

# **Klimaschutz durch Minderung von Treibhausgasemissionen im Bereich Haushalte und Kleinverbrauch durch klimagerechtes Verhalten**

Anlagenband zum Bericht Band 1

April 1999

Peter Deutscher, TU München  
Martin Elsberger, TU München  
Lothar Rouvel, TU München

**Öko-Institut e.V.**  
Geschäftsstelle Freiburg  
Postfach 6226  
D-79038 Freiburg  
Tel.: 0761-4 52 95-0

Büro Darmstadt  
Elisabethenstr. 55-57  
D-64283 Darmstadt  
Tel.: 06151-81 91-0

Büro Berlin  
Novalisstraße 10  
D-10115 Berlin  
Tel.: 030-280 486-80

Umweltforschungsplan  
des Bundesministers für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Forschungsbericht 204 01 120

**Klimaschutz durch Minderung von Treibhausgasemissionen  
im Bereich Haushalte und Kleinverbrauch durch  
klimagerechtes Verhalten**

**Anlagenband zum Bericht Band 1:**

Potenzialabschätzung mit Hilfe des IKARUS-Instrumentariums  
Verhaltensbedingte Auswirkungen auf den Endenergiebedarf zu  
Raumheizung und Warmwasserbereitung in privaten Haushalten

von

Peter Deutscher  
Martin Elsberger  
Lothar Rouvel

Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik  
der Technischen Universität München

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

April 1999

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Verhaltensbedingte Auswirkungen auf den Raumwärme- und Heizenergiebedarf für private Haushalte.....</b>	<b>2</b>
2.1	Methodik .....	2
2.2	Gebäudestruktur privater Haushalte.....	3
2.3	Beschreibung der Ensemblegebäude.....	6
2.3.1	Ensemblegebäude des Wohnungsbestandes .....	6
2.3.2	Ensemblegebäude des Neubaus.....	8
2.4	Rahmendaten für die Ermittlung des Raumwärmebedarfs .....	8
2.4.1	Geometrische und bauphysikalische Einflüsse.....	8
2.4.2	Verhaltensbedingte Einflüsse .....	9
2.5	Spezifischer Jahresheizwärmebedarf der Ensemblegebäude .....	15
2.5.1	Spezifischer Jahresheizwärmebedarf im Standardfall .....	15
2.5.2	Spezifischer Jahresheizwärmebedarf der untersuchten Varianten ..	16
2.6	Jahresheizwärmebedarf der gesamten Bundesrepublik Deutschland.....	21
2.6.1	Jahresheizwärmebedarf für den Standardfall .....	21
2.6.2	Jahresheizwärmebedarf möglicher Varianten.....	22
2.7	Bestimmung des Endenergiebedarfs .....	23
2.7.1	Beheizungsstruktur der Bundesrepublik Deutschland .....	23
2.7.2	Jahresendenergiebedarf im Standardfall.....	24
2.7.3	Potenzialabschätzung des Jahresendenergiebedarfs unter Berücksichtigung des Verbraucherverhaltens.....	25
<b>3</b>	<b>Verhaltensbedingte Auswirkungen auf den Energiebedarf zur Warmwasserbereitung für private Haushalte .....</b>	<b>30</b>
3.1	Methodik .....	30
3.2	Rahmendaten für die Bestimmung des Warmwasserbedarfs.....	31
3.3	Struktur der Warmwasserbereitung .....	31
3.4	Endenergiebedarf zur Warmwasserbereitung .....	32
3.4.1	Endenergiebedarf im Standardfall .....	32
3.4.2	Endenergiebedarf in Abhängigkeit des Nutzerverhaltens .....	34
<b>4</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>Anhang A: Rahmendaten.....</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>Anhang B: Heizwärmebedarf.....</b>	<b>46</b>
<b>7</b>	<b>Anhang C: Endenergiebedarf für Raumheizung.....</b>	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>Anhang D: Endenergiebedarf für Haushalte .....</b>	<b>70</b>



## 1 Einleitung

Im Jahr 1995 betrug nach /VDI, 1997/ der Anteil des Sektors Haushalte am Endenergiebedarf der Bundesrepublik Deutschland ca. 28 %. Innerhalb des Sektors Haushalte dominiert die Anwendungsart Raumwärme mit einem Anteil von ca. 77 %.

Die Höhe des Heizwärmebedarfs wird außer vom Außenklima einerseits durch geometrische (z. B. Verhältnis der Raumumschließungsflächen zum beheizten Volumen) und andererseits durch bauphysikalische (z. B. Wärmedämmstandard) Eigenschaften des Gebäudes bestimmt.

Außerdem hat das Nutzerverhalten einen erheblichen Einfluss auf den Heizwärmebedarf. Durch die gewünschte Raumsolltemperatur, das Lüftungsverhalten und die Heizungsregelung wird der Heizwärmebedarf in einem weiten Bereich beeinflusst.

Der Endenergiebedarf für die Raumheizung wird nicht nur durch die Höhe des Heizwärmebedarfs, sondern auch durch die Verteilsystemverluste, die zwischen dem Standort des Kessels bzw. Ofens und dem Ort, an dem die Wärme benötigt wird, auftreten, und die Effizienz des eingesetzten Wärmeerzeugers beeinflusst.

In der hier durchgeführten Untersuchung sollen die Einflussmöglichkeiten durch das Nutzerverhalten auf den Heizwärmebedarf und Endenergiebedarf aufgezeigt werden. Somit wird der Einfluss folgender Faktoren geprüft:

- angesetzte Raumsolltemperatur
- angesetztes Lüftungsverhalten
- angesetzter Beheizungsumfang.

Warmwasserbereitung weist nach der Raumwärme der zweithöchsten Energieverbrauch auf: 15 % des Endenergieverbrauchs werden nach /VDI, 1997/ zur Warmwasserbereitung benötigt.

Die Höhe des Endenergiebedarfs zur Warmwasserbereitung wird durch den Warmwasserverbrauch und die gewünschte Warmwassertemperatur sowie die Verteilsystemverluste und die Effizienz des eingesetzten Systems zur Warmwasserbereitung geprägt.

In der hier durchgeführten Untersuchung wird der Einfluss der Größen  
täglicher Warmwasserbedarf  
Personenbelegung  
auf den Warmwasserbedarf für den Bereich Haushalte untersucht.

## 2 Verhaltensbedingte Auswirkungen auf den Raumwärme- und Heizenergiebedarf für private Haushalte

### 2.1 Methodik

Die Potenzialabschätzung des Einflusses des Verbraucherverhaltens auf den Endenergiebedarf zur Deckung des Raumwärmebedarf für den Sektor Haushalte baut auf den Ergebnissen des IKARUS<sup>1</sup>-Projektes, Teilprojekt 5 (Bereich Haushalte und Kleinverbraucher), auf.

Im Rahmen des IKARUS-Projektes ist der Bestand der Wohngebäude der Bundesrepublik Deutschland in 51 Gebäudeklassen unterteilt ausgewiesen, die sich durch ihr **Baualter**, **Gebäudeart** (z. B. Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus) und **Errichtungs-ort** (alte bzw. neue Bundesländer) unterscheiden. **Basisjahr ist 1995**.

Diese 51 Gebäudeklassen werden hier zu vier **Ensemblegebäuden** so zusammengefasst, dass diese den mittleren Bauzustand der Gebäude:

**kleine Gebäude mit einer oder zwei Wohneinheiten**

**große Gebäude mit drei oder mehr Wohneinheiten**

repräsentieren, wobei weiterhin eine Unterscheidung der Gebäude bezüglich deren Standortes (AL, NL) erfolgt.

Somit ist es möglich, den gesamten Wohnflächenbestand durch wenige Ensemblegebäude energetisch zu beschreiben.

Für jedes der Ensemblegebäude wird der spezifische **Heizwärmebedarf** ermittelt, wobei zuerst das tatsächliche mittlere Verbraucherverhalten (**Standardnutzung**) untersucht wird. Anschließend wird eine Variation der Verbraucherverhaltens bezüglich der Raumsolltemperatur, des Lüftungsverhaltens und des angesetzten Beheizungs-umfanges untersucht.

Zur Hochrechnung des Heizwärmebedarfs auf die gesamte Bundesrepublik Deutschland wird der spezifische Heizwärmebedarf der Ensemblegebäude mit dem zugehörigen Anteil an der Gesamtwohnfläche multipliziert.

Für jedes Ensemblegebäude stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, den ermittelten Heizwärmebedarf zu decken: z. B. mit Fernwärme, Zentralheizung, Einzelofen. In Abhängigkeit der eingesetzten Heizsystems ergeben sich unterschiedliche spezifische Endenergiebedarfswerte.

Die Hochrechnung des **Endenergiebedarfs** auf die gesamte Bundesrepublik Deutschland erfolgt in zwei Schritten:

1. Bestimmung des spezifischen Endenergiebedarfs zur Deckung des Heizwärmebedarfs für die Ensemblegebäude unter Berücksichtigung der verwendeten Heizsysteme
2. Hochrechnung des Endenergiebedarfs auf den Wohngebäudebestand, aufbauend auf der Struktur der Heizwärmebereitung und der eingesetzten Energieträger.

---

<sup>1</sup> BMBF Forschungsvorhaben IKARUS: „Instrumente für Klimagas-Reduktionsstrategien

Die Bestimmung des Endenergiebedarfs für die gesamte Bundesrepublik Deutschland wird zu einem für den Standardfall und zum anderen für die Varianten des höchsten und geringsten Heizwärmebedarfs durchgeführt.

Alle Kennwerte zu den Gebäuden, der Heizungstechnik und der Verteilungssysteme sind der IKARUS-Datenbank entnommen, Die Ermittlung des Nettoheizwärmebedarfs, der Verteilungsverluste und Umwandlungsverluste sowie des Endenergiebedarfs ist mit dem in die IKARUS-Datenbank integrierten „Raumwärmetool“ durchgeführt worden.

## 2.2 Gebäudestruktur privater Haushalte

Wohngebäude werden in sehr unterschiedlichen Formen und Größen errichtet. Im IKARUS-Projekt wird der gesamte Wohngebäudebestand durch Typgebäude beschrieben, die sich durch die Anzahl der Wohneinheiten – **Gebäudegröße** –, und den Zeitraum der Errichtung – **Baualter** – unterscheiden. Weiterhin ist der Errichtungsort des Gebäudes – **alte bzw. neue Bundesländer** – maßgeblich.

Diese Klassifizierung orientiert sich zum einem an einschneidenden Veränderungen in der historischen Entwicklung, zum anderen am Inkrafttreten von Richtlinien (DIN 4108, Wärmeschutzverordnung), die für den Wohnungsbau wesentlich sind.

Für die **Gebäudegrößen** ist folgende Unterteilung getroffen:

Wohngebäude mit 1 Wohneinheit:	Einfamilienhaus	(EFH)
	Reihenmittelhaus	(RMH)
	Doppelhaushälfte	(DHH)
Wohngebäude mit 2 Wohneinheiten:	Reihen- oder Doppelhaus	(RDH),
	Zweifamilienhaus	(ZFH)
Wohngebäude mit 3-6 Wohneinheiten:	kleines Mehrfamilienhaus	(KMH)
Wohngebäude mit 7-12 Wohneinheiten:	großes Mehrfamilienhaus	(GM)
Wohngebäude mit 12 und mehr Wohneinheiten:	Hochhaus	(HO)

Die Gebäudetypen sind desweiteren in der IKARUS-Typologie in **Baualtersgruppen** unterteilt, z. B. gilt für die Gebäudegröße EFH, alte Bundesländer folgende Gliederung:

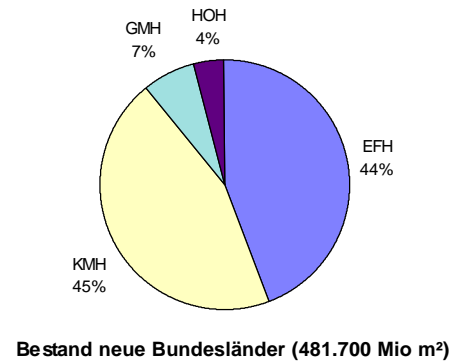
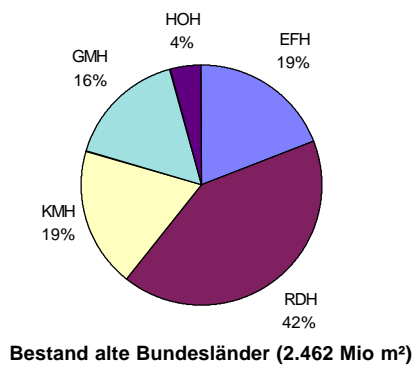
bis 1900	Baualtersklasse A
1901 – 1918	Baualtersklasse B
1919 – 1948	Baualtersklasse C
1949 – 1957	Baualtersklasse D
1958 – 1968	Baualtersklasse E
1969 – 1978	Baualtersklasse F
1979 – 1983	Baualtersklasse G
1984 – 1995	Baualtersklasse H

Neubau

Baualtersklasse I



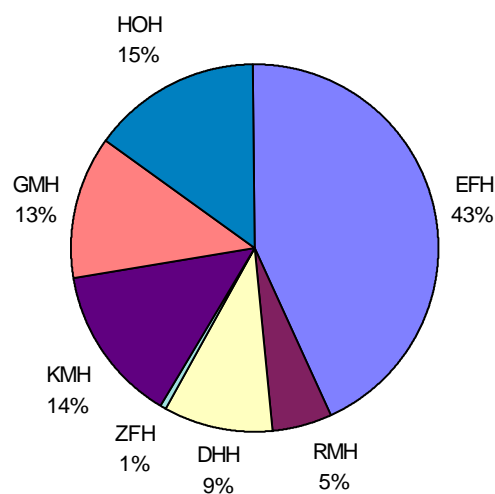
Eine detaillierte Beschreibung der Gebäudestruktur und der jeweils zugehörigen Anteil an der Gesamtwohnfläche enthalten die **Tabellen A-1 und A-2 im Anhang A. Bild 2.2.1** stellt die Anteile der einzelnen Typgebäude (Bestand) an der gesamten Wohnfläche dar. Im Gebiet der alten Bundesländer stellen die Einfamilien- und Reihen/Doppelhäuser den überwiegenden Anteil an der Wohnfläche. Im Vergleich dazu ist in den neuen Bundesländern der Anteil der Mehrfamilienhäuser deutlich größer.



**Bild 2.2.1** Anteil der jeweiligen Typgebäude am Wohnflächenbestand der alten und neuen Bundesländer

Die Aufteilung der Wohnfläche auf die einzelnen Typgebäude im Neubaubereich wird als konstant betrachtet, da die vom Statistischem Bundesamt in der Fachserie 5 „Bautätigkeit und Wohnen“ angegebene Aufteilung der Neubautätigkeit auf unterschiedliche Gebäudetypen seit dem Zeitraum ab 1993 eine nahezu konstante Aufteilung der Typgebäude aufweist. Somit wird mit einem gleichmäßigen Zuwachs der Wohnfläche der einzelnen Typgebäude gerechnet.

**Bild 2.2.2** zeigt die Aufteilung der Typgebäude für den Neubaubereich.



**Bild 2.2.2:** Aufteilung des Zuwachses der Wohnfläche für das gesamte Gebiet der Bundesrepublik Deutschland

## 2.3 Beschreibung der Ensemblegebäude

### 2.3.1 Ensemblegebäude des Wohnungsbestandes

Um bei der Potenzialabschätzung eine bessere Übersicht zu schaffen, wird die Gebäudestruktur gemäß IKARUS zu wenigen **Ensemblegebäuden** zusammengefasst, welche die Eigenschaften der enthaltenen Typgebäude berücksichtigen. Gebäude mit einer und zwei Wohneinheiten werden zu „**kleinen Gebäuden**“, Gebäude mit drei und mehr Wohneinheiten zur „**großen Gebäuden**“ zusammengefasst.

Eine Unterscheidung in Gebäude der alten und neuen Bundesländer ist weiterhin notwendig, da sich diese in der Ausführungsform deutlich unterscheiden. Des Weiteren ist die Beheizungsstruktur in den neuen und alten Bundesländern sehr unterschiedlich (siehe **Tabelle A-4 des Anhangs A**), so wird beispielsweise immer noch ein erheblicher Anteil der Gebäude in den neuen Bundesländern mit Braunkohle beheizt, während in den alten Bundesländern der Anteil dieses Heizsystems vernachlässigbar gering ist.

Somit werden für den **Gebäudebestand** vier Ensemblegebäude definiert:

1. **klein AL**: Wohngebäude mit **bis zu zwei Wohneinheiten** im Gebiet der **alten Bundesländer**
2. **groß AL**: Wohngebäude mit **drei und mehr Wohneinheiten** im Gebiet der **alten Bundesländer**
3. **klein NL**: Wohngebäude mit **bis zu zwei Wohneinheiten** im Gebiet der **neuen Bundesländer**
4. **groß NL**: Wohngebäude mit **drei und mehr Wohneinheiten** im Gebiet der **neuen Bundesländer**

**Tabelle 2.3.1** enthält die Anteile der vier Ensemblegebäude am Gesamtwohnflächenbestand der Bundesrepublik Deutschland.

Mit über 50 % hat das Ensemblegebäude „klein AL“ den größten Anteil am Gesamtbestand, gefolgt vom Ensemblegebäude „groß AL“, das 33 % des Wohnflächenbestandes abdeckt.

Ensemblegebäude	berücksichtigte Wohnfläche in 1.000 m <sup>2</sup>	Anteil an der Gesamtwohnfläche in %
klein AL	1.490.800	50,6
groß AL	972.000	33,0
klein NL	212.600	7,2
groß NL	269.100	9,1
<b>Gesamtwohnfläche 2.944.500.000 m<sup>2</sup></b>		

**Tabelle 2.3.1** Aufteilung des Wohnflächenbestandes auf die einzelnen Ensemblege-

bäude

Die geometrischen und bauphysikalischen Eigenschaften des Ensemblegebäude setzen sich aus denen der jeweils berücksichtigten Typgebäude zusammen, wobei diese entsprechend ihren Anteil des Typgebäudes an der Gesamtwohnfläche in die Kennwerte des Ensemblegebäudes einfließen. Die Ensemblegebäude repräsentieren somit den mittleren Bauzustand der berücksichtigten Typgebäude. **Tabellen A-6 bis A-9 des Anhangs A** enthalten die geometrischen und bauphysikalischen Kennwerte der Ensemblegebäude für den Wohnungsbestand.

### 2.3.2 Ensemblegebäude des Neubaus

Im Neubaubereich werden zwei Ensemblegebäude, nämlich „**groß**“ und „**klein**“ definiert. Da für den Neubau sowohl in den alten als auch in den neuen Bundesländern die gleichen Bauvorschriften gelten, wird nicht zwischen alten und neuen Bundesländern unterschieden.

Zur Berücksichtigung der zu erwartenden stetigen Verbesserung des Wärmedämmstandards werden Neubaugebäude für die zwei Zeitbereiche 1995 – 2005 und 1995 – 2020 betrachtet.

Für den Neubaubereich werden folgenden Ensemblegebäude definiert:

1. **klein, Neubau – 2005:** Wohngebäude mit **bis zu zwei Wohneinheiten**, Errichtung im Zeitraum **1995-2005**
2. **groß, Neubau – 2005:** Wohngebäude mit **mehr als zwei Wohneinheiten**, Errichtung im Zeitraum **1995-2005**
3. **klein, Neubau – 2020:** Wohngebäude mit **bis zu zwei Wohneinheiten**, Errichtung im Zeitraum **1995-2020**
4. **groß, Neubau – 2020:** Wohngebäude mit **mehr als zwei Wohneinheiten**, Errichtung im Zeitraum **1995-2020**

**Tabellen A-10 bis A-13 des Anhangs A** enthalten die geometrischen und bauphysikalischen Kennwerte der Ensemblegebäude des Neubaus

## 2.4 Rahmendaten für die Ermittlung des Raumwärmebedarfs

### 2.4.1 Geometrische und bauphysikalische Einflüsse

Die Wärmeverluste eines Gebäudes setzen sich aus Transmissions – und Lüftungswärmeverluste zusammen. Die Transmissionswärmeverluste entstehen durch Wärmeverluste der Außenwände und Fenster zur Umgebung und durch Wärmeverluste durch Innenbauteile zu ungeheizten Bereichen eines Gebäudes. Kennwert hierfür ist der Wärmedurchgangskoeffizient **k**, der aus den geometrischen und bauphysikalischen Eigenschaften des Gebäudes bestimmt wird. Unter Berücksichtigung der Temperaturdifferenz zwischen Außen – und Raumluft und der jeweiligen Flächenanteile werden somit die Wärmeverluste durch Transmission bestimmt.

Die Lüftungswärmeverluste hängen zu einem von Faktoren ab, die der Nutzer nicht

beeinflussen kann: der Windgeschwindigkeit, der Windrichtung, der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen, der Gebäudeform, der Dichtheit des Gebäudes. Zum anderen haben die Nutzer maßgeblichen Einfluss auf die Lüftungswärmeverluste bedingt durch bewusstes und unbewusstes Fensterlüften, was sich durch die Luftwechselrate ausdrücken lässt.

## 2.4.2 Verhaltensbedingte Einflüsse

Die Quantifizierung des Nutzerverhaltens gestaltet sich aufgrund der großen Variationsbreite äußerst komplex.

Der Nutzer eines Gebäude kann den Heizwärmebedarf u. a. durch:

- Lüftungsverhalten
- zeitlich eingeschränkten Heizbetrieb
- räumlich eingeschränkten Heizbetrieb
- Nutzerverhalten bezüglich der eingestellten Betriebsweise der Heizungsanlage z. B. eingestellte Heizkurve, Art und Umfang der Nachtab senkung, Dauer der Heizperiode
- Erhöhen oder Absenken der Raumtemperatur gegenüber der „Standard-Raumsolltemperatur“

in einem weiten Bereich beeinflussen.

Die Einflüsse lassen sich über drei Parameter bezüglich des Energieverbrauchs quantifizieren:

- angesetzte mittlere Raumtemperatur
- angesetzter Außenluftwechsel
- angesetzter Beheizungs umfang

### 2.4.2.1 Standardvorgaben

Die **Raumsolltemperatur** muss sowohl räumlich (über das gesamte Gebäude), als auch zeitlich (über die gesamte Hauptnutzungszeit während der Heizperiode) gemittelt werden.

Die üblichen Norm-Raumsolltemperaturen für beheizte Wohnräume liegen nach /DIN 4701/ zwischen 20° C für Wohn- und Schlafräume und 24 C für Bäder. In Nebenräumen (Flure, Vorräume, WC) können sie bei 15 °C liegen. Eine Untersuchung von /Geiger, 1982/ im Rahmen einer Haushaltsbefragung bei 3400 Haushalten ergab einen Mittelwert für die Raumtemperatur (gemessen tagsüber im Wohnzimmer) während der Heizperiode 1980/81 von 20,2 °C. In dem Bericht von /Künzel, 1978/ wurde von einem Mittelwert von 21,2°C ausgegangen. /Nikolic, u. a., 1986/ kommen bei Messungen in einem Mehrfamilienhaus in Berlin zu einer mittleren Raumtemperatur (Heizperiode, Mittel über Tag und Nacht) in der gesamten Wohnung zwischen 19,9 C und 22,8 °C.

Bei wärmetechnisch guter bzw. sehr guter Bauweise sind die mittleren Raumtempe-

turen i.d.R. höher als beim Durchschnitt des Gebäudebestandes, da aufgrund der guten Wärmedämmung nach außen ein stetiger Temperatúrausgleich im Gebäude stattfindet

Daraus resultiert, dass abhängig vom Gebäudetyp (Einfamilienhaus – Mehrfamilienhaus) und Wärmedämmstandard (Altbau – Niedrigenergiehaus) ein Mittelwert der effektiven Rauminnentemperatur in der Heizperiode bezogen auf die beheizbaren Räume unterschiedlich ist. **Tabelle 2.4.2.1a** enthält die Mittelwerte der Raumtemperatur, die im IKARUS-Projekt als repräsentativ angenommen werden. Dabei ist die Teilbeheizung von z. B. Schlafräumen und nur zeitweise genutzten Räumen enthalten.

Gebäudetyp	mittlere effektive Raumtemperatur
kleine Gebäude des Gebäudebestands	18,5 °C
große Gebäude des Gebäudebestands	19,5 °C
Neubaugebäude	20,0 °C

**Tabelle 2.4.2.1a:** Mittlere effektive Raumtemperatur der untersuchten Ensemblegebäude

Die mittlere Dauer der **Nachtab senkung** (Nachtab schaltung) wird in der IKARUS-Datenbank mit **8 h** (von 22 Uhr bis 6 Uhr) angesetzt. Von Mitte April bis Mitte September wird von einer Heizungsabschaltung ausgegangen.

Die zur Berechnung der **Lüftungswärmeverluste** notwendigen Parameter sind das beheizte Nettovolumen des Gebäudes und die mittlere Luftwechselrate. Hierbei ist zu unterscheiden zwischen den direkt belüfteten Räumen und den indirekt belüfteten (Flur, innenliegende Nassräume, Treppenhaus etc.), da sich bei den ersteren ein höherer Außenluftwechsel als bei den letzteren einstellt.

Der mittlere stündliche Luftwechsel bei geschlossenen Fenstern liegt bei etwa  $0,1 - 0,3 \text{ h}^{-1}$ , hervorgerufen durch Fugenundichtigkeiten. Bei gekippten Fenstern variiert der mittlere Luftwechsel zwischen etwa  $0,6 \text{ h}^{-1}$  und  $2 \text{ h}^{-1}$ . In Extremfällen können diese Werte zwischen  $0,3 \text{ h}^{-1}$  bei gekippten Fenstern mit gleichzeitig geschlossenen Rolläden und  $20 \text{ h}^{-1}$  bei ganz geöffneten Fenstern mit Querlüftung liegen. Der aus hygienischen Gründen erforderliche Mindestluftwechsel wird in der Literatur mit  $0,7 - 1,0 \text{ h}^{-1}$  für direkt belüftete Räume angegeben /Geiger, Rouvel, 1987/; /Bley, 1984/; /Hartmann, 1984/; /Gertis, 1983/. In der DIN EN 832 wird von einem mittleren Luftwechsel von  $0,6 \text{ h}^{-1}$  ausgegangen.

Unter Berücksichtigung der mittleren Aufenthaltsdauer in den einzelnen Räumen durch die Nutzer von ca. 16 h/d, einem Luftwechsel von  $1,0 \text{ h}^{-1}$  (1-fache Nettovolumen des Gebäudes pro Stunde) während Anwesenheit und von  $0,3 \text{ h}^{-1}$  während Abwesenheit ergibt sich, bezogen auf die direkt belüfteten Räume, ein mittlerer Luftwechsel von ca.  $0,75 \text{ h}^{-1}$ . Bezogen auf das Gesamtgebäude liegt dieser Wert damit bei  $0,6 \text{ h}^{-1}$  (Das Verhältnis direkt belüftete Wohnfläche zu Nettogrundfläche beträgt ca. 0,8)

In der IKARUS-Datenbank wird für den Gebäudebestand als Standardwert ein mittlere-

rer Luftwechsel von **0,6 h<sup>-1</sup>**, für den Neubaubereich **0,7 h<sup>-1</sup>** zugrunde gelegt.

Bei zentral beheizten Gebäuden wird der Einfluss des Beheizungsumfangs in die Untersuchung einbezogen. Der im Standardfall angesetzte **Beheizungsumfang** berücksichtigt bereits die übliche Minderheizung in Schlafräumen, Treppenhäusern, Fluren, Gästezimmern etc.

Bei Wohnungen mit Einzelofenheizung – dezentrale Beheizung – sind in der Regel nicht in allen Räumen Öfen vorhanden, wodurch nur ein Teil der Räume voll beheizt wird und sich somit die mittlere Rauminnentemperatur verringert. Der Minderbedarf solcher Wohnungen entspricht einer Reduktion des Heizwärmebedarfs, der entsprechend /Geiger, u. a., 1987a; VDI, 1991/ in der IKARUS-Datenbank durch folgende Korrekturfaktoren berücksichtigt wird:

	kleine Gebäude	große Gebäude
<b>Dezentrale Heizung</b>	<b>0,8</b>	<b>0,85</b>

**Tabelle 2.4.2.1b:** Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung des geringeren Beheizungsumfangs bei dezentraler Heizung gegenüber zentraler

#### 2.4.2.2 Varianten des Verbraucherverhaltens

Die hier verwendeten Standardwerte geben das mittlere Verhalten der Verbraucher wieder. Sicherlich gibt es Nutzer die von diesen Vorgaben abweichen. Beispielsweise sind von älteren Menschen bewohnte Wohnungen sind oft nur zu einem geringen Teil beheizt. Andere Nutzer halten ihre Fenster selbst wenn sie in der Wohnung nicht anwesend sind – stets angekippt, während die Heizung durchgehend in Betrieb ist.

Um die verhaltensbedingten Auswirkungen auf den Heizwärmebedarf zur untersuchen, wird ausgehend von den Standardwerten eine Variation der Parameter **Rauminnentemperatur**, **Luftwechselrate** und **Beheizungsumfang** untersucht. Die Bandbreite der Variation der einzelnen Parameter wird dabei in möglichst realistischen Bereichen angesetzt.

Für die mittlere Raumtemperatur wird einerseits eine um **–2 K** erniedrigte Raumtemperatur und andererseits die Erhöhung der mittleren Raumtemperatur um **+2 K** bzw. **+4 K** angesetzt.

Bei der Variation der Luftwechselrate wird der Fall gewählt, in dem die Luftwechselrate um 1/3 gegenüber dem Standardfall verringert ist, dies entspricht einem Fall, in dem die Fenster fast nie geöffnet sind; Lüftung erfolgt nur unkontrollierte Infiltration über Undichtigkeiten in der Gebäudehülle. Die dabei angesetzte Luftwechselrate (z. B. 0,4 h<sup>-1</sup> für kleine Gebäude des Wohnbestandes) ist aber nicht nur aus hygienischen Gründen bereits bedenklich niedrig und ist als unterste Grenze möglicher Luftwechselrate zu betrachten.

Bei der Variante des erhöhten Luftwechsels, wird eine Erhöhung des Luftwechsel um 50 % gegenüber dem Standardfall untersucht. Dieser Fall entspricht einer Wohnung, in der stets ein Fenster jeweils in den Haupträumen angekippt ist.



Für Gebäude, die mit zentraler Beheizung ausgestattet sind, werden Varianten des verminderten Beheizungsumfangs untersucht (-20 % bzw. -40 %).

Für Gebäude mit dezentraler Beheizung ist bereits im Standardfall ein verminderter Beheizungsumfang hinterlegt, eine weitere Verminderung wird nicht angesetzt. **Tabelle 2.4.2.2a** enthält die Varianten der einzelnen Parameter.

	Parameter	Standard-wert	Varianten		
kleine Gebäude, Bestand große Gebäude, Bestand Neubau	<b>Raumtemperatur</b>	18,5 °C	-2 K	+2 K	+4 K
		19,5 °C	-2 K	+2 K	+4 K
		20,0 °C	-2 K	+2 K	+4 K
zentrale Beheizung	<b>reduzierter Beheizungs- umfang</b>	±0 %	-20 %	-40 %	
	<b>Luftwechselrate</b>				
Gebäudebestand		0,6 h <sup>-1</sup>	-33 %	+50 %	
Neubaubereich		0,7 h <sup>-1</sup>	-33 %	+50 %	

**Tabelle 2.4.2.2a:** Untersuchte Abweichungen von den Standardwerten

Würden die zuvor dargestellten Varianten der Parameter Raumtemperatur, Luftwechselrate und Beheizungsumfang miteinander kombiniert, ergäben sich für bei zentraler Beheizung 36, bei dezentraler Beheizung 12 Kombinationsmöglichkeiten.

Da jedoch der Beheizungsumfang direkten Einfluss auf die mittlere Raumtemperatur hat, ist eine Kombination des Beheizungsumfangs mit der mittleren Rauminnentemperatur nicht sinnvoll. Somit ergeben sich bei zentraler Beheizung **18**, bei dezentraler **12 sinnvolle Kombinationsmöglichkeiten**. **Tabelle 2.4.2.2b** und **Tabelle 2.4.2.2c** enthalten die nachfolgend untersuchten Kombinationen bei zentraler bzw. dezentraler Beheizung.

Variante	reduzierter Beheizungsumfang	Parameter	
		Luftwechselrate	mittlere Raumtemperatur
zen_1	Standard ( $\pm 0$ %)	- 33 %	- 2 K
zen_2			Standard
zen_3			+2 K
zen_4			+4 K
zen_5		Standard ( $0,6 \text{ h}^{-1}$ )	- 2 K
<b>zen_6</b>			<b>Standard (<math>18,5 \text{ °C}</math>)</b>
zen_7			+2 K
zen_8			+4 K
zen_9		+ 50 %	- 2 K
zen_10			Standard
zen_11			+2 K
zen_12			+4 K
zen_13	-20 %	- 33 %	Standard
zen_14		Standard	Standard
zen_15		+ 50 %	Standard
zen_16	- 40 %	- 33 %	Standard
zen_17		Standard	Standard
zen_18		+ 50 %	Standard

**Tabelle 2.4.2.2b** Untersuchte Verhaltenskombinationen bei **zentraler** Beheizung (hier Ensemblegebäude „klein AL“)

Variante	Parameter	
	Luftwechselrate	mittlere Raumtemperatur
dez_1	- 33 %	- 2 K
dez_2		Standard
dez_3		+2 K
dez_4		+4 K
dez_5	Standard ( $0,6 \text{ h}^{-1}$ )	- 2 K
<b>dez_6</b>		<b>Standard (<math>18,5 \text{ °C}</math>)</b>
dez_7		+2 K
dez_8		+4 K
dez_9	+ 50 %	- 2 K
dez_10		Standard
dez_11		+2 K
dez_12		+4 K

**Tabelle 2.4.2.2c** Untersuchte Verhaltenskombinationen bei **dezentraler** Beheizung (hier Ensemblegebäude „klein AL“)

## 2.5 Spezifischer Jahresheizwärmebedarf der Ensemblegebäude

Nach /DIN 4108-6/ ist der Heizwärmebedarf diejenige berechnete Wärmemenge, die dem Gebäude zugeführt werden muss, um die angesetzte Solltemperatur aufrechtzuerhalten. Der Heizwärmebedarf (Nettobedarf) berücksichtigt nicht Verteilsystemverluste bzw. Regelungsverluste.

### 2.5.1 Spezifischer Jahresheizwärmebedarf im Standardfall

Ausgehend von den in Kapitel 2.4 beschriebenen Standardvorgaben wird für jedes Ensemblegebäude der spezifische Jahresheizwärmebedarf bestimmt. Hierfür wird das in der /DIN 4108-6/ und /DIN EN 832/ beschriebene Monatsbilanzierungsverfahren, welches sowohl die bauphysikalischen Vorgaben als auch die nutzerbedingten Einflüsse berücksichtigt, herangezogen. Als klimatische Datenbasis werden die Temperatur und Sonneneinstrahlungswerte des Testreferenzjahres Würzburg, das am besten die mittleren klimatischen Verhältnisse der Bundesrepublik Deutschland widerspiegelt, verwendet /VDI 3807/.

**Tabelle 2.5.1** enthält den spezifischen Jahresheizwärmebedarf für die acht Ensemblegebäude des Gebäudebestandes und der Neubaugebäude.

Der spezifische Heizwärmebedarf für die Ensemblegebäude des Neubaus ist aufgrund des zunehmend erhöhten Wärmedämmstandards deutlich geringer als für Ensemblegebäude des Wohnbestandes. Bei dezentraler Beheizung ist der spezifische Heizwärmebedarf aufgrund des im Standardfall bereits als vermindert angesetzten Beheizungsumfangs geringer als bei zentraler Beheizung.

Ensemble- gebäude	spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/m <sup>2</sup> a	
	Zentrale Heizung	Dezentrale Beheizung
klein AL	161,0	128,8
groß AL	139,0	118,2
klein NL	219,4	175,5
groß NL	134,7	114,5
klein, Neubau – 2005	87,5	70,0
groß, Neubau – 2005	80,7	68,6
klein, Neubau – 2020	71,2	56,9
groß, Neubau – 2020	68,1	57,9

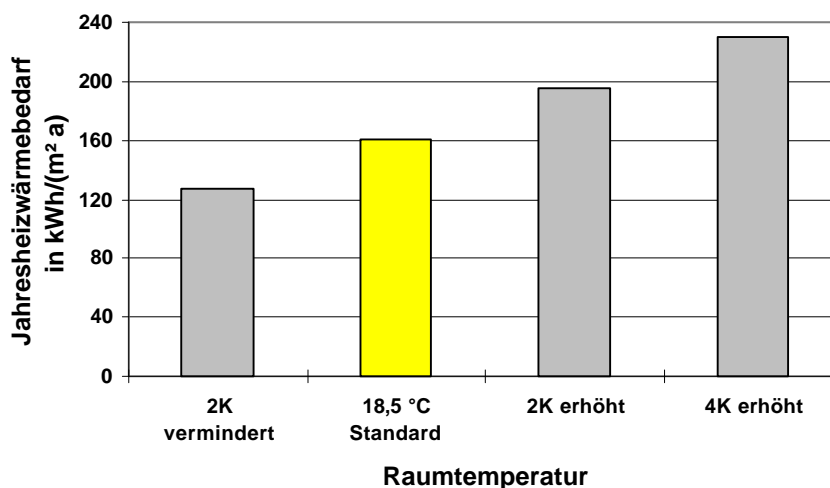
**Tabelle 2.5.1** spezifischer Jahresheizwärmebedarf im Standardfall der untersuchten Ensemblegebäude

## 2.5.2 Spezifischer Jahresheizwärmebedarf der untersuchten Varianten

### 2.5.2.1 Einfluss der untersuchten Parameter auf den Jahresheizwärmebedarf

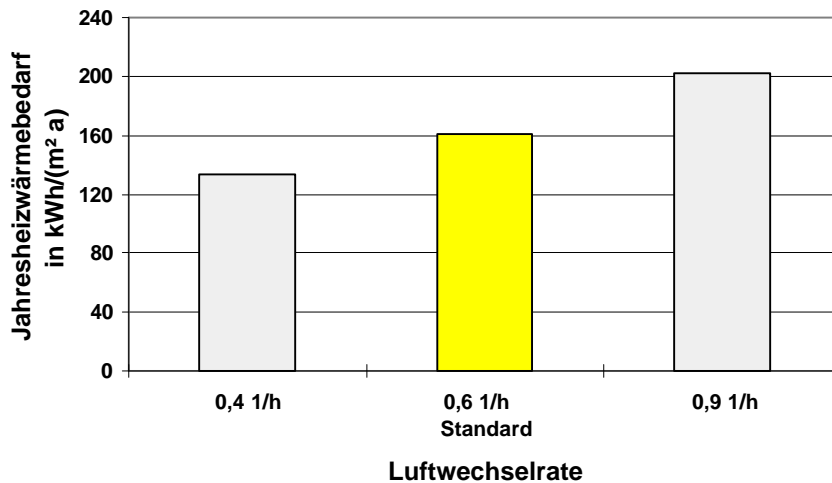
In /Mantoan, 1993/ wird der Einfluss der Parameter Raumtemperatur, Beheizungs-umfang und Luftwechselrate auf den Heizwärmebedarf untersucht. Um Abweichungen von Standbedingungen möglichst schnell zu quantifizieren, sind für das IKARUS-Projekt Korrekturfaktoren ermittelt worden, mit denen sich der unter veränderten Rahmenbedingungen benötigter Raumwärmebedarf abschätzen lässt.

**Diagramme 2.5.2.1 bis 2.5.2.3** enthalten die mit den Korrekturfaktoren ermittelten Werte für den Jahresheizwärmebedarf des Ensemblegebäudes „**klein AL**“, zentrale Beheizung.



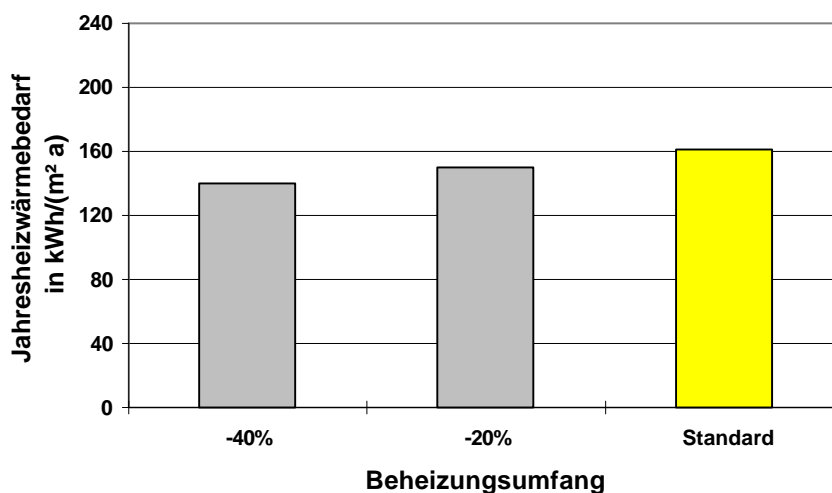
**Diagramm 2.5.2.1** Einfluss der angesetzten Raumtemperatur auf den spez. Heizwärmebedarf beim Ensemblegebäude „klein AL“

Änderungen der mittleren Rauminnentemperatur haben deutliche Auswirkungen auf den Heizwärmebedarf: eine Erhöhung bzw. Verminderung um 2 K bewirkt eine Änderung des Heizwärmebedarfs um 21,3 %. Eine Anhebung der Rauminnentemperatur um 4 K bewirkt einen Anstieg des Heizwärmebedarfs um 42,7 % gegenüber dem Standardfall.



**Diagramm 2.5.2.2** Einfluss der angesetzten Luftwechselrate auf den spez. Heizwärmebedarf beim Ensemblegebäude „klein AL“

Eine Reduktion der Luftwechselrate um 33 % vermindert den Heizwärmebedarf um 16,9 %, eine Erhöhung der Luftwechselrate um 50 % bewirkt ein Steigerung um des Heizwärmebedarfs um 25 % gegenüber dem Standardfall.



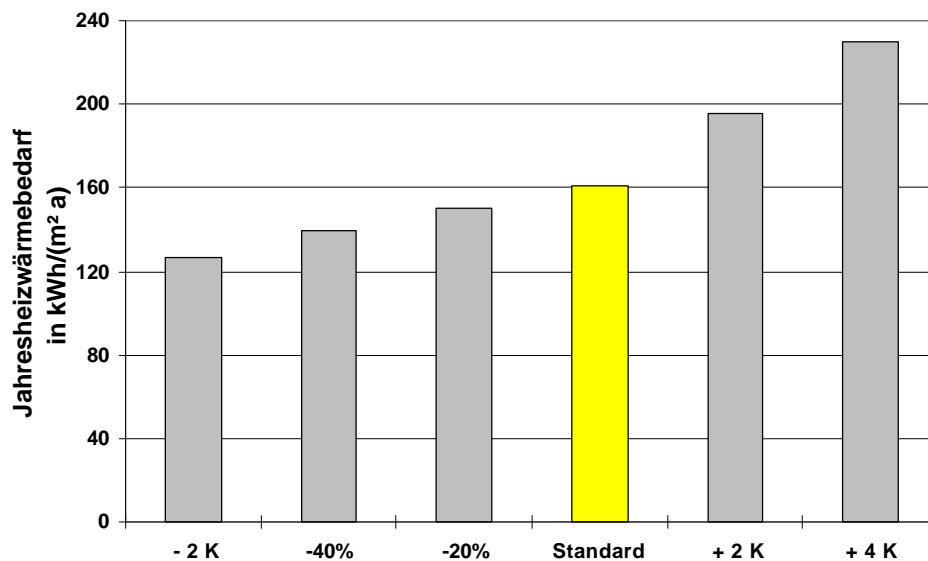
**Diagramm 2.5.2.3** Einfluss des Beheizungsumfangs auf den spez. Heizwärmebedarf beim Ensemblegebäude „klein AL“

Die Verminderung des Beheizungsumfangs um 20 % bzw. 40 % bewirkt lediglich eine Verminderung des Heizwärmebedarfs um 6,7 % bzw. 13 %. Die relativ geringe Auswirkung ist damit zu begründen, dass die ungeheizten Räume indirekt von den benachbarten Räumen durch Transmission durch Innenwände bzw. mittels Luftzirkulation beheizt werden. Somit verhält sich der mögliche Einspareffekt hier nicht linear zur Verminderung der beheizten Wohnfläche.

Der hier angesetzte Bereich der mittleren Raumtemperatur weist die größte Bandbreite des Heizwärmebedarfs auf: 103 kWh/(m² a), dies entspricht 64 % (+43 %, -21 %) des Heizwärmebedarfs für den Standardfall. Änderungen des Beheizungsumfangs hingegen haben nicht so deutlichen Einfluss: 21,3 kWh/(m² a). Die Variation

der Luftwechselrate ergibt sich eine Schwankungsbreite von 67,9 kWh/(m<sup>2</sup> a).

Eine Reduktion des Beheizungsumfangs entspricht einer Verminderung der mittleren Raumtemperatur. **Diagramm 2.5.2.4** enthält die nach dem spezifischen Heizwärmebedarf geordneten Ergebnisse der Parameteruntersuchung des Beheizungsumfangs und des mittleren angesetzten Rauminnentemperatur. Die Reduktion des Beheizungsumfangs auf 80 % entspricht also einer Verminderung der mittleren Rauminnentemperatur um etwa 0,5 K unter Beibehaltung des Standardbeheizungsumfangs, die Reduktion auf 60 % des Beheizungsumfangs entspricht einer Verminderung der mittleren Rauminnentemperatur von ca. 1 K.



**Diagramm 2.5.2.3** Einfluss der angesetzten Rauminnentemperatur und des Beheizungsumfangs auf den spez. Raumwärmebedarf beim Ensemblegebäude „klein AL“

### 2.5.2.2 Spezifischer Jahresheizwärmebedarf möglicher Kombinationen

Für die in den Tabellen 2.4.2.2b und 2.4.2.2c beschriebenen Varianten wird jeweils der Heizwärmebedarf ermittelt.

**Tabelle 2.5.2.2** enthält den Heizwärmebedarf möglicher Kombinationen des Ensemblegebäudes „klein AL“, zentrale Beheizung. Die Variante „zen\_6“ entspricht dem Standardfall. Durch Überlagerung von – energetisch gesehen – schlechten und guten Verhaltensparametern ist es möglich, dass der Heizwärmebedarf gegenüber dem Standardfall fast nicht abweicht (siehe Varianten „zen\_3“ und „zen\_9“).

Andererseits ist es möglich, durch Auswahl von nur „schlechten“ Parametern bzw. „guten“ Parametern eine sehr große Abweichung von dem Standardfall zu erreichen: Die energetisch gesehen optimale Kombination des Nutzerverhaltens – mittlere Raumtemperatur 16,5 °C und Luftwechselrate 0,4 h<sup>-1</sup>, Variante „zen\_1“ – ergibt ein Minimum 105,3 kWh/(m<sup>2</sup> a), das 34,6 % unter dem Raumwärmebedarf des Standardfalls liegt.



Die schlechteste Kombination hingegen – mittlere Raumtemperatur 22,5 °C Luftwechselrate 0,9 h<sup>-1</sup>, Variante „zen\_12“ – ergibt ein Maximum 287,9 kWh/(m<sup>2</sup> a), das 78,8 % über dem Standardfall liegt.

Die Bandbreite der hier ermittelten Ergebnisse beträgt somit 182,6 kWh/(m<sup>2</sup> a), was 113 % bezogen auf den Standardfalls entspricht.

Variante	Parameter			spezifischer Jahresheizwärmebedarf in kWh/m <sup>2</sup>	Abweichung vom Standardfall
	Beheizungs- umfang	Luftwechsel- rate	Raum- temperatur		
zen_1	(±0 %)	- 33 %	- 2 K	105,3	-34,6%
zen_2			Standard	133,8	-16,9%
zen_3			+2 K	162,3	+0,8%
zen_4			+4 K	190,9	+18,6%
zen_5		0,6 h <sup>-1</sup> Standard	- 2 K	126,7	-21,3%
<b>zen_6</b>			<b>18,5 °C Standard</b>	<b>161,0</b>	
zen_7			+2 K	195,3	+21,3%
zen_8			+4 K	229,7	+42,7%
zen_9		+ 50 %	- 2 K	158,8	-1,4%
zen_10			Standard	201,7	+25,3%
zen_11			+2 K	244,7	+52,0%
zen_12			+4 K	287,9	+78,8%
zen_13	-20 %	- 33 %	Standard	125,0	-22,4%
zen_14		Standard	Standard	150,4	-6,6%
zen_15		+ 50 %	Standard	188,4	+17,0%
zen_16	- 40 %	- 33 %	Standard	116,1	-27,9%
zen_17		Standard	Standard	139,7	-13,2%
zen_18		+ 50 %	Standard	175,1	+8,8%

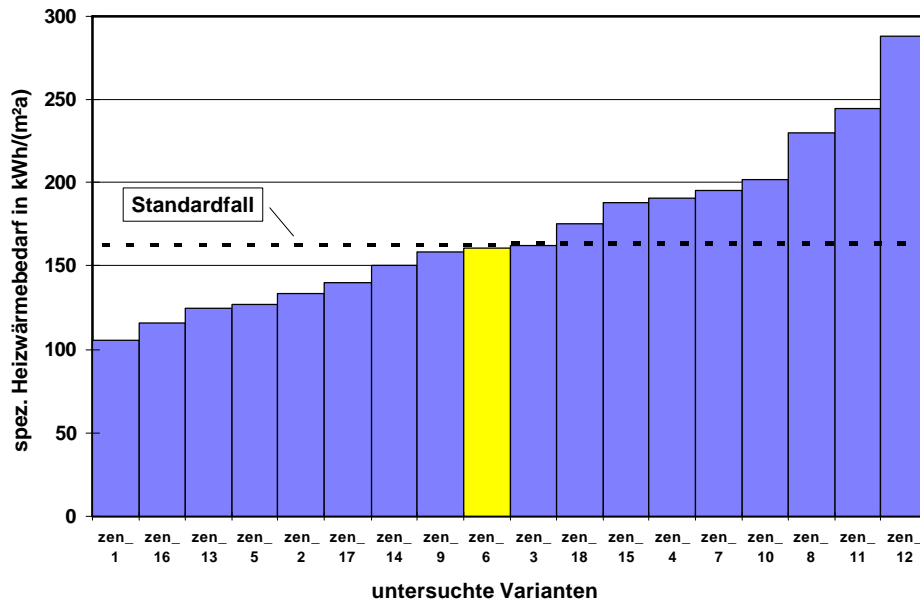
**Tabelle 2.5.2.2:** spezifische Jahresheizwärmebedarf für das Ensemblegebäude „klein AL“, zentrale Beheizung

Realistischerweise dürfte die Bandbreite möglicher Einspareffekte durch Änderung des Nutzerverhaltens bei bis zu ca. 10 % des ermittelten Standardwertes liegen.

**Tabellen B-1 bis B-16 im Anhangs B** enthalten die Ergebnisse der übrigen Ensemblegebäude.

**Diagramm 2.5.2.3** zeigt den spezifischen Heizwärmebedarf der untersuchten Varianten für zentrale Beheizung, wobei die Ergebnisse nach der Höhe des Heizwärmebedarfs sortiert sind.





**Diagramm 2.5.2.3:** spezifischer Heizwärmebedarf der untersuchten Varianten, zentrale Beheizung, Ensemblegebäude „klein AL“

Die hier ermittelte maximal mögliche Reduktion des spezifischen Heizwärmebedarfs um 35 % hat erhebliche Einschränkungen des Komforts (verminderte Raumtemperatur, eingeschränkte Frischluftzufuhr) zu Folge, die nur von wenigen Nutzern toleriert werden dürften.

Die Auswirkungen schlechter Verhaltensvarianten sind deutlich größer, +79 % bezogen auf den Standardfall, als die der energiesparenden (-35 %).

Aus den Darstellungen wird deutlich, dass das Einsparpotenzial durch Nutzungsänderungen nur halb so groß ist wie das „Vergeudungspotenzial“. Man muss also dadurch Aufklärungsmaßnahmen nicht nur darauf achten, dass Energie eingespart wird, sondern viel mehr darauf, dass nicht unnötiger Mehrverbrauch entsteht. Dieser Mehrverbrauch wird individuell meist nicht bemerkt, da höherer Luftwechsel und höhere Raumtemperaturen als angenehm und komfortabel angesehen werden.

## 2.6 *Jahresheizwärmebedarf der gesamten Bundesrepublik Deutschland*

### 2.6.1 *Jahresheizwärmebedarf für den Standardfall*

Ausgehend von den Werten des spezifischen Jahresheizwärmebedarfs und des jeweiligen Anteil der Ensemblegebäude am Gesamtwohnflächenbestand der Bundesrepublik Deutschland lässt sich der Jahresheizwärmebedarf für die gesamte Bundesrepublik hochrechnen:

<b>Ensemble- gebäude</b>	<b>spez. Jahres- heizwärmebedarf in kWh/m²a</b>	<b>berücksichtigte Wohnfläche in 1.000 m²</b>	<b>Jahresheizwär- mebedarf in GWh/a</b>
klein AL, zentrale Beheizung	161,0	1.207.548	194.415
klein AL, dezentrale Beheizung	128,8	283.252	36.483
groß AL, zentrale Beheizung	139,0	670.680	93.225
groß AL, dezentrale Beheizung	118,2	301.320	35.616
klein NL, zentrale Beheizung	219,4	142.442	31.252
klein NL, dezentrale Beheizung	175,5	70.158	12.313
groß NL, zentrale Beheizung	134,7	150.696	20.299
groß NL, dezentrale Beheizung	114,5	118.404	13.557
<b>Summe</b>		<b>2.944.500</b>	<b>437.159</b>

**Tabelle 2.6.1:** Jahresheizwärmebedarf der Bundesrepublik Deutschland

Der Jahresheizwärmebedarf der Bundesrepublik Deutschland beträgt somit 437,2 TWh. Der gewichtete Mittelwert des spezifischen Jahresheizwärmebedarfs für die Bundesrepublik Deutschland beträgt 148,5 kWh/(m² a)

## 2.6.2 Jahresheizwärmebedarf möglicher Varianten

Zur Hochrechnung des Jahresheizwärmebedarfs wird jeweils eine Variante des Verbraucherverhaltens für alle Ensemblegebäude betrachtet. D.h. es wird angesetzt, dass alle Nutzer das gleiche Verhalten aufweisen. Für die Variante „zen\_1 + dez\_1“ wird angenommen, im gesamten Wohngebäudebestand, die mittlere Raumtemperatur um -2 K herabgesetzt wird, und der Luftwechselrate um 33 % reduziert wird. Bei Varianten, in denen der Beheizungsumfang für zentral beheizte Gebäude untersucht wird, werden für dezentral beheizte Gebäude die gleichen Verhältnisse bezüglich Rauminnentemperatur und Lüftungsumfang angesetzt.

**Tabelle 2.6.2** enthält den Jahresheizwärmebedarf der untersuchten Varianten, hochgerechnet auf den gesamten Flächenbestand der Wohngebäude der Bundesrepublik Deutschland. Wie auch beim spezifischen Heizwärmebedarf sind erhebliche Unterschiede im Jahresheizwärmebedarf zu sehen. Die Kombination verminderter Luftwechsel und mittlere Raumtemperatur um 4 K herabgesetzt (Variante „zen\_1 + dez\_1“) ergibt einen Jahresheizwärmebedarf von 286,4 TWh der um 34,5 % unter dem Bedarf des Standardfalles (Variante „zen\_6 + dez\_6“) liegt. Dies

ist aber nur ein **theoretisch erreichbares Potenzial**, wenn alle Bewohner Deutschlands sich in Ihrem Verhalten strikt an die Vorgaben halten würden.

Variante	Jahresheizwärmebedarf in GWh/a				
	Bestand der Ensemblegebäude				Gebäude bestand
	klein AI	groß AI	klein NL	groß NL	
zen_1 + dez_1	151.002	84.783	28.381	22.215	286.380
zen_2 + dez_2	191.861	107.592	36.108	28.227	363.788
zen_3 + dez_3	232.734	130.402	43.835	34.239	441.210
zen_4 + dez_4	273.794	153.212	51.598	40.252	518.855
zen_5 + dez_5	181.707	101.536	34.235	26.636	344.114
<b>zen_6 + dez_6</b>	<b>230.884</b>	<b>128.853</b>	<b>43.556</b>	<b>33.845</b>	<b>437.138</b>
zen_7 + dez_7	280.061	156.170	52.877	41.054	530.162
zen_8 + dez_8	329.467	183.487	62.241	48.263	623.459
zen_9 + dez_9	227.671	126.616	43.033	33.269	430.589
zen_10 + dez_10	289.297	160.680	54.750	42.273	546.999
zen_11 + dez_11	350.922	194.744	66.466	51.277	663.410
zen_12 + dez_12	412.834	228.808	78.238	60.281	780.161
zen_13 + dez_2	181.198	102.454	34.398	27.110	345.160
zen_14 + dez_6	218.048	122.699	41.494	32.506	414.747
zen_15 + dez_10	273.224	153.006	52.158	40.600	518.988
zen_16 + dez_2	170.535	97.315	32.689	25.993	326.532
zen_17 + dez_6	205.223	116.545	39.432	31.167	392.367
zen_18 + dez_10	257.140	145.332	49.566	38.927	490.964

**Tabelle 2.6.2:** Jahresheizwärmebedarf der untersuchten Variaten

## 2.7 Bestimmung des Endenergiebedarfs

Endenergiebedarf ist die berechnete Energiemenge, die dem Heizsystem zugeführt werden muss, um den Heizwärmebedarf erzeugen und die Verteilungsverluste decken zu können. Bei dessen Bestimmung sind neben dem Heizwärmebedarf und den Verlusten des Verteilsystems die Feuerungs- und Bereitschaftsverluste des Heizsystems zu berücksichtigen.

### 2.7.1 Beheizungsstruktur der Bundesrepublik Deutschland

Zur Ermittlung des Endenergiebedarfs werden Anlagen zur Raumwärmebereitstellung in zentrale und dezentrale Systeme unterschieden. Zentrale Systeme berücksichtigen Fernwärmanlagen und alle Arten der zentralen Heizwärmeerzeugung, wobei diese nach Energieträgern unterschieden werden. Dezentrale Systeme umfassen Einzelöfen. Diese Strukturierung orientiert sich an einer vom Statistischen Bundesamt durchgeführten Auswertung der Gebäudebestandes /StBA 1993; StBA 1995; Bautätigkeit/. Basierend auf dieser Gebäudezählung wird die Beheizungsstruktur für die jeweiligen Ensemblegebäude ermittelt.

**Tabelle 2.7.1** zeigt die Beheizungsstruktur der betrachteten Ensemblegebäude des

Gebäudebestandes. Energieträger, deren Anteil an der Heizwärmebereitstellung unter 1 % liegt, sind nicht betrachtet. Heizöl und Erdgas sind die überwiegend eingesetzten Energieträger, wobei ein weiterer Anstieg des Erdgasanteils für die Zukunft anzunehmen ist. Der überwiegende Anteil der Gebäudebestandes wird mit zentralen Heizsystemen beheizt.

Ensemble-gebäude	zentrale Beheizung				dezentrale Beheizung			
	Fernwärme	Erdgas	Heizöl	Kohle und sonstiges <sup>2</sup>	Erdgas	Heizöl	Strom	Kohle und sonstiges <sup>2</sup>
klein AL	1 %	31 %	48 %	2 %	1 %	3 %	7 %	7 %
groß AL	10 %	42 %	30 %	-	4 %	2 %	7 %	5 %
klein NL	-	32 %	23 %	18 %	-	-	-	27 %
groß NL	40 %	19 %	3 %	2 %	7 %	-	-	29 %

**Tabelle 2.7.1** Beheizungsstruktur der Ensemblegebäude des Wohnflächenbestandes

## 2.7.2 Jahresendenergiebedarf im Standardfall

Für jedes der aufgeführten Beheizungssysteme wird ein repräsentatives Gerät herangezogen. Unter Berücksichtigung des Heizwärmebedarfs, Verteilungsverluste und des Wirkungsgrad des Heizwärmeerzeugers wird für jedes Ensemblegebäude und jeden Energieträger der Endenergiebedarf zur Deckung des Heizwärmebedarfs bestimmt.

**Tabelle 2.7.2.1** enthält den spezifischen Jahresendenergiebedarf des Ensemblegebäudes „klein AL“ für den Standardfall. Der spezifische Endenergiebedarf hat für diesen Gebäudetyp eine Bandbreite von 282 kWh/(m<sup>2</sup> a) und 140,4 kWh/(m<sup>2</sup> a). Der geringste Wert ist auf das dezentrale Heizsystem (d.h. geringer spez. Heizwärmebedarf und keine Verteilungsverluste) und die Beheizung mit Elektrizität (d.h. geringe Speicherverluste und sehr guter Ausnutzungsgrad des eingesetzten Energieträgers) zurückzuführen. Der höchste Wert ist auf die zentrale Beheizung (höherer Heizwärmebedarf und Verteilungsverluste), und die schlechte Ausnutzung bei Einsatz fester Brennstoffe zurückzuführen. Die Bandbreite des spezifischen Endenergiebedarfs in Abhängigkeit des eingesetzten Energieträgers beträgt 141 kWh/(m<sup>2</sup> a). Somit hat nicht nur das Verhalten des Nutzers einen erheblichen Einfluss auf den Energiebedarf, sondern auch das eingesetzte Heizsystem.

Die **Tabellen C-1 bis C-4 des Anhangs C** enthalten den Endenergiebedarf der vier Ensemblegebäude des Gebäudebestandes.

<sup>2</sup> Für Gebäude der alten Bundesländer erfasst diese Spalte die Energieträger Steinkohle, Holz, Torf u.a.. In den neuen Bundesländern wird hauptsächlich Braunkohle und Holz berücksichtigt.

Beheizung	Energieträger	spez. Heiz- wärmebedarf in kWh/(m² a)	spez. End- energiebedarf in kWh/(m² a)	berücksichtigte Wohnfläche in 1000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
<b>zentral</b>	Fernwärme	161,0	182,8	14.908	2.726
	Erdgas	161,0	215,5	462.148	99.570
	Heizöl	161,0	228,5	715.584	163.482
	Kohle u. sonst.	161,0	282,0	29.816	8.407
<b>dezentral</b>	Erdgas	128,8	161,8	14.908	2.413
	Heizöl	128,8	177,5	44.724	7.937
	Kohle u. sonst.	128,8	198,9	104.356	20.756
	Strom	128,8	137,0	104.356	14.300

**Tabelle 2.7.2.1** Jahresendenergiebedarf des Ensemblegebäudes „klein AL“, im Standardfall

Aus den Einzelergebnissen der Ensemblegebäude wird der Endenergiebedarf für die gesamte Bundesrepublik bestimmt. **Tabelle 2.7.2.2** enthält den Endenergiebedarf – in Energieträger untergliedert – für den gesamten Wohngebäudebestand. Der Endenergiebedarf zur Deckung des Raumwärmebedarfs ergibt sich zu **586 TWh**, oder **2.108 PJ**. Der Vergleich mit /VDI, 1997/ zeigt, dass der darin aufgeführte Endenergieverbrauch von 1.972 PJ (klimabereinigt: 1932 PJ) für das Jahr 1995 sehr gut mit dem hier ermittelten Wert übereinstimmt.

Energie					Jahresendenergiebedarf in GWh/a	
träger	Beheizung	AL klein	AL groß	NL klein	NL groß	Summe
Fernwärme	zentral	2.726	14.484	-	15.579	32.788
Erdgas	zentral	99.570	68.862	18.507	8.270	206.016
	dezentral	2.413	5.797	-	2.598	
Heizöl	zentral	163.482	50.648	13.794	1.319	240.375
	dezentral	7.937	3.194	-	-	
Steinkohle u. sonstiges.	zentral	8.407	-	-	-	38.159
	dezentral	20.756	8.996	-	-	
Braunkohle und sonstiges	zentral	-	-	14.622	1.116	45.295
	dezentral	-	-	15.631	13.926	
Strom	dezentral	14.300	8.605	-	-	22.905
<b>Summe</b>						<b>585.539 GWh/a</b>

**Tabelle 2.7.2.2** Endenergiebedarf zur Deckung des Heizwärmebedarfs der Bundesrepublik Deutschland

### 2.7.3 Potenzialabschätzung des Jahresendenergiebedarfs unter Berücksichti-

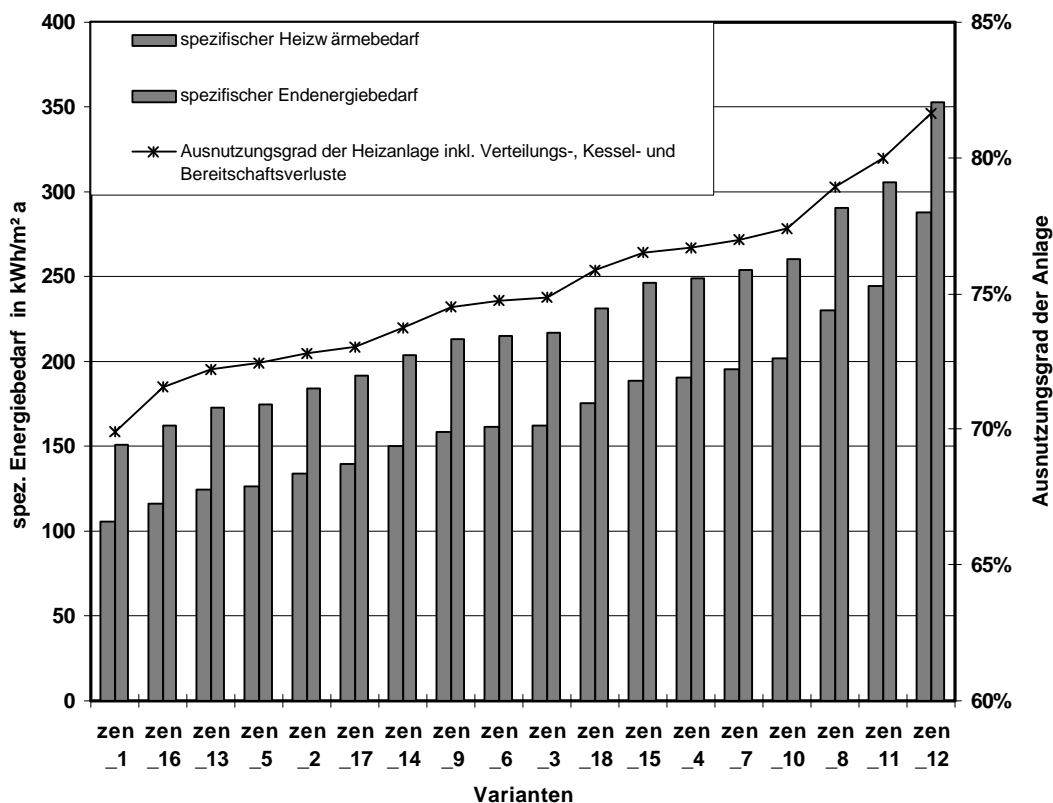
## gung des Verbraucherverhaltens

Zur genauen Ermittlung des Endenergiebedarfs unter Berücksichtigung des Verbraucherverhaltens, muss für jede Art der Heizwärmebereitung und alle Verhaltensvarianten der spezifische Endenergiebedarf ermittelt werden.

Beispielhaft wird für das Ensemblegebäude „AL klein“ der spezifische Endenergiebedarf bei zentraler Beheizung mit einem Erdgaskessel für die 18 Varianten ermittelt.

**Diagramm 2.7.2.1** enthält die Werte des spezifischen Heizwärmebedarfs gemäß Tabelle 2.5.2.2, des bei Verwendung eines typischen Ergaskessels ermittelten Endenergiebedarfs und des zugehörigen Ausnutzungsgrad des gesamten Heizsystems.

Änderungen des Heizwärmebedarfs wirken sich nicht proportional auf den Endenergiebedarf aus: mit geringer werdenden Heizwärmebedarf sinkt Ausnutzungsgrad der Heizungsanlage, da der Kessel häufiger im energetisch ungünstigem Teillastbereich betrieben wird. Der Verluste des Verteilsystems (bei zentraler Beheizung) bleiben annähernd konstant und haben prozentual gesehen bei fallenden Heizwärmebedarf einen steigenden Anteil am Endenergiebedarf.



**Diagramm 2.7.3.1:** spezifische Energiebedarfswerte und Ausnutzungsgrad der Anlage für das Ensemblegebäude „AL klein“, zentrale Beheizung unter Verwendung eines Erdgaskessels.

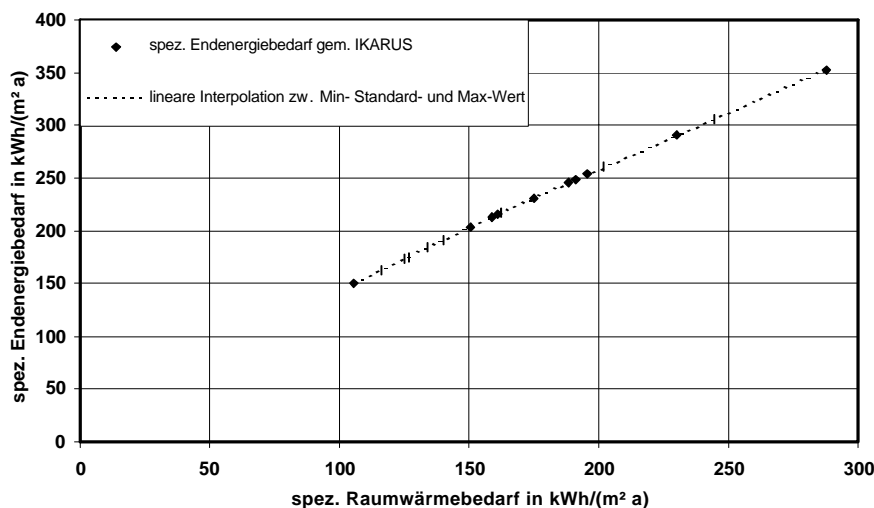
Während die verhaltensabhängige Bandbreite der spezifischen Raumwärmebedarfs 113 % (+78 %, -35 %), bezogen auf den Standardfall, beträgt, liegt die Bandbreite

beim spezifischen Endenergiebedarf bei 94 % (+64 %, -30 %), bezogen auf den Standardfall.

Um den Einfluss des Verbraucherverhaltens auf die gesamte Beheizungsstruktur exakt zu ermitteln, muss jedes verwendete Heizsystem für die angesetzten Verhaltensvarianten (18 bei zentraler bzw. 12 bei dezentraler Beheizung) untersucht werden. Allein beim Ensemblegebäude „klein AL“ sind dies 120 Fälle.

Für die Potenzialabschätzung ist es ausreichend, jeweils für jedes Heizsystem den spezifischen Endenergiebedarf für die Varianten des geringsten und höchsten Raumwärmebedarfs und Standardfalls zu ermitteln und die Zwischenwerte aus der Interpolation mit den Stützwerten geringster, höchster und Bedarf im Standardfall zur bestimmen.

**Diagramm 2.7.3.2** zeigt die Werte des spezifischen Endenergiebedarfs des Heizsystems über dem spezifischen Heizwärmebedarf für den zuvor betrachteten Erdgaskessel. Die ebenfalls eingetragenen Ausgleichsgeraden mit den Stützpunkten geringster, höchster Heizwärmebedarf und Bedarf für den Standardfall zeigen keine signifikante Abweichung von dem tatsächlich ermittelten Werten auf.



**Diagramm 2.7.3.2:** spezifischer Endenergiebedarf in Abhängigkeit vom spez. Heizwärmebedarf

Somit lässt sich der spezifische Endenergiebedarf näherungsweise aus

$$W_{\text{End}}'' = a + b \cdot Q''$$

mit	$W_{\text{End}}''$	spezifischer Endenergiebedarf
	$Q''$	spezifischer Heizwärmebedarf
	$a$	konstantes Glied der Ausgleichsfunktion
	hier	$a = 28,014 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ für $Q''_{\text{Min}} \leq Q'' \leq Q''_{\text{Standard}}$
		$a = 41,312 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ für $Q''_{\text{Standard}} < Q'' \leq Q''_{\text{Max}}$
	$b$	lineares Glied der Ausgleichsfunktion
	hier	$b = 1,1643$ falls $Q''_{\text{Min}} \leq Q'' \leq Q''_{\text{Standard}}$
		$b = 1,0817$ falls $Q''_{\text{Standard}} < Q'' \leq Q''_{\text{Max}}$

ermitteln.

**Tabelle 2.7.3.1** enthält den Vergleich der Ergebnisse der IKARUS-Datenbank und die mittels der Ausgleichsfunktion ermittelten Werte des spezifischen Endenergiebedarfs für das Ensemblegebäude „klein AL“ und der zentralen Erdgasheizung. Die Abweichung der neu ermittelten Werte von den bisherigen liegt stets deutlich unter 1 %.

Variante	Ergebnisse gemäß IKARUS-Datenbank		Spez. Endenergiebedarf		Abweichung zu IKARUS-Ergebnissen	
	spez. Heizwärmebedarf in kWh/(m <sup>2</sup> a)	Ausnutzungsgrad der Anlage	spez. Endenergiebedarf in kWh/(m <sup>2</sup> a)	Mittels Ausgleichsfunktion ermittelt in kWh/(m <sup>2</sup> a)	absolut in kWh/(m <sup>2</sup> a)	relativ
zen_1	105,3	69,9%	150,6	150,6	0,0	0,0%
zen_2	133,8	72,8%	183,7	183,8	0,0	0,0%
zen_3	162,3	74,8%	216,9	216,8	0,0	0,0%
zen_4	190,9	76,7%	249,0	247,8	-1,2	-0,5%
zen_5	126,7	72,4%	174,9	175,5	0,6	0,3%
<b>zen_6</b>	<b>161,0</b>	<b>74,7%</b>	<b>215,5</b>	<b>215,5</b>	0,0	0,0%
zen_7	195,3	77,0%	253,7	252,5	-1,2	-0,5%
zen_8	229,7	79,0%	291,0	289,8	-1,2	-0,4%
zen_9	158,8	74,5%	213,0	212,8	-0,2	-0,1%
zen_10	201,7	77,4%	260,7	259,5	-1,2	-0,4%
zen_11	244,7	80,0%	306,0	306,0	0,0	0,0%
zen_12	287,9	81,6%	352,7	352,7	0,0	0,0%
zen_13	125,0	72,2%	173,0	173,5	0,4	0,3%
zen_14	150,4	73,7%	203,9	203,1	-0,9	-0,4%
zen_15	188,4	76,5%	246,3	245,1	-1,2	-0,5%
zen_16	116,1	71,5%	162,3	163,2	0,9	0,5%
zen_17	139,7	73,1%	191,3	190,7	-0,6	-0,3%
zen_18	175,1	75,9%	230,7	230,7	0,0	0,0%

**Tabelle 2.7.3.1:** Ausnutzungsgrad und spez. Endenergiebedarf gemäß IKARUS-Datenbank und spez. Endenergiebedarf mittels der Ausgleichsfunktion ermittelt

**Tabellen C-6 bis C-9** des **Anhangs C** enthalten die spezifischen Endenergiebedarfswerte für die Ensemblegebäude des Wohnbestandes für den Fall des geringsten und des höchsten Raumwärmebedarfs und für den Standardfall. Weiterhin sind die jeweiligen Koeffizienten der Ausgleichsfunktionen zur Ermittlung der Zwischenwerte des spezifischen Endenergiebedarfs enthalten.

**Tabellen C-10 und C-13** enthalten die Werte für die Ensemblegebäude des Neubaubereichs.

In den **Tabellen C-14 und C-15** ist die Hochrechnung des Endenergiebedarfs zur Deckung der Raumwärme für die Varianten des höchsten und geringsten Raumwärmebedarfs enthalten.

Wird die – energetisch gesehen – schlechteste Verhaltensvariante auf Gebäudebestand der Bundesrepublik Deutschland hochgerechnet, ergibt sich ein Endenergiebedarf von



975 TWh (3.512 PJ), was einer Erhöhung um 66,6 % gegenüber dem Standardfall (585 TWh) entspricht.

Der Endenergiebedarf für die Variante des – energetisch gesehen – besten Verbraucherverhaltens beträgt hochgerechnet auf den Gebäudebestand der Bundesrepublik Deutschland 404 TWh (1.335 PJ). Dies entspricht einer Reduktion des Endenergiebedarfs um 31,0 % gegenüber dem Standardfall.

Für diese Fälle ist allerdings angesetzt, dass alle Nutzer das gleiche Verhalten an den Tag legen. Sinnvoller ist es, das Nutzerverhalten detailliert zu betrachten, wie es in dem nachfolgendem Beispiel dargestellt ist.

### 2.7.3.1 Beispielrechnung

Als Beispiel wird der Endenergiebedarf für die gesamte Bundesrepublik ermittelt, wobei verschiedene Varianten des Nutzerverhalten gleichzeitig betrachtet werden.

**Tabelle 2.7.3.2** zeigt das angesetzte Verbraucherverhalten. Innerhalb der vier verschiedenen Ensemblegebäude des Wohnungsbestandes werden unterschiedliche Verhaltensvarianten betrachtet, die jeweils verschieden Anteile an der erfassten Wohnfläche des Ensemblegebäudes haben. Für das Ensemblegebäude „groß AL“ wird außerdem eine Unterscheidung bezüglich des eingesetzten Energieträgers getroffen: Für Gebäude, die mit einer elektrisch betriebenen Nachtspeicherheizung ausgestattet sind, wird eine separate Verhaltensvariante angesetzt.

Bezeichnung	Ensemblegebäude	Nutzerverhalten	Anteil an der Wohnfläche des Ensemblegebäudes
klein_AL_1	„klein AL“, zentrale Beheizung	Reduktion des Beheizungsumfangs um 40 % zzgl. verringertes Lüftungsverhalten	10 %
klein_AL_2		Reduktion des Beheizungsumfangs um 40 %	20 %
klein_AL_3		Reduktion des Beheizungsumfangs um 20 %	50 %
klein_AL_4		Standardverhalten	20 %
klein_AL_5	„AL_klein“, dezentrale Beheizung	Verminderung der mittleren Raumlufthtemperatur um – 2 K	30 %
klein_AL_6		Standardverhalten	70 %
klein_NL_1	„klein NL“, zentrale Beheizung	Reduktion des Beheizungsumfangs um 20 %	30 %
klein_NL_2		Standardverhalten	70 %
klein_NL_3	„klein NL“, dezentrale Beheizung	Verminderung der mittleren Raumlufthtemperatur um – 2 K	30 %
klein_NL_4		Standardverhalten	70 %
groß_AL_1	„groß AL“, zentrale Beheizung	Verminderung der mittleren Raumlufthtemperatur um – 2 K	30 %
groß_AL_2		Verminderung der mittleren Raumlufthtemperatur um – 2 K zzgl. vermindertes Lüftungsverhalten	10 %
groß_AL_3		Standardverhalten	60 %

--	--	--

**Tabelle 2.7.3.2a:** Beispielrechnung, angesetztes Verbraucherverhalten

groß_AL_4	„groß AL“, dezentrale Beheizung	Beim Einsatz einer Elektroheizung: Verminderung der mittleren Raumlufttemperatur um –2 K zzgl. vermindertes Lüftungverhalten	7 %
groß_AL_5		Für übrige Beheizungsarten: Standardverhalten	93 %
groß_NL_1	„groß NL“, zen- trale und de- zentrale Behei- zung	Standardverhalten	100 %

**Tabelle 2.7.3.2b:** Beispielrechnung, angesetztes Verbraucherverhalten, Fortsetzung

Ausgehend von den angesetzten Varianten wird für jedes Ensemblegebäude, jede angesetzte Variante und jede Art der Raumwärmeerzeugung der spezifische Endenergiebedarf ermittelt und entsprechend der zu berücksichtigenden Wohnfläche hochgerechnet. Die genauen Einzelergebnisse sind in **Tabelle C-16** des **Anhangs C** enthalten. Mit den hier angesetzten Verhaltensvarianten ergibt sich ein auf die gesamte Bundesrepublik Deutschland hochgerechneter Endenergiebedarf von 535 TWh, der 50,4 TWh unter dem des Standardfalles liegt, was einer Verminderung des Endenergiebedarfs um 8,6 % bedeutet.

### 3 Verhaltensbedingte Auswirkungen auf den Energiebedarf zur Warmwasserbereitung für private Haushalte

Der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung stellt den zweitgrößten Einzelposten des Energieverbrauchs für die Gebäudeversorgung dar. Zur Bestimmung des vom Warmwasserverbrauch abhängigen Energiebedarfs sind die personenspezifischen Verbrauchsdaten und die Personenbelegung in den betrachteten Gebäuden maßgebliche Einflussgrößen.

#### 3.1 Methodik

Die Potenzialabschätzung des Verbraucherverhaltens auf den Endenergiebedarf zur Warmwasserbereitung für private Haushalte erfolgt durch eine Untersuchung der Einflussparameter **mittlere Personendichte** und mittlerer täglicher **Warmwasserverbrauch pro Person**. Für jeden der zwei Einflussfaktoren drei Varianten angesetzt. Somit werden neuen Kombinationen untersucht.

Grundlage zur Ermittlung der Energiebedarfs sind die in Kapitel 2.3 beschriebenen **Ensemblegebäude** des Wohnbestandes der Bundesrepublik Deutschland.

Für jedes der vier Ensemblegebäude wird eine Struktur der Warmwasserbereitung angesetzt. Daraus ergeben sich für jedes Ensemblegebäude mehrere Möglichkeiten der Warmwasserbereitung.

Die Einzelergebnisse werden entsprechend Ihrem Anteil an der gesamten Wohnfläche bei der Ermittlung des Endenergiebedarfs für die Bundesrepublik Deutschland hochgerechnet.

### 3.2 Rahmendaten für die Bestimmung des Warmwasserbedarfs

Ausgehend von VDI 2067b Blatt 4 wird für den **Warmwasserbedarf** ein mittlerer Wert von **40 Litern pro Person** bei einer Warmwassertemperatur von **55 °C** angenommen /Cziesielski, u. a./, /BMBF, 1992/.

Als Varianten des Warmwasserbedarfs wird ein verminderter von **30 l/Person** und ein erhöhter von **50 l/Person** untersucht.

Die **mittlere Personenbelegung** ergibt sich aus der vom Statistischen Bundesamt durchgeführten Auswertung der Gebäudebestandes /StBA 1993; StBA 1995; Bautätigkeit/. Für jedes Ensemblegebäude ergibt sich für den Standardfall eine unterschiedliche Personendichte.

Bei der Personenbelegung wird einerseits eine um jeweils 5 bzw. 4 m<sup>2</sup>/Person erhöhte Personenbelegung und andererseits der prognostizierte Rückgang der Personendichte, der sich aus einer stagnierenden bzw. leicht fallenden Bevölkerungszahl und einem weiterem Anstieg der Wohnflächenbestandes ergibt, untersucht.

**Tabelle 3.2** beschreibt die untersuchten Varianten der Personenbelegung für die jeweiligen Ensemblegebäude.

	mittlere Personenbelegung in m <sup>2</sup> /Person			
	klein AL	groß AL	klein NL	groß NL
Variante erhöhte Personendichte	35	31	30	25
Standardfall	40	36	34	30
Variante verminderte Personendichte	44	39	44	39

**Tabelle 3.2** mittlere Personenbelegung der Ensemblegebäude

Werden die 3 Fälle des Warmwasserbedarfs mit den 3 Fällen der Personenbelegung kombiniert, ergeben sich für jedes Ensemblegebäude neun zu untersuchende Varianten.

### 3.3 Struktur der Warmwasserbereitung

**Tabelle 3.3** beschreibt die Struktur der Warmwasseraufbereitung für vier untersuchten Ensemblegebäude. Der Anteil der dezentralen Systeme zur Warmwasserbereitung ist deutlich größer als der Anteil der dezentralen Heizsysteme.

Ensemble- gebäude	zentrale Warmwasserversorgung				dezentrale Warmwasserversorgung				
	Fern- wärme	Erdgas	Öl	Kohle	Elektro- Durchlauf	Elektro- Speicher	Erdgas- Durchlauf	Erdgas- Speicher	Kohle- Speicher
klein AL	1%	18%	37%	2%	15%	21%	6%	-	-
groß AL	7%	15%	23%	-	18%	26%	8%	3%	-
klein NL	0%	19%	7%	-	11%	17%	26%	-	20%
groß NL	40%	6%	2%	-	8%	11%	21%	7%	5%

**Tabelle 3.3** Struktur der Warmwasserbereitung

### 3.4 Endenergiebedarf zur Warmwasserbereitung

Zur Ermittlung des Endenergiebedarfs zur Warmwasserbereitung wird zuerst für jede Art der Warmwasserbereitung der spezifische Endenergiebedarf ermittelt, wobei die Verteilungsverluste, Speicherverluste und der Ausnutzungsgrad des Warmwasserbereiters berücksichtigt werden. Dieser Wert wird mit dem jeweiligen Anteil an der Gesamtwohnfläche hochgerechnet.

#### 3.4.1 Endenergiebedarf im Standardfall

**Tabelle 3.4.1** enthält für jede Art der Warmwasserbereitung den Nettowärmebedarf und den Endenergiebedarf für das Ensemblegebäude „klein AL“ für den angesetzten Standardfall: Warmwasserbedarf 40 l/Person, Personendichte 40 m<sup>2</sup>/Person. Im Vergleich zum spezifischen Nettowärmebedarf ist der spezifische Endenergiebedarf bei der zentralen Warmwasserbereitung aufgrund der hohen Zirkulationsverluste deutlich höher. Die Zirkulationsverluste betragen bei der zentralen Warmwasserbereitung 17,6 kWh/(m<sup>2</sup> a) und sind annähernd dem Nettowärmebedarf gleich. Den mit Abstand höchsten Endenergiebedarf hat die Warmwasserbereitung mit einem Kohlekessel: 60,5 kWh/(m<sup>2</sup> a), den niedrigsten elektrische Durchlauferhitzer: 19,7 kWh/(m<sup>2</sup> a). Werden allerdings diese Ergebnisse **primärenergetisch** bewertet (Endenergieträger Strom wird mit dem Faktor 3,2 multipliziert), ist der Primärenergiebedarf für diese Arten der Warmwasserbereitung annähernd gleich.

Warmwasser- bereitung	spez. Netto- wärmebedarf in kWh/(m <sup>2</sup> a)	Verteilssystem- verluste in kWh/(m <sup>2</sup> a)	spez. Endenergie- bedarf in kWh/(m <sup>2</sup> a)
Fernwärme	17,3	17,6	35,1
Erdgas-Zentral	17,3	17,6	46,5
Heizöl-Zentral	17,3	17,6	45,9
Kohle u. sonstiges	17,3	17,6	60,5
Elektro-Durchlauf	17,3	0,21	19,7
Elektro-Speicher	17,3	0,21	28,9
Erdgas-Durchlauf	17,3	0,21	34,1

**Tabelle 3:4.1.1** spezifischer Endenergiebedarf für die Warmwasserbereitung für den Standardfall des Ensemblegebäudes „klein AL“

Tabellen **D – 1** bis **D – 4** des **Anhangs D** enthalten für den vier betrachteten Ensem-

blegebäude den spezifischen Endenergiebedarf zur Warmwasserbereitung.

Den auf die gesamte Bundesrepublik Deutschland hochgerechneten Endenergiebedarf im Standardfall enthält die **Tabelle 3.4.1.2**. Für den Standardfall ergibt sich somit für die Bundesrepublik Deutschland ein Endenergiebedarf für die Warmwasserbereitung 108,7 TWh (391 PJ). Dieses Ergebnis stimmt sehr gut mit den in /VDI, 1997/ aufgeführten Endenergiebedarfswerten für die Warmwasserbereitung überein.

Energieträger	WW-Bereit- ung	Endenergiebedarf Ensemblegebäude in GWh/a				Endenergie- bedarf der Energieträ- ger in GWh/a
		AL klein	AL groß	NL klein	NL groß	
Fernwärme	zentral	523	2.541	-	4.520	7.584
Erdgas	zentral	12.481	6.227	2.044	776	33.927
	dezentral	3.047	3.136	2.484	3.733	
Heizöl	zentral	25.329	9.790	733	265	36.117
Steinkohle und sonstiges Braunkohle und sonstiges	zentral	1.804	-	-	-	1.804
	dezentral	-	-	2.184	783	2.968
Strom	dezentral	13.468	9.279	1.947	1.598	26.291
<b>Summe</b>						<b>108.691</b>

**Tabelle 3.4.1.2** Endenergiebedarf für Warmwasserbereitung

### 3.4.2 Endenergiebedarf in Abhängigkeit des Nutzerverhaltens

**Tabelle 3.4.2.1** enthält den spezifischen Endenergiebedarf für die zentrale Warmwasserbereitung der untersuchten Kombinationen für das Ensemblegebäude „klein AL“. Die Bandbreite des spezifischen Nettowärmebedarfs zur Warmwasserbereitung schwankt prozentual gesehen deutlich: Der Unterschied zwischen der energetisch gesehen „besten“ und „schlechtesten“ Variante beträgt 73,4 % bezogen auf den Standardfall. Bezieht jedoch man die absolute Differenz auf dem Heizwärmebedarf – 161,0 kWh/(m<sup>2</sup> a) -, beträgt diese Bandbreite des angesetzten Verbraucherverhaltens ca. 8 % des Heizwärmebedarfs im Standardfall.

Besonders bei zentralen Warmwasserbereitungssystemen sind die Verteilungsverluste bezogen auf den Nettowärmebedarf relativ hoch. Außerdem sind diese annähernd unabhängig vom Warmwasserbedarf. Somit wird der Einfluss des Verbraucherverhaltens auf den Energiebedarf durch die Verteilsystemverluste vermindert: z. B. beträgt die Bandbreite des spezifischen Endenergiebedarfs für die zentrale Ölbeheizung 15,4 kWh/(m<sup>2</sup> a), was 30,9 % des spezifischen Endenergiebedarfs für den Standardfall ausmacht.

Bei dezentralen Beheizungssystemen wirkt sich das Verbraucherverhalten auf den Energiebedarf deutlich dagegen stärker auf den Energiebedarf aus.

WW- bedarf [l/Person]	Personen- belegung [m²/Pers.]	Nettowärme- bedarf in kWh/(m² a)	Verteilsys- temverluste in kWh/(m² a)	spez. Endenergiebedarf in kWh/(m² a)			
				Fern- wärme	Erdgas- zentral	Heizöl- zentral	Kohle- zentral
30	35	14,8	17,6	32,6	43,6	43,0	57,4
	40	12,9	17,5	30,7	41,4	40,8	55,0
	44	11,8	17,5	29,4	40,1	39,4	53,5
<b>40</b>	35	19,7	17,7	37,7	49,4	48,9	63,7
	<b>40</b>	<b>17,3</b>	<b>17,6</b>	<b>35,1</b>	<b>46,5</b>	<b>45,9</b>	<b>60,5</b>
	44	15,7	17,6	33,5	44,7	44,1	58,5
50	35	24,6	17,9	42,8	55,2	54,8	70,0
	40	21,6	17,8	39,6	51,6	51,1	66,1
	44	19,6	17,7	37,5	49,3	48,7	63,6

**Tabelle 3.4.2.1** Varianten des Warmwasserbedarfs für das Ensemblegebäude „AL klein“, zentrale Warmwasserbereitung

**Tabellen D-7 bis D-9 des Anhangs D** enthalten sowohl die spezifischen Energie-  
werte des Ensemblegebäude des Wohnbestandes untergliedert in Systeme zur  
Warmwasserbereitung, als auch die auf die jeweiligen Wohnflächen hochgerechneten  
Werte des Jahresendenergiebedarfs zur Warmwasserbereitung.

**Tabelle 3.4.2.2** enthält den Energiebedarf der untersuchten Varianten hochgerech-  
net auf den Gebäudebestand der Bundesrepublik Deutschland. Hier wird angesetzt,  
dass für alle Nutzer das gleiche Verhalten bezüglich des Warmwasserverbrauchs  
haben.

Soll das Nutzerverhalten detaillierter betrachtet werden ist die Vorgehensweise  
gemäß des Beispielrechnung für den Endenergiebedarf für Raumwärme (Kap.  
2.7.3.1) anzuwenden.

WW bedarf [l/Pers.]	Personen- belegung in m²/Pers.	Endenergiebedarf in GWh/a						Summe
		Fern- wärme	Erdgas	Heizöl	Steinkohle und. sonst.	Strom	Braunkohle und sons.t	
30	erhöht	7.112	31.543	33.788	1.710	23.565	2.561	<b>100.279</b>
	standard	6.532	29.461	31.873	1.639	21.233	2.226	<b>92.964</b>
	verminder	5.988	27.791	30.713	1.594	19.691	1.718	<b>87.495</b>
40	erhöht	8.358	36.706	38.668	1.899	29.391	3.416	<b>118.437</b>
	<b>standard</b>	<b>7.584</b>	<b>33.927</b>	<b>36.117</b>	<b>1.804</b>	<b>26.291</b>	<b>2.968</b>	<b>108.691</b>
	vermindert	6.859	31.707	34.569	1.744	24.233	2.290	<b>101.403</b>
50	erhöht	9.603	41.868	43.551	2.088	35.227	4.269	<b>136.606</b>
	standard	8.636	38.392	40.363	1.970	31.347	3.709	<b>124.417</b>
	vermindert	7.729	35.616	38.426	1.895	28.775	2.863	<b>115.305</b>

**Tabelle 3.4.2.2** Endenergiebedarf zur Warmwasserbereitung der angesetzten Varianten für die Bundesrepublik Deutschland



## 4 Literatur

- /Blei, 1984/ Blei, H., *Demonstrationsvorhaben Worms, Vergleichende Untersuchungen verschiedener Lüftungsmodelle in ausgeführten Wohnbauten*, Lüftung im Wohnungsbau, Tagungsbericht, Verlag TÜV Rheinland, 1984
- /BMBF, 1992/ Bundesminister für Forschung und Technologie, *Grundsätzliche Untersuchungen über die Möglichkeit der Abwärmenutzung im Haushalt*, Forschungsbericht T 79 – 92
- /Cziesielski, u.a./ Cziesielski E., Daniels K., Trümper H., *Ruhrgas Handbuch Haustechnische Planung*, Karl Krämer Verlag Stuttgart
- /DIN 4701/ DIN 4701, *Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden*, März 1983
- /DIN 4108-6/ DIN 4108-6, *Berechnung des Jahresheizenergiebedarfs und Begrenzung solarer Wärmeeinträge im Sommer*, Entwurf Februar 1999
- /DIN EN 832/ DIN EN 832, *Berechnung des Heizenergiebedarfs*, Deutsche Fassung EN 832, Dezember 1998
- /Geiger, 1982/ Geiger B., *Verbraucherverhalten angesichts baulicher und technischer Rahmenbedingungen*, FfE-Schriftreihe Bd.15: Einfluß des Verbraucherverhaltens auf den Energiebedarf privater Haushalte, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 1982
- /Geiger, Rouvel, 1987/ Geiger, B.; Rouvel, L.; *Lüftung im Wohnungsbau – Fensterlüftung, Heizung, Lüftung, Haustechnik*, Bd. 38 (1987), Nr. 5.
- /Geiger, u. a., 1987/ Geiger, B.; Rouvel, L.; Schaefer, H., *Analysen, Daten und Fakten zum Heizenergieverbrauch*, Elektrizitätswirtschaft, Jg. 86 (1987), Heft 9,
- /Gertis, 1983/ Gertis, K., *Grundlagen der Wohnungslüftung*, Sonnenenergie und Wärmepumpe 8, Nr. 5, 1983
- /Hartmann, 1984/ Hartmann, P., *Stand der internationalen Forschung im Bereich Luftaustausch und Gebäuden*, Lüftung im Wohnungsbau, Tagungsbericht, Verlag TÜV Rheinland, 1984
- /Künzel, 1978/ Künzel, H., *Repräsentativumfrage über Heiz- und Lüftungsverhalten in Wohnungen*, Gesundheits-Ingenieur, Jg. 100, Heft 9, S26/265

- /Mantoan, 1993/ Mantoan. B., *Berechnungen zum Heizwärmebedarf im Wohngebäudebestand der Bundesrepublik Deutschland (alte Bundesländer)*, Semesterarbeit Januar 1993, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Kraftwerkstechnik, Technische Universität München, nicht veröffentlicht
- /Nikolic, u.a 1986/ Nikolic, V.; Rouvel, L, *Lüftung im Wohnungsbau, Demonstrationsvorhaben Mehrfamilienhaus Berlin*, BMFT-Bericht T86-188, Dezember 1986
- /StBA 1993/ Statistisches Bundesamt, *Bautätigkeit und Wohnungen*, Fachserie 5, Reihe 1, Bautätigkeit 1993
- /StBA 1995/ Statistisches Bundesamt, *Bautätigkeit und Wohnungen*, Fachserie 5, Reihe 1, Bautätigkeit 1995
- /VDI, 1997/ VDI Gesellschaft Energietechnik, *Jahrbuch 97*. VDI Verlag, Düsseldorf
- /VDI 2067b/ VDI-Richtlinien 2067, *Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen*, Teil 4 02.82 – Warmwasserversorgung
- /VDI 3807/ VDI 3807, Blatt 1, *Energieverbrauchskennwerte für Gebäude; Grundlagen*, Ausgabe:1994-06,

## 5 Anhang A: Rahmendaten

Gebiet	Baualter- klasse	Typgebäude	Wohnfläche in 1000 m <sup>2</sup>		
			1995	2005	2020
<b>alte Länder</b>	bis 1900	EFHWA	48.100	48.100	39.400
	1901 – 18	EFHWB	32.700	32.700	26.800
	1919 – 48	EFHWC	67.100	67.100	55.400
	1949 – 57	EFHWD	69.500	69.500	65.900
	1958 – 68	EFHWE	85.000	85.000	80.700
	1969 – 78	EFHWF	81.800	81.800	80.400
	1979 – 83	EFHWG	34.600	34.600	34.600
	1984 – 95	EFHWH	54.600	54.600	54.600
	1901 – 18	RDHWB	147.900	147.900	106.900
	1919 – 48	RDHWC	124.700	124.700	96.900
	1949 – 57	RDHWD	125.500	125.500	116.500
	1958 – 68	RDHWE	153.300	153.300	142.400
	1969 – 78	RDHWF	209.200	209.200	204.800
	1979 – 83	RDHWG	96.600	96.600	96.600
	1984 – 95	RDHWH	160.200	160.200	160.200
<b>Summe Bestand alte Länder</b>			<b>1.490.800</b>	<b>1.490.800</b>	<b>1.362.100</b>
<b>neue Länder</b>	bis 1900	EFHOA	83.600	76.200	62.900
	1901 – 18	EFHOB	54.100	51.800	47.700
	1919 – 48	EFHOC	28.000	27.100	25.500
	1949 – 57	EFHOD	22.000	21.900	21.600
	1958 – 68	EFHOE	24.900	24.900	24.900
<b>Summe Bestand neue Länder</b>			<b>212.600</b>	<b>201.900</b>	<b>182.600</b>
<b>Deutsch- land</b>	Neubau	EFH		125.100	272.600
	Neubau	RMH		16.000	34.900
	Neubau	DHH		27.500	60.100
	Neubau	ZFH		1.700	3.800
<b>Summe Neubau</b>				<b>170.300</b>	<b>371.400</b>
<b>Gesamt</b>			<b>1.703.400</b>	<b>1.863.000</b>	<b>1.916.100</b>

**Tabelle A-1:** Wohnflächenbestand und -entwicklung bei Gebäuden mit bis zu zwei Wohneinheiten

Gebiet	Baualters- klasse	Typge- bäude	Wohnfläche in 1000 m <sup>2</sup>		
			1995	2005	2020
<b>alte Bundes- Länder</b>	bis 1900	KMHWB	43.200	43.200	38.300
	1901 – 18	KMHWB	44.500	44.500	39.400
	1919 – 48	KMHWB	63.100	63.100	55.500
	1949 – 57	KMHWB	74.200	74.200	71.600
	1958 – 68	KMHWB	90.700	90.700	87.600
	1969 – 78	KMHWB	75.300	75.300	74.600
	1979 – 83	KMHWB	22.200	22.200	22.200
	1984 – 95	KMHWB	51.600	51.600	51.600
	1901 – 18	GMHWB	63.400	63.400	56.300
	1919 – 48	GMHWB	38.700	38.700	34.000
	1949 – 57	GMHWB	82.900	82.900	80.000
	1958 – 68	GMHWB	69.300	69.300	66.900
	1969 – 78	GMHWB	54.600	54.600	54.100
	1979 – 83	GMHWB	29.200	29.200	29.200
	1984 – 95	GMHWB	66.900	66.900	66.900
	1958 – 68	HOHWE	32.100	32.100	31.000
	1969 – 78	HOHWF	70.100	70.100	69.500
<b>Summe Bestand alte Länder</b>			<b>972.000</b>	<b>972.000</b>	<b>928.700</b>
<b>neue Bundes- Länder</b>	bis 1900	KMHOA	6.300	5.100	3.000
	1901 – 18	KMHOB	41.700	33.800	19.600
	1919 – 48	KMHOC	29.900	24.200	14.000
	1949 – 57	KMHOD	32.800	29.600	23.900
	1958 – 68	KMHOE	31.700	31.200	30.200
	1969 – 78	KMHOF	74.700	74.500	74.300
	bis 1900	GMHOA	33.400	33.400	33.400
	bis 1900	HOHOA	14.600	14.600	14.600
	1901 – 18	HOHOB	4.000	4.000	4.000
<b>Summe Bestand neue Länder</b>			<b>269.100</b>	<b>250.400</b>	<b>217.000</b>
<b>Deutsch- land</b>	Neubau	KMH		39.800	86.900
	Neubau	GMH		37.500	81.900
	Neubau	HOH		43.700	95.400
<b>Summe Neubau</b>				<b>121.000</b>	<b>264.200</b>
<b>Gesamt</b>			<b>1.241.100</b>	<b>1.343.400</b>	<b>1.409.900</b>

**Tabelle A-2:** Wohnflächenbestand und- entwicklung bei Gebäuden mit mehr als zwei Wohneinheiten

Ensemble- gebäude	berücksichtigte Wohnfläche [1.000 m²]	Wohnfläche mit zentraler Beheizung [1.000 m²]	Wohnfläche mit dezentraler Beheizung [1.000 m²]
klein AL	1.490.800	1.207.548	283.252
groß AL	972.000	670.680	301.320
klein NL	212.600	142.442	70.158
groß NL	269.100	150.696	118.404
<b>Gesamtwohnfläche      2.944.500</b>			

**Tabelle A-3:** Wohnflächenaufteilung der Ensemblegebäude des Gebäudebestandes

Ensemble- gebäude	zentrale Beheizung				dezentrale Beheizung			
	Fern- wärme	Erdgas	Heizöl	Kohle und sonstiges	Erdgas	Heizöl	Strom	Kohle und sonstiges
klein AL	1 %	31 %	48 %	2 %	1 %	3 %	7 %	7 %
groß AL	10 %	42 %	30 %	-	4 %	2 %	7 %	5 %
klein NL	-	32 %	23 %	18 %	-	-	-	27 %
groß NL	40 %	19 %	3 %	2 %	7 %	-	-	29 %

**Tabelle A-4:** Beheizungsstruktur der Ensemblegebäude des Wohnungsbestandes

Ensemble- gebäude	zentrale Beheizung				dezentrale Beheizung			
	Fern- wärme	Erdgas	Heizöl	Kohle und sonstiges	Erdgas	Heizöl	Strom	Kohle und sonstiges
klein	2 %	63 %	31 %	-	2 %	-	2 %	-
groß	9 %	74 %	13 %	-	2 %	-	2 %	-

**Tabelle A-5:** Beheizungsstruktur der Ensemblegebäude des Neubaus

<b>Geometrische Kennwerte:</b>	
Bruttorauminhalt des Gebäudes	553,21 m <sup>3</sup>
Nettorauminhalt des Gebäudes	303,02 m <sup>3</sup>
Energiebezugsfläche des Gebäudes (Wohnfläche)	118,33 m <sup>2</sup>
Oberflächen / Volumen Verhältnis (A / V - Verhältnis)	0,56 1/m
Flächendes Daches bzw. der Dachgeschoßdecke	91,75 m <sup>2</sup>
Außenwandfläche (ohne Heizkörpernischen)	103,79 m <sup>2</sup>
Kellerdeckenfläche	79,44 m <sup>2</sup>
Fensterfläche gesamt	25,55 m <sup>2</sup>
<b>Wärmetechnische Kennwerte</b>	
mittlerer Luftwechsel pro Stunde	0,6 l/h
km-Wert (mittlerer gewichteter k-Wert der Gebäudehülle)	0,95 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert des Daches bzw. der Dachgeschoßdecke	0,77 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Außenwände	1,08 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Kellerdecke	1,04 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Fenster	2,83 W/m <sup>2</sup> K
Gesamtenergiedurchlasgrad der Verglasung	0,53 -
Raumtemperatur (Gebäudemittel) Tagessoll	18,5 °C
Raumtemperatur (Gebäudemittel) Nachtsoll	14 °C
Nachtabenkung (Mittelwert pro Tag während der Heizperiode)	8 h

**Tabelle A-6** Geometrische und bauphysikalische Kennwerte des Ensemblegebäudes „**klein AL**“

<b>Geometrische Kennwerte:</b>	
Bruttorauminhalt des Gebäudes	10920,89 m <sup>3</sup>
Nettorauminhalt des Gebäudes	7558,31 m <sup>3</sup>
Energiebezugsfläche des Gebäudes (Wohnfläche)	2960,21 m <sup>2</sup>
Oberflächen / Volumen Verhältnis (A / V - Verhältnis)	0,48 1/m
Flächendes Daches bzw. der Dachgeschoßdecke	513,22 m <sup>2</sup>
Außenwandfläche (ohne Heizkörpernischen)	2234,33 m <sup>2</sup>
Kellerdeckenfläche	495,46 m <sup>2</sup>
Fensterfläche gesamt	492,36 m <sup>2</sup>
<b>Wärmetechnische Kennwerte</b>	
mittlerer Luftwechsel pro Stunde	0,6 l/h
km-Wert (mittlerer gewichteter k-Wert der Gebäudehülle)	1,13 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert des Daches bzw. der Dachgeschoßdecke	0,67 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Außenwände	1,18 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Kellerdecke	0,98 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Fenster	3,01 W/m <sup>2</sup> K
Gesamtenergiedurchlasgrad der Verglasung	0,53 -
Raumtemperatur (Gebäudemittel) Tagessoll	19,5 °C
Raumtemperatur (Gebäudemittel) Nachtsoll	14 °C
Nachtabenkung (mittelwert pro Tag während der Heizperiode)	8 h

**Tabelle A-7:** Geometrische und bauphysikalische Kennwerte des Ensemblegebäudes „**groß AL**“

<b>Geometrische Kennwerte:</b>	
Bruttorauminhalt des Gebäudes	268,06 m <sup>3</sup>
Nettorauminhalt des Gebäudes	190,39 m <sup>3</sup>
Energiebezugsfläche des Gebäudes (Wohnfläche)	76,16 m <sup>2</sup>
Oberflächen / Volumen Verhältnis (A / V - Verhältniss)	0,86 1/m
Flächendes Daches bzw. der Dachgeschoßdecke	70,78 m <sup>2</sup>
Außenwandfläche (ohne Heizkörpernischen)	91,77 m <sup>2</sup>
Kellerdeckenfläche	56,48 m <sup>2</sup>
Fensterfläche gesamt	13,6 m <sup>2</sup>
<b>Wärmetechnische Kennwerte</b>	
mittlerer Luftwechsel pro Stunde	0,6 l/h
km-Wert (mittlerer gewichteter k-Wert der Gebäudehülle)	1,08 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert des Daches bzw. der Dachgeschoßdecke	1,12 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Außenwände	1,23 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Kellerdecke	1,44 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Fenster	2,48 W/m <sup>2</sup> K
Gesamtenergiedurchlasgrad der Verglasung	0,52 -
Raumtemperatur (Gebäudemittel) Tagessoll	18,5 °C
Raumtemperatur (Gebäudemittel) Nachtsoll	14 °C
Nachtabenkung (mittelwert pro Tag während der Heizperiode)	8 h

**Tabelle A-8:** Geometrische und bauphysikalische Kennwerte des Ensemblegebäudes „klein NL“

<b>Geometrische Kennwerte:</b>	
Bruttorauminhalt des Gebäudes	3226,39 m <sup>3</sup>
Nettorauminhalt des Gebäudes	2011,93 m <sup>3</sup>
Energiebezugsfläche des Gebäudes (Wohnfläche)	804,77 m <sup>2</sup>
Oberflächen / Volumen Verhältnis (A / V - Verhältniss)	0,37 1/m
Flächendes Daches bzw. der Dachgeschoßdecke	171,53 m <sup>2</sup>
Außenwandfläche (ohne Heizkörpernischen)	545,25 m <sup>2</sup>
Kellerdeckenfläche	171,53 m <sup>2</sup>
Fensterfläche gesamt	138,55 m <sup>2</sup>
<b>Wärmetechnische Kennwerte</b>	
mittlerer Luftwechsel pro Stunde	0,6 l/h
km-Wert (mittlerer gewichteter k-Wert der Gebäudehülle)	1,25 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert des Daches bzw. der Dachgeschoßdecke	0,94 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Außenwände	1,36 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Kellerdecke	1,18 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Fenster	2,7 W/m <sup>2</sup> K
Gesamtenergiedurchlasgrad der Verglasung	0,54 -
Raumtemperatur (Gebäudemittel) Tagessoll	19,5 °C
Raumtemperatur (Gebäudemittel) Nachtsoll	14 °C
Nachtabenkung (mittelwert pro Tag während der Heizperiode)	8 h

**Tabelle A-9:** Geometrische und bauphysikalische Kennwerte des Ensemblegebäudes „groß NL“

<b>Geometrische Kennwerte:</b>	
Bruttorauminhalt des Gebäudes	429,24 m <sup>3</sup>
Nettorauminhalt des Gebäudes	339,89 m <sup>3</sup>
Energiebezugsfläche des Gebäudes (Wohnfläche)	128,97 m <sup>2</sup>
Oberflächen / Volumen Verhältnis (A / V - Verhältnis)	0,84 1/m
Flächendes Daches bzw. der Dachgeschoßdecke	118,16 m <sup>2</sup>
Außenwandfläche (ohne Heizkörpernischen)	110,6 m <sup>2</sup>
Kellerdeckenfläche	108 m <sup>2</sup>
Fensterfläche gesamt	24,74 m <sup>2</sup>
<b>Wärmetechnische Kennwerte</b>	
mittlerer Luftwechsel pro Stunde	0,7 l/h
km-Wert (mittlerer gewichteter k-Wert der Gebäudehülle)	0,37 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert des Daches bzw. der Dachgeschoßdecke	0,23 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Außenwände	0,44 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Kellerdecke	0,44 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Fenster	1,4 W/m <sup>2</sup> K
Gesamtenergiedurchlasgrad der Verglasung	0,43 -
Raumtemperatur (Gebäudemittel) Tagessoll	20 °C
Raumtemperatur (Gebäudemittel) Nachtsoll	14 °C
Nachtabenkung (mittelwert pro Tag während der Heizperiode)	8 h

**Tabelle A-10:** Geometrische und bauphysikalische Kennwerte des Ensemblegebäudes „**klein Neubau – 2005**“

<b>Geometrische Kennwerte:</b>	
Bruttorauminhalt des Gebäudes	3224,86 m <sup>3</sup>
Nettorauminhalt des Gebäudes	2358,46 m <sup>3</sup>
Energiebezugsfläche des Gebäudes (Wohnfläche)	812,03 m <sup>2</sup>
Oberflächen / Volumen Verhältnis (A / V - Verhältnis)	0,53 1/m
Flächendes Daches bzw. der Dachgeschoßdecke	392,24 m <sup>2</sup>
Außenwandfläche (ohne Heizkörpernischen)	616,13 m <sup>2</sup>
Kellerdeckenfläche	383,58 m <sup>2</sup>
Fensterfläche gesamt	177,02 m <sup>2</sup>
<b>Wärmetechnische Kennwerte</b>	
mittlerer Luftwechsel pro Stunde	0,7 l/h
km-Wert (mittlerer gewichteter k-Wert der Gebäudehülle)	0,44 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert des Daches bzw. der Dachgeschoßdecke	0,27 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Außenwände	0,44 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Kellerdecke	0,4 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Fenster	1,4 W/m <sup>2</sup> K
Gesamtenergiedurchlasgrad der Verglasung	0,43 -
Raumtemperatur (Gebäudemittel) Tagessoll	20 °C
Raumtemperatur (Gebäudemittel) Nachtsoll	14 °C
Nachtabenkung (mittelwert pro Tag während der Heizperiode)	8 h

**Tabelle A-11:** Geometrische und bauphysikalische Kennwerte des Ensemblegebäudes „**groß Neubau – 2005**“



<b>Geometrische Kennwerte:</b>	
Bruttorauminhalt des Gebäudes	429,23 m <sup>3</sup>
Nettorauminhalt des Gebäudes	339,89 m <sup>3</sup>
Energiebezugsfläche des Gebäudes (Wohnfläche)	128,97 m <sup>2</sup>
Oberflächen / Volumen Verhältnis (A / V - Verhältnis)	0,84 1/m
Flächendes Daches bzw. der Dachgeschoßdecke	118,16 m <sup>2</sup>
Außenwandfläche (ohne Heizkörpernischen)	110,58 m <sup>2</sup>
Kellerdeckenfläche	108 m <sup>2</sup>
Fensterfläche gesamt	24,74 m <sup>2</sup>
<b>Wärmetechnische Kennwerte</b>	
mittlerer Luftwechsel pro Stunde	0,7 l/h
km-Wert (mittlerer gewichteter k-Wert der Gebäudehülle)	0,3 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert des Daches bzw. der Dachgeschoßdecke	0,18 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Außenwände	0,31 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Kellerdecke	0,33 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Fenster	1,4 W/m <sup>2</sup> K
Gesamtenergiedurchlasgrad der Verglasung	0,43 -
Raumtemperatur (Gebäudemittel) Tagessoll	20 °C
Raumtemperatur (Gebäudemittel) Nachtsoll	14 °C
Nachtabenkung (mittelwert pro Tag während der Heizperiode)	8 h

**Tabelle A-12:** Geometrische und bauphysikalische Kennwerte des Ensemblegebäudes „**klein Neubau – 2020**“

<b>Geometrische Kennwerte:</b>	
Bruttorauminhalt des Gebäudes	3223,48 m <sup>3</sup>
Nettorauminhalt des Gebäudes	2357,45 m <sup>3</sup>
Energiebezugsfläche des Gebäudes (Wohnfläche)	811,68 m <sup>2</sup>
Oberflächen / Volumen Verhältnis (A / V - Verhältnis)	0,53 1/m
Flächendes Daches bzw. der Dachgeschoßdecke	392,14 m <sup>2</sup>
Außenwandfläche (ohne Heizkörpernischen)	615,85 m <sup>2</sup>
Kellerdeckenfläche	383,45 m <sup>2</sup>
Fensterfläche gesamt	176,95 m <sup>2</sup>
<b>Wärmetechnische Kennwerte</b>	
mittlerer Luftwechsel pro Stunde	0,7 l/h
km-Wert (mittlerer gewichteter k-Wert der Gebäudehülle)	0,36 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert des Daches bzw. der Dachgeschoßdecke	0,21 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Außenwände	0,31 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Kellerdecke	0,29 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert der Fenster	1,4 W/m <sup>2</sup> K
Gesamtenergiedurchlasgrad der Verglasung	0,43 -
Raumtemperatur (Gebäudemittel) Tagessoll	20 °C
Raumtemperatur (Gebäudemittel) Nachtsoll	14 °C
Nachtabenkung (mittelwert pro Tag während der Heizperiode)	8 h

**Tabelle A-13:** Geometrische und bauphysikalische Kennwerte des Ensemblegebäudes „**groß Neubau – 2020**“

## 6 Anhang B: Heizwärmebedarf

Variante	Parameter			Spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)	Abweichung vom Standardfall	Jahresheizwärmebedarf in TWh/a
	Beheizungs- umfang	Luftwech- selrate	Raum- Temperatur			
zen_1	<b>(±0 %)</b>	- 33 %	- 2 K	105,3	-34,6%	127,1
zen_2			Standard	133,8	-16,9%	161,5
zen_3			+2 K	162,3	+0,8%	196,0
zen_4			+4 K	190,9	+18,6%	230,5
zen_5		<b>Standard (0,6 h<sup>-1</sup>)</b>	- 2 K	126,7	-21,3%	153,0
<b>zen_6</b>			<b>Standard (18,5 °C)</b>	<b>161,0</b>		<b>194,4</b>
zen_7			+2 K	195,3	+21,3%	235,8
zen_8			+4 K	229,7	+42,7%	277,4
zen_9		+ 50 %	- 2 K	158,8	-1,4%	191,7
zen_10			Standard	201,7	+25,3%	243,6
zen_11			+2 K	244,7	+52,0%	295,5
zen_12			+4 K	287,9	+78,8%	347,6
zen_13	-20 %	- 33 %	Standard	125,0	-22,4%	150,9
zen_14		Standard	Standard	150,4	-6,6%	181,6
zen_15		+ 50 %	Standard	188,4	+17,0%	227,5
zen_16	- 40 %	- 33 %	Standard	116,1	-27,9%	140,2
zen_17		Standard	Standard	139,7	-13,2%	168,7
zen_18		+ 50 %	Standard	175,1	+8,8%	211,4

**Tabelle B-1:** Jahresheizwärmebedarf für das Ensemblegebäude „klein AL“, zentrale Beheizung

Variante	Parameter		Spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)	Abweichung vom Standardfall	Jahresheizwärmebedarf TWh/a
	Luftwech- selrate	Raum- temperatur			
dez_1	- 33 %	- 2 K	84,2	-34,6%	16,4
dez_2		Standard	107,0	-16,9%	20,8
dez_3		+2 K	129,8	+0,8%	25,2
dez_4		+4 K	152,7	+18,6%	29,7
dez_5	<b>Standard (0,6 h<sup>-1</sup>)</b>	- 2 K	101,4	-21,3%	19,7
<b>dez_6</b>		<b>Standard (18,5 °C)</b>	<b>128,8</b>		<b>25,0</b>
dez_7		+2 K	156,2	+21,3%	30,4
dez_8		+4 K	183,8	+42,7%	35,7
dez_9	+ 50 %	- 2 K	127,0	-1,4%	24,7
dez_10		Standard	161,4	+25,3%	31,4
dez_11		+2 K	195,8	+52,0%	38,1
dez_12		+4 K	230,3	+78,8%	44,8

**Tabelle B-2:** Jahresheizwärmebedarf für das Ensemblegebäude „klein AL“,

dezentrale Beheizung

Variante	Parameter			Spez. Jahresheiz- wärmebedarf in kWh/(m² a)	Abweichung vom Standardfall	Jahresheiz- wärmebedarf TWh/a
	Beheizungs- umfang	Luftwech- selrate	Raum- temperatur			
zen_1	<b>(±0 %)</b>	- 33 %	- 2 K	91,5	-34,2%	61,4
zen_2			Standard	116,1	-16,5%	77,9
zen_3			+2 K	140,7	+1,2%	94,4
zen_4			+4 K	165,3	+18,9%	110,9
zen_5		<b>Standard (0,6 h<sup>-1</sup>)</b>	- 2 K	109,6	-21,2%	73,5
<b>zen_6</b>			<b>Standard (19,5 °C)</b>	<b>139,0</b>		<b>93,2</b>
zen_7			+2 K	168,5	+21,2%	113,0
zen_8			+4 K	198,0	+42,4%	132,8
zen_9		+ 50 %	- 2 K	136,6	-1,7%	91,6
zen_10			Standard	173,4	+24,7%	116,3
zen_11			+2 K	210,1	+51,1%	140,9
zen_12			+4 K	246,9	+77,6%	165,6
zen_13	-20 %	- 33 %	Standard	108,4	-22,0%	72,7
zen_14		Standard	Standard	129,9	-6,6%	87,1
zen_15		+ 50 %	Standard	161,9	+16,5%	108,6
zen_16	- 40 %	- 33 %	Standard	100,8	-27,5%	67,6
zen_17		Standard	Standard	120,7	-13,2%	80,9
zen_18		+ 50 %	Standard	150,5	+8,2%	100,9

**Tabelle B-3:** Jahresheizwärmebedarf für das Ensemblegebäude „**groß AL**“, zentrale Beheizung

Variante	Parameter		Spez. Jahresheiz- wärmebedarf in kWh/(m² a)	Abweichung vom Standardfall	Jahresheiz- wärmebedarf TWh/a
	Luftwechsel- rate	Raum- temperatur			
dez_1	- 33 %	- 2 K	77,8	-34,2%	23,4
dez_2		Standard	98,7	-16,5%	29,7
dez_3		+2 K	119,6	+1,2%	36,0
dez_4		+4 K	140,5	+18,9%	42,3
dez_5	<b>Standard (0,6 h<sup>-1</sup>)</b>	- 2 K	93,1	-21,2%	28,1
<b>dez_6</b>		<b>Standard (19,5 °C)</b>	<b>118,2</b>		<b>35,6</b>
dez_7		+2 K	143,2	+21,2%	43,2
dez_8		+4 K	168,3	+42,4%	50,7
dez_9	+ 50 %	- 2 K	116,1	-1,7%	35,0
dez_10		Standard	147,4	+24,7%	44,4
dez_11		+2 K	178,6	+51,1%	53,8
dez_12		+4 K	209,8	+77,6%	63,2

**Tabelle B-4:** Jahresheizwärmebedarf für das Ensemblegebäude „**groß AL**“, dezentrale Beheizung

Variante	Parameter			Spez. Jahresheiz- wärmebedarf in kWh/(m <sup>2</sup> a)	Abweichung vom Standardfall	Jahresheiz- wärmebedarf TWh/a
	Beheizungs- umfang	Luftwech- selrate	Raum- temperatur			
zen_1	<b>(±0 %)</b>	- 33 %	- 2 K	142,9	-34,8%	20,4
zen_2			Standard	181,8	-17,1%	25,9
zen_3			+2 K	220,8	+0,6%	31,4
zen_4			+4 K	259,9	+18,5%	37,0
zen_5		<b>Standard (0,6 h<sup>-1</sup>)</b>	- 2 K	172,4	-21,4%	24,6
<b>zen_6</b>			<b>Standard (18,5 °C)</b>	<b>219,4</b>		<b>31,2</b>
zen_7			+2 K	266,3	+21,4%	37,9
zen_8			+4 K	313,5	+42,9%	44,6
zen_9		+ 50 %	- 2 K	216,7	-1,2%	30,9
zen_10			Standard	275,7	+25,7%	39,3
zen_11			+2 K	334,7	+52,6%	47,7
zen_12			+4 K	394,0	+79,6%	56,1
zen_13	-20 %	- 33 %	Standard	169,8	-22,6%	24,2
zen_14		Standard	Standard	204,9	-6,6%	29,2
zen_15		+ 50 %	Standard	257,5	+17,4%	36,7
zen_16		- 33 %	Standard	157,8	-28,0%	22,5
zen_17		Standard	Standard	190,4	-13,2%	27,1
zen_18		+ 50 %	Standard	239,3	+9,1%	34,1

**Tabelle B-5:** Jahresheizwärmebedarf für das Ensemblegebäude „klein NL“, zentrale Beheizung

Variante	Parameter		Spez. Jahresheiz- wärmebedarf in kWh/(m <sup>2</sup> a)	Abweichung vom Standardfall	Jahresheiz- wärmebedarf TWh/a
	Luftwechsel- rate	Raum- temperatur			
dez_1	- 33 %	- 2 K	114,3	-34,8%	8,0
dez_2		Standard	145,5	-17,1%	10,2
dez_3		+2 K	176,6	+0,6%	12,4
dez_4		+4 K	207,9	+18,5%	14,6
dez_5	<b>Standard (0,6 h<sup>-1</sup>)</b>	- 2 K	137,9	-21,4%	9,7
<b>dez_6</b>		<b>Standard (18,5 °C)</b>	<b>175,5</b>		<b>12,3</b>
dez_7		+2 K	213,0	+21,4%	14,9
dez_8		+4 K	250,8	+42,9%	17,6
dez_9	+ 50 %	- 2 K	173,4	-1,2%	12,2
dez_10		Standard	220,6	+25,7%	15,5
dez_11		+2 K	267,8	+52,6%	18,8
dez_12		+4 K	315,2	+79,6%	22,1

**Tabelle B-6:** Jahresheizwärmebedarf für das Ensemblegebäude „klein NL“, dezentrale Beheizung

Variante	Beheizungs- umfang	Parameter		Spez. Jahresheiz- wärmebedarf in kWh/(m² a)	Abweichung vom Standardfall	Jahresheiz- wärmebedarf TWh/a
		Luftwech- selrate	Raum- temperatur			
zen_1	(±0 %)	- 33 %	- 2 K	88,4	-34,4%	13,3
zen_2			Standard	112,3	-16,6%	16,9
zen_3			+2 K	136,2	+1,2%	20,5
zen_4			+4 K	160,1	+18,9%	24,1
zen_5		Standard (0,6 h <sup>-1</sup> )	- 2 K	106,0	-21,3%	16,0
zen_6			Standard (19,5 °C)	134,7		20,3
zen_7			+2 K	163,3	+21,3%	24,6
zen_8			+4 K	192,0	+42,6%	28,9
zen_9		+ 50 %	- 2 K	132,4	-1,7%	19,9
zen_10			Standard	168,2	+24,9%	25,3
zen_11			+2 K	204,0	+51,5%	30,7
zen_12			+4 K	239,8	+78,1%	36,1
zen_13	-20 %	- 33 %	Standard	104,9	-22,1%	15,8
zen_14		Standard	Standard	125,8	-6,6%	19,0
zen_15		+ 50 %	Standard	157,1	+16,7%	23,7
zen_16		- 33 %	Standard	97,5	-27,6%	14,7
zen_17		Standard	Standard	116,9	-13,2%	17,6
zen_18		+ 50 %	Standard	146,0	+8,4%	22,0

**Tabelle B-7:** Jahresheizwärmebedarf für das Ensemblegebäude „groß NL“, zentrale Beheizung

Variante	Parameter		Spez. Jahresheiz- wärmebedarf in kWh/(m² a)	Abweichung vom Standardfall	Jahresheiz- wärmebedarf TWh/a
	Luftwechsel- rate	Raum- temperatur			
dez_1	- 33 %	- 2 K	75,1	-34,4%	8,9
dez_2		Standard	95,5	-16,6%	11,3
dez_3		+2 K	115,8	+1,2%	13,7
dez_4		+4 K	136,1	+18,9%	16,1
dez_5	Standard (0,6 h <sup>-1</sup> )	- 2 K	90,1	-21,3%	10,7
dez_6		Standard (19,5 °C)	114,5		13,6
dez_7		+2 K	138,8	+21,3%	16,4
dez_8		+4 K	163,2	+42,6%	19,3
dez_9	+ 50 %	- 2 K	112,5	-1,7%	13,3
dez_10		Standard	143,0	+24,9%	16,9
dez_11		+2 K	173,4	+51,5%	20,5
dez_12		+4 K	203,9	+78,1%	24,1

**Tabelle B-8:** Jahresheizwärmebedarf für das Ensemblegebäude „groß NL“, dezentrale Beheizung

Variante	Beheizungs- umfang	Parameter		Spez. Jahresheiz- wärmebedarf in kWh/(m² a)	Abweichung vom Standardfall
		Luftwechsel- rate	Raum- temperatur		
zen_1	(±0 %)	- 33 %	- 2 K	62,1	-29,0%
zen_2			Standard	78,6	-10,2%
zen_3			+2 K	95,0	+8,6%
zen_4			+4 K	111,3	+27,2%
zen_5		<b>Standard (0,7 h<sup>-1</sup>)</b>	- 2 K	69,2	-20,9%
<b>zen_6</b>			<b>Standard (20,0 °C)</b>	<b>87,5</b>	
zen_7			+2 K	105,8	+20,9%
zen_8			+4 K	124,0	+41,7%
zen_9		+ 50 %	- 2 K	93,0	+6,3%
zen_10			Standard	117,6	+34,4%
zen_11			+2 K	142,2	+62,5%
zen_12			+4 K	166,6	+90,4%
zen_13	-20 %	- 33 %	Standard	73,4	-16,1%
zen_14		Standard	Standard	81,7	-6,6%
zen_15		+ 50 %	Standard	109,8	+25,5%
zen_16		- 33 %	Standard	68,2	-22,1%
zen_17		Standard	Standard	75,9	-13,2%
zen_18		+ 50 %	Standard	102,1	+16,7%

**Tabelle B-9:** spez. Jahresheizwärmebedarf für das Ensemblegebäude  
„klein Neubau – 2005“, zentrale Beheizung

Variante	Parameter		Spez. Jahresheiz- wärmebedarf in kWh/(m² a)	Abweichung vom Standardfall
	Luftwechsel- rate	Raum- temperatur		
dez_1	- 33 %	- 2 K	49,7	-29,0%
dez_2		Standard	62,9	-10,2%
dez_3		+2 K	76,0	+8,6%
dez_4		+4 K	89,1	+27,2%
dez_5	<b>Standard (0,6 h<sup>-1</sup>)</b>	- 2 K	55,4	-20,9%
<b>dez_6</b>		<b>Standard (20,0 °C)</b>	<b>70,0</b>	
dez_7		+2 K	84,6	+20,9%
dez_8		+4 K	99,2	+41,7%
dez_9	+ 50 %	- 2 K	74,4	+6,3%
dez_10		Standard	94,1	+34,4%
dez_11		+2 K	113,7	+62,5%
dez_12		+4 K	133,3	+90,4%

**Tabelle B-10:** spez. Jahresheizwärmebedarf für das Ensemblegebäude  
„klein Neubau – 2005“, dezentrale Beheizung

Variante	Beheizungs- umfang	Parameter		Spez. Jahresheiz- wärmebedarf in kWh/(m² a)	Abweichung vom Standardfall
		Luftwechsel- rate	Raum- temperatur		
zen_1	(±0 %)	- 33 %	- 2 K	57,3	-29,0%
zen_2			Standard	72,4	-10,2%
zen_3			+2 K	87,6	+8,6%
zen_4			+4 K	102,7	+27,3%
zen_5		<b>Standard (0,7 h<sup>-1</sup>)</b>	- 2 K	63,8	-20,9%
<b>zen_6</b>			<b>Standard (20,0 °C)</b>	<b>80,7</b>	
zen_7			+2 K	97,5	+20,9%
zen_8			+4 K	114,4	+41,8%
zen_9		+ 50 %	- 2 K	85,9	+6,5%
zen_10			Standard	108,6	+34,6%
zen_11			+2 K	131,2	+62,7%
zen_12			+4 K	153,9	+90,9%
zen_13	-20 %	- 33 %	Standard	67,6	-16,1%
zen_14		Standard	Standard	75,3	-6,6%
zen_15		+ 50 %	Standard	101,4	+25,7%
zen_16	- 40 %	- 33 %	Standard	62,9	-22,1%
zen_17		Standard	Standard	70,0	-13,2%
zen_18		+ 50 %	Standard	94,2	+16,8%

**Tabelle B-11:** spez. Jahresheizwärmebedarf für das Ensemblegebäude  
„groß Neubau – 2005“, zentrale Beheizung

Variante	Parameter		Spez. Jahresheiz- wärmebedarf in kWh/(m² a)	Abweichung vom Standardfall
	Luftwechsel- rate	Raum- temperatur		
dez_1	- 33 %	- 2 K	48,7	-29,0%
dez_2		Standard	61,6	-10,2%
dez_3		+2 K	74,4	+8,6%
dez_4		+4 K	87,3	+27,3%
dez_5	<b>Standard (0,6 h<sup>-1</sup>)</b>	- 2 K	54,2	-20,9%
<b>dez_6</b>		<b>Standard (20,0 °C)</b>	<b>68,6</b>	
dez_7		+2 K	82,9	+20,9%
dez_8		+4 K	97,2	+41,8%
dez_9	+ 50 %	- 2 K	73,0	+6,5%
dez_10		Standard	92,3	+34,6%
dez_11		+2 K	111,6	+62,7%
dez_12		+4 K	130,8	+90,9%

**Tabelle B-12:** spez. Jahresheizwärmebedarf für das Ensemblegebäude  
„groß Neubau – 2005“, dezentrale Beheizung



Variante	Beheizungs- umfang	Parameter		Spez. Jahresheiz- wärmebedarf in kWh/(m² a)	Abweichung vom Standardfall
		Luftwechsel- rate	Raum- temperatur		
zen_1	(±0 %)	- 33 %	- 2 K	50,5	-29,0%
zen_2			Standard	63,8	-10,3%
zen_3			+2 K	77,2	+8,4%
zen_4			+4 K	90,5	+27,2%
zen_5		<b>Standard (0,7 h<sup>-1</sup>)</b>	- 2 K	56,3	-20,9%
<b>zen_6</b>			<b>Standard (20,0 °C)</b>	<b>71,2</b>	
zen_7			+2 K	86,1	+20,9%
zen_8			+4 K	100,9	+41,8%
zen_9		+ 50 %	- 2 K	75,8	+6,5%
zen_10			Standard	95,9	+34,7%
zen_11			+2 K	115,9	+62,9%
zen_12			+4 K	136,0	+91,0%
zen_13	-20 %	- 33 %	Standard	59,6	-16,2%
zen_14		Standard	Standard	66,5	-6,6%
zen_15		+ 50 %	Standard	89,6	+25,8%
zen_16		- 33 %	Standard	55,4	-22,1%
zen_17		Standard	Standard	61,8	-13,2%
zen_18		+ 50 %	Standard	83,2	+16,9%

**Tabelle B-13:** spez. Jahresheizwärmebedarf für das Ensemblegebäude  
„klein Neubau – 2020“, zentrale Beheizung

Variante	Parameter		Spez. Jahresheiz- wärmebedarf in kWh/(m² a)	Abweichung vom Standardfall
	Luftwechsel- rate	Raum- temperatur		
dez_1	- 33 %	- 2 K	40,4	-29,0%
dez_2		Standard	51,1	-10,3%
dez_3		+2 K	61,8	+8,4%
dez_4		+4 K	72,4	+27,2%
dez_5	<b>Standard (0,7 h<sup>-1</sup>)</b>	- 2 K	45,0	-20,9%
<b>dez_6</b>		<b>Standard (20,0 °C)</b>	<b>56,9</b>	
dez_7		+2 K	68,8	+20,9%
dez_8		+4 K	80,7	+41,8%
dez_9	+ 50 %	- 2 K	60,7	+6,5%
dez_10		Standard	76,7	+34,7%
dez_11		+2 K	92,7	+62,9%
dez_12		+4 K	108,8	+91,0%

**Tabelle B-14:** spez. Jahresheizwärmebedarf für das Ensemblegebäude  
„klein Neubau – 2020“, dezentrale Beheizung

Variante	Beheizungs- umfang	Parameter		Spez. Jahresheiz- wärmebedarf in kWh/(m <sup>2</sup> a)	Abweichung vom Standardfall
		Luftwechsel- rate	Raum- temperatur		
zen_1	(±0 %)	- 33 %	- 2 K	48,3	-29,1%
zen_2			Standard	61,0	-10,4%
zen_3			+2 K	73,8	+8,3%
zen_4			+4 K	86,6	+27,1%
zen_5		<b>Standard (0,7 h<sup>-1</sup>)</b>	- 2 K	53,9	-20,9%
<b>zen_6</b>			<b>Standard (20,0 °C)</b>	<b>68,1</b>	
zen_7			+2 K	82,3	+20,9%
zen_8			+4 K	96,6	+41,9%
zen_9		+ 50 %	- 2 K	72,7	+6,8%
zen_10			Standard	91,9	+35,0%
zen_11			+2 K	111,1	+63,2%
zen_12			+4 K	130,4	+91,6%
zen_13	-20 %	- 33 %	Standard	57,0	-16,3%
zen_14		Standard	Standard	63,6	-6,6%
zen_15		+ 50 %	Standard	85,9	+26,1%
zen_16		- 33 %	Standard	53,0	-22,2%
zen_17	- 40 %	Standard	Standard	59,1	-13,2%
zen_18		+ 50 %	Standard	79,8	+17,2%

**Tabelle B-15:** spez. Jahresheizwärmebedarf für das Ensemblegebäude  
„groß Neubau – 2020“, zentrale Beheizung

Variante	Parameter		Spez. Jahresheiz- wärmebedarf in kWh/(m <sup>2</sup> a)	Abweichung vom Standardfall
	Luftwechsel- rate	Raum- temperatur		
dez_1	- 33 %	- 2 K	41,0	-29,1%
dez_2		Standard	51,9	-10,4%
dez_3		+2 K	62,7	+8,3%
dez_4		+4 K	73,6	+27,1%
dez_5	<b>Standard (0,7 h<sup>-1</sup>)</b>	- 2 K	45,8	-20,9%
<b>dez_6</b>		<b>Standard (20,0 °C)</b>	<b>57,9</b>	
dez_7		+2 K	70,0	+20,9%
dez_8		+4 K	82,1	+41,9%
dez_9	+ 50 %	- 2 K	61,8	+6,8%
dez_10		Standard	78,1	+35,0%
dez_11		+2 K	94,5	+63,2%
dez_12		+4 K	110,9	+91,6%

**Tabelle B-16:** spez. Jahresheizwärmebedarf für das Ensemblegebäude  
„groß Neubau – 2020“, dezentrale Beheizung

## 7 Anhang C: Endenergiebedarf für Raumheizung

Beheizung	Energieträger	spez. Heiz- wärmebedarf in kWh/(m² a)	spez. End- energiebedarf in kWh/(m² a)	Anteil an der erfassten Wohnfläche	berücksichtigte Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
<b>zentral</b>	Fernwärme	161,0	182,8	1%	14.908	2.726
	Erdgas	161,0	215,5	31%	462.148	99.570
	Heizöl	161,0	228,5	48%	715.584	163.482
	Kohle u. sonstiges	161,0	282,0	2%	29.816	8.407
<b>dezentral</b>	Erdgas	128,8	161,8	1%	14.908	2.413
	Heizöl	128,8	177,5	3%	44.724	7.937
	Strom	128,8	137,0	7%	104.356	14.300
	Kohle u. sonstiges	128,8	198,9	7%	104.356	20.756

**Tabelle C-1:** Endenergiebedarf des Ensemblegebäudes „**klein AL**“ hochgerechnet auf erfasste Wohnfläche (1.490.800.000 m²) für den Standardfall

Beheizung	Energieträger	spez. Heiz- wärmebedarf in kWh/(m² a)	spez. End- energiebedarf in kWh/(m² a)	Anteil an der erfassten Wohnfläche	berücksichtigte Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
<b>zentral</b>	Fernwärme	139,0	149,0	10%	97.200	14.484
	Erdgas	139,0	168,7	42%	408.240	68.862
	Heizöl	139,0	173,7	30%	291.600	50.648
	Kohle u. sonstiges	-	-	-	-	-
<b>dezentral</b>	Erdgas	118,2	149,1	4%	38.880	5.797
	Heizöl	118,2	164,3	2%	19.440	3.194
	Strom	118,2	126,5	7%	68.040	8.605
	Kohle u. sonstiges	118,2	185,1	5%	48.600	8.996

**Tabelle C-2:** Endenergiebedarf des Ensemblegebäudes „**groß AL**“ hochgerechnet auf erfasste Wohnfläche für den Standardfall

Beheizung	Energieträger	spez. Heiz- wärmebedarf in kWh/(m² a)	spez. End- energiebedarf in kWh/(m² a)	Anteil an der erfassten Wohnfläche	berücksichtigte Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
zentral	Fernwärme	-	-	-	-	-
	Erdgas	219,4	272,0	32%	68.032	18.507
	Heizöl	219,4	282,1	23%	48.898	13.794
	Kohle u. sonstiges	219,4	382,1	18%	38.268	14.622
dezentral	Erdgas	-	-	-	-	-
	Heizöl	-	-	-	-	-
	Strom	-	-	-	-	-
	Kohle u. sonstiges	175,5	272,3	27%	57.402	15.631

**Tabelle C-3:** Endenergiebedarf des Ensemblegebäudes „klein NL“ hochgerechnet auf den erfasste Wohnfläche (212.600.000 m²) für den Standardfall

Beheizung	Energieträger	spez. Heiz- wärmebedarf in kWh/(m² a)	spez. End- energiebedarf in kWh/(m² a)	Anteil an der erfassten Wohnfläche	berücksichtigte Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
zentral	Fernwärme	134,7	144,7	40%	107.640	15.579
	Erdgas	134,7	161,8	19%	51.129	8.270
	Heizöl	134,7	163,4	3%	8.073	1.319
	Kohle u. sonstiges	134,7	207,5	2%	5.382	1.116
dezentral	Erdgas	114,5	137,9	7%	18.837	2.598
	Heizöl	-	-	-	-	-
	Strom	-	-	-	-	-
	Kohle u. sonstiges	114,5	178,5	29%	78.039	13.926

**Tabelle C-4:** Endenergiebedarf des Ensemblegebäudes „groß NL“ hochgerechnet auf den erfasste Wohnfläche für den Standardfall

Energie-träger	Beheizung	Jahresendenergiebedarf in GWh/a				
		AL klein	AL groß	NL klein	NL groß	Summe
Fernwärme	zentral	2.726	14.484	-	15.579	32.788
Erdgas	zentral	99.570	68.862	18.507	8.270	206.016
	dezentral	2.413	5.797	-	2.598	
Heizöl	zentral	163.482	50.648	13.794	1.319	240.375
	dezentral	7.937	3.194	-	-	
Steinkohle u. sonstiges.	zentral	8.407	-	-	-	38.159
	dezentral	20.756	8.996	-	-	
Braunkohle und sonstiges	zentral	-	-	14.622	1.116	45.295
	dezentral	-	-	15.631	13.926	
Strom	dezentral	14.300	8.605	-	-	22.905
<b>Summe</b>		<b>319.591</b>	<b>160.586</b>	<b>62.554</b>	<b>42.809</b>	<b>585.539</b>

**Tabelle C-5:** Jahresendenergiebedarf für Raumheizung der Bundesrepublik Deutschland für den Bereich Haushalte

	Fernwärme			Zentralheizung mit Erdgas			Zentralheizung mit Heizöl			Zentralheizung mit Steinkohle		
	zen_1	Standard	zen_12	zen_1	Standard	zen_12	zen_1	Standard	zen_12	zen_1	Standard	zen_12
Spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)	105,3	161,0	287,9	105,3	161,0	287,9	105,3	161,0	287,9	105,3	161,0	287,9
spez. Jahresendenergiebedarf in kWh/(m² a)	127,0	182,8	309,7	150,6	215,5	352,7	159,6	228,5	374,8	199,1	282,0	438,2
Anlagennutzungsgrad	82,9%	88,0%	92,9%	69,9%	74,7%	81,6%	66,0%	70,5%	76,8%	52,9%	57,1%	0,657
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Min}} \leq Q \leq Q_{\text{Standard}}$	a= 21,27 b= 1,004			a= 27,98 b= 1,164			a= 29,48 b= 1,236			a= 42,36 b= 1,488		
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Standard}} < Q \leq Q_{\text{Max}}$	a= 21,84 b= 1,000			a= 41,27 b= 1,082			a= 42,74 b= 1,154			a= 83,73 b= 1,231		

**Tabelle C-6a:** Spezifischer Endenergiebedarf für die Raumheizung des Ensemblegebäudes „klein AL“ im Standardfall und für die

Varianten mit höchsten und geringsten Raumwärmebedarf, zentrale Beheizung

	Einzelofen mit Erdgas			Einzelofen mit Heizöl			Einzelofen mit Steinkohle			Einzelofen mit Strom		
	dez_1	Standard	dez_12	dez_1	Standard	dez_12	dez_1	Standard	dez_12	dez_1	Standard	dez_12
Spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)	84,5	128,8	230,3	84,5	128,8	230,3	84,5	128,8	230,3	84,5	128,8	230,3
spez. Jahresendenergiebedarf in kWh/(m² a)	107,9	161,8	285,1	120,6	177,5	306,8	138,0	198,9	336,9	92,0	137,0	239,8
Anlagennutzungsgrad	78,3%	79,6%	80,8%	70,1%	72,6%	75,1%	61,3%	64,8%	68,4%	91,9%	94,0%	0,960
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Min}} \leq Q \leq Q_{\text{Standard}}$	a= 4,88 b= 1,219			a= 12,07 b= 1,284			a= 21,57 b= 1,377			a= 6,03 b= 1,017		
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Standard}} < Q \leq Q_{\text{Max}}$	a= 5,40 b= 1,215			a= 13,34 b= 1,274			a= 23,83 b= 1,359			a= 6,67 b= 1,012		

**Tabelle C-6b:** Spezifischer Endenergiebedarf für die Raumheizung des Ensemblegebäudes „**klein AL**“ im Standardfall und für die Varianten mit höchsten und geringsten Raumwärmebedarf, dezentrale Beheizung

	Fernwärme			Zentralheizung mit Erdgas			Zentralheizung mit Heizöl		
	zen_1	Standard	zen_12	zen_1	Standard	zen_12	zen_1	Standard	zen_12
Spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)	91,5	139,0	246,9	91,5	139,0	246,9	91,5	139,0	246,9
spez. Jahresendenergiebedarf in kWh/(m² a)	101,3	149,0	256,9	115,2	168,7	285,8	118,5	173,7	296,2
Anlagennutzungsgrad	90,3%	93,3%	96,1%	79,4%	82,4%	86,4%	77,2%	80,0%	83,4%
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Min}} \leq Q \leq Q_{\text{Standard}}$	a= 9,66 b= 1,002			a= 12,47 b= 1,124			a= 12,28 b= 1,161		
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Standard}} < Q \leq Q_{\text{Max}}$	a= 9,97 b= 1,000			a= 17,65 b= 1,086			a= 15,80 b= 1,136		

**Tabelle C-7a:** Spezifischer Endenergiebedarf für die Raumheizung des Ensemblegebäudes „**groß AL**“ im Standardfall und für die Varianten mit höchsten und geringsten Raumwärmebedarf, zentrale Beheizung

	Einzelofen mit Erdgas			Einzelofen mit Heizöl			Einzelofen mit Steinkohle			Einzelofen mit Strom		
	dez_1	Standard	dez_12	dez_1	Standard	dez_12	dez_1	Standard	dez_12	dez_1	Standard	dez_12
Spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)	77,9	118,2	209,9	77,9	118,2	209,9	77,9	118,2	209,9	77,9	118,2	209,9
spez. Jahresendenergiebedarf in kWh/(m² a)	98,4	149,1	259,1	108,7	164,3	277,7	122,9	185,1	303,7	83,5	126,5	216,2
Anlagennutzungsgrad	79,2%	79,3%	81,0%	71,6%	71,9%	75,6%	63,3%	63,8%	69,1%	93,2%	93,4%	0,971
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Min}} \leq Q \leq Q_{\text{Standard}}$	a= 0,36 b= 1,258			a= 1,39 b= 1,379			a= 2,81 b= 1,543			a= 0,58 b= 1,065		
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Standard}} < Q \leq Q_{\text{Max}}$	a= 7,30 b= 1,200			a= 18,08 b= 1,237			a= 32,26 b= 1,293			a= 10,78 b= 0,979		

**Tabelle C-7b:** Spezifischer Endenergiebedarf für die Raumheizung des Ensemblegebäudes „**groß AL**“ im Standardfall und für die Varianten mit höchsten und geringsten Raumwärmebedarf, dezentrale Beheizung

	Zentralheizung mit Erdgas			Zentralheizung mit Heizöl			Zentralheizung mit Braunkohle		
	zen_1	Standard	zen_12	zen_1	Standard	zen_12	zen_1	Standard	zen_12
spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)	142,9	219,4	394,0	142,9	219,4	394,0	142,9	219,4	394,0
spez. Jahresendenergiebedarf in kWh/(m² a)	186,5	272,0	459,5	193,5	282,1	475,8	266,1	382,1	602,8
Anlagennutzungsgrad	76,6%	80,6%	85,7%	73,9%	77,8%	82,8%	53,7%	57,4%	65,4%
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Min}} \leq Q \leq Q_{\text{Standard}}$	a= 26,60 b= 1,119			a= 27,78 b= 1,159			a= 49,19 b= 1,518		
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Standard}} < Q \leq Q_{\text{Max}}$	a= 36,59 b= 1,073			a= 38,85 b= 1,109			a= 104,95 b= 1,264		

**Tabelle C-8a:** Spezifischer Endenergiebedarf für die Raumheizung des Ensemblegebäudes „**klein NL**“ im Standardfall und für die Varianten mit höchsten und geringsten Raumwärmebedarf, zentrale Beheizung

	Einzelofen mit Erdgas			Einzelofen mit Braunkohle		
	dez_1	Standard	dez_12	dez_1	Standard	dez_12
spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)	114,5	175,5	315,2	114,5	175,5	315,2
spez. Jahresendenergiebedarf in kWh/(m² a)	137,8	211,4	379,8	187,6	272,3	459,7
Anlagennutzungsgrad	83,1%	83,0%	83,0%	61,0%	64,4%	68,6%
Ausgleichsfunktion für $Q''_{\text{Min}} < Q'' < Q''_{\text{Standard}}$	a=	-0,52		a=	28,56	
	b=	1,208		b=	1,389	
Ausgleichsfunktion für $Q''_{\text{Standard}} < Q'' < Q''_{\text{Max}}$	a=	0,00		a=	37,07	
	b=	1,205		b=	1,341	

**Tabelle C-8b:** Spezifischer Endenergiebedarf für die Raumheizung des Ensemblegebäudes „**klein NL**“ im Standardfall und für die Varianten mit höchsten und geringsten Raumwärmebedarf, dezentrale Beheizung

	Fernwärme			Zentralheizung mit Erdgas			Zentralheizung mit Heizöl			Zentralheizung mit Braunkohle		
	zen_1	Standard	zen_12	zen_1	Standard	zen_12	zen_1	Standard	zen_12	zen_1	Standard	zen_12
spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)	83,39	134,66	239,85	83,39	134,66	239,85	83,39	134,66	239,85	83,39	134,66	239,85
spez. Jahresendenergiebedarf in kWh/(m² a)	98,29	144,73	249,91	110,29	161,75	274,87	111,41	163,42	277,84	143,09	207,45	336,89
Anlagennutzungsgrad	84,8%	93,0%	96,0%	75,6%	83,3%	87,3%	74,8%	82,4%	86,3%	58,3%	64,9%	0,712
Ausgleichsfunktion für $Q''_{\text{Min}} < Q'' < Q''_{\text{Standard}}$	a=	22,76		a=	26,59		a=	26,82		a=	38,41	
	b=	0,906		b=	1,004		b=	1,014		b=	1,255	
Ausgleichsfunktion für $Q''_{\text{Standard}} < Q'' < Q''_{\text{Max}}$	a=	10,08		a=	16,94		a=	16,94		a=	41,75	
	b=	1,000		b=	1,075		b=	1,088		b=	1,231	

**Tabelle C-9a:** Spezifischer Endenergiebedarf für die Raumheizung des Ensemblegebäudes „**groß NL**“ im Standardfall und für die



Varianten mit höchsten und geringsten Raumwärmebedarf, zentrale Beheizung

	Einzelofen mit Erdgas			Einzelofen mit Braunkohle		
	dez_1	Standard	dez_12	dez_1	Standard	dez_12
spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)	75,44	114,47	203,87	75,44	114,47	203,87
spez. Jahresendenergiebedarf in kWh/(m² a)	90,84	137,91	245,63	121,98	178,45	295,59
Anlagennutzungsgrad	83,0%	83,0%	83,0%	61,8%	64,1%	69,0%
Ausgleichsfunktion für $Q''_{\text{Min}} < Q'' < Q''_{\text{Standard}}$	a=	-0,14		a=	12,83	
	b=	1,206		b=	1,447	
Ausgleichsfunktion für $Q''_{\text{Standard}} < Q'' < Q''_{\text{Max}}$	a=	-0,02		a=	28,46	
	b=	1,205		b=	1,310	

**Tabelle C-9b:** Spezifischer Endenergiebedarf für die Raumheizung des Ensemblegebäudes „**groß NL**“ im Standardfall und für die Varianten mit höchsten und geringsten Raumwärmebedarf, dezentrale Beheizung

	Fernwärme			Zentralheizung mit Erdgas			Zentralheizung mit Heizöl		
	zen_1	Standard	zen_12	zen_1	Standard	zen_12	zen_1	Standard	zen_12
spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)	61,2	87,5	166,6	61,2	87,5	166,6	61,2	87,5	166,6
spez. Jahresendenergiebedarf in kWh/(m² a)	70,9	96,3	175,5	68,9	93,0	169,2	78,4	105,8	191,2
Anlagennutzungsgrad	86,2%	90,8%	95,0%	88,7%	94,1%	98,5%	78,0%	82,7%	87,2%
Ausgleichsfunktion für $Q''_{\text{Min}} < Q'' < Q''_{\text{Standard}}$	a=	11,95		a=	13,07		a=	14,87	
	b=	0,964		b=	0,913		b=	1,039	
Ausgleichsfunktion für $Q''_{\text{Standard}} < Q'' < Q''_{\text{Max}}$	a=	8,80		a=	8,77		a=	11,30	
	b=	1,000		b=	0,962		b=	1,080	

**Tabelle C-10a:** Spezifischer Endenergiebedarf für die Raumheizung des Ensemblegebäudes „**klein Neubau – 2005**“ im Standardfall und für die Varianten mit höchsten und geringsten Raumwärmebedarf, zentrale Beheizung

	Einzelofen mit Erdgas			Einzelofen mit Strom		
	dez_1	Standard	dez_12	dez_1	Standard	dez_12
spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)	49,7	70,0	133,3	49,7	70,0	133,3
spez. Jahresendenergiebedarf in kWh/(m² a)	58,6	81,9	156,0	53,0	73,2	136,2
Anlagennutzungsgrad	84,9%	85,5%	85,5%	93,8%	95,6%	97,9%
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Min}} \leq Q \leq Q_{\text{Standard}}$	a= 1,45 b= 1,149			a= 3,40 b= 0,998		
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Standard}} < Q \leq Q_{\text{Max}}$	a= -0,04 b= 1,170			a= 3,58 b= 0,995		

**Tabelle C-10b:** Spezifischer Endenergiebedarf für die Raumheizung des Ensemblegebäudes „**klein Neubau – 2005**“ im Standardfall und für die Varianten mit höchsten und geringsten Raumwärmebedarf, dezentrale Beheizung

	Fernwärme			Zentralheizung mit Erdgas			Zentralheizung mit Heizöl		
	zen_1	Standard	zen_12	zen_1	Standard	zen_12	zen_1	Standard	zen_12
spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)	57,3	80,7	153,9	57,3	80,7	153,9	57,3	80,7	153,9
spez. Jahresendenergiebedarf in kWh/(m² a)	61,5	84,9	158,2	58,8	80,8	150,4	67,0	92,2	171,9
Anlagennutzungsgrad	93,2%	95,1%	97,3%	97,4%	99,8%	102,4%	85,5%	87,5%	89,5%
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Min}} < Q < Q_{\text{Standard}}$	a= 4,06 b= 1,002			a= 4,91 b= 0,941			a= 5,09 b= 1,080		
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Standard}} < Q < Q_{\text{Max}}$	a= 4,18 b= 1,000			a= 4,31 b= 0,949			a= 4,47 b= 1,088		

**Tabelle C-11a:** Spezifischer Endenergiebedarf für die Raumheizung des Ensemblegebäudes „**groß Neubau – 2005**“ im Standardfall und für die Varianten mit höchsten und geringsten Raumwärmebedarf, zentrale Beheizung

	Einzelofen mit Erdgas			Einzelofen mit Strom		
	dez_1	Standard	dez_12	dez_1	Standard	dez_12
spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)	48,7	68,6	130,8	48,7	68,6	130,8
spez. Jahresendenergiebedarf in kWh/(m² a)	57,2	80,2	153,1	51,6	71,3	133,2
Anlagennutzungsgrad	85,1%	85,5%	85,5%	94,3%	96,2%	98,2%
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Min}} \leq Q \leq Q_{\text{Standard}}$	a= 0,81 b= 1,158			a= 3,45 b= 0,989		
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Standard}} < Q \leq Q_{\text{Max}}$	a= 0,00 b= 1,170			a= 3,13 b= 0,994		

**Tabelle C-11b:** Spezifischer Endenergiebedarf für die Raumheizung des Ensemblegebäudes „**groß Neubau – 2005**“ im Standardfall und für die Varianten mit höchsten und geringsten Raumwärmebedarf, dezentrale Beheizung

	Fernwärme			Zentralheizung mit Erdgas			Zentralheizung mit Heizöl		
	zen_1	Standard	zen_12	zen_1	Standard	zen_12	zen_1	Standard	zen_12
spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)	50,5	71,2	136,0	43,9	71,2	136,0	43,9	71,2	136,0
spez. Jahresendenergiebedarf in kWh/(m² a)	59,2	80,0	144,7	57,3	76,9	138,6	59,4	79,8	144,3
Anlagennutzungsgrad	85,3%	89,0%	93,9%	76,5%	92,6%	98,1%	73,8%	89,2%	94,2%
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Min}} < Q < Q_{\text{Standard}}$	a= 8,63 b= 1,002			a= 25,96 b= 0,716			a= 26,65 b= 0,747		
Ausgleichsfunktion für	a= 8,78			a= 9,11			a= 8,95		

$Q_{\text{Standard}} < Q'' < Q''_{\text{Max}}$	b= 1,000	b= 0,952	b= 0,996
--	----------	----------	----------

**Tabelle C-12a:** Spezifischer Endenergiebedarf für die Raumheizung des Ensemblegebäudes „**klein Neubau – 2020**“ im Standardfall und für die Varianten mit höchsten und geringsten Raumwärmebedarf, zentrale Beheizung

	Einzelofen mit Erdgas			Einzelofen mit Strom		
	dez_1	Standard	dez_12	dez_1	Standard	dez_12
spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)	40,4	56,9	108,8	40,4	56,9	108,8
spez. Jahresendenergiebedarf in kWh/(m² a)	46,0	64,4	123,1	42,5	59,5	110,6
Anlagennutzungsgrad	87,9%	88,4%	88,4%	95,1%	95,7%	98,4%
Ausgleichsfunktion für $Q''_{\text{Min}} \leq Q'' \leq Q''_{\text{Standard}}$	a= 0,87 b= 1,116			a= 0,89 b= 1,030		
Ausgleichsfunktion für $Q''_{\text{Standard}} < Q'' \leq Q''_{\text{Max}}$	a= 0,04 b= 1,131			a= 3,46 b= 0,985		

**Tabelle C-12b:** Spezifischer Endenergiebedarf für die Raumheizung des Ensemblegebäudes „**klein Neubau – 2020**“ im Standardfall und für die Varianten mit höchsten und geringsten Raumwärmebedarf, dezentrale Beheizung

	Fernwärme			Zentralheizung mit Erdgas			Zentralheizung mit Heizöl		
	zen_1	Standard	zen_12	zen_1	Standard	zen_12	zen_1	Standard	zen_12
spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)	48,3	68,1	130,4	48,3	68,1	130,4	48,3	68,1	130,4
spez. Jahresendenergiebedarf in kWh/(m² a)	52,4	72,3	134,7	50,1	69,0	127,6	52,0	71,5	132,7
Anlagennutzungsgrad	92,1%	94,2%	96,9%	96,3%	98,7%	102,2%	92,9%	95,2%	98,3%
Ausgleichsfunktion für $Q''_{\text{Min}} < Q'' < Q''_{\text{Standard}}$	a= 3,90 b= 1,005			a= 4,30 b= 0,950			a= 4,31 b= 0,987		
Ausgleichsfunktion für $Q''_{\text{Standard}} < Q'' < Q''_{\text{Max}}$	a= 4,21 b= 1,000			a= 4,93 b= 0,940			a= 4,77 b= 0,981		

**Tabelle C-13a:** Spezifischer Endenergiebedarf für die Raumheizung des Ensemblegebäudes „**groß Neubau – 2020**“ im Standardfall und für die Varianten mit höchsten und geringsten Raumwärmebedarf, zentrale Beheizung

	Einzelofen mit Erdgas			Einzelofen mit Strom		
	dez_1	Standard	dez_12	dez_1	Standard	dez_12
spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)	41,0	57,9	110,9	41,0	57,9	110,9
spez. Jahresendenergiebedarf in kWh/(m² a)	46,5	65,5	125,4	43,1	60,3	112,5
Anlagennutzungsgrad	88,1%	88,4%	88,4%	95,2%	96,0%	98,5%
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Min}} \leq Q \leq Q_{\text{Standard}}$	a= 0,48 b= 1,123			a= 1,13 b= 1,023		
Ausgleichsfunktion für $Q_{\text{Standard}} < Q \leq Q_{\text{Max}}$	a= -0,01 b= 1,131			a= 3,29 b= 0,985		

**Tabelle C-13b:** Spezifischer Endenergiebedarf für die Raumheizung des Ensemblegebäudes „**groß Neubau – 2020**“ im Standardfall und für die Varianten mit höchsten und geringsten Raumwärmebedarf, dezentrale Beheizung

Energieträger	Beheizung	Endenergiebedarf Ensemblegebäude in GWh/a				Summe
		AL klein	AL groß	NL klein	NL groß	
Fernheizung	zentral	1.893	9.848	-	10.580	22.321
Erdgas	zentral	69.599	47.037	12.691	5.639	142.111
	dezentral	1.609	3.824	-	1.711	
Heizöl	zentral	114.229	34.540	9.462	899	166.639
	dezentral	5.395	2.114	-	-	
Steinkohle	zentral	5.935	-	-	-	26.307
	dezentral	14.397	5.974	-	-	
Braunkohle	zentral	-	-	10.184	770	31.243
	dezentral	-	-	10.769	9.519	
Strom	dezentral	9.602	5.683	-	-	15.285
<b>Summe</b>						<b>403.905</b>

**Tabelle C-14:** Endenergiebedarf für die Raumheizung der Bundesrepublik Deutschland für den Bereich Haushalte und die Variante des niedrigsten Heizwärmebedarfs

Energieträger	Beheizung	Endenergiebedarf Ensemblegebäude GWh/a				Summe
		AL klein	AL groß	NL klein	NL groß	
Fernwärme	zentral	4.617	23.997	-	26.900	55.514
Erdgas	zentral	163.000	116.691	31.263	14.054	343.958
	dezentral	4.251	10.073	-	4.627	
Heizöl	zentral	268.201	86.363	23.266	2.243	399.194
	dezentral	13.722	5.399	-	-	
Steinkohle	zentral	13.063	-	-	-	62.975
	dezentral	35.153	14.758	-	-	
Braunkohle	zentral	-	-	23.068	1.813	74.333
	dezentral	-	-	26.385	23.068	
Strom	dezentral	25.020	14.711	-	-	39.731
<b>Summe</b>						<b>975.705</b>

**Tabelle C-15:** Endenergiebedarf für die Raumheizung der Bundesrepublik Deutschland für den Bereich Haushalte und die Variante des höchsten Heizwärmebedarfs

Variante	Beheizungart	Energieträger	spez.Heiz- wärmebedarf in kWh/(m² a)	spez. End- energiebedarf in kWh/(m² a)	berücksichtigte Wohnfläche in 1000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
klein AL 1	zentral	Fernwärme	116,1	137,8	1.491	205
		Erdgas	116,1	163,2	46.215	7.542
		Heizöl	116,1	173,0	71.558	12.380
		Kohle u. sonstiges	116,1	215,2	2.982	642
klein AL 2	zentral	Fernwärme	139,7	161,5	2.982	482
		Erdgas	139,7	190,7	92.430	17.627
		Heizöl	139,7	202,2	143.117	28.938
		Kohle u. sonstiges	139,7	250,3	5.963	1.493
klein AL 3	zentral	Fernwärme	150,4	172,2	7.454	1.283
		Erdgas	150,4	203,1	231.074	46.925
		Heizöl	150,4	215,3	357.792	77.040
		Kohle u. sonstiges	150,4	266,1	14.908	3.967
klein AL 4	zentral	Fernwärme	161,0	182,8	2.982	545
		Erdgas	161,0	215,5	92.430	19.914
		Heizöl	161,0	228,5	143.117	32.696
		Kohle u. sonstiges	161,0	282,0	5.963	1.681
klein AL 5	dezentral	Erdgas	101,4	128,4	4.472	574
		Heizöl	101,4	142,2	13.417	1.909
		Strom	101,4	109,1	31.307	3.416
		Kohle u. sonstiges	101,4	161,1	31.307	5.045
klein AL 6	dezentral	Erdgas	84,5	107,9	10.436	1.126
		Heizöl	84,5	120,6	31.307	3.777
		Strom	84,5	92,0	73.049	6.721
		Kohle u. sonstiges	84,5	138,0	73.049	10.078
klein NL 1	zentral	Fernwärme	-	-	-	-
		Erdgas	204,9	255,8	20.410	5.222
		Heizöl	204,9	265,3	14.669	3.892
		Kohle u. sonstiges	204,9	360,1	11.480	4.134
klein NL 2	zentral	Fernwärme	-	-	-	-
		Erdgas	219,3	272,0	47.622	12.955
		Heizöl	219,3	282,1	34.229	9.655
		Kohle u. sonstiges	219,3	382,1	26.788	10.235
klein NL 3	dezentral	Erdgas	-	-	-	-
		Heizöl	-	-	-	-
		Strom	-	-	-	-
		Kohle u. sonstiges	137,9	220,2	17.221	3.791

**Tabelle C-16a:** Beispielrechnung, Einzelergebnisse



klein NL 4	dezentral	Erdgas	-	-	-	-
		Heizöl	-	-	-	-
		Strom	-	-	-	-
		Kohle u. sonstiges	175,5	272,3	40.181	10.942
groß AL 1	zentral	Fernwärme	109,6	119,5	29.160	3.484
		Erdgas	109,6	135,6	122.472	16.602
		Heizöl	109,6	139,5	87.480	12.200
		Kohle u. sonstiges	-	-	-	-
groß AL 2	zentral	Fernwärme	91,5	101,4	9.720	985
		Erdgas	91,5	115,3	40.824	4.705
		Heizöl		118,5	29.160	3.455
		Kohle u. sonstiges	-	-	-	-
groß AL 3	zentral	Fernwärme	139,0	149,0	58.320	8.690
		Erdgas	139,0	168,7	244.944	41.317
		Heizöl	139,0	173,7	174.960	30.389
		Kohle u. sonstiges	-	-	-	-
groß AL 4	dezentral	Erdgas	77,8	98,2	0	0
		Heizöl	77,8	108,6	0	0
		Strom	77,8	83,4	68.040	5.675
		Kohle u. sonstiges	77,8	122,8	0	0
groß AL 5	dezentral	Erdgas	118,2	149,1	38.880	5.797
		Heizöl	118,2	164,3	19.440	3.194
		Strom	118,2	126,5	0	0
		Kohle u. sonstiges	118,2	185,1	48.600	8.996
groß NL 1	zentral	Fernwärme	134,7	144,7	107.640	15.579
		Erdgas	134,7	161,8	51.129	8.270
		Heizöl	134,7	163,4	8.073	1.319
		Kohle u. sonstiges	134,7	207,5	5.382	1.116
	dezentral	Erdgas	114,5	137,9	18.837	2.598
		Heizöl	-	-	-	-
		Strom	-	-	-	-
		Kohle u. sonstiges	114,5	178,5	78.039	13.926
Summe					2.944.502	535.129

**Tabelle C-16b:** Beispielrechnung, Einzelergebnisse, Fortsetzung

## 8 Anhang D: Endenergiebedarf für Haushalte

Warmwasserbereitung	spez. Netto- wärmebedarf in kWh/(m <sup>2</sup> a)	Verteilsystem- verluste in kWh/(m <sup>2</sup> a)	spez. End- Energiebedarf In kWh/(m <sup>2</sup> a)	Anteil an der erfassten Wohnfläche %	berücksichtigte Wohnfläche 1000 m <sup>2</sup>	Endenergie- bedarf in GWh/a
Fernwärme	17,3	17,6	35,1	1%	14.908	523
Erdgas-Zentral	17,3	17,6	46,5	18%	268.344	12.481
Heizöl-Zentral	17,3	17,6	45,9	37%	551.596	25.329
Steinkohle u. sonstiges	17,3	17,6	60,5	2%	29.816	1.804
Elektro-Durchlauf	17,3	0,21	19,7	15%	223.620	4.408
Elektro-Speicher	17,3	0,21	28,9	21%	313.068	9.060
Erdgas-Durchlauf	17,3	0,21	34,1	6%	89.448	3.047
<b>Summe</b>						<b>56.652</b>

**Tabelle D-1:** Endenergiebedarf des Ensemblegebäudes „klein AL“ hochgerechnet für die erfasste Wohnfläche (1.490.800.000 m<sup>2</sup>) für den Standardfall

Warmwasserbereitung	spez.Netto- wärmebedarf in kWh/(m² a)	Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. End- energiebedarf in kWh/(m² a)	Anteil an der erfassten Wohnfläche %	berücksichtigte Wohnfläche 1000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
Fernwärme	19,2	18,0	37,3	7%	68.040	2.541
Erdgas-Zentral	19,2	18,0	42,7	15%	145.800	6.227
Heizöl-Zentral	19,2	18,0	43,8	23%	223.560	9.790
Steinkohle u. sonstiges	-	-	-	-	-	-
Elektro-Durchlauf	19,2	0,24	20,4	18%	174.960	3.562
Elektro-Speicher	19,2	0,24	22,6	26%	252.720	5.717
Erdgas-Durchlauf	19,2	0,24	27,2	8%	77.760	2.114
Erdgas-Speicher	19,2	0,24	35,1	3%	29.160	1.022
<b>Summe</b>	<b>30.972</b>					

**Tabelle D-2:** Endenergiebedarf des Ensemblegebäudes „**groß AL**“ hochgerechnet für die erfasste Wohnfläche (972.000.000 m²) für den Standardfall

Warmwasserbereitung	spez.Netto- wärmebedarf in kWh/(m² a)	Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. End- energiebedarf in kWh/(m² a)	Anteil an der erfassten Wohnfläche %	berücksichtigte Wohnfläche 1000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
Fernwärme	-	-	-	-	-	-
Erdgas-Zentral	20,3	17,4	50,6	19%	40.394	2.044
Heizöl-Zentral	20,3	17,4	49,3	7%	14.882	733
Steinkohle u. sonstiges	-	-	-	-	-	-
Elektro-Durchlauf	20,3	0,25	23,9	11%	23.386	559
Elektro-Speicher	20,3	0,25	38,4	17%	36.142	1.388
Erdgas-Durchlauf	20,3	0,25	44,9	26%	55.276	2.484
Erdgas-Speicher	-	-	-	-	-	-
Braunkohle-Speicher	20,3	0,3	51,4	20%	42.520	2.184
<b>Summe</b>						<b>9.392</b>

**Tabelle D-3:** Endenergiebedarf des Ensemblegebäudes „**klein NL**“ hochgerechnet für die erfasste Wohnfläche (212.600.000 m²) für den Standardfall

Warmwasserbereitung	spez.Netto- wärmebedarf in kWh/(m² a)	Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. End- energiebedarf in kWh/(m² a)	Anteil an der erfassten Wohnfläche %	berücksichtigte Wohnfläche 1000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
Fernwärme	23,0	18,8	42,0	40%	107.640	4.520
Erdgas-Zentral	23,0	18,8	48,1	6%	16.146	776
Heizöl-Zentral	23,0	18,8	49,3	2%	5.382	265
Steinkohle u. sonstiges	23,0	-	-	-	-	-
Elektro-Durchlauf	23,0	0,29	25,7	8%	21.528	554
Elektro-Speicher	23,0	0,29	35,3	11%	29.601	1.043
Erdgas-Durchlauf	23,0	0,29	41,7	21%	56.511	2.356
Erdgas-Speicher	23,0	0,29	73,1	7%	18.837	1.377
Braunkohle-Speicher	23,0	0,29	58,2	5%	13.455	783
<b>Summe</b>						<b>11.674</b>

**Tabelle D-4:** Endenergiebedarf des Ensemblegebäudes „**groß NL**“ hochgerechnet für die erfasste Wohnfläche (269.100.000 m²) für den Standardfall

Energieträger	WW-Bereitung	Endenergiebedarf Ensemblegebäude in GWh/a				Endenergiebedarf der Energieträger GWh/a
		AL klein	AL groß	NL klein	NL groß	
Fernwärme	zentral	523	2.541	-	4.520	7.584
Erdgas	zentral	12.481	6.227	2.044	776	33.927
	dezentral	3.047	3.136	2.484	3.733	
Heizöl	zentral	25.329	9.790	733	265	36.117
Steinkohle und sonstiges Braunkohle und sonstiges	zentral	1.804	-	-	-	1.804
	dezentral	-	-	2.184	783	2.968
Strom	dezentral	13.468	9.279	1.947	1.598	26.291
<b>Summe</b>						<b>108.691</b>

**Tabelle D-5:** Endenergiebedarf für die Warmwasserbereitung hochrechnet auf die gesamte Wohnfläche (2.944 Mio m<sup>2</sup>) der Bundesrepublik Deutschland

				Warmwasserbereitung mittels					
				Fernwärme			Erdsas – zentral		
Warm-wasserbedarf in l/Person	Personen- belegung in m²/Pers	spez. Nettowärme- bedarf in kWh/(m² a)	spez. Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie -bedarf in GWh/a
30	35	14,8	17,6	32,6	14.908	485	43,6	268.344	11.702
	40	12,9	17,5	30,7	14.908	457	41,4	268.344	11.117
	44	11,8	17,5	29,4	14.908	439	40,1	268.344	10.747
40	35	19,7	17,7	37,7	14.908	561	49,4	268.344	13.259
	<b>40</b>	<b>17,3</b>	<b>17,6</b>	<b>35,1</b>	<b>14.908</b>	<b>523</b>	<b>46,5</b>	<b>268.344</b>	<b>12.481</b>
	44	15,7	17,6	33,5	14.908	499	44,7	268.344	11.984
50	35	24,6	17,9	42,8	14.908	637	55,2	268.344	14.813
	40	21,6	17,8	39,6	14.908	590	51,6	268.344	13.841
	44	19,6	17,7	37,5	14.908	560	49,3	268.344	13.221

				Warmwasserbereitung mittels					
				Heizöl – zentral			Kohle und sonstiges – zentral		
Warm-wasserbedarf in l/Person	Personen- belegung in m²/Pers	spez. Nettowärme- bedarf in kWh/(m² a)	spez. Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie -bedarf in GWh/a
30	35	14,8	17,6	43,0	551.596	23.708	57,4	29.816	1.710
	40	12,9	17,5	40,8	551.596	22.489	55,0	29.816	1.639
	44	11,8	17,5	39,4	551.596	21.716	53,5	29.816	1.594
40	35	19,7	17,7	48,9	551.596	26.951	63,7	29.816	1.899
	<b>40</b>	<b>17,3</b>	<b>17,6</b>	<b>45,9</b>	<b>551.596</b>	<b>25.329</b>	<b>60,5</b>	<b>29.816</b>	<b>1.804</b>
	44	15,7	17,6	44,1	551.596	24.298	58,5	29.816	1.744
50	35	24,6	17,9	54,8	551.596	30.200	70,0	29.816	2.088
	40	21,6	17,8	51,1	551.596	28.170	66,1	29.816	1.970
	44	19,6	17,7	48,7	551.596	26.879	63,6	29.816	1.895

**Tabelle D-7a:** Endenergiebedarf der untersuchten Varianten der Warmwasserbereitung für das Ensemblegebäude „klein AL“, zentrale Warmwasserbereitung

				Warmwasserbereitung mittels					
				Elektro-Durchlauf			Elektro-Speicher		
Warm-wasserbedarf in l/Person	Personen- belegung in m²/Pers	spez. Nettowärme- bedarf in kWh/(m² a)	spez. Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
30	35	14,8	0,18	17,2	223.620	3.837	26,5	313.068	8.284
	40	12,9	0,16	15,3	223.620	3.410	24,6	313.068	7.698
	44	11,8	0,15	14,0	223.620	3.137	23,4	313.068	7.329
<b>40</b>	35	19,7	0,25	22,3	223.620	4.978	31,4	313.068	9.840
	<b>40</b>	<b>17,3</b>	<b>0,21</b>	<b>19,7</b>	<b>223.620</b>	<b>4.408</b>	<b>28,9</b>	<b>313.068</b>	<b>9.060</b>
	44	15,7	0,20	18,1	223.620	4.045	27,4	313.068	8.566
50	35	24,6	0,31	27,4	223.620	6.118	36,4	313.068	11.396
	40	21,6	0,27	24,2	223.620	5.405	33,3	313.068	10.422
	44	19,6	0,24	22,1	223.620	4.951	31,3	313.068	9.802

				Warmwasserbereitung mittels		
				Erdgas-Durchlauf		
Warm-wasserbedarf in l/Person	Personen- belegung in m²/Pers	spez. Nettowärme- bedarf in kWh/(m² a)	spez. Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
30	35	14,8	0,18	31,0	89.448	2.776
	40	12,9	0,16	28,8	89.448	2.573
	44	11,8	0,15	27,3	89.448	2.444
<b>40</b>	35	19,7	0,25	37,1	89.448	3.318
	<b>40</b>	<b>17,3</b>	<b>0,21</b>	<b>34,1</b>	<b>89.448</b>	<b>3.047</b>
	44	15,7	0,20	32,1	89.448	2.875
50	35	24,6	0,31	43,1	89.448	3.859
	40	21,6	0,27	39,4	89.448	3.521
	44	19,6	0,24	37,0	89.448	3.305

**Tabelle D-7b:** Endenergiebedarf der untersuchten Varianten der Warmwasserbereitung für das Ensemblegebäude „klein AL“, dezentrale Warmwasserbereitung



				Warmwasserbereitung mittels					
				Fernwärme			Erdsas – zentral		
Warm- wasserbedarf in l/Person	Personen- belegung in m²/Pers	spez. Nettowärme- bedarf in kWh/(m² a)	spez. Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
30	31	16,7	17,9	34,8	68.040	2.365	39,9	145.800	5.820
	36	14,4	17,8	32,4	68.040	2.201	37,3	145.800	5.440
	39	13,3	17,7	31,2	68.040	2.122	36,1	145.800	5.258
<b>40</b>	31	22,3	18,1	40,6	68.040	2.760	46,2	145.800	6.736
	<b>36</b>	<b>19,2</b>	<b>18,0</b>	<b>37,3</b>	<b>68.040</b>	<b>2.541</b>	<b>42,7</b>	<b>145.800</b>	<b>6.227</b>
	39	17,7	17,9	35,8	68.040	2.436	41,1	145.800	5.985
50	31	27,8	18,4	46,4	68.040	3.154	52,5	145.800	7.652
	36	24,0	18,2	42,3	68.040	2.880	48,1	145.800	7.016
	39	22,1	18,1	40,4	68.040	2.749	46,0	145.800	6.713

				Warmwasserbereitung mittels		
				Heizöl – zentral		
Warm- wasserbedarf in l/Person	Personen- belegung in m²/Pers	spez. Nettowärme- bedarf in kWh/(m² a)	spez. Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
30	31	16,7	17,9	40,9	223.560	9.137
	36	14,4	17,8	38,1	223.560	8.524
	39	13,3	17,7	36,8	223.560	8.231
<b>40</b>	31	22,3	18,1	47,5	223.560	10.608
	<b>36</b>	<b>19,2</b>	<b>18,0</b>	<b>43,8</b>	<b>223.560</b>	<b>9.790</b>
	39	17,7	17,9	42,1	223.560	9.401
50	31	27,8	18,4	54,0	223.560	12.077
	36	24,0	18,2	49,5	223.560	11.057
	39	22,1	18,1	47,3	223.560	10.570

**Tabelle D-8a:** Endenergiebedarf der untersuchten Varianten der Warmwasserbereitung für das Ensemblegebäude „groß AL“, zentrale Warmwasserbereitung

				Warmwasserbereitung mittels					
				Elektro – Durchlauf			Elektro – Speicher		
Warm- wasserbedarf in l/Person	Personen- belegung in m²/Pers	spez. Nettowärme- bedarf in kWh/(m² a)	spez. Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie -bedarf in GWh/a
30	31	16,7	0,21	17,8	174.960	3.114	20,1	252.720	5.090
	36	14,4	0,18	15,4	174.960	2.694	17,8	252.720	4.493
	39	13,3	0,17	14,3	174.960	2.495	16,7	252.720	4.210
40	31	22,3	0,28	23,6	174.960	4.120	25,7	252.720	6.505
	<b>36</b>	<b>19,2</b>	<b>0,24</b>	<b>20,4</b>	<b>174.960</b>	<b>3.562</b>	<b>22,6</b>	<b>252.720</b>	<b>5.717</b>
	39	17,7	0,22	18,8	174.960	3.294	21,1	252.720	5.340
50	31	27,8	0,35	29,3	174.960	5.128	31,4	252.720	7.928
	36	24,0	0,30	25,3	174.960	4.428	27,5	252.720	6.940
	39	22,1	0,28	23,4	174.960	4.096	25,6	252.720	6.470

				Warmwasserbereitung mittels					
				Erdgas – Durchlauf			Erdgas – Speicher		
Warm- wasserbedarf in l/Person	Personen- belegung in m²/Pers	spez. Nettowärme- bedarf in kWh/(m² a)	spez. Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie -bedarf in GWh/a
30	31	16,7	0,21	24,1	77.760	1.876	32,2	29.160	937
	36	14,4	0,18	21,3	77.760	1.657	29,4	29.160	858
	39	13,3	0,17	20,0	77.760	1.551	28,1	29.160	820
40	31	22,3	0,28	31,0	77.760	2.410	38,7	29.160	1.128
	<b>36</b>	<b>19,2</b>	<b>0,24</b>	<b>27,2</b>	<b>77.760</b>	<b>2.114</b>	<b>35,1</b>	<b>29.160</b>	<b>1.022</b>
	39	17,7	0,22	25,4	77.760	1.974	33,3	29.160	971
50	31	27,8	0,35	37,8	77.760	2.941	45,2	29.160	1.319
	36	24,0	0,30	33,1	77.760	2.572	40,7	29.160	1.186
	39	22,1	0,28	30,8	77.760	2.396	38,5	29.160	1.123

**Tabelle D-8b:** Endenergiebedarf der untersuchten Varianten der Warmwasserbereitung für das Ensemblegebäude „groß AL“, dezentrale Warmwasserbereitung

				Warmwasserbereitung mittels					
				Erdgas – zentral			Öl – zentral		
Warm- wasserbedarf in l/Person	Personen- belegung in m²/Pers	spez. Nettowärme- bedarf in kWh/(m² a)	spez. Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
30	30	17,3	17,3	47,0	40.394	1.898	46,5	14.882	693
	34	15,2	17,2	44,6	40.394	1.800	42,5	14.882	632
	44	11,8	17,1	40,4	40.394	1.633	37,7	14.882	562
40	30	23,0	17,4	53,8	40.394	2.175	54,7	14.882	814
	<b>34</b>	<b>20,3</b>	<b>17,4</b>	<b>50,6</b>	<b>40.394</b>	<b>2.044</b>	<b>49,3</b>	<b>14.882</b>	<b>733</b>
	44	15,7	17,2	45,1	40.394	1.822	43,0	14.882	640
50	30	28,8	17,6	60,7	40.394	2.452	62,9	14.882	936
	34	25,4	17,5	56,7	40.394	2.289	56,1	14.882	834
	44	19,6	17,3	49,8	40.394	2.011	48,2	14.882	718

**Tabelle D-9a:** Endenergiebedarf der untersuchten Varianten der Warmwasserbereitung für das Ensemblegebäude „klein NL“, zentrale Warmwasserbereitung

				Warmwasserbereitung mittels					
				Elektro – Durchlauf			Elektro – Speicher		
Warm- wasserbedarf in l/Person	Personen- belegung in m²/Pers	spez. Nettowärme- bedarf in kWh/(m² a)	spez. Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie -bedarf in GWh/a
30	30	17,3	0,21	20,7	23.386	485	35,3	36.142	1.277
	34	15,2	0,19	18,6	23.386	436	33,3	36.142	1.203
	44	11,8	0,15	15,1	23.386	352	29,8	36.142	1.077
40	30	23,0	0,29	26,7	23.386	624	41,1	36.142	1.487
	34	<b>20,3</b>	<b>0,25</b>	<b>23,9</b>	<b>23.386</b>	<b>559</b>	<b>38,4</b>	<b>36.142</b>	<b>1.388</b>
	44	15,7	0,20	19,1	23.386	447	33,8	36.142	1.220
50	30	28,8	0,36	32,6	23.386	763	46,9	36.142	1.696
	34	25,4	0,32	29,1	23.386	681	43,5	36.142	1.573
	44	19,6	0,24	23,2	23.386	542	37,7	36.142	1.363

				Warmwasserbereitung mittels					
				Gas – Durchlauf			Kohle – Speicher		
Warm- wasserbedarf in l/Person	Personen- belegung in m²/Pers	spez. Nettowärme- bedarf in kWh/(m² a)	spez. Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie -bedarf in GWh/a
30	30	17,3	0,21	41,2	55.276	2.277	43,7	42.520	1.856
	34	15,2	0,19	38,7	55.276	2.139	38,5	42.520	1.638
	44	11,8	0,15	34,5	55.276	1.904	29,8	42.520	1.266
40	30	23,0	0,29	48,3	55.276	2.667	58,2	42.520	2.476
	34	<b>20,3</b>	<b>0,25</b>	<b>44,9</b>	<b>55.276</b>	<b>2.484</b>	<b>51,4</b>	<b>42.520</b>	<b>2.184</b>
	44	15,7	0,20	39,3	55.276	2.171	39,7	42.520	1.688
50	30	28,8	0,36	55,3	55.276	3.057	72,8	42.520	3.094
	34	25,4	0,32	51,2	55.276	2.828	64,2	42.520	2.730
	44	19,6	0,24	44,1	55.276	2.437	49,6	42.520	2.110

**Tabelle D-9b:** Endenergiebedarf der untersuchten Varianten der Warmwasserbereitung für das Ensemblegebäude „klein NL“, dezentrale Warmwasserbereitung

				Warmwasserbereitung mittels					
				Fernwärme			Erdsas – zentral		
Warm- wasserbedarf in l/Person	Personen- belegung in m²/Pers	spez. Nettowärme- bedarf in kWh/(m² a)	spez. Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
30	25	20,7	18,7	39,6	107.640	4.261	45,5	16.146	734
	30	17,3	18,5	36,0	107.640	3.874	41,6	16.146	671
	39	13,3	18,4	31,8	107.640	3.427	37,1	16.146	598
40	25	27,6	19,0	46,8	107.640	5.036	53,3	16.146	860
	<b>30</b>	<b>23,0</b>	<b>18,8</b>	<b>42,0</b>	<b>107.640</b>	<b>4.520</b>	<b>48,1</b>	<b>16.146</b>	<b>776</b>
	39	17,7	18,6	36,5	107.640	3.923	42,1	16.146	679
50	25	34,5	19,3	54,0	107.640	5.811	61,0	16.146	986
	30	28,8	19,0	48,0	107.640	5.166	54,6	16.146	881
	39	22,1	18,7	41,1	107.640	4.420	47,1	16.146	760

				Warmwasserbereitung mittels		
				Heizöl – zentral		
Warm- wasserbedarf in l/Person	Personen- belegung in m²/Pers	spez. Nettowärme- bedarf in kWh/(m² a)	spez. Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
30	31	16,7	17,9	46,5	5.382	250
	36	14,4	17,8	42,5	5.382	229
	39	13,3	17,7	37,7	5.382	203
40	31	22,3	18,1	54,7	5.382	294
	<b>36</b>	<b>19,2</b>	<b>18,0</b>	<b>49,3</b>	<b>5.382</b>	<b>265</b>
	39	17,7	17,9	43,0	5.382	231
50	31	27,8	18,4	62,9	5.382	338
	36	24,0	18,2	56,1	5.382	302
	39	22,1	18,1	48,2	5.382	260

**Tabelle D-10a:** Endenergiebedarf der untersuchten Varianten der Warmwasserbereitung für das Ensemblegebäude „groß NL“, zentrale Warmwasserbereitung

				Warmwasserbereitung mittels					
				Elektro – Durchlauf			Elektro – Speicher		
Warm- wasserbedarf in l/Person	Personen- belegung in m²/Pers	spez. Nettowärme- bedarf in kWh/(m² a)	spez. Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
30	25	20,7	0,26	23,4	21.528	503	32,9	29.601	975
	30	17,3	0,21	19,8	21.528	426	29,5	29.601	872
	39	13,3	0,17	15,7	21.528	337	25,4	29.601	753
40	25	27,6	0,35	30,5	21.528	657	39,9	29.601	1.181
	30	<b>23,0</b>	<b>0,29</b>	<b>25,7</b>	<b>21.528</b>	<b>554</b>	<b>35,3</b>	<b>29.601</b>	<b>1.043</b>
	39	17,7	0,22	20,3	21.528	436	29,9	29.601	885
50	25	34,5	0,44	37,6	21.528	810	46,9	29.601	1.387
	30	28,8	0,36	31,7	21.528	682	41,1	29.601	1.215
	39	22,1	0,28	24,8	21.528	535	34,4	29.601	1.017

				Warmwasserbereitung mittels					
				Erdgas – Durchlauf			Erdgas – Speicher		
Warm- wasserbedarf in l/Person	Personen- belegung in m²/Pers	spez. Nettowärme- bedarf in kWh/(m² a)	spez. Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
30	25	20,7	0,26	38,9	56.511	2.196	70,4	18.837	1.326
	30	17,3	0,21	34,6	56.511	1.957	66,3	18.837	1.249
	39	13,3	0,17	29,7	56.511	1.681	61,4	18.837	1.156
40	25	27,6	0,35	47,3	56.511	2.675	78,5	18.837	1.479
	30	<b>23,0</b>	<b>0,29</b>	<b>41,7</b>	<b>56.511</b>	<b>2.356</b>	<b>73,1</b>	<b>18.837</b>	<b>1.377</b>
	39	17,7	0,22	35,2	56.511	1.987	66,9	18.837	1.259
50	25	34,5	0,44	55,8	56.511	3.154	86,9	18.837	1.636
	30	28,8	0,36	48,8	56.511	2.755	79,9	18.837	1.504
	39	22,1	0,28	40,6	56.511	2.294	72,1	18.837	1.357

**Tabelle D-10b:** Endenergiebedarf der untersuchten Varianten der Warmwasserbereitung für das Ensemblegebäude „groß NL“, dezentrale Warmwasserbereitung

				Warmwasserbereitung mittels		
				Kohle – Speicher		
Warm- wasserbedarf in l/Person	Personen- belegung in m²/Pers	spez. Nettowärme- bedarf in kWh/(m² a)	spez. Verteilsystem- verluste in kWh/(m² a)	spez. Endener- giebedarf in kWh/(m² a)	erfasste Wohnfläche in 1.000 m²	Endenergie- bedarf in GWh/a
30	25	20,7	0,26	52,4	13.455	705
	30	17,3	0,21	43,7	13.455	587
	39	13,3	0,17	33,6	13.455	452
<b>40</b>	25	27,6	0,35	69,9	13.455	940
	<b>30</b>	<b>23,0</b>	<b>0,29</b>	<b>58,2</b>	<b>13.455</b>	<b>783</b>
	39	17,7	0,22	44,8	13.455	603
50	25	34,5	0,44	87,4	13.455	1.175
	30	28,8	0,36	72,8	13.455	979
	39	22,1	0,28	56,0	13.455	753

**Tabelle D-10b:** Endenergiebedarf der untersuchten Varianten der Warmwasserbereitung für das Ensemblegebäude „groß NL“, dezentrale Warmwasserbereitung, Fortsetzung