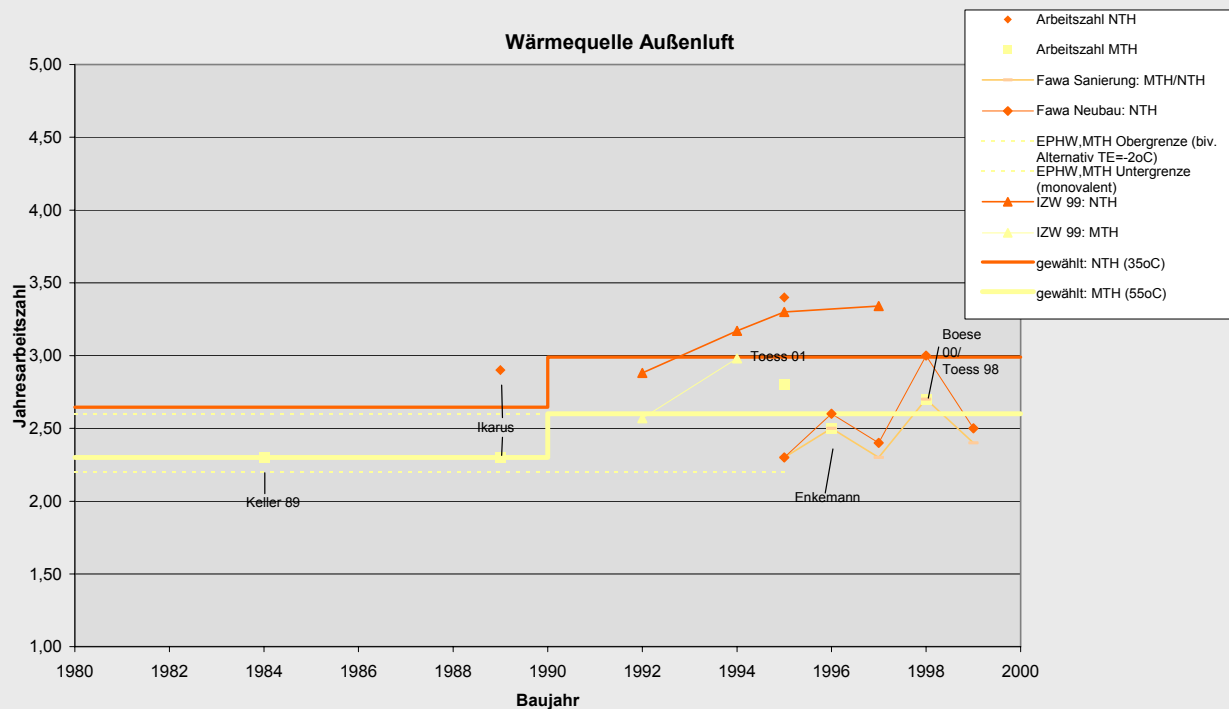
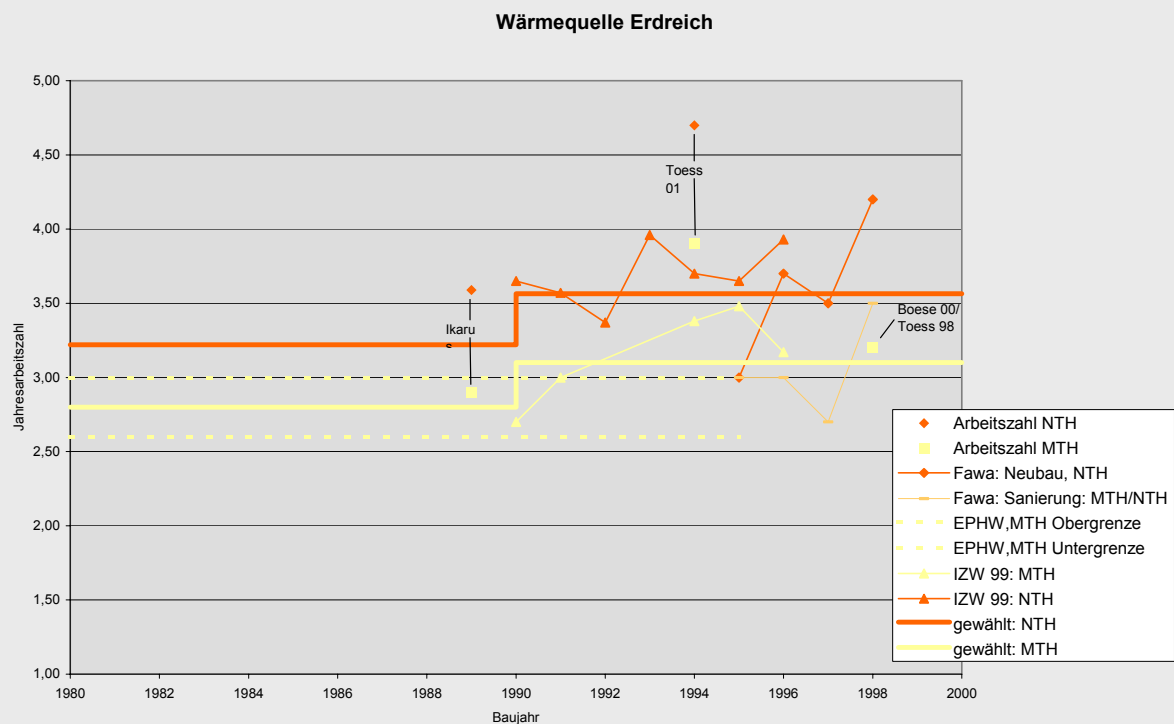
Bei der nachfolgend wiedergegebenen Recherche handelt es sich um einen Auszug aus: [Diefenbach et al. 2002]. In der vorliegenden Untersuchung wurden nur die Werte für Wärmepumpen der 90er Jahre verwendet.

D.1 Recherche

Es wurden folgende Quellen ausgewertet:

- Vorhandene Dokumentationen bzw. Ansätze für Wärmepumpenanlagen:
EPHW: Energiepass Heizung/Warmwasser des IWU [EPHW 97] (weitgehend aufbauend auf der VDI-Richtlinie 2067-6)
Ikarus: Studie im Rahmen des Ikarus-Forschungsvorhabens [Günther-Pomhoff(Ikarus)]
Studie der RWTH Aachen [Boese 00]
- Auswertungen von Prüfergebnissen des Wärmepumpen-Testzentrums Toess (Schweiz):
Toess 01: Die in den Jahren 1994-1996 gemessenen und in [Toess 01] Leistungszahlen bei vorgegebenen Betriebspunkten gemessenen Leistungszahlen wurden ausgewertet und mit dem in der DIN 4701-10 verwendeten Modell in Jahresarbeitszahlen umgerechnet (zeitliche Zuordnung: 1995).
Boese/Toess: In [Boese 00] wurden mittlere Werte aller in [Toess 98] dokumentierten Anlagen gebildet und mit Hilfe von Simulationen mit dem Computerprogramm TRNSYS ausgewertet (Ergebnis: Modell für Jahresarbeitszahlen).
- Gemessene Betriebsergebnisse von Wärmepumpenanlagen:
Fawa: In der Schweiz durchgeführte Auswertung von 120 Anlagen (62 Neubau, 58 Sanierung) [Hubacher 99, Erb 02a,b]
IZW: Ergebnisse von 49 Anlagen aus [Heidelck 99]
Einzelergebnisse: [Keller 89, Enkemann 96]
- TEST-Ergebnisse für Trinkwarmwasserwärmepumpen: Test 7/82 (14 Anlagen), Test 8/86 (13 Anlagen)

Die beiden folgenden Diagramme zeigen die Ergebnisübersicht für Außenluft- und Erdreich-Wärmepumpen. In der Darstellung wird zwischen „Niedertemperaturheizungen“ NTH (Fußbodenheizung, ϑ_v = ca. 35-40 °C) und „Mitteltemperaturheizungen“ MTH (Radiatorenheizungen mit niedrigen Temperaturen, ϑ_v = ca. 55 °C) unterschieden.

Bild 9: Jahresarbeitszahlen von Außenluft-Wärmepumpen**Bild 10: Jahresarbeitszahlen für Erdreich-Wärmepumpen**

Bei den sanierten Altbauten der Fawa-Untersuchung liegen ca. je zur Hälfte Fußboden- und Radiatorenheizungen vor, so dass diese Werte zwischen Niedertemperatur- und Mitteltemperaturheizung einzuordnen sind (mittlere Vorlauftemperatur: 47 °C).

Für die 70er Jahre lagen keine Quellen vor. Vermutlich werden kaum noch Anlagen aus dieser Zeit in Betrieb sein. Die in der Tabelle angegebenen Werte wurden abgeschätzt, indem der für den Übergang 80er/90er Jahre angesetzte Sprung in der Jahresarbeitszahl der Größe 0,3 auf den Übergang 70er/80er übertragen wurde.

Die Abbildungen zeigen, dass die Umrechnung der Toess-Messergebnisse in Jahresarbeitszahlen mit Hilfe des Modells der DIN V 4701-10 zu Ergebnissen führt, die deutlich günstiger liegen als die gemessenen Jahresarbeitszahlen.

Der gewählte lineare Ansatz zur Berücksichtigung abweichender Vorlauftemperaturen $\beta_h = \beta_{55} (1 - 0,0075 (\vartheta_v - 55^\circ\text{C}))$ erscheint insbesondere nach den Ergebnissen in [Boese 00] gerechtfertigt. Laut dieser Quelle und den Ansätzen der DIN V 4701-10 sollte theoretisch eine höhere Sensitivität bestehen (Anstieg der Arbeitszahl um ca. 0,01 bei 1 K geringerer Vorlauftemperatur). Zur Anpassung an die in den Abbildungen dargestellten Messergebnisse (NTH im Vergleich zu MTH) wurde der etwas geringere Faktor 0,0075 angesetzt.

Die in den Abbildungen eingetragenen Werte stellen zu einem großen Teil Gesamt-Jahresarbeitszahlen für Heizung und Warmwasserbereitung dar. Zur separaten Ermittlung der Jahresarbeitszahl für die Trinkwarmwasserbereitung lagen keine ausreichend differenzierten Daten vor. Die Gleichsetzung mit der Arbeitszahl der Heizwärmeerzeugung bei 55°C Vorlauftemperatur ($\beta_{TW} = \beta_{55}$) stellt eine pauschale Abschätzung dar, mit der versucht wird, den generell höheren Vorlauftemperaturen bei der Brauchwasserbereitung einerseits und den erhöhten Wärmequellentemperaturen im Sommer andererseits Rechnung zu tragen.

Die TEST-Ergebnisse für die Kellerluft-Trinkwarmwasserwärmepumpen ergaben für Anlagen mittlerer Qualität Jahresarbeitszahlen von ca. 1,7 (Test 1982) bzw. 2,3 (Test 1986). Diese beiden Werte wurden in der Ergebnistabelle als Basiswerte der 70er bzw. 80er Jahre angesetzt. Für die 90er Jahre lagen keine weiteren Werte vor, hier wurde der bei den Heizungswärmepumpen angenommene Wirkungsgradanstieg auf die Trinkwarmwasser-Wärmepumpen übertragen. Die durch die Wärmepumpe bewirkte Absenkung der Kellerlufttemperatur und die dadurch bewirkte Erhöhung des Heizwärmebedarfs sind in der Jahresarbeitszahl nicht berücksichtigt.

D.2 Elektrowärmepumpen im Bestand – Zusammenfassung

Tab. 38: Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpen

	70er Jahre	80er Jahre	90er Jahre
Heizungswärmepumpen	β_{55} : Jahresarbeitszahl bei $\vartheta_v = 55^\circ\text{C}$		
Wärmequelle Außenluft	2	2,3	2,6
Wärmequelle Erdreich	2,5	2,8	3,1
Trinkwarmwasser-Wärmepumpen	β_{TW} : Jahresarbeitszahl		
Kellerluft-Wärmepumpen inkl. Speicher	1,7	2,3	2,6

Jahresarbeitszahl bei der Heizwärmeerzeugung (Korrektur bei abweichenden Vorlauftemperaturen):

$$\beta_h = \beta_{55} (1 - 0,0075/^\circ\text{C} (\vartheta_v - 55^\circ\text{C})) \quad (\text{D-56})$$

mit ϑ_v Auslegungs-Vorlauftemperatur des Heizsystems [$^\circ\text{C}$]

Jahresarbeitszahl von Heizungswärmepumpen bei der Trinkwarmwassererzeugung:

$$\beta_{\text{TW}} = \beta_{55} \quad (\text{D-57})$$

Pufferspeicher für Heizwärme:

Ansatz für Bereitschaftswärmeverluste wie beim indirekt beheizten Trinkwarmwasserspeicher

$$\text{Speichervolumen: } V = 20 \frac{\text{l}}{\text{kW}} \cdot \dot{Q}_{\text{GB}} \quad [\text{Liter}] \quad (\text{D-58})$$

mit: $\dot{Q}_{\text{GB}}$ Gebäude-Heizleistung [kW] (s.o.)

Anhang E – Quellenverzeichnis

- [Boese 00] M. Boese, N. Diefenbach, Minderung der CO₂-Emissionen im Gebäudebestand durch Einführung einer Brennstoffkennzahl, Forschungsbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes, RWTH Aachen, III. Physikalisches Institut A, März 2000
- [Diefenbach et al. 2002] Diefenbach, Nikolaus; Loga, Tobias; Born, Rolf; Großklos, Marc; Herbert, Carsten: Energetische Kenngrößen für Heizungsanlagen im Bestand. Eine Untersuchung im Auftrag des Ingenieurbüros für energieeffiziente Gebäudetechnik VENTECs, Bremen; IWU, Darmstadt 2002
- [Enkemann 96] T. Enkemann, H. Kruse, H.-J. Laue, Wärmepumpen für Gebäudeheizsysteme, Wärmetechnik 2/1996
- [EPHW 1997] Loga, Tobias; Imkeller-Benjes, Ulrich: Energiepaß Heizung/Warmwasser. Energetische Qualität von Baukörper und Heizungssystem; Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 1997
- [EPHW 1997] T. Loga, U. Imkeller-Benjes; Energiepaß Heizung/Warmwasser. Energetische Qualität von Baukörper und Heizungssystem; Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 1997
- [Erb 02a] M. Erb (Dr. Eicher+Pauli AG, Liestal, Schweiz), P. Hubacher (Hubacher Engineering, Engelburg, Schweiz), Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen, aus dem Internet im März 2002
- [Erb 02b] M. Erb (Dr. Eicher+Pauli AG, Liestal, Schweiz), P. Hubacher (Hubacher Engineering, Engelburg, Schweiz), Erfahrungen an Retrofit-Anlagen im Betrieb, aus dem Internet im März 2002 (www.waermepumpe.ch)
- [Feist 2004] Feist, Wolfgang (Hrsg.): Wärmeübergabe- und Verteilverluste im Passivhaus; Protokollband Nr. 28 des „Arbeitskreises Kostengünstige Passivhäuser“; Passivhaus Institut, Darmstadt 2004
- [Günther-Pomhoff (Ikarus)] C. Günther-Pomhoff, G. Pfitzner, Wärmepumpen, Forschungsbericht 8-02 im Rahmen des Ikarus-Forschungsvorhabens des Forschungszentrums Jülich, Forschungsstelle für Energiewirtschaft, München, ohne Datum
- [Heidelck 99] R. Heidelck, H. J. Laue, Untersuchung von Praxisdaten zum Primärenergiebedarf und den Treibhausgasemissionen von modernen Wärmepumpen, Endbericht im Auftrag des Fachinformationszentrums Karlsruhe, Informationszentrum für Wärmepumpen und Kältetechnik IZW e.V., Hannover/Karlsruhe, April 1999
- [Hubacher 99] P. Hubacher, Wärmepumpen - heute und morgen, in: Tagungsband zur 6. UAW-Tagung, 4. Mai 1999, HTA Burgdorf, herausgegeben vom Schweizer Bundesamt für Energie
- [IWU 2001] Loga, Tobias; Born, Rolf; Großklos, Marc; Bially, Matthias: Energiebilanz-Toolbox. Arbeitshilfe und Ergänzungen zum Energiepass Heizung / Warmwasser; IWU Darmstadt, Dez. 2001
- [IWU 2003] Institut Wohnen und Umwelt (Hrsg.): Deutsche Gebäudetypologie. Systematik und Datensätze; IWU, Darmstadt 2003

- [Keller 89] M. Keller, Energetisches Verhalten von Wärmepumpen - Beurteilung von 5 Anlagen der SBB, Schweizer Ingenieur und Architekt Nr. 45, 9. November 1989
- [Loga et al. 2004] Loga, Tobias; Diefenbach, Nikolaus; Born, Rolf: Energetische Bewertung von Bestandsgebäuden. Arbeitshilfe für die Ausstellung von Energiepässen; Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Berlin 2004
- [PAS 1027] PAS 1027 - Energetische Bewertung heiz- und raumluftheiztechnischer Anlagen im Bestand. Ergänzung zur DIN V 4701-12 Blatt 1; Deutsches Institut für Normung, Berlin 2004
- [Recknagel 01] E. Schrameck (Hrsg.), Recknagel/Sprenger/Schrameck - Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik 01/02, Oldenbourg Verlag 2001
- [Recknagel 66] E. Sprenger (Hrsg.), Recknagel/Sprenger - Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, Oldenbourg Verlag 1966
- [Recknagel 88] W. Hönnmann (Hrsg.), Recknagel/Sprenger/Hönnmann - Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik 88/89, Oldenbourg Verlag 1987
- [Schüßler/Jagnow 2002] Jagnow, K.: Zusammenfassung und Kommentierung der Diplomarbeit von Frau Dipl. Ing. K. Schüßler zum Thema: Typologisierung der Wärmeabgabe von Verteilnetzen im Bestand; TWW e.V. FH Braunschweig / Wolfenbüttel; Wolfenbüttel 2002
- [Toess 01] WPZ-Bulletin Nr. 28, Mitteilungsblatt des Wärmepumpen-Testzentrums Winterthur-Töss, Stand 16.07.2001
- [Toess 98] WPZ-Bulletin Nr. 15, Mitteilungsblatt des Wärmepumpentest- und ausbildungszentrums Winterthur-Töss, Stand 26.02.1998



**INSTITUT WOHNEN
UND UMWELT GmbH**

Annastraße 15

64285 Darmstadt

Fon: (0049) 06151/2904-0

Fax: (0049) 06151/2904-97

eMail: info@iwu.de

Internet: <http://www.iwu.de>

Projekt: „Entwicklung eines vereinfachten,
statistisch abgesicherten Verfahrens zur
Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung
des Energieprofils von Gebäuden“

Kurztitel: „Kurzverfahren Energieprofil“

Teil IV: **Gesamtverfahren**
Zusammenfassende Darstellung der in den
Teilen I, II und III entwickelten Verfahren

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln des
Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung gefördert.

(Aktenzeichen Z6-5.4.00-12/II 13 -80 01 03-15)

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

Darmstadt, den 28.01.2005

Autoren: Tobias Loga
Dr. Nikolaus Diefenbach
Dr. Jens Knissel
Rolf Born

Inhalt

1	Zielsetzung und Ergebnisse des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“	1
2	Fragebogen für die Datenerhebung	2
3	Vereinfachte Datenerhebung Teil I: Flächenschätzverfahren.....	5
4	Vereinfachte Datenerhebung Teil II: Pauschale U-Werte	9
5	Vereinfachte Datenerhebung Teil III: Pauschalwerte Anlagentechnik.....	11

1 Zielsetzung und Ergebnisse des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“

Gemäß der am 16. Dezember 2002 vom Europäischen Parlament und Rat verabschiedeten EU-Richtlinie 2002/91/EG über die „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ müssen bis zum Jahr 2006 unter anderem Maßnahmen zur energetischen Bewertung des Gebäudebestands umgesetzt werden. So müssen die EU-Mitgliedstaaten dafür sorgen, dass bei Verkauf und Vermietung von Gebäuden dem Käufer oder Mieter ein Energieausweis vorgelegt wird.

Da bei Mietwohngebäuden eine hohe Fluktuation besteht, bedeutet dies, dass innerhalb kurzer Zeit ein Großteil des gesamten deutschen Bestands an Mietwohngebäuden energetisch bewertet werden muss. Die Ausstellung eines Energieausweises in Art und Umfang des EnEV-Nachweises würde für die deutsche Wohnungswirtschaft einen hohen Aufwand mit sich bringen. Somit stellt sich die Frage, ob vereinfachte Verfahren zum Tragen kommen können und wie diese umzusetzen wären.

Im Rahmen des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“ wurde ein solches Verfahren entwickelt. Die erforderlichen Angaben beschränken sich auf Daten, die ohne umfassende Begehung des Objekts verfügbar sind. Es werden für die jeweiligen Gebäude- und Anlagenkomponenten typische Effizienzwerte angesetzt, die eine grobe energetische Klassifizierung des Gebäudes erlauben.

Das entwickelte Kurzverfahren kann und soll eine im Rahmen der Vor-Ort-Beratung durchgeführte Schwachstellenanalyse mit detailliertem energetischen Modernisierungskonzept nicht ersetzen. Die Erstellung eines solchen detailgenauen Energiepasses ist insbesondere im Vorfeld von Sanierungsmaßnahmen sinnvoll.

Demgegenüber ist das „Kurzverfahren Energieprofil“ für folgende Anwendungsgebiete geeignet:

- kostengünstige energetische Klassifizierung größerer Gebäudebestände (z.B. für Unternehmen der Wohnungswirtschaft);
- Durchführung von Initialberatung (Verbraucherberatung, Internet, ...);
- Szenarienberechnungen für den Gebäudebestand;
- Plausibilitätsprüfung bei exakter Datenerhebung.

Die Vereinfachungen des „Kurzverfahrens Energieprofil“ betreffen drei Bereiche der Datenaufnahme. Die Herleitung der Verfahren wird in den entsprechenden Teilberichten des Projekts dokumentiert:

Teil I – Flächenschätzverfahren

Durch statistische Analyse einer Gebäuestichprobe von mehr als 4000 Wohngebäuden wurde ein einfaches Verfahren zur Abschätzung der Bauteilflächen (Außenwand, Fenster, Dach, etc.) entwickelt. Mit Hilfe dieses Flächenschätzverfahrens kann der Heizwärmebedarf von Bestandsgebäuden mit einer für viele Anwendungen ausreichenden Genauigkeit ermittelt werden. Die Genauigkeit des Verfahrens wurde durch Anwendung auf die Gebäuestichprobe quantifiziert: Werden die Transmissionswärmeverluste auf der Basis der geschätzten Flächen bestimmt, so liegt die Standardabweichung bei etwa 15% (bezogen auf die mit realen Flächen bestimmten Transmissionswärmeverluste).

Für die Flächenschätzung werden nur wenige, in der Regel leicht zu ermittelnde Daten benötigt. Gegenüber der Bestimmung der Flächen per Aufmaß oder aus Plänen ist der Zeitaufwand erheblich geringer. Zwar weist das Verfahren grundsätzlich eine gewisse Unschärfe auf – andererseits wird jedoch das Risiko von Fehlern bei der Flächenermittlung reduziert (Fehler beim Aufmaß, Doppeltrechnen oder Vergessen von Flächen).

Teil II – Pauschale U-Werte

Auf der Grundlage verschiedener Untersuchungen wurden Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) abgeleitet, die – ausgehend von leicht zu ermittelnden Kennzeichen – eine grobe Bewertung der thermischen Hülle von Bestandsgebäuden erlauben.

Teil III – Pauschalwerte Anlagentechnik

Auf Basis der vorliegenden Normen zur Anlagentechnik und ergänzender Quellen wurden Pauschalwerte für die Teilsysteme Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung abgeleitet, die in Kombination mit einem einfachen Fragebogen eine grobe Bewertung der Anlagen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung von Bestands-Wohngebäuden erlauben. Ausgehend von diesen tabellierten Pauschalwerten erfolgt die Berechnung der Anlagenverluste des Gebäudes und des zugehörigen Primärenergieaufwands. Das Berechnungsschema entspricht dem bekannten Tabellenverfahren der DIN V 4701-10 Anhang C.

2 Fragebogen für die Datenerhebung

Bild 1 zeigt den im Rahmen des Projekts entwickelten Fragebogen:

1. Seite: Erhebung der für die Bewertung der thermischen Hülle erforderlichen Daten (Hüllfläche + U-Werte)
2. Seite: Erhebung der für die Bewertung der Anlagentechnik erforderlichen Daten (Heizung und Warmwasserbereitung)

Ferner wird – sofern verfügbar – auch der gemessene Verbrauch erfasst (2. Seite unten). Dieser ermöglicht einerseits die Kontrolle der erfassten Daten (Vergleich des berechneten mit dem gemessenen Energiekennwert), zum anderen eine auf den tatsächlichen Verbrauch bezogene Initialberatung.

Bild 1: (folgende 2 Seiten)
Entwurf des Fragebogens für das „Kurzverfahren Energieprofil“
(Angaben für ein Mustergebäude)

① Gebäude

Hauptstraße		12
Strasse	PLZ	Haus-Nr.
12345	Musterstadt	
PLZ	Ort	

② Eigentümer

Anton Jedermann

Hauptstraße		12
Strasse	PLZ	Haus-Nr.
12345	Musterstadt	
PLZ	Ort	

③ Anzahl Vollgeschosse

4

Anzahl Wohnungen

10

④ beheizte Wohnfläche

1.000

m²

⑤ Baujahr

1934

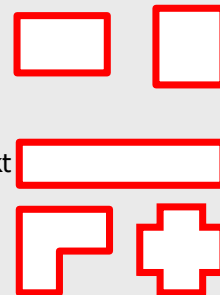
⑥ lichte Raumhöhe (ca.)

2,50

⑦ direkt angrenzende Nachbargebäude

☐ keins (freistehend)☐ auf einer Seite☒ auf zwei Seiten

⑧ Grundriss

☒ kompakt
☐ langgestreckt
oder gewinkelt
oder komplex


⑨ Dach

☐ Flachdach oder
flach geneigtes Dach☒ Dachgeschoss
unbeheizt☐ Dachgeschoss
teilweise beheizt☐ Dachgeschoss
voll beheizt☐ Dachgauben oder andere
Dachaufbauten vorhanden

⑩ Keller

☐ nicht unterkellert☒ Kellergeschoss
unbeheizt☐ Kellergeschoss
teilweise beheizt☐ Kellergeschoss
voll beheizt

⑪ Konstruktionsart und nachträgliche Dämmung

	Konstruktionsart		nachträglich aufgebrachte Dämmung			
	massiv	Holz	Dämmstärke			
Dach (wenn Dachgeschoss beheizt)	☐	☐		cm auf		% der Fläche
oberste Geschossdecke (wenn Dachgeschoss nicht beheizt)	☐	☒	4	cm auf	100	% der Fläche
Außenwände	☒	☐		cm auf		% der Fläche
Fußboden zum Keller oder Erdreich	☒	☐		cm auf		% der Fläche

⑫ Fenster

Jahr des Festereinbaus (ca.)

1980

- ☐ Holzfenster, einfach verglast
- ☐ Holzfenster, zwei Scheiben (Isolierverglasung, Kastenfenster, Verbundfenster)
- ☒ Kunststofffenster, Isolierverglasung
- ☐ Alu- oder Stahlfenster, Isolierverglasung

Zentralheizung	
☒ Kessel oder Therme Brennstoff ☒ Erdgas / Flüssiggas ☐ Heizöl ☐ Scheitholz / Pellets Baujahr ☐ bis 1986 ☒ 1987-1994 ☐ ab 1995 bei Gas- oder Ölkessel Kesseltemperatur ☐ konstant ☒ gleitend ☐ mit Brennwertnutzung	Wärmeverteilung Baualter / Dämmstandard ☐ 50er bis 70er Jahre ☒ nachträgl. gedämmt ☐ 80er und 90er Jahre ☐ gedämmt nach EnEV
☐ Elektrospeicher / Elektro-Wärmepumpe Wärmeerzeugung ☐ nur El.-Wärmepumpe ☐ El.-Wärmep. mit Heizstab ☐ El.-Wärmep. + Kessel ☐ nur Elektro-Heizstab Wärmequelle El.-WP. ☐ Außenluft ☐ Erdreich/Grundw. Baujahr El.-WP. ☐ bis 1994 ☐ ab 1995	
☐ Fern-/Nahwärme Wärmeerzeugung ☐ Kessel / Heizwerk ☐ Heizkraftwerk / BHKW ☐ Anteil Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung > 50%	
Wohnungsweise Beheizung	
☐ Gas-Etagenheizung (Umlaufwasserheizer) ☐ mit Brennwertnutzung	Einbau ☐ bis 1994 ☐ ab 1995
Raumweise Beheizung	
☐ Einzelöfen ☐ Gasraumheizgeräte ☐ Elektroheizgeräte oder Elektro-Nachtspeicherheizung	Brennstoff für Einzelöfen ☐ Heizöl ☐ Kohle ☐ Holz
Warmwasserbereitung	
☒ kombiniert mit Zentralheizung (s.o.) ☐ zentraler Gas-Speicherwassererwärmer ☐ zentraler Elektro-Speicher ☐ Kellerluft-/Abluft-Wärmepumpe ☐ Gas-Etagenheizung (s.o.) ☐ Gas-Durchlauferhitzer ☐ Elektro-Durchlauferhitzer ☐ Elektro-Speicher / -Kleinspeicher	zentrale Warmwasserbereitung ☒ mit Warmwasserzirkulation ☐ mit thermischer Solaranlage Baualter / Dämmstandard Wärmeverteilung ☒ 50er bis 70er Jahre ☐ 80er & 90er Jahre ☒ nachträgl. gedämmt ☐ EnEV Einbau Speicher bzw. Durchlauferhitzer ☒ bis 1994 ☐ ab 1995
Energieverbrauch gemäß letzter Abrechnung des Versorgers	
Liter Heizöl m³ Erdgas oder 200.000 kWh Erdgas Liter Flüssiggas kWh Fernwärme kWh Strom Raummeter Holz Schüttkubikmeter Kohle Verbrauchswert für ☐ Heizung (ohne Warmwasser) ☒ Heizung und Warmwasser	im Jahr 2003

3 Vereinfachte Datenerhebung Teil I: Flächenschätzverfahren

Für die Anwendung des Flächenschätzverfahrens müssen folgende Eingangsgrößen erhoben werden (siehe Fragebogen / Bild 1):

Tab. 1: Eingabedaten für die Flächenschätzung

Größe	Einheit	Erläuterung	Wertebereich
A_W	[m ²]	beheizte Wohnfläche	
n_{VG}	[-]	Anzahl der Vollgeschosse	
$n_{Nachbar}$	[-]	Anbausituation / Anzahl der direkt angrenzenden Nachbargebäude - Gebäude freistehend: - einseitig angebaut: - zweiseitig angebaut:	$n_{Nachbar} = 0$ $n_{Nachbar} = 1$ $n_{Nachbar} = 2$
T_{GR}	[-]	Grundrisstyp - kompakt: - gestreckt:	$T_{GR} = „K“$ $T_{GR} = „G“$
$f_{TB,KG}$	[%]	Teilbeheizungsgrad Kellergeschoss - kein Kellergeschoss vorhanden: - Kellergeschoss nicht beheizt: - Kellergeschoss teilweise beheizt: - Kellergeschoss voll beheizt:	$f_{TB,KG} = 0\%$ $f_{TB,KG} = 0\%$ $f_{TB,KG} = 50\%$ $f_{TB,KG} = 100\%$
$f_{TB,DG}$	[%]	Teilbeheizungsgrad Dachgeschoss - kein Dachgeschoss vorhanden (Flachdach): - Dachgeschoss nicht beheizt: - Dachgeschoss teilweise beheizt: - Dachgeschoss voll beheizt:	$f_{TB,DG} = 0\%$ $f_{TB,DG} = 0\%$ $f_{TB,DG} = 50\%$ $f_{TB,DG} = 100\%$
f_{Ga}	[-]	Korrekturfaktor für Gauben (und andere Dachaufbauten) - keine Dachgauben vorhanden: - Dachgauben vorhanden:	$f_{Ga} = 1,0$ $f_{Ga} = 1,3$
h_R	[m]	lichte Raumhöhe (Mittelwert über alle Vollgeschosse)	

Bei der Abschätzung der Teilflächen der thermischen Hülle wird wie folgt vorgegangen. Die erforderlichen Parameter finden sich in Tab. 2.

Bestimmung der Zahl der beheizten Geschosse n_G :

$$n_G = f_{TB,KG} + n_{VG} + 0,75 \cdot f_{TB,DG} \quad [-] \quad (1)$$

Bestimmung der Wohnfläche pro Geschoss („Geschosswohnfläche“) $A_{W/G}$:

$$A_{W/G} = \frac{A_W}{n_G} \quad [m^2] \quad (2)$$

Abschätzung der Fläche des unteren Gebäudeabschlusses A_{Fb} :

$$A_{Fb} = p_{Fb} \cdot A_{W/G} \quad [m^2] \quad (3)$$

mit: p_{Fb} Parameter „Fußbodenfläche pro m² Geschosswohnfläche“ / Werte siehe Tab. 2 [m²/m²]

Abschätzung der Flächen des oberen Gebäudeabschlusses A_{Da} und A_{OG} :

Dachfläche:

$$A_{Da} = f_{Ga} \cdot p_{Da} \cdot A_{W/G} \quad [m^2] \quad (4)$$

Fläche der obersten Geschossdecke:

$$A_{OG} = p_{OG} \cdot A_{W/G} \quad [m^2] \quad (5)$$

mit: f_{Ga} Korrekturfaktor für Gauben / Werte siehe Tab. 2 [m²/m²]

p_{Da} Parameter „Dachfläche pro m² Geschosswohnfläche“ / Werte siehe Tab. 2 [m²/m²]

p_{OG} Parameter „Fläche oberste Geschossdecke pro m² Geschosswohnfläche“ / Werte siehe Tab. 2 [m²/m²]

Abschätzung der Fassadenfläche pro Geschoss A_{Fa} :

$$A_{Fa} = \frac{h_R}{2,5\text{ m}} \cdot (p_{Fa} \cdot A_{W/G} + q_{Fa}) \quad [m^2] \quad (6)$$

mit: p_{Fa} Parameter „Fassadenfläche pro m² Geschosswohnfläche“ / Werte siehe Tab. 2 [m²/m²]

q_{Fa} Parameter „Zuschlagsfläche Fassade je Vollgeschoss“ / Werte siehe Tab. 2 [m²/m²]

h_R lichte Raumhöhe (Mittelwert über alle Vollgeschosse) [m²/m²]
 nur anzugeben wenn h_R kleiner als 2,3 m oder größer als 2,7 m ist;
 ansonsten kann vereinfachend ein **Standardwert von 2,5 m** verwendet werden

Abschätzung der Fensterflächen A_{Fe} :

$$A_{Fe} = p_{Fe} \cdot A_W \quad [\text{m}^2] \quad (7)$$

mit: p_{Fe} Parameter „Fensterfläche pro m² Wohnfläche“ / Werte siehe Tab. 2 $[\text{m}^2/\text{m}^2]$

Abschätzung der Kellerwandflächen gegen Erdreich oder unbeh. Keller A_{AWK} :

$$A_{AWK} = 0,5 \cdot f_{TB,KG} \cdot A_{Fa} \quad [\text{m}^2] \quad (8)$$

Abschätzung der Außenwandflächen A_{AW} :

$$A_{AW} = n_G \cdot A_{Fa} - A_{AWK} - A_{Fe} \quad [\text{m}^2] \quad (9)$$

Abschätzung des beheizten Gebäudevolumens V_e :

$$V_e = 4 \cdot A_W \cdot \frac{h_R}{2,5 \text{ m}} \quad [\text{m}^3] \quad (10)$$

Abschätzung des Luftvolumens V_L :

$$V_e = A_W \cdot 2,5 \text{ m} \quad [\text{m}^3] \quad (11)$$

Tab. 2: Parameter des Flächenschätzverfahrens

		Flach- dach	Dachgeschoss				
			nicht beheizt	teil- weise beheizt	voll beheizt		
oberer Gebäudeabschluss							
Dachfläche pro m² Geschosswohnfläche		p _{Da}	1,33	0	0,75	1,50	m²/m²
Fläche oberste Geschossdecke pro m² Geschosswohnfläche		p _{OG}	0	1,33	0,67	0	m²/m²
Korrekturfaktor Gauben	Gebäude ohne Gauben	f _{Ga}	1,0				
	Gebäude mit Gauben	f _{Ga}	1,3				
Fassade							
Fassadenfläche je Vollgeschoss pro m² Geschosswohnfläche							
Grundrisstyp	kompakt	p _{Fa}	0,66			m²/m²	
	gestreckt	p _{Fa}	0,80			m²/m²	
Zuschlagsfläche je Vollgeschoss							
Anbausituation	freistehend	q _{Fa}	50			m²	
	einseitig angebaut	q _{Fa}	30			m²	
	zweiseitig angebaut	q _{Fa}	10			m²	
Fenster							
Fensterfläche pro m² Wohnfläche		p _{Fe}	0,20			m²/m²	
unterer Gebäudeabschluss							
Fußbodenfläche pro m² Geschosswohnfläche		p _{FB}	1,33			m²/m²	

4 Vereinfachte Datenerhebung Teil II: Pauschale U-Werte

Die auf der ersten Seite des Fragebogens aufgeführten Auswahlfelder ermöglichen in einfacher Weise die Einordnung der energetischen Qualität der Bauteile in entsprechende Kategorien (Bild 1 unten). Die U-Werte im Urzustand können dann Tab. 3 entnommen werden. Nachträglich durchgeführte Wärmeschutzmaßnahmen werden durch eine einfache Formel Gleichung (12) oder durch Anwendung von Tab. 4 berücksichtigt.

Für den Fall, dass die pauschalen U-Werte außerhalb des Kurzverfahrens Energieprofils Verwendung finden (also nicht zusammen mit dem Flächenschätzverfahren angewendet werden), gibt es eine Reihe weiterer Bauteilarten. Auch diesen müssen pauschale U-Werte zugeordnet werden. Für diese Zuordnung kann Tab. 5 verwendet werden.

Tab. 3: Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten von Bestandsgebäuden

			Baualtersklasse*							
			bis 1918	1919 bis 1948	1949 bis 1957	1958 bis 1968	1969 bis 1978	1979 bis 1983	1984 bis 1994	ab 1995
Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten in W/(m²K)										
Dach	massive Konstruktion (insbes. Flachdächer)		2,1	2,1	2,1	2,1	0,6	0,5	0,4	0,3
	Holzkonstruktion (insbes. Steildächer)		2,6	1,4	1,4	1,4	0,8	0,5	0,4	0,3
oberste Geschoss- decke	massive Decke		2,1	2,1	2,1	2,1	0,6	0,5	0,4	0,3
	Holzbalkendecke		1,0	0,8	0,8	0,8	0,6	0,4	0,3	0,3
Außenwand	massive Konstruktion (Mauerwerk, Beton, ...)		1,7	1,7	1,4	1,4	1,0	0,8	0,6	0,5
	Holzkonstruktion (Fachwerk, Fertighaus, ...)		2,0	2,0	1,4	1,4	0,6	0,5	0,4	0,4
Bauteile gegen Erdreich oder Keller	massive Bauteile		1,2	1,2	1,5	1,0	1,0	0,8	0,6	0,6
	Holzbalkendecke		1,0	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4
Fenster	Holzfenster, einfach verglast	$g_L = 0,87$	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	–	–	–
	Holzfenster, zwei Scheiben**	$g_L = 0,75^{***}$	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	1,6
	Kunststofffenster, Isolierverglasung	$g_L = 0,75^{***}$	–	–	–	3,0	3,0	3,0	3,0	1,9
	Alu- oder Stahlfenster, Isolierverglasung	$g_L = 0,75^{***}$	–	–	4,3	4,3	4,3	4,3	3,2	1,9

*) Baualtersklasse des Gebäudes (bzw. des Bauteils bei neu eingebauten Bauteilen, insbes. Fenster)

**) Isolierverglasung, Kastenfenster oder Verbundfenster

***) ab Baualtersklasse 1995: $g_L = 0,6$

$$U_D = \frac{1}{\frac{1}{U_0} + \frac{d_D}{0,04 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}}} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})] \quad (12)$$

mit: U_D pauschaler U-Wert für das nachträglich gedämmte Bauteil $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$
 U_0 pauschaler U-Wert für das Bauteil im Urzustand (aus Tabelle) $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$
 d_D Stärke der nachträglichen Dämmung $[\text{m}]$

Tab. 4: Vereinfachte Berücksichtigung nachträglicher Wärmeschutzmaßnahmen

Urzustand	zusätzliche Dämmung							
	2 cm	5 cm	8 cm	12 cm	16 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten in $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$								
> 2,5	1,20	0,63	0,43	0,30	0,23	0,19	0,13	0,10
>2,0 ... 2,5	1,11	0,61	0,42	0,29	0,23	0,19	0,13	0,10
>1,5 ... 2,0	1,00	0,57	0,40	0,29	0,22	0,18	0,13	0,10
>1,0 ... 1,5	0,86	0,52	0,38	0,27	0,21	0,18	0,12	0,09
>0,7 ... 1,0	0,67	0,44	0,33	0,25	0,20	0,17	0,12	0,09
>0,5 ... 0,7	0,52	0,37	0,29	0,23	0,18	0,16	0,11	0,09
≤ 0,5	0,40	0,31	0,25	0,20	0,17	0,14	0,11	0,08

Tab. 5: Zuordnung der verschiedenen Bauteile zu den Bauteilkategorien und dem zugehörigen pauschalen U-Wert

Bauteile	Kategorie für pauschalen U-Wert
Flachdächer	Dach
Steildächer	
Wände zwischen beheiztem und unbeh. Dachgeschoss	
oberste Geschossdecken	oberste Geschossdecke
Fußboden gegen außen (z.B. über Durchfahrten)	
Außenwände	Außenwand
Wände zum Erdreich	
Wände zu unbeheizten (Keller-)Räume	
Fußboden zum Keller (Kellerdecke)	Fußboden zum Keller oder Erdreich
Fußboden zum Erdreich	
Fenster, Fenstertüren, Festverglasungen	Fenster
Glasbausteine	
Außentüren	

5 Vereinfachte Datenerhebung Teil III: Pauschalwerte Anlagentechnik

Die auf der zweiten Seite des Fragebogens aufgeführten Auswahlfelder (Bild 1) ermöglichen in einfacher Weise die Definition eines Anlagentyps, dem eine entsprechende Anlagenkonfiguration zugeordnet ist. Die energetischen Kenndaten der so festgelegten Teilsysteme können den zugehörigen Tabellen entnommen werden (Tab. 6). Diese liefern die Aufwandszahlen der Wärmeerzeuger sowie auf die beheizte Wohnfläche bezogene Energiekennwerte für Übergabe, Verteilung und Speicherung sowie für Hilfsenergie.

Im ausführlichen Teilbericht III („Pauschalwerte Anlagentechnik“) finden sich die gleichen Tabellen auch mit dem Bezug auf die „Gebäudenutzfläche“ A_N nach EnEV – um einen Vergleich mit den Tabellen der DIN V 4701-10 zu ermöglichen. Die Erhebung des beheizten Gebäudevolumens (woraus A_N berechnet wird) ist jedoch im „Kurzverfahren Energieprofil“ nicht vorgesehen, weshalb in der hier vorliegenden Dokumentation des Gesamtverfahrens auf diese Darstellung verzichtet wurde.

Ausgehend von den in Tab. 6 zusammengestellten Pauschalwerten erfolgt die Berechnung der Anlagenverluste und des zugehörigen Primärenergieaufwands gemäß dem Schema des Tabellenverfahrens der DIN V 4701-10 Anhang C (Bilanzgleichungen siehe DIN V 4701-10 Gleichungen (4.2-3) (4.2-4), (4.2-5), (4.2-18) und (4.2-19)).

Die den Tabellenwerten zu Grunde liegende Heizgrenztemperatur beträgt 15°C, die zugehörige Heizperiodenlänge 275 d/a. Tatsächlich hängt die Heizgrenztemperatur und die Länge der Heizperiode jedoch vom Wärmeschutzstandard des Gebäudes ab. Der gewählte Ansatz führt somit bei wärmetechnisch verbesserten Gebäuden tendenziell zu einer Überschätzung der Wärmeverluste. Im Kurzverfahren kann diese Ungenauigkeit grundsätzlich toleriert werden, da die Abschätzung auf der sicheren Seite erfolgt. Um einen Übergang zum Neubaustandard zu schaffen, ist jedoch auch eine Korrektur der flächenbezogenen Wärmeverluste (nicht jedoch der Aufwandszahlen) mit der tatsächlichen Länge der Heizzeit möglich und sinnvoll (siehe Gl. (13)).

$$q'_{H,x} = \frac{t_{HP}}{275 \frac{d}{a}} \cdot q_{H,x} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})] \quad (13)$$

mit:	$q'_{H,x}$	korrigierter Wert für den Verlustkennwert Heizwärme-Teilsystem x	[kWh/(m²a)]
		Index x = ce (Übergabe), d (Verteilung), s (Speicherung)	
	$q_{H,x}$	Verlustkennwert Heizwärme-Teilsystem x	[kWh/(m²a)]
	t_{HP}	tatsächliche Länge der Heizperiode entsprechend der Heizgrenze des betreffenden Gebäudes	[d/a]

Tab. 6: Pauschalwerte für die Bilanzierung der Anlagentechnik

Wd Warmwasser Verteilung			Wärmeverluste $q_{W,d}$ [kWh/(m²a)]			Heizwärme- gutschrift $q_{h,w,d}$ [kWh/(m²a)]			Hilfsenergie- bedarf $q_{W,d,HE}$ [kWh/(m²a)]	
Kürzel	Name	Baualtersklasse	Anzahl Vollgeschosse			Anzahl Vollgeschosse			Wohnungsanzahl	
			1 bis 2	3 bis 5	6 und mehr	1 bis 2	3 bis 5	6 und mehr	1 bis 2	3 und mehr
z70mZ	zentrale Verteilung mit Zirkulation	50er bis 70er	29,6	38,5	34,0	15,3	19,4	19,4	1,1	0,7
z70mZMod	zentrale Verteilung mit Zirkulation	50er bis 70er, nachträgl. gedämmt	26,8	34,4	32,1	15,3	19,4	19,4	1,1	0,7
z90mZ	zentrale Verteilung mit Zirkulation	80er und 90er	10,8	12,9	10,6	5,1	5,6	5,6	1,1	0,7
zEnEVmZ	zent. Vert. mit Zirk. inkl. Qualitätssicherung	EnEV	7,1	9,2	7,0	2,7	3,2	3,2	1,1	0,7
z70oZ	zentrale Verteilung ohne Zirkulation	50er bis 70er	14,0	14,0	-	6,6	6,6	-	0,0	0,0
z70oZMod	zentrale Verteilung ohne Zirkulation	50er bis 70er, nachträgl. gedämmt	12,1	12,1	-	6,6	6,6	-	0,0	0,0
z90oZ	zentrale Verteilung ohne Zirkulation	80er und 90er	8,5	8,5	-	4,2	4,2	-	0,0	0,0
zEnEVVoZ	zent. Vert. ohne Zirk. inkl. Qualitätssicherung	EnEV	4,8	4,8	-	1,9	1,9	-	0,0	0,0
d90	dezentrales System	bis 90er	5,1	5,1	5,1	3,3	3,3	3,3	0,0	0,0
dEnEV	dezentrales System	EnEV	1,5	1,5	1,5	0,9	0,9	0,9	0,0	0,0

WG Warmwasser Erzeugung			Erzeuger- Aufwandszahl $e_{W,g}$ [-]		Hilfsenergie- bedarf $q_{W,g,HE}$ [kWh/(m²a)]	
Kürzel	Name	Baualtersklasse	Wohnungsanzahl		Wohnungsanzahl	
			1 bis 2	3 und mehr	1 bis 2	3 und mehr
KTK86	Konstanttemperatur-Kessel	bis 1986	1,61	1,31	0,3	0,1
KTK94	Konstanttemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,57	1,28	0,3	0,1
KTK95	Konstanttemperatur-Kessel	ab 1995	1,49	1,21	0,3	0,1
NTK86	Niedertemperatur-Kessel	bis 1986	1,26	1,18	0,3	0,1
NTK94	Niedertemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,23	1,15	0,3	0,1
NTK95	Niedertemperatur-Kessel	ab 1995	1,16	1,10	0,3	0,1
BWK86	Brennwert-Kessel	bis 1986	1,20	1,13	0,3	0,1
BWK94	Brennwert-Kessel	1987 bis 1994	1,17	1,11	0,3	0,1
BWK95	Brennwert-Kessel	ab 1995	1,12	1,08	0,3	0,1
GT94	Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	bis 1994	1,23	1,23	0,3	0,1
GT95	Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	ab 1995	1,20	1,20	0,3	0,1
BT94	Gas-Brennwert-Therme	bis 1994	1,20	1,20	0,3	0,1
BT95	Gas-Brennwert-Therme	ab 1995	1,16	1,16	0,3	0,1
WPE94	Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	bis 1994	0,32	0,32	0,4	0,3
WPE94mHS	Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	bis 1994	0,36	0,36	0,4	0,3
WPE95	Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	ab 1995	0,29	0,29	0,4	0,3
WPE95mHS	Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	ab 1995	0,32	0,32	0,4	0,3
WPL94	Elektro-Wärmepumpe Außenluft	bis 1994	0,42	0,42	0,4	0,3
WPL94mHS	Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	bis 1994	0,45	0,45	0,4	0,3
WPL95	Elektro-Wärmepumpe Außenluft	ab 1995	0,35	0,35	0,4	0,3
WPL95mHS	Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	ab 1995	0,38	0,38	0,4	0,3
WPK94	Elektro-Wärmepumpe Kellerluft	bis 1994	0,36	0,36	0,4	0,3
WPK94mHS	Elektro-Wärmepumpe Kellerluft mit Heizstab	bis 1994	0,39	0,39	0,4	0,3
WPK95	Elektro-Wärmepumpe Kellerluft	ab 1995	0,35	0,35	0,4	0,3
WPK95mHS	Elektro-Wärmepumpe Kellerluft mit Heizstab	ab 1995	0,38	0,38	0,4	0,3
FWU	Fernwärme-Übergabestation	-	1,14	1,14	0,0	0,0
ESz	zentraler Elektro-Speicher	-	1,00	1,00	0,0	0,0
EKS	dezentrale Elektro-Kleinspeicher	-	1,00	1,00	0,0	0,0
EDH	dezentrale Elektro-Durchlauferhitzer	-	1,00	1,00	0,0	0,0
GDH94	dezentrale Gas-Durchlauferhitzer	bis 1994	1,23	1,23	0,0	0,0
GDH95	dezentrale Gas-Durchlauferhitzer	ab 1995	1,20	1,20	0,0	0,0
GS	Gas-Speicherwassererwärmer	-	1,22	1,22	0,0	0,0
TSA	Thermische Solaranlage	-	0,00	0,00	0,0	0,0

Tab. 3 (Fortsetzung)

			Kennwerte bezogen auf die beheizte Wohnfläche A_{Wohn}				
Hce Heizwärme Übergabe			Wärmeverluste			Hilfsenergie- bedarf	
			$q_{H,ce}$ [kWh/(m²a)]			$q_{H,ce,HE}$ [kWh/(m²a)]	
Kürzel	Name	Baualtersklasse					
Th	Zentralheizung, thermostatisch geregelt		4,1			0,0	
dMan	raumweise Beheizung, manuell geregelt		0,0			0,0	
Hd Heizwärme Verteilung			Wärmeverluste			Hilfsenergie- bedarf	
			$q_{H,d}$ [kWh/(m²a)]			$q_{H,d,HE}$ [kWh/(m²a)]	
Kürzel	Name	Baualtersklasse	Anzahl Vollgeschosse			Wohnungsanzahl	
			1 bis 2	3 bis 5	6 und mehr	1 bis 2	3 und mehr
z70	zentrale Verteilung	50er bis 70er	34,8	29,8	24,2	4,3	1,6
z70Mod	zentrale Verteilung	50er bis 70er, nachträgl. gedämmt	26,9	24,4	21,5	4,3	1,6
z90	zentrale Verteilung	80er und 90er	21,9	19,4	16,6	4,3	1,6
zEnEV	zentrale Verteilung inkl. Qualitätssicherung	EnEV	11,7	8,8	6,2	4,3	1,6
wo	wohnungsweise Verteilung	-	6,8	6,8	6,8	4,3	4,3
dez	dezent. System (ohne Verteilung)	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hs Heizwärme Speicherung			Wärmeverluste			Hilfsenergie- bedarf	
			$q_{H,s}$ [kWh/(m²a)]			$q_{H,s,HE}$ [kWh/(m²a)]	
Kürzel	Name	Baualtersklasse	Wohnungsanzahl			Wohnungsanzahl	
			1 bis 2	3 und mehr		1 bis 2	3 und mehr
PSWP94	Pufferspeicher El.-Wärmep. / -Nachtsp.	bis 1994	6,5	6,5		0,0	0,0
PSWP95	Pufferspeicher El.-Wärmep. / -Nachtsp.	ab 1995	5,0	5,0		0,0	0,0
PSHK94	Pufferspeicher für Holzkessel	bis 1994	12,2	12,2		0,0	0,0
PSHK95	Pufferspeicher für Holzkessel	ab 1995	7,9	7,9		0,0	0,0
Hg Heizwärme Erzeugung			Erzeuger- Aufwands- zahl $e_{H,g}$			Hilfsenergie- bedarf	
			[-]			$q_{H,g,HE}$ [kWh/(m²a)]	
Kürzel	Name	Baualtersklasse	Wohnungsanzahl			Wohnungsanzahl	
			1 bis 2	3 und mehr		1 bis 2	3 und mehr
		Basiswert für f_0	2,0	2,0			
		Basiswert für Q_n	24	500			
KTK86	Konstanttemperatur-Kessel	bis 1986	1,33	1,21		2,4	0,4
KTK94	Konstanttemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,29	1,18		2,4	0,4
KTK95	Konstanttemperatur-Kessel	ab 1995	1,26	1,14		2,4	0,4
NTK86	Niedertemperatur-Kessel	bis 1986	1,23	1,18		2,4	0,4
NTK94	Niedertemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,18	1,12		2,4	0,4
NTK95	Niedertemperatur-Kessel	ab 1995	1,12	1,08		2,4	0,4
BWK86	Brennwert-Kessel	bis 1986	1,11	1,07		2,4	0,4
BWK94	Brennwert-Kessel	1987 bis 1994	1,08	1,04		2,4	0,4
BWK95	Brennwert-Kessel	ab 1995	1,06	1,03		2,4	0,4
GT94	Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	bis 1994	1,16	1,16		2,4	0,4
GT95	Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	ab 1995	1,08	1,08		2,4	0,4
GBT94	Gas-Brennwert-Therme	bis 1994	1,07	1,07		2,4	0,4
GBT95	Gas-Brennwert-Therme	ab 1995	0,99	0,99		2,4	0,4
WPE94	Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	bis 1994	0,32	0,32		1,4	1,0
WPE94mHS	Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	bis 1994	0,36	0,36		1,4	1,0
WPE95	Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	ab 1995	0,29	0,29		1,4	1,0
WPE95mHS	Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	ab 1995	0,32	0,32		1,4	1,0
WPL94	Elektro-Wärmepumpe Außenluft	bis 1994	0,42	0,42		1,4	1,0
WPL94mHS	Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	bis 1994	0,45	0,45		1,4	1,0
WPL95	Elektro-Wärmepumpe Außenluft	ab 1995	0,35	0,35		1,4	1,0
WPL95mHS	Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	ab 1995	0,38	0,38		1,4	1,0
FWU	Fernwärme-Übergabestation	-	1,02	1,02		0,0	0,0
Oelofen	Ölbefeuert Einzelöfen mit Verdampfungsbr.	-	1,40	1,40		0,0	0,0
Ofen	Kohle- oder Holzöfen	-	1,60	1,60		0,0	0,0
GRH	Gasraumheizer	-	1,40	1,40		0,0	0,0
ESz	zentraler Elektro-Speicher	-	1,00	1,00		0,0	0,0
ENSp	Elektro-Nachtspeicherheizung	-	1,00	1,00		0,0	0,0
EDHG	Elektro-Direktheizgeräte	-	1,00	1,00		0,0	0,0
TSA	Thermische Solaranlage	-	0,00	0,00		0,0	0,0

Tab. 3 (Fortsetzung)

VK	Vorkette		Primär- energie- faktor f_p	CO ₂ - Emissions- faktor f_{CO_2} (CO ₂ -Äquivalent)	Energieinhalt (H _u) bezogen auf handelsübliche Maßeinheit	
Kürzel	Name	Kategorie	bezogen auf Endenergie		Einheit	kWh je Einheit
			[-]	[g/kWh _{End}]		
HO	Heizöl		1,1	310	Liter	10,2
EG	Erdgas H		1,1	250	Normkubikmeter	10,4
EG-L	Erdgas L		1,1	270	Normkubikmeter	8,9
FG	Flüssiggas		1,1	270	kg	12,8
SK	Steinkohle		1,1	440	Schüttkubikmeter	6600
BK	Braunkohle		1,2	450	Schüttkubikmeter	3900
SH	Scheitholz		0,2	40	Raummeter	1700
HHS	Holzhackschnitzel		0,2	40	Schüttkubikmeter	850
HP	Holz-Pellets		0,2	40	Schüttkubikmeter	3200
S	Strom-Mix		3,0	680	kWh	1,0
FWEG00	Nah-/Fernwärme, Erdgas	0% KWK	1,3	300	kWh	1,0
FWEG33	Nah-/Fernwärme, Erdgas	33% KWK	1,1	250	kWh	1,0
FWEG67	Nah-/Fernwärme, Erdgas	67% KWK	0,9	200	kWh	1,0
FWEG100	Nah-/Fernwärme, Erdgas	100% KWK	0,7	150	kWh	1,0
FW00	Nah-/Fernwärme, andere foss. Brennstof	0% KWK	1,3	420	kWh	1,0
FW33	Nah-/Fernwärme, andere foss. Brennstof	33% KWK	1,1	350	kWh	1,0
FW67	Nah-/Fernwärme, andere foss. Brennstof	67% KWK	0,9	280	kWh	1,0
FW100	Nah-/Fernwärme, andere foss. Brennstof	100% KWK	0,7	210	kWh	1,0
FWreg00	Nah-/Fernwärme, erneuerbare Brennstoffe	0% KWK	0,3	60	kWh	1,0
FWreg33	Nah-/Fernwärme, erneuerbare Brennstoffe	33% KWK	0,2	40	kWh	1,0
FWreg67	Nah-/Fernwärme, erneuerbare Brennstoffe	67% KWK	0,1	20	kWh	1,0
FWreg100	Nah-/Fernwärme, erneuerbare Brennstoffe	100% KWK	0,0	0	kWh	1,0
So	Sonne		0,0	0	kWh	1,0