

C

O

2

neutral

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

WOHNEN • ENERGIE • WASSER

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

WOHNEN • ENERGIE • WASSER

Energetische Sanierung einer Wohnsiedlung in Wolfenbüttel

Projekt im WS 09/10

Universität Kassel

Fachbereich 06 Architektur

Fachgebiet TGA

Betreuer:

V.-Prof. Dipl.-Ing. Wolfgang Müsch

Bearbeiterinnen:

Dipl.-Ing. Janine Kesting

Dipl.-Ing. Theresa Müller

Dipl.-Ing. Anna-Katharina Ruhe

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

1	Einleitung // 1		
2	Wohngebiet // 5		
3	Gebäudehülle // 9		
3.1	Einführung // 10		
3.2	Hüllflächen- und Volumenermittlung // 13		
3.3	Berechnung Heizwärmebedarf Gebäude // 15		
3.3.1	Ist-Zustand // 15		
3.3.2	Wärmedämmstandard EnEV // 15		
3.3.3	Niedrigenergiestandard // 16		
3.4	Berechnung Heizwärmebedarf Wohngebiet // 18		
4	Anlagentechnik // 21		
4.1	Lüftung // 22		
4.1.1	Luftdichte Gebäudehülle // 24		
4.1.2	Feststellung der Notwendigkeit von Lüftungstechnischen Maßnahmen // 25		
4.1.3	Auslegung der Lüftungsanlage // 26		
4.1.4	Nutzungsgrad des Gesamtsystems aus Wärmerückgewinnung und Erdreichwärmetauscher // 32		
4.2	Wärmeerzeugung // 34		
4.2.1	Dezentrale Wärmeversorgung // 34		
4.2.1.1	Variante 1 // 34		
4.2.2	Zentrale Wärmeversorgung // 38		
4.2.2.1	Heizzentrale // 39		
4.2.2.2	Leitungsnetz // 39		
4.2.2.3	Hausanschluss // 41		
4.2.2.4	Variante 2 // 44		
4.2.2.5	Variante 3 // 46		
4.2.2.6	Variante 4 // 50		
4.2.3	Auswertung der Ergebnisse // 60		
5	Entwurf // 69		
6	Strom // 83		
6.1	Strombedarf // 84		
6.2	Stromerzeugung // 86		
7	Wasser // 91		
7.1	Wasserverbrauch und Schmutzwasserkonzept // 92		
7.2	Regenwasserkonzept // 96		
8	Fazit // 103		
9	Quellenverzeichnis // 107		
10	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis // 111		
	Anhang		

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de



© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

neutral

Die Verbrennung fossiler Brennstoffe führt zu einer stark erhöhten CO₂-Konzentration in der Atmosphäre und diese wiederum verstärkt den Treibhauseffekt. Daher stellt die Reduktion von CO₂ bei der Energieerzeugung eines der wichtigsten Ziele des Klimaschutzes dar. Die deutschen Haushalte haben einen Anteil von ca. 30% am Gesamtenergieverbrauch des Landes und insbesondere die Wärmebereitstellung für Heizung und Warmwasser ruft CO₂-Emissionen hervor, welche ca. 15% der gesamten CO₂-Emissionen der Bundesrepublik Deutschland ausmachen (vgl. [Kühl] S.59). Deutlich wird somit, dass besonders im Gebäudebereich die Verwendung von erneuerbaren Energien und eine Steigerung der Energieeffizienz erstrebenswert sind. Für alle Architekten und Planer wird nun zunehmend auch die Sanierung von Gebäudebeständen zur Aufgabe.

Ziel des Projektes **Wohnen • Energie • Wasser** ist die nachhaltige Sanierung eines Wohngebietes aus den 50er Jahren in der Stadt Wolfenbüttel. Für die Gebäude wird das Konzept einer CO₂-neutralen Endenergieversorgung entwickelt, wobei der bauliche Wärmeschutz, der Einsatz von erneuerbaren Energien und nachhaltige Regenwasser- und Schmutzwasserkonzepte eine Rolle spielen. Es geht zunächst darum, den Energiebedarf größtmöglich zu reduzieren und anschließend den noch bestehenden Bedarf zu decken, ohne dass dabei CO₂-Emissionen verursacht werden.

Da der Wärmebedarf der Gebäude maßgebend von der Qualität der Gebäudehülle bestimmt wird, ist die Aufwertung des Wärmedämmstandards ein erster Schritt zur nachhaltigen Sanierung. Es folgt die Auseinandersetzung mit der Anlagentechnik. Neben der Lüftung spielt für die Energieeinsparung auch die Wärmeerzeugung eine wichtige Rolle. Es werden verschiedene Varianten der Wärmeerzeugung getestet. Dabei geht es im Wesentlichen darum, den Einsatz von konventionellen und regenerativen Brennstoffen gegenüberzustellen und schlussendlich zu einer Möglichkeit der CO₂-neutralen Wärmeversorgung für das Wohngebiet zu kommen. Eine Auswertung macht die Auswirkungen der verschiedenen Sanierungsmaßnahmen und ihre Energie- und CO₂-Einsparpotenziale deutlich. Neben der energetischen Sanierung wird auch eine gestalterische Aufwertung der Gebäude vorgesehen. In einem nächsten Schritt erfolgt die Untersuchung eines Konzepts für eine CO₂-neutrale Stromerzeugung des Wohngebietes. Abschließend wird ein Schmutz- und ein Regenwasserkonzept erstellt.

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

Das Wohngebiet, für das im Rahmen der Projektarbeit **Wohnen • Energie • Wasser** ein Konzept für eine CO₂-neutrale Endenergieversorgung und ein nachhaltiges Wasser- und Schmutzwasserkonzept entwickelt wird, befindet sich in der Stadt Wolfenbüttel. Wolfenbüttel liegt im Süd-Osten Niedersachsens und hat rund 54.000 Einwohner (vgl. [Wolfenbüttel]).

Im Wohngebiet „Ahlumer Siedlung“, im westlichen Teil der Stadt, befinden sich rund um den Lärchenweg 16 Gebäude mit insgesamt 146 Wohnungen, die im Besitz der Wolfenbütteler Baugesellschaft mbH (WoBau) sind (vgl. [IGS], S.97). Bei den bestehenden Gebäuden handelt sich um Mehrfamilienhäuser, die zwischen 1955 und 1959 errichtet wurden. Alle 16 Häuser sind unterkellert und besitzen zwei oder drei Vollgeschosse, wobei die Dachgeschosse der zweigeschossigen Häuser mit ein oder zwei Wohnungen ausgebaut sind. Die Gebäude besitzen Drei- und Vierraumwohnungen, deren Grundrisse im Zuge der energetischen Sanierung jedoch nicht geändert werden sollen.

Insgesamt umfassen die Mehrfamilienhäuser eine Gebäudenutzfläche von 11.300 m². Alle Gebäude des Wohngebietes haben Satteldächer. Neun Häuser sind mit ihren Längsseiten nach Süden und die restlichen 7 Häuser mit ihrer Längsseite nach Westen ausgerichtet (vgl. Abb. 2.1).

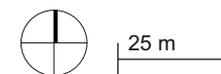


Abb. 2.1
Lageplan Ahlumer
Siedlung mit Dar-
stellung der betrach-
teten
Gebäudetypen

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

3.1 Einführung

Bei der Entwicklung eines Konzepts für eine CO₂-neutrale Endenergieversorgung ist es wichtig, neben der Qualität der eingesetzten Gebäudetechnik, besonders auch Aspekte des baulichen Wärmeschutzes zu berücksichtigen. Im Folgenden sollen deshalb verschiedene Wärmedämmstandards zur Verbesserung des Jahres-Heizwärmebedarfs Q_h des Wohngebiets „Ahlumer Siedlung“ untersucht werden.

Der in der DIN V 4108-6 (S. 5) definierte Heizwärmebedarf gibt dabei die rechnerisch ermittelten Wärmeinträge über ein Heizsystem wieder, die zur Aufrechterhaltung einer bestimmten mittleren Raumtemperatur in einem Gebäude bzw. in einer Zone des Gebäudes benötigt werden. Meist wird der Heizwärmebedarf über den Zeitraum eines Jahres angegeben und dann als Jahres-Heizwärmebedarf bezeichnet. Um den Heizwärmebedarf zu berechnen, beschreibt die DIN V 4108-6 zwei Verfahren mit unterschiedlichen Bilanzierungszeiträumen. In der Regel wird von einer monatlichen Wärmebilanz ausgegangen. Durch Aufsummierung der positiven Monatswerte ergibt sich der Heizwärmebedarf für die Heizzeit. Neben diesem so genannten Monatsbilanzverfahren gibt es auch das Heizperiodenbilanzverfahren, bei dem das Verfahren für vereinfachte Berechnungen verkürzt wird und die Wärmebilanz nicht monatlich, sondern über eine bestimmte Periode durchgeführt wird.

In den folgenden Kapiteln wird mit Hilfe des Monatsbilanzverfahrens der Heizwärmebedarf der einzelnen Gebäude und schließlich des gesamten Wohngebietes unter Annahme verschiedener Qualitäten der Gebäudehülle berechnet. In einem ersten Arbeitsschritt werden die Häuser im Ist-Zustand ohne Sanierungsmaßnahmen betrachtet. Anschließend erfolgt eine Verbesserung der Dämmeigenschaften der wärmeübertragenden Gebäudehülle gemäß den Anforderungen der aktuellen EnEV 2009. Die einzelnen Bauteile werden so gewählt, dass die in der Tabelle 1 Anlage 3 EnEV 2009 jeweils festgelegten, maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten erreicht werden und somit die Anforderungen der EnEV für Änderung, Erweiterung und Ausbau von Gebäuden gemäß Abschnitt 3 § 9 Abs.1 Satz 1 EnEV 2009 erfüllt werden. Bei der dritten Variante handelt es sich um einen Niedrigenergiestandard (NES) mit einem Transmissionswärmeverlust, der den in der EnEV 2009 vorgegebenen maximalen Transmissionswärmeverlust ($H'_{T,max}$) um 30% unterschreitet.

Die jeweilige Bestimmung des Jahres-Heizwärmebedarfs der verschiedenen Mehrfamilienhäuser bedingt eine genaue Betrachtung der einzelnen Gebäude und ihrer Bauteileigenschaften. Aufgrund des sehr ähnlichen Aufbaus werden die Gebäude, wie im Lageplan (Abb. 2.1, S.7) dargestellt, zu Gebäudetypen zusammengefasst und stellvertretend jeweils ein Referenzge-

bäude pro Typ näher betrachtet. So wird nur für die mit den Buchstaben C, E und J gekennzeichneten Häuser der jährliche Heizwärmebedarf berechnet und die Ergebnisse entsprechend auf die übrigen Gebäude des jeweiligen Typs umgerechnet. Die Summe der Heizwärmebedarfsberechnungen der drei Gebäudetypen ergibt schließlich den jährlichen Heizwärmebedarf des gesamten Wohngebietes.

Gebäude C

Bei Gebäude C (vgl. Abb. 3.1) handelt es sich um ein freistehendes Mehrfamilienwohnhaus aus dem Jahr 1958. Das Wohnhaus befindet sich im Lärchenweg 5/7 und besitzt drei voll ausgebaute Wohngeschosse und einen unbeheizten Keller (s. Anhang 1). In den drei Geschossen befinden sich insgesamt 12 Wohnungen, wobei je 6 Wohnungen zu einem Gebädetrakt gehören und über ein eigenes Treppenhaus nordseitig erschlossen werden. Die Wohnungen weisen das in Tab. 3.1 aufgelistete Raumprogramm auf.

Zu jeder Wohnung gehört ein eigener Kellerraum. Für die gemeinsame Nutzung von je 6 Wohnungen stehen eine Waschküche, ein Fahrradkeller und ein Wäschetrocknenboden zur Verfügung. Das 12-Familienwohnhaus besitzt ein Satteldach (Dachneigung 37°) mit unbeheiztem Dachraum, in dem jeweils ein Abstellraum je

Wohnung vorhanden ist.

Gebäude E

Das freistehende Gebäude E (vgl. Abb. 3.2) aus dem Jahr 1956 befindet sich im Lärchenweg 14/16. Es handelt sich um ein unterkellertes Wohngebäude mit drei Vollgeschossen (s. Anhang 2). Das Gebäude ist 34,8 m lang und 9,2 m breit und besitzt ein Satteldach (Dachneigung 36°) mit unbeheiztem Dachraum. Als Mehrfamilienhaus bietet es zwei Gebäudetrakte mit je 6 Dreiraumwohnungen, die das in Tab. 3.2 dargestellte Raumprogramm vorweisen.

Das Wohngebäude verfügt über insgesamt zwei Treppenhäuser, die von der Ostseite des Hauses zugänglich sind. Pro Treppenhaus und Geschoss werden jeweils zwei Wohnungen erschlossen. Im nicht beheizten Untergeschoss befinden sich Lagerräume, eine Waschküche und Abstellmöglichkeiten für Fahrräder. Auf dem Dachboden stehen Abstellräume für die Bewohner zur Verfügung.

Gebäude J

Das Gebäude J (vgl. Abb. 3.3) befindet sich im Wacholderweg 3 der Ahlumer Siedlung. Es ist ein freistehendes Fünffamilienwohnhaus aus dem Jahr 1957 mit

Gebäude C

Raumprogramm	Raumgröße*	
	Wohnungstyp I (6 WE)	Wohnungstyp II (6 WE)
Wohnzimmer	19,68 m ²	19,68 m ²
Schlafzimmer	15,30 m ²	15,20 m ²
Kinderzimmer I	11,21 m ²	12,04 m ²
Kinderzimmer II	11,10 m ²	–
Bad	4,65 m ²	4,65 m ²
Küche	7,48 m ²	7,48 m ²
Flur	6,88 m ²	6,88 m ²
Balkon	5,60 m ²	(nur drei Wohnungen) 5,60 m ²

Tab. 3.1 (li)
Raumprogramm
Gebäude C

Tab. 3.2
Raumprogramm
Gebäude E

Gebäude E

Raumprogramm	Raumgröße*		
	Wohnungstyp I (8 WE)	Wohnungstyp II (2 WE)	Wohnungstyp III (2 WE)
Wohnzimmer	19,21 m ²	19,56 m ²	19,37 m ²
Schlafzimmer	13,41 m ²	13,55 m ²	13,55 m ²
Kinderzimmer	13,26 m ²	13,56 m ²	13,37 m ²
Bad	5,01 m ²	5,07 m ²	5,07 m ²
Küche	7,19 m ²	7,28 m ²	7,28 m ²
Flur	5,17 m ²	5,17 m ²	5,17 m ²

* Raumgrößen anhand Rohbaumaßen ermittelt

Gebäude J

Raumprogramm	Raumgröße*	
	Wohnungstyp I (4 WE)	Dachgeschosswohnung
Wohnzimmer I	14,75 m ²	13,20 m ²
Wohnzimmer II	–	13,20 m ²
Schlafzimmer	14,49 m ²	10,90 m ²
Kammer	10,57 m ²	8,45 m ²
Bad	4,20 m ²	3,20 m ²
Küche	8,15 m ²	7,20 m ²
Flur	5,50 m ²	5,50 m ²
Balkon	(nur eine Wohnung) 1,35 m ²	–

Tab. 3.3 (re)
Raumprogramm
Gebäude J

Abb. 3.1 - 3.3
Bestandsfotos

* Raumgrößen anhand Rohbaumaßen ermittelt

zwei Vollgeschossen, einem ausgebauten Dachgeschoss und einem unbeheizten Keller (s. Anhang 3). Die Vollgeschosse umfassen jeweils zwei Wohnungen, wohingegen im Dachgeschoss nur eine Wohnung und ein Trockenboden sowie ein weiteres Zimmer angeordnet sind. Die Wohnungen weisen das in Tab. 3.3 dargestellte Raumprogramm auf.

Für fünf Wohnungen stehen sieben Kellerräume zur Verfügung. Neben dem Einzelzimmer und dem Trockenboden im Dachgeschoss existiert noch eine gemeinschaftliche Waschküche im Kellergeschoss. Das Gebäude wird insgesamt über ein im Norden angelaagertes Treppenhaus erschlossen und besitzt ein Satteldach mit einer Dachneigung von 49°.



Gebäude C



Gebäude E



Gebäude J

3.2 Hüllflächen- und Volumenermittlung

Die für die Heizwärmebedarfsberechnungen notwendige Flächen- und Volumenermittlung erfolgt auf Grundlage der vorliegenden Pläne der Bestandsgebäude C, E und J im Maßstab 1:100, die als Anhänge 1, 2 und 3 angefügt sind. Alle Flächen und Volumen werden entsprechend DIN EN ISO 13789 anhand der Außenabmessungen bestimmt. Bei dem berechneten, beheizten Volumen handelt es sich um das von den wärmeübertragenden Umfassungsflächen umschlossene Bauwerksvolumen. Bei den Gebäuden C und E sind der Dachraum und der Keller unbeheizt. Sie liegen außerhalb der Systemgrenze und fließen daher nicht in die Berechnungen mit ein. Die Treppenhäuser werden jedoch mit zu der beheizten Gebäudezone gezählt und somit auch der Treppenhausbereich im Keller und im Dachgeschoss in das Gebäudevolumen eingerechnet. Dabei wird davon ausgegangen, dass im Zuge der Sanierungsmaßnahmen sowohl im Keller- als auch im Dachgeschoss Wände inklusive Türen eingesetzt werden, um das Treppenhaus zu den unbeheizten Bereichen des Gebäudes abzuschließen. Bei dem Gebäude J ist der Dachraum beheizt und liegt daher innerhalb der beheizten Zone. Im Kellergeschoss ist wie bei den Gebäuden C und E auch nur das Treppenhaus beheizt und der restliche Keller liegt außerhalb des beheizten Gebäudevolumens. Auch hier wird davon ausgegangen, dass Wände mit Türen eingesetzt werden, um den beheizten Treppenhausbereich vom unbeheizten

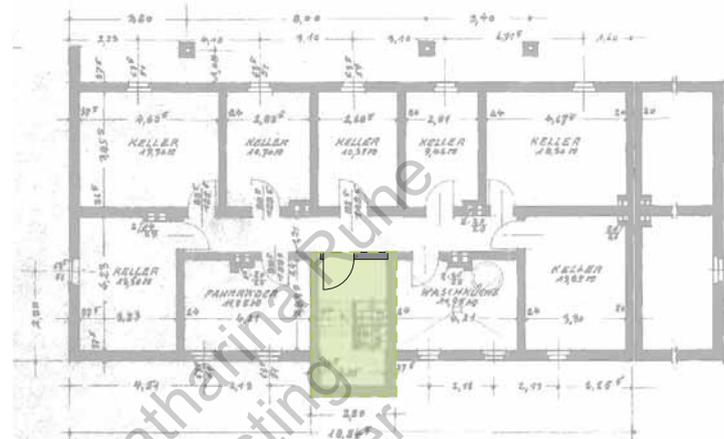


Abb. 3.4
Grundriss Gebäude C

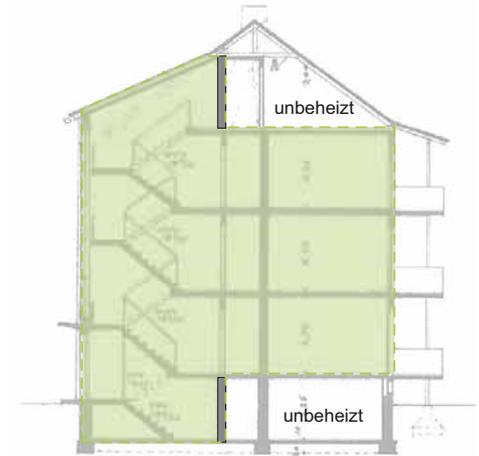


Abb. 3.5
Schnitt Gebäude C

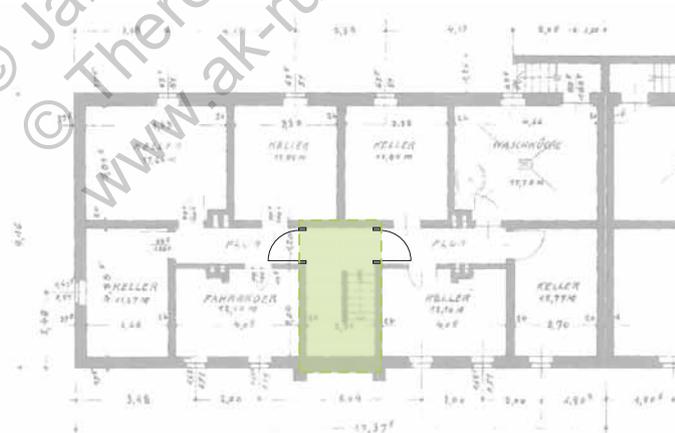


Abb. 3.6
Grundriss Gebäude E

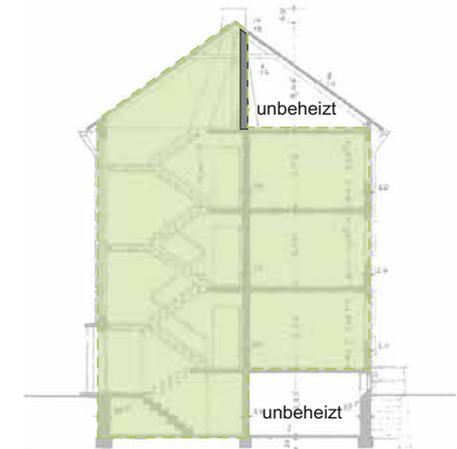


Abb. 3.7
Schnitt Gebäude E

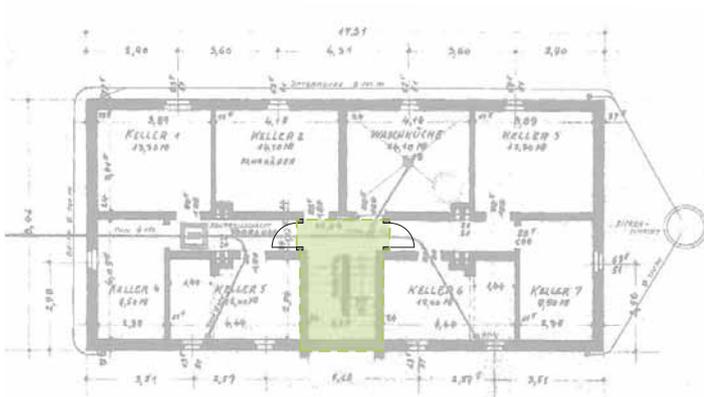


Abb. 3.8
Grundriss Gebäude J

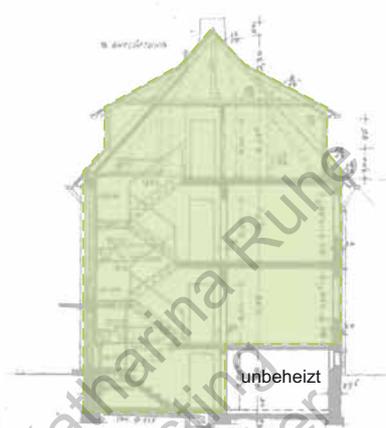


Abb. 3.9
Schnitt Gebäude J



	Gebäude C	Gebäude E	Gebäude J
Beheiztes Volumen V_e [m³]	3.055,38	2.777,70	1.238,89
Geschosshöhe h_g [m]	2,75	2,75	2,75
Gebäudenutzfläche A_N [m²] *	977,72	888,86	396,44
Hüllfläche gesamt [m²]	1.618,03	1.503,74	771,01
Bodengrundfläche A_G [m²]	26,81	27,73	12,54
Umfang Bodengrundfläche P [m]	30,24	31,04	14,60

Tab. 3.4
Gebäudekennzahlen

* gemäß EnEV $0,32 \text{ m}^{-1} \cdot V_e$, da $2,5 \text{ m} < h_g < 3 \text{ m}$

Teil des Kellers zu separieren. Die als Abbildungen 3.4 - 3.9 dargestellten Zeichnungen verdeutlichen den Verlauf der Systemgrenze als Abschluss des beheizten Bauwerksvolumens und zeigen auf, an welchen Stellen neue Wände als Sanierungsmaßnahmen geplant sind.

Eine Flächenberechnung der drei Gebäude erfolgt für diejenigen Bauteilflächen, die das beheizte Gebäudevolumen umhüllen und somit an die Systemgrenze anschließen. Alle Bauteilflächen werden gemäß ihrer energetischen Eigenschaften zusammengefasst und der Orientierung zu den Himmelsrichtungen zugeordnet. Fenster- und Türflächen werden nach ihren lichten Rohbaumaßen ermittelt. Die Gebäude weisen jeweils eine Geschosshöhe von 2,75 m auf.

Die Gebäudekennzahlen für die erfolgenden Heizwärmebedarfsberechnungen sind in Tabelle 3.4 für die Gebäude C, E und J aufgeführt. Die Flächenberechnungen der einzelnen Bauteile der drei Wohnhäuser sind im Anhang 4 hinterlegt.

3.3 Berechnung Heizwärmebedarf Gebäude

3.3.1 Ist-Zustand

Um die Qualität der Gebäudehülle im Bestand bewerten zu können, wird im ersten Schritt der spezifische Jahres-Heizwärmebedarf für die Gebäude C, E und J im Ist-Zustand berechnet. Hierzu werden neben den bereits ermittelten Volumen und Flächen auch die Wärmedurchgangskoeffizienten der einzelnen Bauteile der wärmeübertragenden Hüllfläche benötigt. Der jeweilige U-Wert wird gemäß DIN EN ISO 6946 als Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstands R_T mit Hilfe folgender Gleichung berechnet:

$$U = 1 / [R_{si} + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + \dots d_n/\lambda_n + R_{se}]$$

mit

d	Dicke einer Schicht einer Bauteilkomponente in m
λ	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Stoffes in W/(m*k)
R_{si}	innerer Wärmeübergangswiderstand in (m ² * K)/ W
R_{se}	äußerer Wärmeübergangswiderstand in (m ² * K)/ W

Die für die U-Wert-Berechnung benötigten Informationen über die Konstruktionen ergeben sich aus den zur Verfügung gestellten Baubeschreibungen der Häuser.

Soweit Informationen über den genauen Aufbau der Bauteile fehlen, werden für die Bauzeit typische Konstruktionen mit entsprechenden Schichtdicken angenommen. Bei der Festlegung der materialspezifischen Wärmeleitfähigkeiten wird berücksichtigt, dass die Gebäude in den 50er Jahren gebaut und zu der Zeit verfügbare Materialien eingesetzt wurden. Als Quellen werden [DIN 4108], [IFB], [ZUB], [EPASS HELENA] und [Bauteilkalkulator] herangezogen.

Die detaillierte Auflistung der Konstruktionen der Gebäude C, E und J und die zugehörigen Berechnungen der Wärmedurchgangskoeffizienten sind zur Dokumentation im Anhang 5 hinterlegt.

Der spezifische Heizwärmebedarf wird über ein Berechnungsprogramm unter Anwendung des Monatsbilanzverfahrens für jedes der drei Gebäude ermittelt. Die Flächen und die U-Werte werden eingetragen und durch die weiterhin benötigten Kennwerte ergänzt. Um die Wärmeverluste über Flächen, die nicht an die Außenluft grenzen, vereinfacht berechnen zu können, werden Temperaturkorrekturfaktoren als pauschale Werte nach DIN V 4108-6 in die Berechnung einbezogen. Für den Wärmebrückenzuschlag wird im Ist-Zustand ein pauschaler Korrekturwert von 0,1 W/(m²K) angesetzt. Die Gebäude besitzen im unsanierten Zustand keine Zu- und Abluftanlage. Für die Be-

rücksichtigung des Lüftungswärmeverlustes wird als mittlere Standard-Luftwechselrate ein Wert von 0,7 h⁻¹ für nicht luftdichtheitsgeprüfte Gebäude angenommen. Das beheizte Luftvolumen wird gemäß DIN V 4108-6 vereinfacht über das Bruttovolumen V_o berechnet ($V = 0,76 * V_o$). Eine Nachtabschaltung wird im Ist-Zustand nicht angenommen.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tabelle 3.6 zusammengefasst (detaillierte Berechnungen im Anhang 6).

3.3.2 Wärmedämmstandard EnEV

In einem zweiten Schritt wird durch geeignete Sanierungsmaßnahmen die Qualität der Gebäudehülle verbessert. Ziel ist es zunächst, die in der Tabelle 1 der Anlage 3 EnEV 2009 festgelegten Anforderungen an die Wärmedurchgangskoeffizienten der einzelnen Bauteile zu erfüllen. Für die Bauteile der Mehrfamilienhäuser bedeutet dies, dass die in der Tabelle 3.5 aufgelisteten Maximalwerte mit Hilfe geeigneter Dämmmaßnahmen erzielt bzw. unterschritten werden müssen. Die entsprechend durchgeführten Sanierungsmaßnahmen sind den Tabellen im Anhang 5 zu entnehmen.

Zur Berechnung des verbesserten Jahres-Heizwärme-

bedarfs werden die durch die Sanierungsmaßnahmen veränderten Kennwerte der Bauteile (U-Werte, g-Werte) im Berechnungsprogramm entsprechend geändert. Zusätzlich wird für den Wärmebrückenzuschlag nun ein optimierter Korrekturwert von $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt, da angenommen wird, dass im Zuge der Sanierungsmaßnahmen auch eine Minderung der Wärmeverluste über Wärmebrücken erreicht wird und man von einer Gleichwertigkeit zu den im Beiblatt 2 der DIN 4108 gezeigten Bauteilanschlüsse ausgehen kann. Im sanierten Zustand wird eine Nachtabschaltung berücksichtigt.

Im Ergebnis zeigt sich, dass nach Durchführung dieser Sanierungsmaßnahmen, der spezifische flächenbezogene Transmissionswärmeverlust bei Gebäude C bereits 26%, bei Gebäude E 24% und bei Gebäude J 20% unterhalb des zulässigen Grenzwertes nach EnEV 2009 liegt. Die vollständigen Ergebnisse sind in Tabelle 3.7 zusammengefasst (detaillierte Berechnungen siehe Anhang 6).

Bauteil	max. U-Wert [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]
Außenwände	0,24
Außen liegende Fenster, Fenstertüren	1,30
Decken, Dächer und Dachschrägen	0,24
Decken und Wände gegen unbeheizte Räume oder Erdreich	0,30
Fußbodenaufbauten	0,50
Außentüren	2,90

Tab. 3.5
Vorgabewerte EnEV 2009

3.3.3 Niedrigenergiestandard

Zum Abschluss wird ein Niedrigenergiestandard (NES) mit einer Zu- und Abluftanlage als Anforderungsgröße festgelegt. Dieser Niedrigenergiestandard wird über den maximal zulässigen spezifischen Transmissionswärmeverlust definiert. Es wird ein Höchstwert für den Transmissionswärmeverlust angestrebt, der bei maximal 70% des Vorgabewertes der EnEV 2009 liegt (vgl. Tab.2 Anlage 1 EnEV 2009). Es handelt sich folglich um einen Dämmstandard mit einem gegenüber den Anforderungen der EnEV verbesserten baulichen Wärmeschutz. Der Anforderungswert ergibt sich wie folgt:

EnEV 2009:

$$H'_{T,\max} = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \text{ für freistehende Wohngebäude mit AN} \geq 350 \text{ m}^2$$

Niedrigenergiestandard (NES):

$$H'_{T,\max} = 0,70 * 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Um diesen Wert zu erreichen, werden ausgehend vom EnEV-Dämmstandard zusätzliche Sanierungsmaßnahmen vorgeschlagen. Die Dämmstärke der Außenwände wird ebenso wie die Dämmstärke der Kellerwände zu den unbeheizten Räumen erhöht. Bei Gebäude J wird zudem für die Außenwände ein EPS-Dämmstoff mit geringerer Wärmeleitfähigkeit eingesetzt. Außerdem werden verbesserte Fenster mit besonders guten U- und g-Werten für die Verglasung (Dreischeiben-

Wärmeschutzverglasung Pilkington Optitherm, vgl. Anhang 7) und mit passivhaustauglichen, gut gedämmten Rahmen (Rahmenanteil 30%) vorgesehen.

Bei der Verbesserung des Wärmeschutzes gemäß den Anforderungen der EnEV wurde auf den Kellerfußböden der Treppenhäuser eine hohe Dämmung aufgebracht, die die Höhe einer Treppenstufe ausgleicht. Da durch die beschriebene Dämmmaßnahme die lichte Raumhöhe des Kellers in diesem Bereich auf weniger als 2 m verringert werden würde, wird für den Niedrigenergiestandard auf diese als problematisch erachtete Maßnahme verzichtet. Eine ausführliche Auflistung der Sanierungsmaßnahmen befindet sich im Anhang 5.

Bei der Berechnung des jeweiligen Jahres-Heizwärmebedarfs werden die gleichen Grundeinstellungen wie bei der Berechnung gemäß EnEV angenommen. Allerdings wird für die Berücksichtigung des Lüftungswärmeverlustes als mittlere Standard-Luftwechselrate ein Wert von $0,6 \text{ h}^{-1}$ für luftdichtheitsgeprüfte Gebäude gewählt, da für diese Variante eine Zu- und Abluftanlage vorgesehen ist, die eine luftdichte Gebäudehülle voraussetzt (siehe hierzu auch Kap. 4.1.1).

Die Berechnungen führen zu den in Tabelle 3.8 dargestellten Ergebnissen (detaillierte Berechnungen siehe Anhang 6).

Ist-Zustand	Gebäude C	Gebäude E	Gebäude J
spez. Transmissionswärmeverlust $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	1,37	1,38	1,33
spez. Jahres-Heizwärmebedarf $[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$	179,44	184,70	205,84

Tab. 3.6
Ergebnisse der Berechnungen - Ist-Zustand

EnEV-Standard	Gebäude C	Gebäude E	Gebäude J
spez. Transmissionswärmeverlust $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	0,37	0,38	0,40
spez. Jahres-Heizwärmebedarf $[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$	51,10	53,64	62,23

Tab. 3.7
Ergebnisse der Berechnungen - EnEV-Standard

Niedrigenergiestandard	Gebäude C	Gebäude E	Gebäude J
spez. Transmissionswärmeverlust $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	0,34	0,34	0,35
spez. Jahres-Heizwärmebedarf $[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$	43,70	46,09	53,10

Tab. 3.8
Ergebnisse der Berechnungen - Niedrigenergiestandard

3.4 Berechnung Heizwärmebedarf Wohngebiet

Anhand der Ergebnisse der Heizwärmebedarfsberechnungen für die Gebäude C, E und J werden im Folgenden die jährlichen Heizwärmebedarfswerte des gesamten Wohngebietes berechnet. Hierzu werden die Wohnflächen aller Gebäude des Wohngebietes nach Gebäudetypen getrennt ermittelt. Die Werte sind dabei den zur Verfügung gestellten Baubeschreibungen der einzelnen Gebäude entnommen. Über die Wohnflächen werden mittels eines Faktors die Nutzflächen der Gebäudetypen bestimmt (vgl. Tab. 3.9 - 3.11).

Mit Hilfe der ermittelten Nutzflächen werden die auf die Flächen bezogenen Heizwärmebedarfswerte der einzelnen Gebäudetypen und des gesamten Wohngebietes für die unterschiedlichen Standards berechnet. Es zeigt sich, dass durch die Sanierung der Bauteile nach den Anforderungen der EnEV der Heizwärmebedarf des Wohngebietes um 71% gegenüber dem Ist-Zustand gesenkt werden kann. Durch die Sanierung der Gebäude gemäß dem definierten Niedrigenergiestandard wird der Heizwärmebedarf sogar um 75% im Vergleich zum Bestand gesenkt (vgl. Tab. 3.12 u. Abb. 3.10).

Im Zuge der Berechnungen wird neben den jeweiligen Heizwärmebedarfswerten auch der Warmwasserwärmebedarf für das gesamte Wohngebiet berechnet (vgl. Tab. 3.13). Es wird dabei von einem Wert von 12,5 kWh/(m²a) gemäß EnEV 2009 ausgegangen.

Tab. 3.9
Gebäudenutzfläche Typ I

	Wohnfläche [m ²]	Faktor	Gebäudenutzfläche A _N [m ²]
Gebäude A	736,32	0,89	869,84
Gebäude B	736,32	0,89	869,84
Gebäude C	827,64	1,00	977,72
Gebäudenutzfläche Gebäudetyp I			2.717,40 m²

Tab. 3.10
Gebäudenutzfläche Typ II

	Wohnfläche [m ²]	Faktor	Gebäudenutzfläche A _N [m ²]
Gebäude D	734,88	0,99	883,90
Gebäude E	739,00	1,00	888,86
Gebäude F	815,28	1,10	980,61
Gebäude G	815,28	1,10	980,61
Gebäude H	576,68	0,78	693,62
Gebäude I	815,28	1,10	980,61
Gebäudenutzfläche Gebäudetyp II			5.408,21 m²

Tab. 3.11
Gebäudenutzfläche Typ III

	Wohnfläche [m ²]	Faktor	Gebäudenutzfläche A _N [m ²]
Gebäude J	290,49	1,00	396,44
Gebäude K	290,49	1,00	396,44
Gebäude L	290,49	1,00	396,44
Gebäude M	290,49	1,00	396,44
Gebäude N	408,42	1,41	557,38
Gebäude O	410,06	1,41	559,62
Gebäude P	345,54	1,19	471,57
Gebäudenutzfläche Gebäudetyp III			3.174,33

	spez. Heizwärmebedarf [kWh/(m²a)]	Heizwärmebedarf [kWh/a]
Gebäudetyp I		
Ist-Zustand	179,44	487.610
EnEV	51,10	138.859
NES-70	43,70	118.750
Gebäudetyp II		
Ist-Zustand	184,70	998.896
EnEV	53,64	290.096
NES-70	46,09	249.264
Gebäudetyp III		
Ist-Zustand	205,84	653.404
EnEV	62,23	197.539
NES-70	53,10	168.557
Wohngebiet gesamt		
Ist-Zustand		2.139.911
EnEV		626.494
NES-70		536.572

Tab. 3.12
Heizwärmebedarf des gesamten Wohngebiets
in Abhängigkeit vom Wärmedämmstandard

	spez. Warmwasser- wärmebedarf [kWh/(m²a)]	Warmwasserwärme- bedarf [kWh/a]
Wohngebiet gesamt	12,50	141.249

Tab. 3.13
Warmwasserwärmebedarf des gesamten Wohngebietes

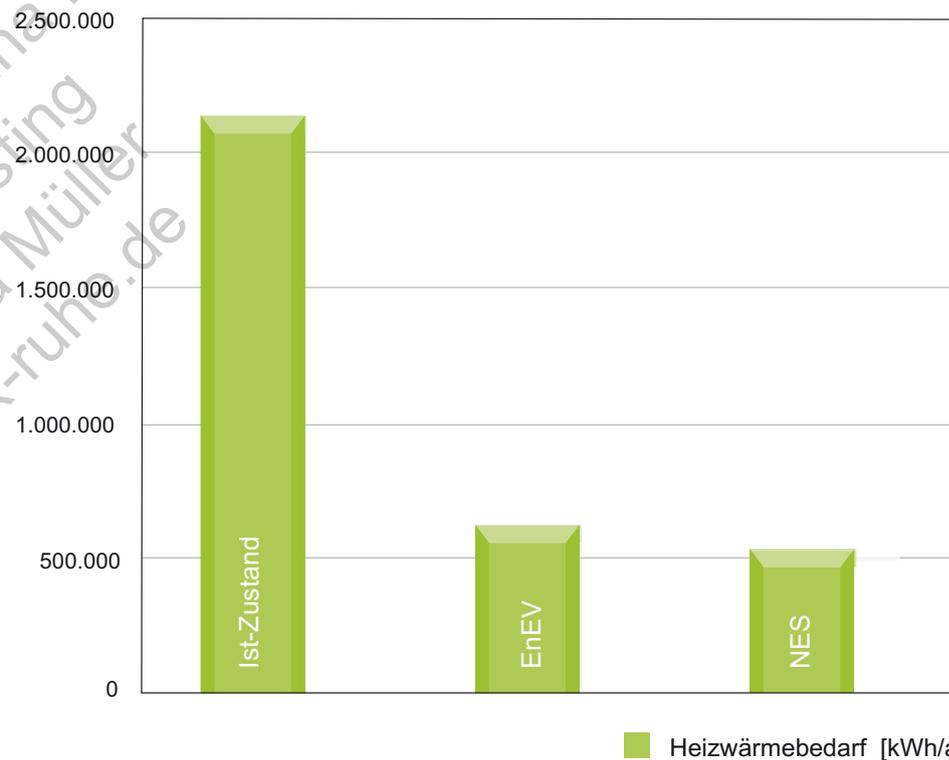


Abb. 3.10
Variantenvergleich Heizwärmebedarf

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

4.1 Lüftung

Durch die Nutzung von Wohnräumen wird ständig Feuchte in Form von Wasserdampf produziert. Diese Wohnfeuchte muss aus der Wohnung wieder hinausgeleitet werden, um die Wohnhygiene zu gewährleisten und Schimmelpilzbildung zu vermeiden. Des Weiteren wird die Raumluft durch viele weitere Faktoren belastet wie z.B. die Bewohner, Baumaterialien, Haustiere und Pflanzen (vgl. [Aschoff], S.9). Zur Sicherung der Raumluftqualität muss daher eine ausreichende Zufuhr von frischer Außenluft in die Wohnung erfolgen.

Bis vor wenigen Jahrzehnten kam es in Deutschland zu einer Grundlüftung der Wohnungen infolge von undichten Fenstern und Türen. Da seit den sechziger und siebziger Jahren, besonders verstärkt durch die Ölpreiskrise 1973, auf den Einbau von dichten Fenstern und stärker gedämmten Außenwänden geachtet wird, muss die Abfuhr der in den Wohnungen vorhandenen Luftbelastungen durch eine ausreichende Lüftung besonders berücksichtigt werden (vgl. [Schulze Darup], S.30). Der Wohnungslüftung kommen demnach zwei Hauptaufgaben zu:

1. Frischluftzufuhr zum Ausgleich von Raumbelastungen
2. Sicherstellen einer angemessenen Raumluftfeuchte

Diese Aufgaben können, wie in Abbildung 4.1 dargestellt, durch die freie Lüftung und durch die ventilator-

gestützte Lüftung erfüllt werden.

Die freie Lüftung unterteilt sich in die Fugen-, Fenster- und Schachtlüftung. Fugenlüftung bezeichnet das Lüften der Wohnung über Undichtigkeiten in der Gebäudehülle, so wie es bis zu den sechziger Jahren der Fall war und ist bei Neubauten nur noch in reduziertem Maße vorhanden. Bei der Fensterlüftung müssen die Bewohner durch gezieltes Öffnen der Fenster den notwendigen Austausch der Raumluft mit frischer Außenluft gewährleisten. Am effektivsten ist dabei das Querlüften, was bedeutet, dass Außenluft auf einer Fassadenseite in die Wohnung einströmt und auf der Gegenseite wieder hinausströmen kann. Bei der Schachtlüftung wird frische Luft über das Öffnen der Fenster und durch Infiltration in die Räume eingebracht und über mit der Außenluft verbundene Schächte wieder abgeführt. Sowohl die Fenster- als auch die Schachtlüftung sind dabei von den vorherrschenden Bedingungen der Außenluft wie Temperatur und Winddruck abhängig und ihre Effektivität kann stark schwanken. Bei Windstille und einer Außenlufttemperatur von 20°C ist die freie Lüftung wirkungslos (vgl. [Schulze Darup], S.31). Häufig kommt es jedoch sogar zu einer stark überhöhten Lüftungswirkung, die wiederum zu Zugproblemen und einem erhöhten Wärmebedarf über die Heizung führen kann.

Als System der kontrollierten und damit einhergehend auch energieeffizienten Wohnungslüftung stellt sich die ventilatorgestützte Lüftung dar. Über mechanische Lüftungsanlagen ist es möglich, den Wohnräumen kontinuierlich die benötigte Menge an Frischluft zuzuführen bzw. die verbrauchte Luft wieder abzuführen. Es können dabei sowohl reine Zuluft- oder Abluftanlagen oder auch gekoppelte Zu- und Abluftanlagen realisiert werden. Die Nutzungseinheit wird hierzu in Zuluft- und Ablufträume aufgeteilt. Bei den Zulufräumen handelt es sich zumeist um Wohn- und Schlafräume und bei den Ablufträumen um Bäder und Küchen, die durch Luftfeuchtigkeit und Gerüche besonders belastet sind. Des Weiteren gibt es Überströmbereiche, die keine eigene Luftzu- oder Abfuhr erhalten, sondern den Luftstrom über Überströmöffnungen von den Zulufräumen zu den Ablufträumen sicherstellen.

Es findet eine Unterscheidung weiterhin zwischen zentralen Systemen und dezentralen Systemen statt. Dezentrale Lüftungssysteme sind einfach aufgebaut. In jedem Abluftraum wird ein Einzelventilator installiert, der die Luft aus dem Raum absaugt. In den Zulufräumen kann frische Luft beispielsweise über Außenluftdurchlässe einströmen. Bei zentralen Systemen gibt es jeweils einen Zu- und Abluftventilator, der die Luft der jeweiligen Räumen über Rohrleitungen zu- oder abführt. Diese sind meist im Dachraum oder Untergeschoss

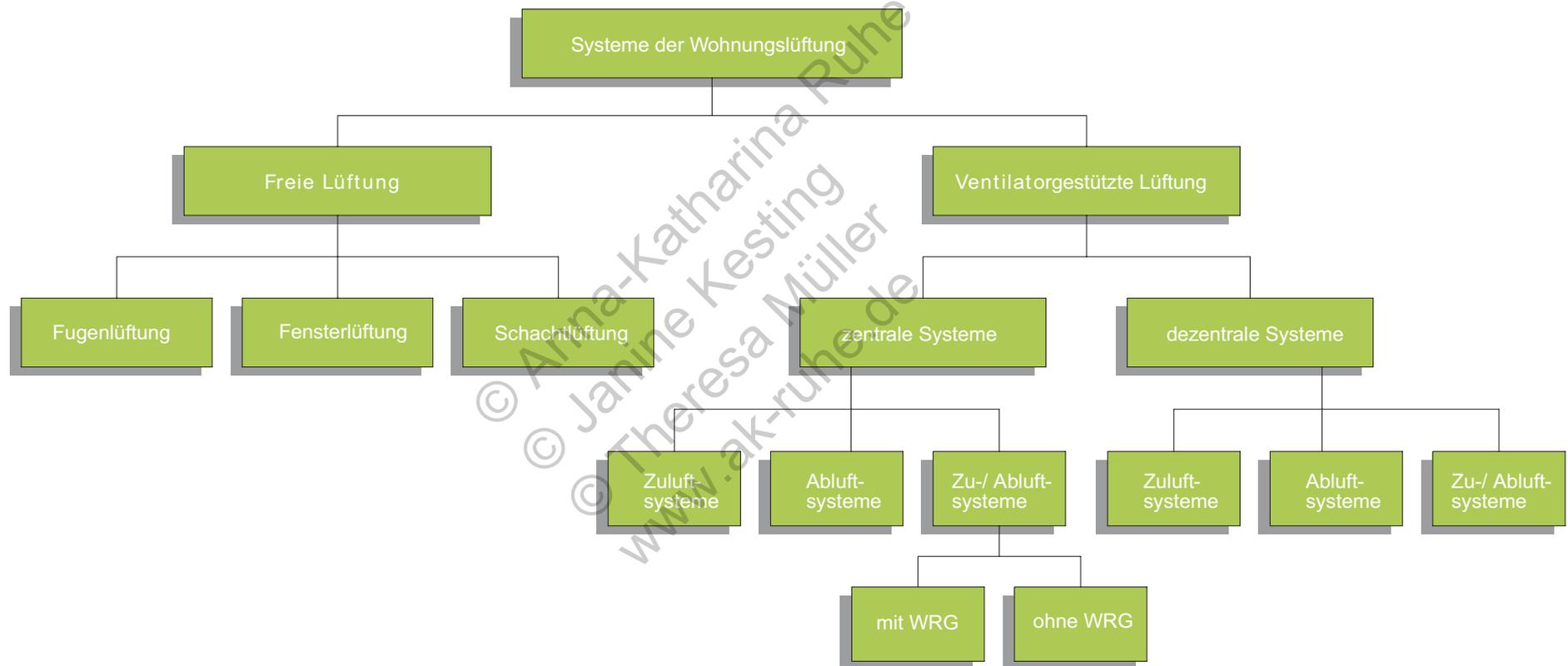


Abb. 4.1
Lüftungssysteme

angeordnet und über einen Fortluftauslass und einen Außenlufteinlass mit der Umgebungsluft verbunden.

Ein besonderes Potenzial besteht bei Zu- und Abluftanlagen darin, dass durch eine Wärmerückgewinnung die nicht mehr benötigte Wärme der Abluft auf die frisch angesaugte Außenluft übertragen werden kann. So kann auch bei niedrigeren Außenlufttemperaturen die Zuluft nahezu auf Raumlufttemperatur vorgewärmt und die Wärmeenergie der Abluft wieder verwendet werden (vgl. [Schulze Darup], S.33), so dass die Lüftungswärmeverluste reduziert werden. Während der Heizperiode kann auf diese Weise eine zusätzliche Fensterlüftung verzichtet werden.

Eine Grundvoraussetzung für das optimale Funktionieren der Lüftungsanlage ist eine hohe Luftdichtheit der Gebäudehülle. Daher widmet sich das Kapitel 4.1.1 diesem Thema und erläutert, wie die Bestandsgebäude im Zuge der Sanierung luftdichter gemacht werden können.

Anschließend wird beispielhaft für den nördlichen Gebäudetrakt des Gebäudes E im Lärchenweg 14 (6 gleichartige Wohnungen) eine zentrale Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung geplant. Alle wichtigen Daten zu dem Gebäude E, die für die beispielhafte Planung der Lüftungstechnik ausschlaggebend

sind, befinden sich in einer Übersicht in Anhang 8. Die Planung der Lüftungsanlage erfolgt auf Grundlage der DIN 1946-6, die Anforderungen an die Planung, Ausführung und Inbetriebnahme von Lüftungstechnischen Anlagen festlegt. Zunächst wird die Notwendigkeit einer Lüftungstechnischen Maßnahme für eine Nutzungseinheit des Gebäudes überprüft (Kap. 4.1.2). Es folgt die Auslegung der Anlage sowie die ausführliche Erläuterung ihrer einzelnen Komponenten in Kapitel 4.1.3. Abschließend wird in Kapitel 4.1.4 gezeigt, wie sich der Nutzungsgrad der Wärmerückgewinnungsanlage und des Erdwärmetauschers berechnet.

4.1.1 Luftdichte Gebäudehülle

Die Luftdichtheit der Gebäudehülle hat einen großen Einfluss auf den Feuchte- und Wärmeschutz in Gebäuden und ist bei Neubauten und auch Sanierungen zu berücksichtigen. Wenn über Undichtigkeiten in den Gebäudeumfassungsflächen feuchtwarme Luft in das Bauwerk eindringt und auf kältere Wandschichten z.B. im Bereich von Wärmebrücken trifft, kann es zu einer Kondenswasserbildung kommen, die Bauschäden und Schimmelpilzbildung zur Folge hat (vgl. [Aschoff], S.21). Weiterhin hat die Luftdichtheit eines Gebäudes eine große Bedeutung aus energetischer Sicht, denn Leckagen in der Gebäudehülle führen zu einem stärkeren

Wärmeverlust. Auch auf den thermischen Komfort hat die Luftdichtheit Einfluss, da das Eindringen von kalter Luft zu Zugscheinungen und damit einhergehend sinkender Behaglichkeit führen kann (vgl. [FLiB], S.11ff). Zudem leidet auch der Schallschutz unter Undichtigkeiten.

Neben diesen Auswirkungen ist die Luftdichtheit der Gebäudehülle ausschlaggebend für die Effizienz von Lüftungsanlagen. Zur Gewährleistung einer zielgerichteten, kontrollierten Lüftung der einzelnen Räume einer Wohnung, muss daher die entsprechende Gebäude-dichtheit hergestellt werden. Dies gilt insbesondere, um das volle Einsparpotenzial von Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung ausnutzen zu können (vgl. [Ehrenfried], S.10). In der DIN 1946-6 wird bei der Auswahl des Lüftungssystems darauf hingewiesen, dass bei ventilatorgestützten Systemen die maximal zulässige Undichtheit der Gebäudehülle nach DIN 4108-7 begrenzt ist. Gemäß DIN 4108-7 ist der Grenzwert für die Luftwechselrate n_{50} (Annahme: Gebäudeluftdruck bei 50 Pascal) für ventilatorgestützte Lüftung mit Zu- und Abluftanlage auf $1,0 \text{ h}^{-1}$ festgelegt. Die DIN verweist außerdem auf die von der Energieeinsparverordnung gestellten Anforderungen an die Luftdichtheit. Hiernach darf bei Neubauten mit raumlufttechnischen Anlagen einen Maximalwert von $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$ nicht überschritten werden (EnEV 2009 Anlage 4). Die DIN 4108-7 emp-

fehlt jedoch beim Einsatz von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung eine deutliche Unterschreitung dieses Grenzwertes.

Zur Herstellung der Luftdichtheit eines Hauses muss zunächst für jedes Bauteil der Gebäudehülle die Art und Lage der Luftdichtheitsschicht festgelegt werden. Das Ziel ist die Schaffung einer luftdichten Ebene bezogen auf die Umfassungsflächen des Gebäudes, die mit einem geschlossenen Linienzug ohne Unterbrechung gezeichnet werden kann. In der Regel wird die Luftdichtheitsschicht raumseitig der Dämmung und wenn möglich sogar raumseitig der Tragkonstruktion erzeugt. In der Luftdichtheitsschicht sollten möglichst wenige Durchdringungen vorgesehen werden. Daher ist es sinnvoll, die Elektroinstallationsleitungen vorzugsweise innerhalb der luftdichten Hülle zu führen, um die Unterbrechungen der Luftdichtheitsschicht auf ein notwendiges Minimum zu reduzieren. Die in der DIN 4108-7 gezeigten Beispiele für luftdichte Ausbildungen von Anschlüssen, Überlappungen, Durchdringungen und Stöße sind bei der Planung der Gebäudeluftdichtheit zu beachten und es ist auf die in der DIN aufgeführten Materialien zur Bildung der Luftdichtheitsebene zurückzugreifen.

Als Grundlage für den Einbau einer ventilatorgestützten Lüftungsanlage in den Gebäuden der Ahlmer Sied-

lung wird davon ausgegangen, dass im Rahmen der Gebäudesanierung die Luftdichtheit durch die in der DIN 4108-7 beschriebenen Maßnahmen verbessert wird. Hierzu werden beispielsweise die neu eingesetzten Fenster und Außentüren mit Hilfe geeigneter Dichtungsbänder abgeklebt. Kommt es zu Durchdringungen der Luftdichtheitsebene z.B. durch Elektroinstallationen, so wird auf luftdicht ausgeführte Komponenten zurückgegriffen. Um die Eindringung von Luft durch die Dachkonstruktion der ausgebauten Dachräume zu verhindern, wird die Anbringung einer innenseitig angebrachten Folie vorgesehen.

4.1.2 Feststellung der Notwendigkeit von lüftungstechnischen Maßnahmen

In einem ersten Schritt wird gemäß DIN 1946-6 die Notwendigkeit einer lüftungstechnischen Maßnahme exemplarisch für eine Nutzungseinheit des nördlichen Gebäudetraktes des Gebäudes E (Erdgeschosswohnung Nord) überprüft. Lüftungstechnische Maßnahmen sind hiernach erforderlich, wenn der notwendige Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz $q_{v,ges,NE,FL}$ den Luftvolumenstrom durch Infiltration $q_{v,Inf,wirk}$ überschreitet:

$$q_{v,ges,NE,FL} > q_{v,Inf,wirk}$$

mit

$q_{v,ges,NE,FL}$ Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz je Nutzungseinheit in m^3/h

$q_{v,Inf,wirk}$ Luftvolumenstrom durch Infiltration je Nutzungseinheit in m^3/h

Der notwendige Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz für die Nutzungseinheit $q_{v,ges,NE,FL}$ berechnet sich dabei anhand folgender Gleichung:

$$q_{v,ges,NE,FL} = f_{WS} * (-0,001 * A_{NE}^2 + 1,15 * A_{NE} + 20)$$

mit

A_{NE} Fläche der Nutzungseinheit in m^2

f_{WS} Faktor zur Berücksichtigung des Wärmeschutzes des Gebäudes

Da das Gebäude mit Niedrigenergie-Wärmedämmstandard betrachtet wird und man somit von einem hohem Wärmeschutz der Gebäudehülle ausgehen kann, wird gemäß DIN 1946-6 ein Wert von 0,3 als Faktor zur Berücksichtigung des Wärmeschutzes des Gebäudes eingesetzt. Die Fläche der Nutzungseinheit beträgt $61,34 m^2$. Somit ergibt sich:

$$q_{v,ges,NE,FL} = [0,3 * (-0,001 * 61,34^2 + 1,15 * 61,34 + 20)] m^3/h = 26,0 m^3/h$$

Der Luftvolumenstrom durch Infiltration für die Nutzungseinheit kann mit Hilfe folgender Gleichung berechnet werden:

$$q_{V,Inf,wirk} = f_{wirk,Komp} * A_{NE} * H_R * n_{50} * (f_{wirk,Lage} * \Delta p / 50)^n$$

mit

$$f_{wirk,Komp} = 0,5$$

$$f_{wirk,Lage} = 1,0$$

A_{NE} Fläche der Nutzungseinheit in m^2

H_R Raumhöhe, wird mit 2,5 m zugrunde gelegt

n_{50} Vorgabewert oder Messwert des Luftwechsels bei 50 Pa Differenzdruck in h^{-1}

Δp Auslegungs-Differenzdruck, Vorgabewerte für freie Lüftungssysteme

n Druckexponent, entweder $n = 2/3$ Vorgabewert oder Messwert

Da keine Messwerte vorhanden sind, wird für den n_{50} -Wert gemäß DIN 1946-6 ein Vorgabewert von 1,5 für „freie Lüftung bei Modernisierung in eingeschossigen Nutzungseinheiten“ angesetzt und für den Druckexponent ein Wert von 2/3 angenommen. Wolfenbüttel zählt gemäß DIN 1946-6 zu den windstarken Orten in Deutschland. Dementsprechend liegt der Auslegungs-Differenzdruck nach DIN 1946-6 bei einem Wert von 4 Pa. Für den Luftvolumenstrom durch Infiltration folgt:

$$q_{V,Inf,wirk} = [0,5 * 61,34 * 2,50 * 1,5 * (1,0 * 4/50)^{2/3}] m^3/h$$

$$= 21,4 m^3/h$$

Eine Gegenüberstellung der berechneten Ergebnisse zeigt, dass der Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz den Luftvolumenstrom durch Infiltration überschreitet:

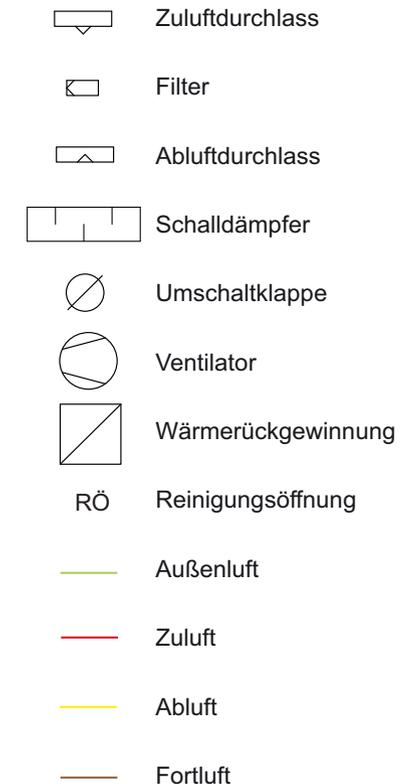
$$26,0 m^3/h > 21,4 m^3/h$$

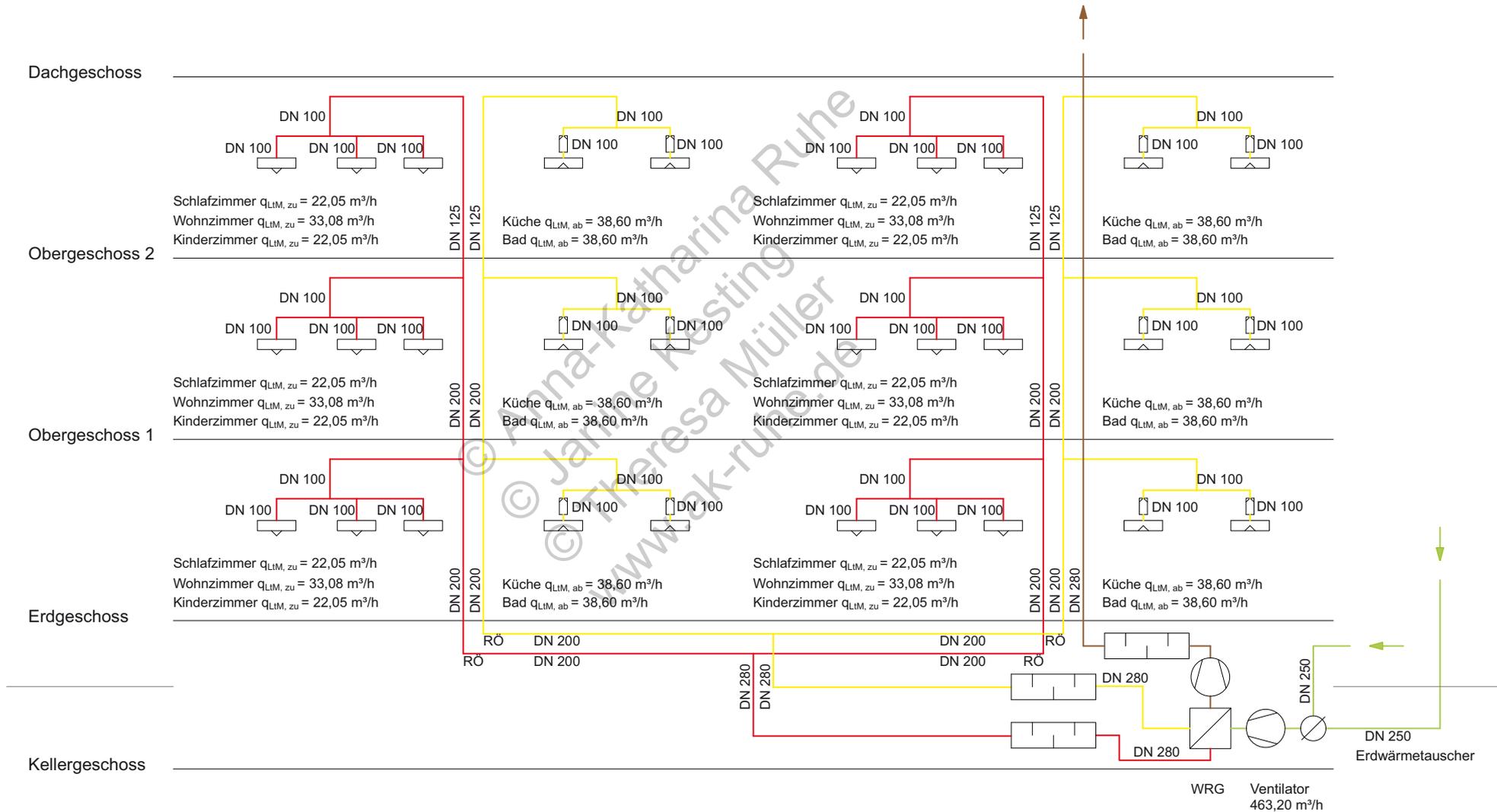
Somit ist gemäß DIN 1946-6 eine lüftungstechnische Maßnahme erforderlich.

4.1.3 Auslegung der Lüftungsanlage

Für den nördlichen Gebäudetrakt des Mehrfamilienhauses E wird beispielhaft eine ventilatorgestützte Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung und Erdreichwärmetauscher vorgesehen. Die Auslegung und Dimensionierung erfolgt dabei gemäß DIN 1946-6. Das zugehörige Strangschema (Abb. 4.2) zeigt die im Folgenden näher erläuterten Lüftungskomponenten. Bei den gewählten Lüftungsrohren handelt es sich um handelsübliche Wickelfalzrohre (vgl. Anhang 9). Zur Bestimmung der im Strangschema dargestellten Rohrdurchmesser wurde der Außenluftvolumenstrom durch lüftungstechnische Maßnahmen exemplarisch für eine Nutzungseinheit berechnet und die Luftvolumenströme

Abb. 4.2 (re)
Strangschema Lüftung





entsprechend auf die Räume aufgeteilt (detaillierte Berechnungen und zugehörige Formblätter siehe Anhang 10). Die Rohrgröße berechnet sich dabei über den Quotienten aus dem jeweiligen Luftvolumenstrom und der Luftgeschwindigkeit. Um einen guten Schallschutz zu gewährleisten, wird dabei von einer Luftgeschwindigkeit von 3 m/s ausgegangen. Mit Ausnahme der senkrechten Sammelleitungen und der Fortluftleitung, werden alle Leitungen für Nennlüftung ausgelegt. Für Sammelleitungen und die Fortluftleitung wird Intensivlüftung angesetzt.

Die Außenluft wird zunächst über einen Erdreichwärmetauscher in das Gebäude geleitet. Hierzu ist eine Außenluft-Ansaugsäule vorgesehen, die sich zurückhaltend an der Ostseite des Gebäudes positioniert (vgl. Abb. 4.3).

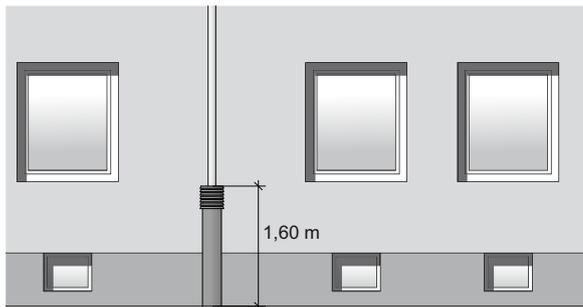


Abb. 4.3
Außenluft-Ansaugsäule, Ansicht Ost M 1:100

Sie besitzt als oberen Abschluss einen Einlass mit Lamellen und einen Kegelluftfilter gegen Insekten und sonstige Verunreinigungen. Die Höhe der Säule (1,60 m) wird so gewählt, dass beispielsweise Personen nicht animiert werden, Unrat in der Säule zu entsorgen. Der 52,50 m lange Erdkanal (DN 250) wird um das Gebäude geleitet und mündet im Westen in den unbeheizten Keller, in dem sich die zentrale Lüftungsanlage befindet (vgl. Abb. 4.4). Der Erdreichwärmetauscher nutzt die im Erdreich gespeicherte und über das Jahr fast konstante Temperatur. So kann im Winter eine Erwärmung, im Sommer dagegen eine Kühlung der Außenluft erfolgen ([Giebeler], S. 67f). Insgesamt kann die Luft für die Lüftungsanlage somit bereits außerhalb der Gebäudehülle vorkonditioniert und einer möglichen Vereisung der Wärmerückgewinnungsanlage vorgebeugt werden.

Zudem wird neben dem Erdreichwärmetauscher ein Außenluft-Bypass eingesetzt. Sollte der klimatische Fall auftreten, dass in der Frühjahrszeit der Erdboden kälter ist als die möglicherweise feuchte Außenluft, könnte sich im Erdwärmekanal Tauwasser bilden. Um dieses zu vermeiden, kann von der Wärmerückgewinnungsanlage dann der Bypass aktiviert und zur Außenluftansaugung genutzt werden. Der Bypass besitzt an der Außenwand einen eckigen Außenlufteinlass, welcher mit einem Gitter aus Aluminium versehen ist (zusätzliches Vogelschutzgitter integriert).

Die Zu- und Abluftanlage mit integrierter Wärmerückgewinnung im Keller erwärmt die Zuluft mit der Wärme der Abluft. Als Mustergerät wird der Kanal-Gegenstromwärmeübertrager Vario 550 der Firma Airon gewählt (vgl. Anhang 11). Dieser beinhaltet neben der Wärmerückgewinnungsfunktion auch die notwendigen Filter und Ventilatoren zum Betrieb der Lüftungsanlage. Bei den Ventilatoren handelt es sich um Hochleistungsradialventilatoren, die mit Gleichstrommotoren ausgestattet und elektronisch regelbar sind. So ist eine hohe Wirtschaftlichkeit garantiert. Mit einer Größe von 0,56 m x 0,70 m x 1,20 m (l x b x h) kann das Gerät problemlos in einem Kellerraum untergebracht werden.

Vom Lüftungsgerät wird die erwärmte Zuluft vom Kellerbereich aus zu den sechs Wohnungen geleitet. Hierbei erfolgt die Führung der horizontalen Leitungen im Keller entlang vorhandener Wände, um einen möglichst geringen Raumverlust zu erzielen und Einschränkungen durch eine verminderte Raumhöhe weitestgehend zu verhindern. Zur Gewährleistung des notwendigen Schallschutzes, ist hinter dem Ventilator ein Schalldämpfer vorgesehen. Da sich das Lüftungsgerät außerhalb der thermischen Hülle befindet, werden die Leitungen bis zur Kellerdecke mit einer 3 cm starken Dämmschicht ummantelt. Die Verteilung zu den einzelnen Wohnungen erfolgt über zwei Hauptstränge, die als Sammelleitungen in den bereits vorhandenen

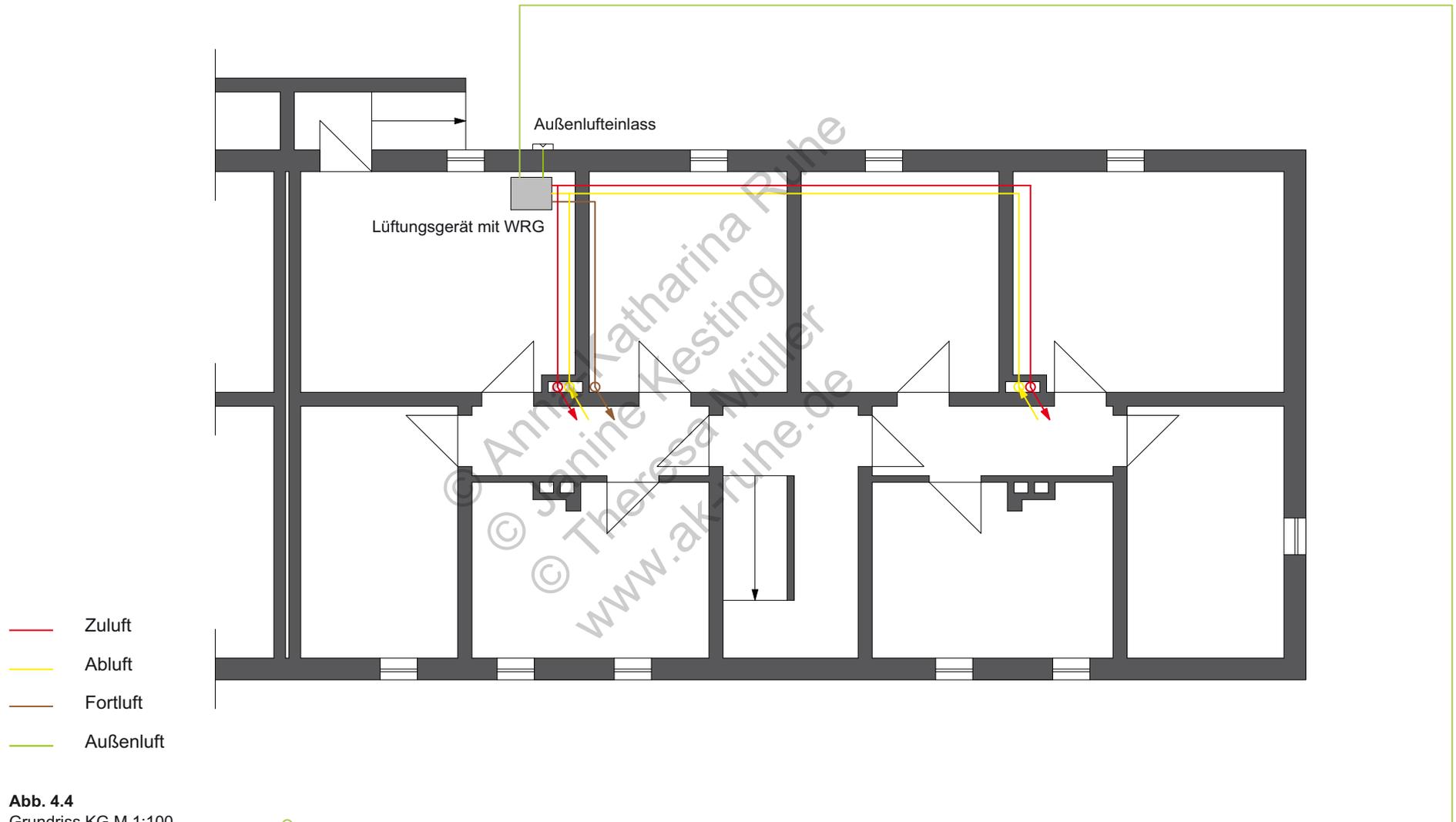


Abb. 4.4
 Grundriss KG M 1:100
 - Lüftungsanlage



Abb. 4.5
 Grundriss Wohnung M 1:100
 - Lüftungsanlage

und ggf. vergrößerten Installationsschächten geführt werden (vgl. Abb. 4.4). An jeden Hauptstrang sind drei Wohnungen angeschlossen. Reinigungsöffnungen sind im Keller vorgesehen.

In den Wohnungen (vgl. Abb. 4.5) zweigen horizontale Leitungen (DN 100) von dem jeweiligen senkrechten Hauptstrang ab. Durch die Abhängung der Decke im Flurbereich können die Leitungen einfach und mit kurzem Leitungsweg verlegt werden. Die Luft gelangt auf diese Weise zu den Zulufräumen, dem Elternschlafzimmer ($q_{LM,zu} = 22,05 \text{ m}^3/\text{h}$), dem Wohnzimmer ($q_{LM,zu} = 33,08 \text{ m}^3/\text{h}$) und dem Kinderzimmer ($q_{LM,zu} = 22,05 \text{ m}^3/\text{h}$). Die Zuluftdurchlässe in den einzelnen Räumen sind über den Innentüren angeordnet und werden als Wandweitwurfdüsen vorgeschlagen, um eine besonders gleichmäßige Luftausbreitung bzw. -verteilung in den Räumen zu gewährleisten (z.B. Schnabdüse Anhang 12).

Die Luft gelangt mittels Überströmöffnungen zum Wohnungsflur, der als Überströmbereich dient, und von dort weiter in die Ablufträume. Die Mindestfläche des jeweilig notwendigen Überström-Luftdurchlasses $A_{ÜLD}$ wird dabei gemäß DIN 1946-6 folgenderweise berechnet:

$$A_{ÜLD} \geq f_{ÜLD} * [q_{v,ÜLD} / (\Delta p_{ÜLD}^{0,5})] - k_{Dichtung}$$

mit

$f_{ÜLD}$	Faktor zur Auslegung des Überström-Luftdurchlasses
$q_{v,ÜLD}$	Auslegungswert des Luftvolumenstroms für Überström-Luftdurchlass in m^3/h
$\Delta p_{ÜLD}$	Druckabfall über den Überström-Luftdurchlass in Pa
$k_{Dichtung}$	Korrekturwert zur Berücksichtigung der Türdichtung

Für den Faktor zur Auslegung des Überström-Luftdurchlasses wird gemäß DIN 1946-6 ein Wert von 3,1 und für den Druckabfall über den Überström-Luftdurchlass ein Wert von 1,5 Pa festgelegt. Ausgehend davon, dass die Türen in den Wohnungen keine Dichtung besitzen, wird ein Korrekturwert zur Berücksichtigung der Türdichtung von 25 cm^2 angenommen. Der Auslegungswert des Luftvolumenstroms entspricht dem anteiligen Ab- bzw. Zuluftvolumenstrom der einzelnen Räume bei Nennlüftung. Somit ergibt sich:

$$\text{Küche } A_{ÜLD} \geq 3,1 * [38,6 (\text{m}^3/\text{h}) / (1,5^{0,5}) \text{ Pa}] - 25 \text{ cm}^2 = 72,7 \text{ cm}^2$$

$$\text{Bad } A_{ÜLD} \geq 3,1 * [38,6 (\text{m}^3/\text{h}) / (1,5^{0,5}) \text{ Pa}] - 25 \text{ cm}^2 = 72,7 \text{ cm}^2$$

$$\text{Wohnzimmer } A_{ÜLD} \geq 3,1 * [33,1 (\text{m}^3/\text{h}) / (1,5^{0,5}) \text{ Pa}] - 25 \text{ cm}^2 = 58,8 \text{ cm}^2$$

$$\text{Schlafzimmer } A_{ÜLD} \geq 3,1 * [22,1 (\text{m}^3/\text{h}) / (1,5^{0,5}) \text{ Pa}] - 25 \text{ cm}^2 = 30,9 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kinderzimmer } A_{ÜLD} \geq 3,1 * [22,1 (\text{m}^3/\text{h}) / (1,5^{0,5}) \text{ Pa}] - 25 \text{ cm}^2 = 30,9 \text{ cm}^2$$

Entsprechend der Ergebnisse werden die Innentürblätter um ca. 1-1,5 cm gekürzt und somit die notwendigen Überströmöffnungen hergestellt.

Zu den Ablufträumen zählen jeweils die Küche ($q_{LM,ab} = 38,60 \text{ m}^3/\text{h}$) und das Bad ($q_{LM,ab} = 38,60 \text{ m}^3/\text{h}$). Dort sind Abluftdurchlässe mit Abluffiltern vorgesehen (z.B. Abluffilter für Wandanbau Anhang 12). Diese besitzen einen Filtereinsatz aus Faservlies (Filterklasse G3) und sind leicht auswechselbar und waschbar. Die Küche ist zusätzlich mit einem Dunstabzug mit einem direkten Fortluftauslass versehen (z.B. Fortluftgitter Anhang 12).

Die Abluftleitungen der einzelnen Wohnungen münden wiederum in den jeweiligen senkrechten Hauptstrang, der die Abluft zurück in den Keller leitet. Im Kellerbereich verlaufen noch einmal horizontale Leitungen, die die Abluft zum Lüftungsgerät führen. Wie auch die Zu-

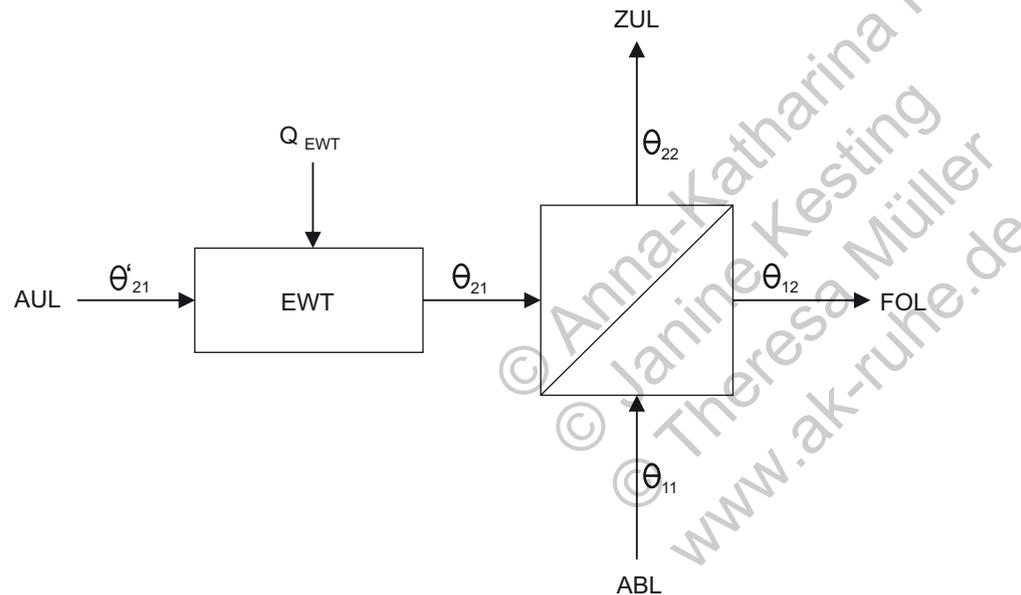


Abb. 4.6
 Temperatureschema
 - Lüftungsanlage

luftleitungen, sind die Abluftleitungen im Kellerbereich mit einer 3 cm starken Dämmung ummantelt und besitzen Reinigungsöffnungen. Ein Schalldämpfer verhindert eine Geräuschbelastung über die Abluftleitungen in die Wohnungen.

Nach der Wärmerückgewinnung wird die Fortluft durch ein Wickelfalzrohr (DN 280) über einen Ventilator und einen dahinter geschalteten Schalldämpfer in einem neu geschaffenen Schacht (neben einem vorhandenen Installationsschacht) bis zum Fortluftauslass auf dem Dach geführt. Für diesen Auslass ist eine Dachhaube aus Polypropylen, nach Möglichkeit in Dachfarbe, vorgesehen (z.B. Dachhaube Anhang 12).

Nach DIN 1946-5 erhält die gewählte Lüftungsanlage folgende Kennzeichnung (vgl. Anhang 13):

Lüftungsanlage/-gerät DIN 1946-6
 ZuAbLS – Z – MFH – WÜT – E – 0 – 0 – 0 – 0

4.1.4 Nutzungsgrad des Gesamtsystems aus Wärmerückgewinnung und Erdreichwärmetauscher

Die Zu- und Abluftanlage wird, wie unter 4.1.3 bereits beschrieben, mit einer Anlage zur Wärmerückgewinnung und einem Erdwärmetauscher (EWT) ausgestattet. Da

sich dieses System folglich aus zwei Systemkomponenten mit jeweils unterschiedlichen Nutzungsgraden zusammensetzt, wird in diesem Schritt der Nutzungsgrad des Gesamtsystems ermittelt. Dabei wird von einer mittleren Außentemperatur für die Heizperiode (θ'_{21}) von 3,3°C und einer Ablufttemperatur von 20°C ausgegangen.

Zur Auslegung des Erdwärmetauschers steht das Simulationsprogramm GAEA der Universität Siegen zur Verfügung. Hier müssen sämtliche, für den Erdwärmetauscher relevanten, Daten eingetragen werden. Dazu eine Übersicht:

Rohranzahl:	1
Rohrlänge:	52,50 m
Rohrdurchmesser:	250 mm
Abstand zw. Röhren:	-
Verlegungstiefe:	1,50 m
Abstand Gebäude:	2,50 m
Ventilator:	nach EWT
Bodentyp:	Sand
Grundwassertiefe:	5 m
Klimaregion:	2
Gebäudevolumen:	1055,53 m ³
Künstlicher Luftwechsel (1/h):	0,4
Heizgrenztemperatur (nach EnEV):	10 °C
Kühlgrenztemperatur:	50 °C

Nach Eingabe der notwendigen Daten, wird die jährliche Wärmeaufnahme durch den Erdwärmetauscher (Q_{EWT}) mit Hilfe des Programms berechnet. Diese beträgt rund 2.239 kWh/a. Der Ventilationsstrom beträgt gemäß vorherigen Berechnungen pro Wohneinheit 77,2 m³/h und dementsprechend für alle 6 Wohnungen 463,2 m³/h. Mit Hilfe dieses Wertes kann das Luftvolumen V_v wie folgt berechnet werden:

$$V_v = V \cdot t_x \cdot 24 = 463,20 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 185 \text{ d} \cdot 24 = 2.056.608 \text{ m}^3$$

Zusammen mit Q_{EWT} kann nun die Temperatur, die sich hinter dem Erdwärmetauscher ergibt (θ_{21}), ermittelt werden:

$$\begin{aligned} \theta_{21} &= \frac{Q_{EWT}}{0,34 \cdot 10^{-3} \cdot V_v} + \theta'_{21} \\ &= \frac{2239 \text{ kWh/a}}{0,34 \cdot 10^{-3} \cdot 2056608 \text{ m}^3} + 3,3^\circ\text{C} = 6,50^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Darauf folgt wiederum die Berechnung der Temperatur der Fortluft und der Zuluft, für welche neben den vorher berechneten Temperaturen auch die Rückwärmezahl der Wärmerückgewinnung benötigt wird. Die Rückwärmezahl der Wärmerückgewinnung Φ kann direkt vom Gerätedatenblatt (Wärmerückgewinnungsanlage Vario 550 von Airon) abgelesen werden (vgl. Anhang 11). Diese liegt unter Idealbedingungen bei 95 %. Um einen

in der Praxis realistischen Wert anzunehmen, wird ein Prozentwert von 85 % angesetzt.

Fortlufttemperatur:

$$\begin{aligned} \theta_{12} &= \theta_{11} - \Phi_1 \cdot (\theta_{11} - \theta_{21}) \\ &= 20^\circ\text{C} - 0,85 \cdot (20^\circ\text{C} - 6,5^\circ\text{C}) = 8,5^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Zulufttemperatur:

$$\begin{aligned} \theta_{22} &= \Phi_2 \cdot (\theta_{11} - \theta_{21}) + \theta_{21} \\ &= 0,85 \cdot (20^\circ\text{C} - 6,5^\circ\text{C}) + 6,5^\circ\text{C} = 18^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Mit diesen Werten lässt sich nun der tatsächliche Nutzungsgrad des Gesamtsystems berechnen:

$$\eta_{EWT,WRG} = \frac{\theta_{22} - \theta'_{21}}{\theta_{11} - \theta'_{21}} = \frac{18^\circ\text{C} - 3,3^\circ\text{C}}{20^\circ\text{C} - 3,3^\circ\text{C}} = 0,88 = 88\%$$

Der Wärmebereitstellungsgrad des Erdwärmetauschers η_{EWT} hängt von der herstellerseitig angegebenen Rückwärmezahl und dem Nutzungsgrad des Gesamtsystems ab.

$$\eta_{EWT,WRG} = 1 - (1 - \Phi_{WRG}) \cdot (1 - \eta_{EWT})$$

$$\eta_{EWT} = \frac{\eta_{EWT,WRG} - 1}{1 - \Phi_{WRG}} + 1 = \frac{0,88 - 1}{1 - 0,85} + 1 = 0,2 = 20\%$$

4.2 Wärmeerzeugung

Im folgenden Kapitel wird die Anlagentechnik der Heizung und Warmwasserbereitung betrachtet. Anstelle der bestehenden, wohnungsweise angeordneten Gas-Umlaufwasserheizer werden neue Wärmeerzeuger eingesetzt und vier Varianten der Wärmeerzeugung getestet. Dabei geht es im Wesentlichen darum, den Einsatz von konventionellen und regenerativen Brennstoffen gegenüberzustellen und schlussendlich zu einer Möglichkeit der CO₂-neutralen Wärmeversorgung für das Wohngebiet zu kommen.

Um einen Vergleich zu ermöglichen, wird zunächst eine heutzutage übliche, dezentrale Wärmeversorgung durch den Brennstoff Gas vorgestellt. Anschließend wird für das Wohngebiet eine zentrale Wärmeversorgung über ein Nahwärmenetz getestet. Es werden dabei als Energieträger für die Wärmeerzeugung sowohl Gas als auch regenerative Brennstoffe untersucht, um zu verdeutlichen, wie unterschiedlich sie sich auf den CO₂-Ausstoß des Wohngebietes auswirken.

4.2.1 Dezentrale Wärmeversorgung

Eine dezentrale Wärmeversorgung bedeutet, dass jedes Gebäude des Wohngebietes eine Sammelheizung erhält. Sie erzeugt an einer zentralen Stelle im Gebäude die Wärme und leitet sie über ein Trägermedium durch ein Rohrsystem zu den angeschlossenen Heizflächen (vgl. [Pistohl], S. H64). Variante 1 dient als Referenzvariante zum Vergleich mit den Varianten der zentralen Wärmeversorgung, die im Kapitel 4.2.2 betrachtet werden. Im Hinblick auf die Qualität der Gebäudehülle wird für diese Variante zunächst der Ist-Zustand ohne Sanierungsmaßnahmen betrachtet.

4.2.1.1 Variante 1

Zur Wärmeerzeugung der Variante 1 dienen gebäudeweise angeordnete Gas-Brennwertkessel, die jeweils in einem Kellerraum der Mehrfamilienhäuser untergebracht sind. Der Gas-Brennwertkessel bietet im Vergleich zu konventionellen Heizkesseln den Vorteil, dass er die im Abgas enthaltene latente Wärme nutzt und somit einen hohen Nutzungsgrad erzielen kann (vgl. [Pistohl], S. H139). Um die Wirtschaftlichkeit der Heizungsanlage zusätzlich zu erhöhen, wird der zentrale Heizkessel nicht nur für die Bereitstellung der Wärme für die Heizkörper, sondern auch für die Trinkwarmwas-

sererwärmung genutzt.

Das dargestellte Anlagenschema (Abb. 4.7) zeigt den Gas-Brennwertkessel. Er wird über einen Gasanschluss mit Erdgas versorgt und verteilt die erzeugte Wärme mittels einer Umwälzpumpe über die Vorlaufleitungen zu den Heizkörpern des Hauses. Die bei der Verbrennung entstehenden Abgase werden über eine Abgasleitung aus dem Gebäude hinausgeführt. Als Trägermedium der vom Brennwertkessel erzeugten Wärme wird im Rohrleitungsnetz Wasser eingesetzt. Es besitzt von den in der Heizungstechnik eingesetzten Trägermedien die höchste Wärmekapazität und kann die Heizenergie daher am besten verteilen (vgl. [Usemann], S. 65).

Zur Trinkwarmwasserbereitung dient ein Warmwasserspeicher, der einen mit dem Heizwasserkreislauf verbundenen Wärmeübertrager erhält. Das warme Wasser wird aus dem Speicher direkt zu den jeweiligen Entnahmestellen im Haus geleitet. Da bei der Wasserversorgung in einem Mehrfamilienwohnhaus meist ein verzweigtes Leitungsnetz besteht, wälzt eine Zirkulationspumpe das in den Trinkwasserleitungen befindliche Wasser um, damit permanent warmes Wasser zur Verfügung steht.

Die Größe des für die Variante 1 vorgesehenen Gas-Brennwertkessels richtet sich nach der Heizlast des

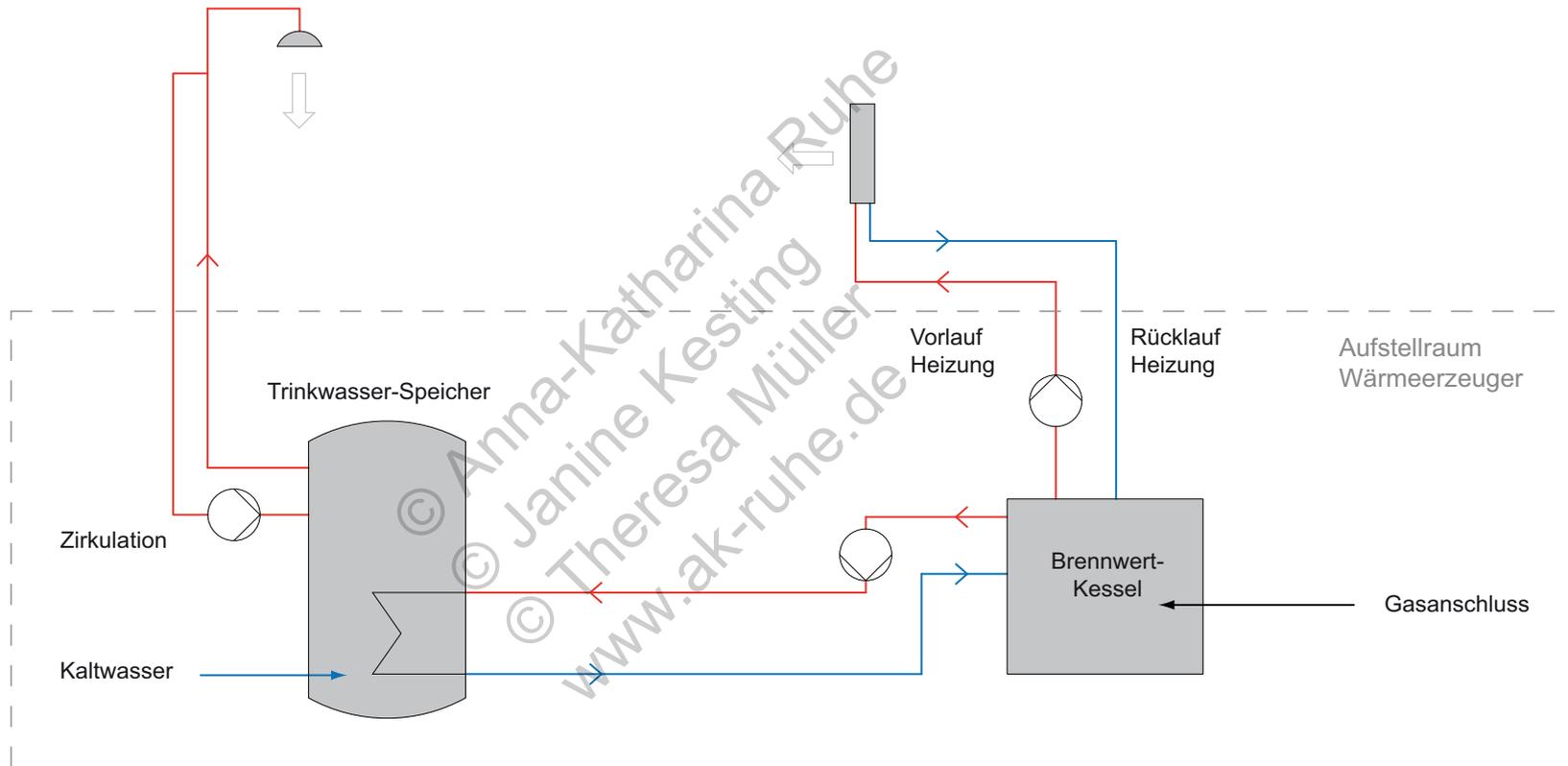


Abb. 4.7
Anlagenschema Variante 1

	Gebäude C (Typ I)	Gebäude E (Typ II)	Gebäude J (Typ III)
Heizlast [kW]	94,1	87,6	42,4

Tab. 4.1
Heizlast der Gebäude im Ist-Zustand

Gas-BWK (Vaillant)	Gebäude C u. E (Typ I u. II)	Gebäude J (Typ III)
Bezeichnung	ecoCRAFT VKK 1206/ 3-E	ecoVIT VKK 476
Leistungsbereich	21,3 kW - 113,4 kW	8,7 kW - 43,6 kW
Höhe	1,285 m	1,257 m
Breite	0,695 m	0,570 m
Tiefe	1,240 m	0,691 m

Tab. 4.2
Ausgewählte Gas-Brennwertkessel der Firma Vaillant

Trinkwarmwasserspeicher (Vaillant)	Gebäude C u. E (Typ I u. II)	Gebäude J (Typ III)
Bezeichnung	uniSTOR VIH R 400	uniSTOR VIH R 300
Leistungskennzahl N_L	17	12
Speichernenninhalt	400 l	300 l
Höhe	1,475 m	1,775 m
Durchmesser	0,81 m	0,66 m

Tab. 4.3
Ausgewählte Trinkwarmwasserspeicher der Firma Vaillant

jeweiligen Gebäudes. Gemäß dem vereinfachten Berechnungsverfahren der DIN EN 12831 in Verbindung mit DIN EN 12831 Beiblatt 1 bestimmt sich die Heizlast der einzelnen Gebäude Φ_{HL} dabei über folgende Gleichung:

$$\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$$

mit

- Φ_T Norm-Transmissionswärmeverlust in W
- Φ_V Norm-Lüftungswärmeverlust in W
- Φ_{RH} Aufheizleistung in W

Da für die Bestandsgebäude von keiner Nachtabenkung der Heizung ausgegangen wird, ist die Aufheizleistung Null. Somit ergibt sich die Heizlast schließlich aus der Summe des Norm-Transmissionswärmeverlustes und des Norm-Lüftungswärmeverlustes. Tabelle 4.1 zeigt die Ergebnisse der im Anhang 14 hinterlegten Berechnungen zur Heizlast der Gebäude C, E und J.

Entsprechend der Ergebnisse der Heizlastberechnung werden beispielhaft Brennwertkessel der Firma Vaillant mit passendem Wärmeleistungsbereich ausgewählt (vgl. Anhang 15). Hierbei wird darauf geachtet, dass nur solche Kessel ausgewählt werden, die problemlos in die jeweiligen Kellerräume angeliefert werden können. Dabei wird insbesondere berücksichtigt, dass der

Kessel durch die 88,5 cm breiten Kellertüren transportiert werden muss. Die Bezeichnungen und Abmessungen der für die Gebäude ausgewählten Kessel sind in Tabelle 4.2 dargestellt.

Bei der Dimensionierung der einzelnen Trinkwarmwasserspeicher ist es wichtig, dass die in den Herstellerunterlagen angegebene Leistungszahl N_L mindestens so groß wie die zuvor nach DIN 4708-2 ermittelte, gebäudespezifische Bedarfskennzahl N ist (zur Berechnung der Bedarfskennzahl siehe Anhang 16). Gebäudetyp C und E erhalten demnach einen Speicher mit einem Volumen von je 400 Litern und Gebäude J erhält einen Speicher mit einem Volumen von 300 Litern (vgl. Tabelle zur Dimensionierung des Warmwasserspeichers im Anhang 17). Die von der Firma Vaillant beispielhaft ausgewählten Trinkwarmwasserspeicher sind mit ihren wichtigsten Kenndaten und Abmessungen in der Tabelle 4.3 dargestellt (vgl. Anhang 15).

Abbildung 4.8 zeigt exemplarisch den Aufstellraum für den Gas-Brennwertkessel und den Trinkwasserspeicher des Gebäudes E unter Beachtung der ermittelten Größen.

Bisher wurde für jedes Gebäude bzw. für das gesamte Wohngebiet nur der Jahresheizwärme- und Trinkwarmwasserbedarf für die jeweiligen Wärmedämmstandards

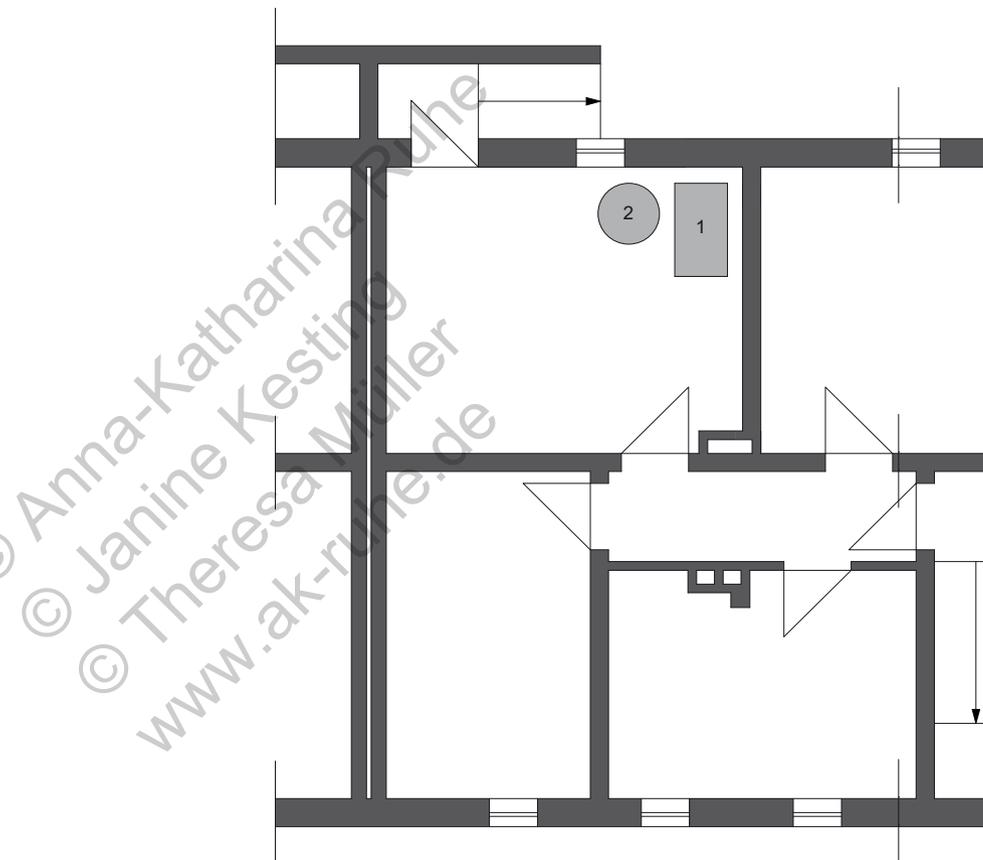


Abb. 4.8
Aufstellraum im Kellergeschoss des Gebäudes E M 1:100

- | | |
|---|------------------------------|
| 1 | Vaillant Gas-Brennwertkessel |
| 2 | Warmwasserspeicher |

der Gebäudehülle berechnet. Der Energiefluss soll nun unter Berücksichtigung der Anlagentechnik weiter betrachtet und auch der Endenergiebedarf des Wohngebietes der Variante 1 bestimmt werden. Hierzu wird eine energetische Bewertung der Heiz- und Trinkwassererwärmungsanlagen gemäß DIN 4701-10 vorgenommen. In einem ersten Schritt erfolgt die Bestimmung der Erzeugernutzwärmeabgabe. Sie schließt neben dem Jahresheizwärme- und Trinkwasserwärmebedarf auch alle Wärmeverluste und Wärmegewinne ein, die bei den Prozessen der Speicherung, Übergabe und Verteilung der Wärme innerhalb des Gebäudes anfallen. Bei Variante 1 entstehen beispielsweise bei der Trinkwarmwasserbereitung Verteilungs- und Speicherungsverluste. Gleichzeitig sind aber auch bei der Verteilung des Warmwassers Wärmegewinne zu verzeichnen, die der Heizung zu Gute kommen. Bei der Berechnung der Übergabeverluste der Heizung wird für die Heizkörper von einem Thermostatregelventil mit Auslegungssproportionalbereich von zwei Kelvin ausgegangen. Unter Berücksichtigung aller Gewinne und Verluste ergibt sich für das gesamte Wohngebiet ein Wert für die Erzeugernutzwärmeabgabe von 2.445 MWh im Jahr (vgl. ausführliche Berechnungen im Anhang 18).

Nach der Bestimmung der Erzeugernutzwärmeabgabe wird ermittelt, wie viel Energie dem gewählten Wärmeerzeuger zugeführt werden muss, um die benötigte

Erzeugernutzwärmeabgabe abzudecken. Diese Energiemenge wird durch den Endenergiebedarf deutlich, der auch den Nutzungsgrad des Wärmeerzeugers mit einbezieht. Der Nutzungsgrad des Erzeugers schlägt sich in der Anlagenaufwandszahl nieder, welche den Kehrwert des Nutzungsgrades darstellt und mit der Erzeugernutzwärmeabgabe multipliziert wird. Für das gesamte Wohngebiet ergibt sich schließlich ein Endenergiebedarf von 2.458 MWh im Jahr (vgl. Anhang 18). Die Differenz aus Erzeugernutzwärmeabgabe und Endenergiebedarf führt zu den Verlusten des Wärmeerzeugers, die sich auf rund 13 MWh im Jahr belaufen.

4.2.2 Zentrale Wärmeversorgung

Neben der dezentralen Wärmeversorgung, werden im Folgenden Varianten mit einer zentralen Wärmeversorgung über ein Nahwärmenetz betrachtet. Anstelle vieler Einzelanlagen wird eine zentrale Heizanlage umgesetzt, die die 16 Gebäude des Wohngebietes mit Wärme versorgt. Transportiert wird die Energie mittels Wasser über ein Leitungssystem, das die Zentrale mit den zu versorgenden Gebäuden verbindet.

Ein Nahwärmesystem mit einer Heizzentrale bietet den Vorteil, auch in Zukunft bei sich ändernden ökonomischen oder ökologischen Randbedingungen leicht auf

andere Brennstoffe bzw. Energietechniken umzusteuern, da nur in der Heizzentrale Maßnahmen ergriffen werden müssten. Somit wird eine hohe Flexibilität und Zukunftssicherheit erreicht. Insbesondere für die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien und die dazugehörigen Komponenten zur Schadstoffminimierung sind zentrale Systeme sinnvoll, da solche Maßnahmen häufig erst bei Anlagen mit größerer Leistung technisch effizient und wirtschaftlich sind (vgl. [HMULV], S.10). Im Gegensatz zum dezentralen System schafft die zentrale Wärmeversorgung auch einen Raumgewinn für den Nutzer, da der Wärmeerzeuger nicht mehr im Gebäude untergebracht werden muss. Betriebssicherheit und effektivere Energieausnutzung sind weitere Aspekte, die grundsätzlich für ein Nahwärmesystem sprechen. Als Nachteile lassen sich vor allem die zusätzlichen Wärmeverluste herausstellen, die hauptsächlich aus den Verlusten der Verteilung (Verteilnetzverluste) resultieren. Zudem muss durch die Neuverlegung der Leitungsrohre und der Errichtung der Heizzentrale mit erhöhten Investitionskosten gerechnet werden.

In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Komponenten des Nahwärmesystems kurz erläutert und anschließend drei verschiedenen Varianten der Wärmeerzeugung untersucht. Die Betrachtungen gehen dabei von dem Niedrigenergie-Wärmedämmstandard der Gebäude aus. Neben dem Einsatz zentraler Gas-

Brennwertkessel (Variante 2), werden zwei Systeme für eine CO₂-neutrale Wärmeversorgung vorgeschlagen. So werden als Variante 3 Holzpellet-Heizkessel umgesetzt und als Variante 4 Holzpellet-Heizkessel in Verbindung mit einer Solaranlage diskutiert.

4.2.2.1 Heizzentrale

Kernstück des Nahwärmesystems ist die Heizzentrale. Sie wird als freistehender Neubau zwischen den Gebäuden B und C realisiert. Die Auswahl des Standorts lässt sich dabei vor allem auf die zentrale Lage im Wohngebiet (kurze Leitungswege) und die Nähe zu den Gebäuden, die sich für die Anbringung von Solar Kollektoren eignen (siehe Variante 4), zurückführen. Bei der Planung der Zentrale wird zudem auf eine gute Erreichbarkeit bzw. Anlieferungsmöglichkeit geachtet. Je nach Versorgungsvariante dient die Heizzentrale als Kessel- und Speicheraufstellraum bzw. als Pelletlager. Eine detaillierte Planung der Heizzentrale erfolgt exemplarisch für die vierte Variante in Kapitel 4.2.2.6.

4.2.2.2 Leitungsnetz

Das in der Heizzentrale erhitzte Wasser wird über isolierte Rohrleitungen in die Keller der angeschlossenen

Gebäude geführt. Da es sich hierbei um ein relativ kleines Netz handelt, wird das Leitungsnetz als kostengünstiges Strahlennetz umgesetzt. Als System wird für die Varianten mit Gas-Brennwertkessel und Holzpellet-Heizkessel ein 2-Leiter-System verwendet, das für Vor- und Rücklauf jeweils eine gemeinsame Leitung für Heizung und Warmwasser besitzt. Bei der Variante mit der Solaranlage wird ein 4-Leiter-System mit zwei zusätzlichen Leitungen für den Anschluss der Solarkollektoren vorgesehen. Als Rohrleitungen dienen Kunststoff-Mantelrohre (KMR), die in offener Bauweise unter Beachtung einer ausreichenden Anzahl von Dehnungsbögen verlegt werden (vgl. Abb. 4.9 und 4.10). Die Durchmesser der Rohre richten sich dabei nach dem jeweiligen Massenstrom und dem maximalen Rohrreibungsdruckgefälle (detaillierte Berechnungen siehe Anhang 19). Bei den Hauptleitungen wird für den Druckverlust der Rohrreibung von einem Höchstwert von 100 Pa/m ausgegangen. Für die von den Hauptleitungen abzweigenden Hausanschlussleitungen wird ein maximaler Wert von 200 Pa/m angenommen. Im Lageplan (Abb. 4.11, S.40) sind die zu versorgenden Wohngebäude und das Leitungsnetz mit den jeweiligen für Vor- und Rücklauf geltenden Rohrmenneiten dargestellt (ohne Berücksichtigung der Solarleitungen; siehe hierzu Variante 4). Bei dem Zusammenschluss der 16 Häuser zu einem Netzwerk erreicht das Netz eine Trassenlänge von 735 m, wobei von einem Zuschlag von 10% im Hinblick auf



Abb. 4.9
Kunststoff-Mantelrohre - Verlegung



Abb. 4.10
Kunststoff-Mantelrohre - Dehnungsbögen



25 m



Abb. 4.11
Nahwärmenetz

Unwägbarkeit der Lage anderer Versorgungsleitungen in der Straße, Gehweg oder ähnlichem ausgegangen wird. Die Vorlauftemperatur wird während der Heizperiode mit maximal 80 °C gleitend in Abhängigkeit von der Außentemperatur bis zur Heizgrenze (10 °C) und während der übrigen Zeit des Jahres zur Warmwasserbereitung mit 70 °C betrieben. Die Temperatur im Rücklauf wird mit 50°C angenommen. Eine Berechnung der Verteilnetzverluste Q_{dn} (vgl. Anhang 19) macht deutlich, dass mit einem Verlust von rund 168 MWh pro Jahr durch das Netzsystem zu rechnen ist. Dies entspricht ca. 20% der von der Heizzentrale abgegebenen Wärmemenge.

4.2.2.3 Hausanschluss

Innerhalb des jeweiligen Gebäudes (Hausanschlussraum) wird die Nahwärmeleitung über die so genannte Hausstation an die Warmwasserbereitung und an das hausinterne Verteilnetz angeschlossen, durch welches die Heizkörper mit Wärme versorgt werden. Die Hausstation untergliedert sich dabei in die Übergabestation und die Hauszentrale. Die Hauszentrale, als Bindeglied zwischen Übergabestation und Hausanlage, dient dabei der Anpassung der Wärmelieferung an die Hausanlage (vgl. [VDI 2036], S.4). So werden beispielsweise Druck, Temperatur und Volumenstrom entsprechend

den Anforderungen angepasst. Die Hausstation wird für den indirekten Anschluss konzipiert (vgl. Abb. 4.12). Dies bedeutet, dass das Heizwasser der Hausanlage durch einen Wärmeübertrager vom Nahwärmenetz getrennt wird. Man erhält einen primären und einen sekundären Kreis. Während der Primärkreis den von dem Heizwasser des Nahwärmenetzes durchströmten Anlagenteil bezeichnet, handelt es sich bei dem Sekundärkreis um den vom Heizwasser der Hausanlage durchströmten Teil. Durch diese vollständige Abkoppelung der Hausanlage vom Netz können beispielsweise das Druckniveau und die Druckstufe der Anlagenkomponenten der Hausanlage frei bestimmt werden (vgl. [Bechtoldt], S.3).



Abb. 4.12
Indirekter Anschluss (Siedlung Am Petersberg, Berlin)

Die Hausanlage setzt sich aus dem Rohrleitungssystem ab der Hauszentrale, den Heizflächen sowie den zugehörigen Absperr-, Regel- und Sicherheitseinrichtungen zusammen (vgl. [VDI 2036], S.3). Für die notwendige Warmwasserbereitung wird eine Frischwasserstation vorgesehen. Bei der Frischwassertechnik wird Heizungswasser aus dem oberen Bereich des Speichers durch einen Plattenwärmetauscher gefördert und das durchfließende Trinkwasser augenblicklich auf die voreingestellte Temperatur erwärmt. Das ausgekühlte Rücklaufwasser wird in den unteren Bereich des Speichers eingeschichtet. Vorteile dieses Systems sind die niedrigen Rücklauftemperaturen und der hohe Hygienestandard. Da das Trinkwasser im Durchfluss bereitet wird und nicht lange steht, verringert sich die Gefahr der Bildung von Bakterien. Insbesondere die Vermehrung von so genannten Legionellen wird vermieden und eine Gesundheitsgefährdung des Menschen abgewendet.

Abbildung 4.13 zeigt das hydraulische Schema des Hausanschlusses. Der benötigte Platzbedarf der Hausanlage im Hausanschlussraum wird exemplarisch im Kellergeschossgrundriss des Gebäudes E (Abb. 4.14) dargestellt. Es werden dabei die Maßvorgaben der DIN 18012 und grundsätzliche Planungsempfehlungen der Fernwärmeversorgungsunternehmen für die Dimensionierung der Hausstation (vgl. [Wärme Berlin]) berücksichtigt.

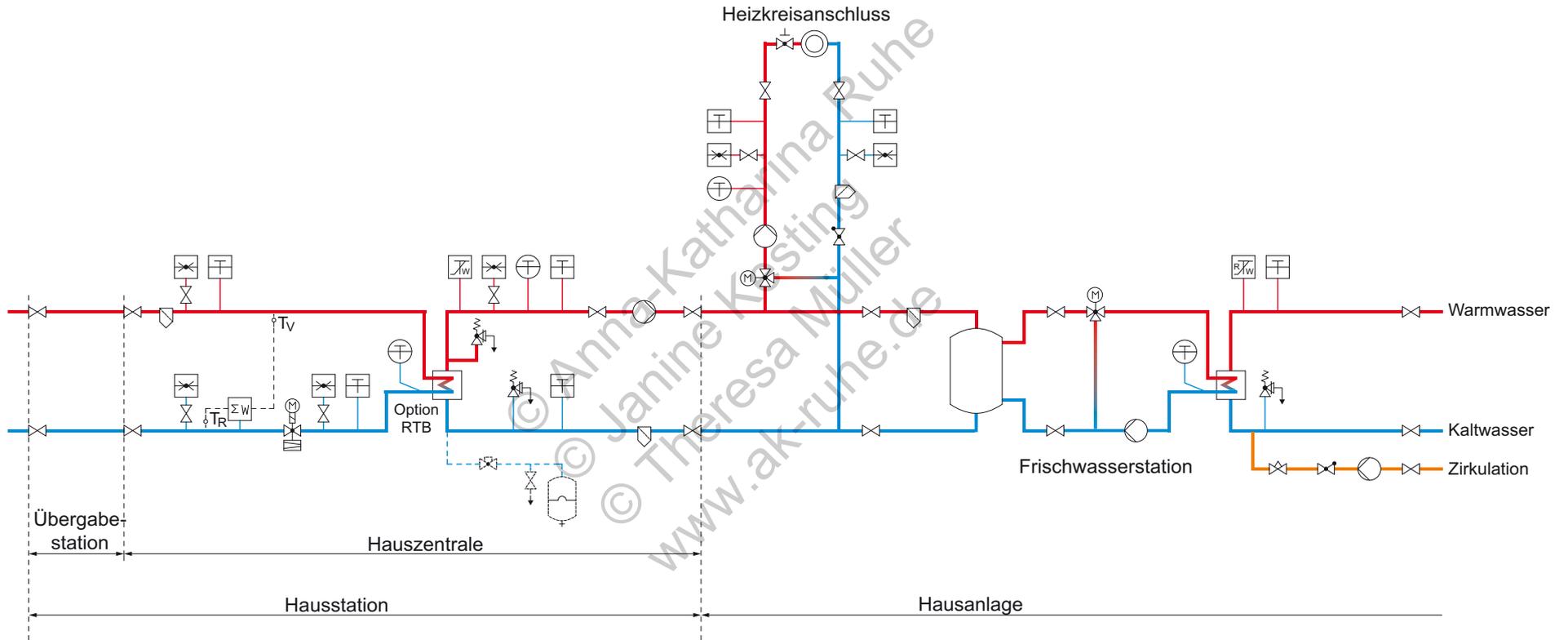
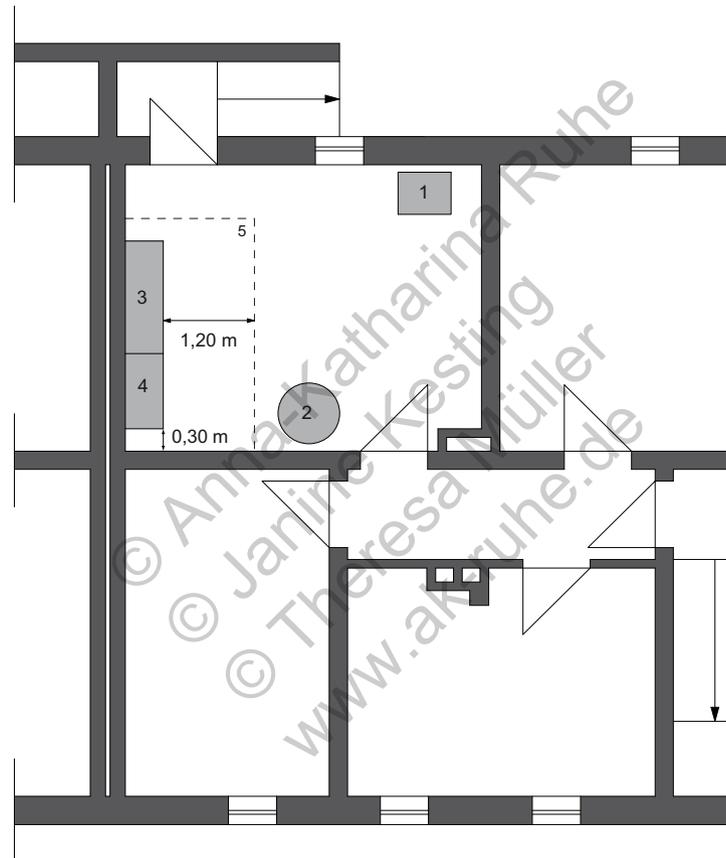


Abb. 4.13
Hydraulisches Schema



- 1 Lüftungsgerät
- 2 Warmwasserspeicher
- 3 Hausübergabestation
- 4 Hauszentrale
- 5 Arbeitsbereich

Abb. 4.14
Hausanschlussraum im Kellergeschoss-
grundriss des Gebäudes E M 1:100

4.2.2.4 Variante 2

Zur Wärmeerzeugung der Variante 2 dienen zwei Gas-Brennwertkessel, die in der Heizzentrale untergebracht sind. Einer der Kessel ist ein Grundlastkessel, der ca. 1/3 der anfallenden Lasten deckt. Zusätzlich wird ein zweiter Kessel geplant, der als Spitzenlastkessel dient und auf 2/3 der Lasten ausgelegt ist.

Das dargestellte Anlagenschema (Abb. 4.15) zeigt die beiden Gas-Brennwertkessel in der Heizzentrale. Sie werden jeweils über einen Gasanschluss mit Erdgas versorgt und sind beide über das Verteilnetzsystem der Nahwärmeleitungen mit dem gesamten Wohngebiet verbunden.

Die Warmwasserbereitung findet bei den Varianten der zentralen Wärmeversorgung, wie bereits unter Punkt 4.2.2.3 erläutert, über eine Frischwasserstation dezentral in den einzelnen Gebäuden statt. Die für Variante 1 ermittelten Volumen der Trinkwarmwasserspeicher gelten dabei auch für die Varianten 2 bis 4. Zur Bestimmung der Größen der beiden vorgesehenen Gas-Brennwertkessel werden zur Heizlast der Gebäude zusätzlich nun auch die Verluste durch die Verteilung über das Nahwärmenetz und die Verluste durch die Hausübergabestation addiert. Für Variante 2 ergibt sich somit eine Heizlast für das gesamte Wohngebiet von

372 kW (vgl. Berechnungen im Anhang 20). Der Grundlastkessel muss folglich für eine Leistung von 124 kW und der Spitzenlastkessel für eine Leistung von 248 kW ausgelegt werden. In der Tabelle 4.4 sind beispielhaft Brennwertkessel der Firma Vaillant für die beiden Wärmeerzeuger ausgewählt und ihre Bezeichnungen und Abmessungen dargestellt (vgl. Anhang 15).

Auch für die Variante 2 erfolgt eine energetische Bewertung der Anlagentechnik auf Grundlage der DIN 4701-10. Hierbei wird von einem verminderten Verlust der Wärmeübergabe der Heizung ausgegangen, da eine elektronische Regeleinrichtung mit PI-Regelverhalten als Verbesserungsmaßnahme vorgesehen wird. Bei

der Ermittlung der Erzeugernutzwärmeabgabe fließt nun neben den Gewinnen und Verlusten der Trinkwarmwasserbereitung und Heizung auch die Lüftungsanlage ein, welche aufgrund der eingebauten Wärmerückgewinnungsanlage jährlich einen Beitrag von 172 MWh zum Heizwärmebedarf hinzusteuert. Des Weiteren werden auch die Verteilnetzverluste und Verluste der Hausübergabestation eingerechnet. Für die Erzeugernutzwärmeabgabe des gesamten Wohngebietes ergibt sich unter Berücksichtigung aller Gewinne und Verluste ein Wert von 833 MWh im Jahr (vgl. ausführliche Berechnungen im Anhang 21). Die Kesselanteile an der Erzeugernutzwärmeabgabe betragen dabei 70% (Grundlastkessel) zu 30% (Spitzenlastkessel).

Gas-BWK (Vaillant)	Grundlastkessel	Spitzenlastkessel
Bezeichnung	ecoCRAFT VKK 1606/ 3-E	ecoCRAFT VKK 2806/ 3-E
Leistungsbereich	26,2 kW - 156,5 kW	51 kW - 275,5 kW
Höhe	1,285 m	1,285 m
Breite	0,695m	0,695 m
Tiefe	1,240 m	1,550 m

Tab. 4.4
Ausgewählte Gas-Brennwertkessel der Firma Vaillant

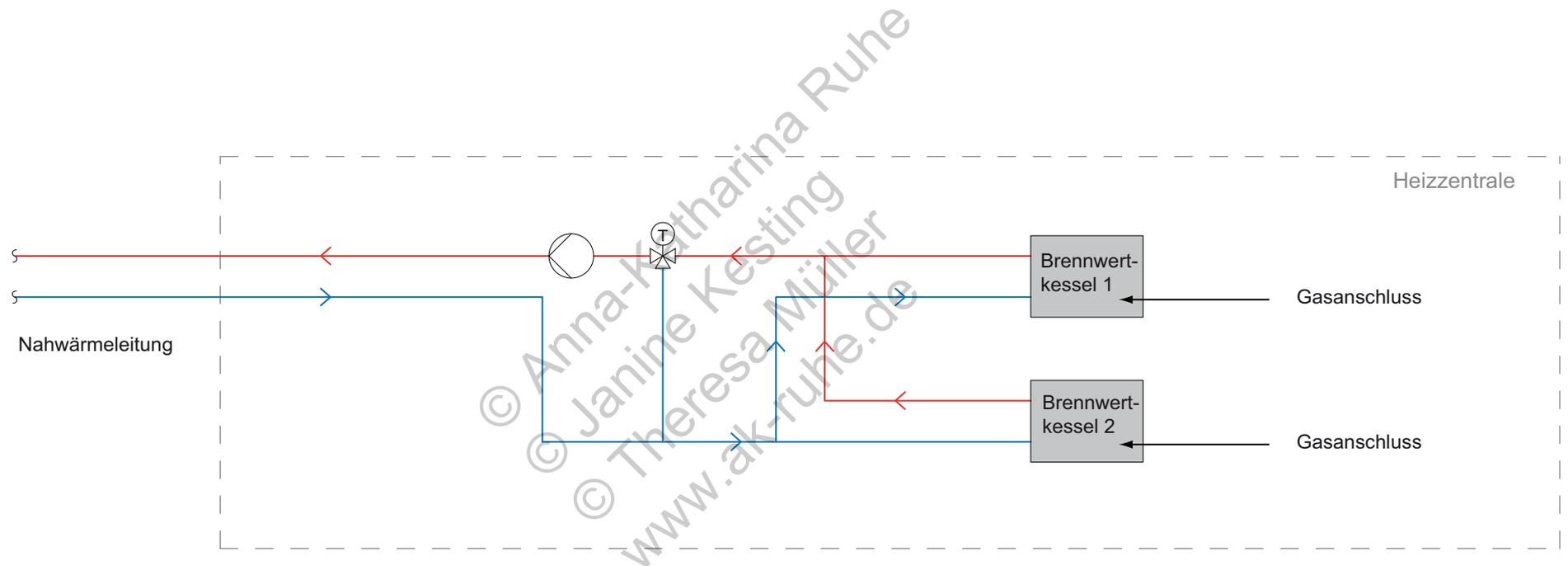


Abb. 4.15
Anlagenschema Variante 2

Der jeweilige Anteil der Erzeugernutzwärmeabgabe wird mit der entsprechenden Aufwandszahl des Kessels multipliziert. Dabei wird angenommen, dass der Nutzungsgrad des Spitzenlastkessels um 2% geringer ist als der Nutzungsgrad des Grundlastkessels. Die Summe der auf diese Weise berechneten Bedarfswerte führt schließlich zu einem Ergebnis von rund 821 MWh/a für den Endenergiebedarf (vgl. Anhang 21). Hier machen sich die Gas-Brennwertkessel bemerkbar, die die latente Wärme der bei der Verbrennung entstehenden Abgase nutzen und einen auf den Heizwert bezogenen Gewinn in Höhe von jährlich 12 MWh einbringen.

4.2.2.5 Variante 3

Bei der dritten Variante (Abb. 4.16) werden die Gas-Brennwertkessel innerhalb der Heizzentrale durch zwei zentrale Holzpellet-Heizkessel ausgetauscht, die wiederum als Grund- und Spitzenlastkessel dimensioniert werden. Bei den in den Kesseln verfeuerten Holzpellets handelt es sich um zylindrische Presslinge aus getrocknetem, naturbelassenem Holz (vgl. [FNR], S.9). Sie werden in einem speziell dafür ausgelegten, quadratischen Raum, der sich unmittelbar neben den Kesseln befindet, gelagert und von dort vollautomatisch zu den Kesseln gefördert. Um die Betriebszeiten des Kessels bei reduzierter Wärmeabnahme in der Übergangszeit

zu verlängern, wird zusätzlich ein Pufferspeicher zwischen Kessel und Nahwärmenetz geschaltet. Die Ein- und Ausschalthäufigkeit der Heizung wird reduziert, was sich positiv hinsichtlich Pelletverbrauch, Abgasemissionen und Lebensdauer der Anlage auswirkt.

Wie bei Variante 2 deckt der Grundlastkessel 1/3 der anfallenden Lasten (124 kW) und der Spitzenlastkessel 2/3 der Lasten (248 kW). Tabelle 4.5 zeigt exemplarisch mögliche Pelletkessel der Firma Viessmann mit ihren entsprechenden Bezeichnungen und Kennwerten. Es handelt sich um vollautomatische Holzessel mit Rotationsfeuerung und einer vereinfachten Wartung

aufgrund vollautomatischer Entaschung, optionalem pneumatischen Reinigungssystem und Abgasentstauber (vgl. Anhang 22).

Für die Dimensionierung des Pufferspeichers wird ein Wert von 25 l/kW angesetzt. Bei einer berechneten Heizlast von 372 kW (vgl. Anhang 20) ergibt sich dementsprechend ein benötigtes Volumen von 9.300 l bzw. 9,3 m³. Bei der Festlegung der Bauform des Pufferspeichers ist darauf zu achten, dass dieser eine möglichst hohe, schlanke Form erhält, damit ein optimaler Aufbau der Temperaturschichtung im Speicherkörper erreicht wird.

Pelletkessel (Viessmann)	Grundlastkessel	Spitzenlastkessel
Bezeichnung	Pyrot 150	Pyrot 300
Leistungsbereich	135 kW	270 kW
Höhe	1,765 m	2,024 m
Breite	1,050 m	1,330 m
Tiefe	2,442 m	2,822 m

Tab. 4.5

Ausgewählte Gas-Brennwertkessel der Firma Viessmann

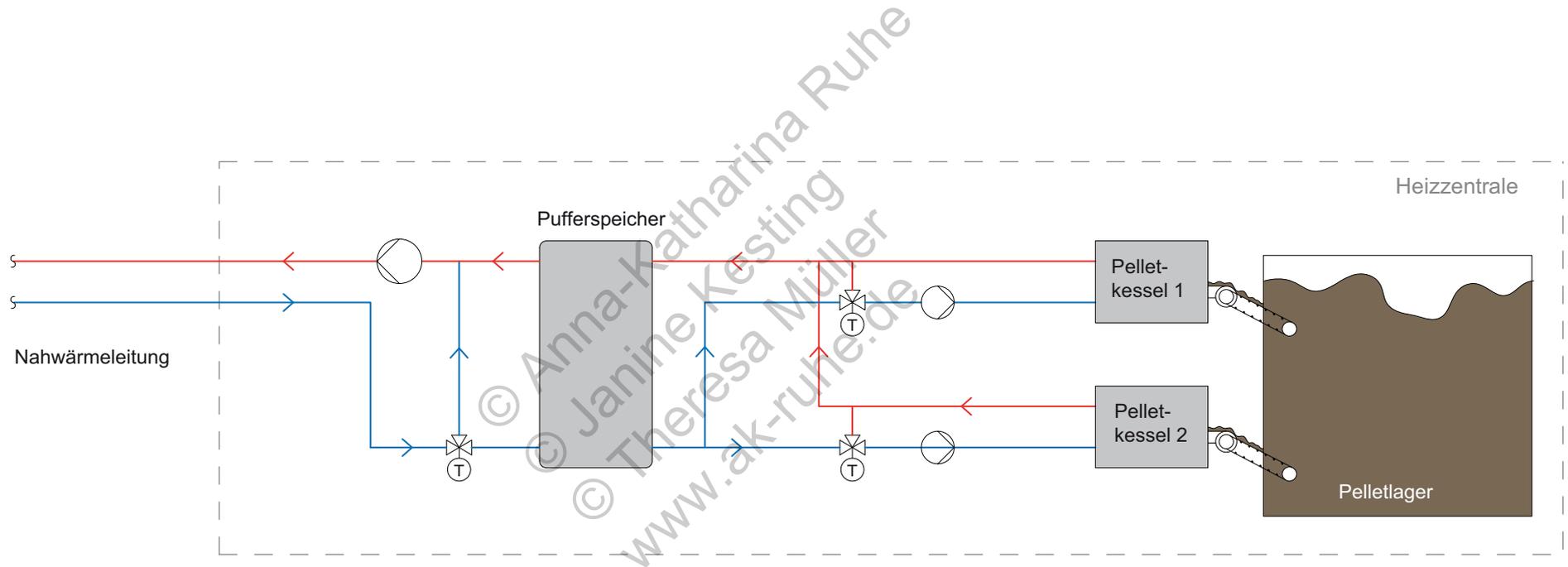


Abb. 4.16
Anlagenschema Variante 3

Durch den Einsatz des Pufferspeichers entstehen zusätzliche Wärmeverluste, die bei der Bestimmung der Erzeugernutzwärmeabgabe berücksichtigt werden müssen. So werden neben den Verlusten und Gewinnen, entsprechend Variante 2, nun auch der Bereitschafts-Wärmeverlust des Pufferspeichers $Q_{H,s}$ gemäß DIN 4701-10 eingerechnet. Hierzu wird folgende Gleichung angesetzt:

$$Q_{H,s} = 1,2 * \frac{\vartheta_{HK,m} - \vartheta_{u,m}}{45} * f_a * t_{HP} * q_{B,s}$$

mit

$\vartheta_{HK,m}$	mittlere Temperatur des Rohrabschnitts in °C
$\vartheta_{u,m}$	mittlere Umgebungstemperatur in °C
f_a	Wärmeverlustfaktor
t_{HP}	Dauer der Heizperiode in d/a
$q_{B,s}$	Bereitschafts-Wärmeverlust in kWh/d

Die mittlere Temperatur des Rohrabschnitts erhält man dabei über das arithmetische Mittel von Vor- und Rücklauftemperatur (vgl. [DIN 4701-10], S.38). Bei einer mittleren Vorlauftemperatur von 75°C und einer Rücklauftemperatur von 50°C im Nahwärmenetz ergibt sich folglich:

$$\vartheta_{HK,m} = 0,5 * (\vartheta_{VL,m} + \vartheta_{RL,m}) = 0,5 * (75 \text{ °C} + 50 \text{ °C}) = 62,5 \text{ °C}$$

Für die mittlere Umgebungstemperatur wird ein Wert

von 13°C angenommen. Der Speicher befindet sich außerhalb einer beheizten, thermischen Hülle. Demzufolge beträgt der Wärmeverlustfaktor 1. Da das Nahwärmenetz das ganze Jahr im Betrieb ist, wird die Dauer der Heizperiode auf ein Jahr und somit 365 Tagen festgelegt. Der Bereitschafts-Wärmeverlust berechnet sich mit Hilfe des bereits ermittelten Speicher-Nenninhalts $V = 9.300 \text{ l}$ gemäß DIN 4701-10 folgendermaßen:

$$q_{B,s} = 0,5 + 0,25 * V^{0,4} = (0,5 + 0,25 * 9.300^{0,4}) \text{ kWh/d} = 10,2 \text{ kWh/d}$$

Somit ergibt sich schließlich für den Bereitschafts-Wärmeverlust:

$$Q_{H,s} = 1,2 * \frac{62,5 \text{ °C} - 13 \text{ °C}}{45} * 1 * 365 \text{ d} * 10,2 \text{ kWh/d} = 4.914,4 \text{ kWh/a}$$

Unter Berücksichtigung aller Gewinne und Verluste einschließlich des Bereitschafts-Wärmeverlustes des Speichers erhält man eine jährliche Erzeugernutzwärmeabgabe von 838 MWh (ausführliche Berechnungen siehe Anhang 23). Diese teilt sich zu ca. 70% auf den Grundlastkessel und zu ca. 30% auf den Spitzenlastkessel auf.

Zur Bestimmung der Endenergie wird vereinfacht der herstellerseitig angegebene Wirkungsgrad von 90%

als Nutzungsgrad angesetzt. Wie bereits bei Variante 2 wird für den Spitzenlastkessel angenommen, dass das Verhältnis der während eines Jahres nutzbar gewordenen Wärme, bezogen auf die mit dem Brennstoff zugeführte Heizenergie um 2% geringer ist als bei dem Grundlastkessel. Dementsprechend wird ein Nutzungsgrad von 88% für die Berechnungen zu Grunde gelegt. Es ergibt sich ein Endenergiebedarf von 938 MWh/a (vgl. Anhang 23). Die Wärmeverluste der Wärmeerzeuger betragen rund 100 MWh/a.

Um die jährlich benötigte Endenergiemenge zu erreichen, ist eine ausreichende Menge an Holzpellets als Brennstoff notwendig. Gemäß dem Deutschen Energie-Pellet Verband e.V. besitzen Pellets einen Heizwert von rund 5 kWh/kg. Bei einem Endenergiebedarfswert von 937.576 kWh/a werden folglich 187.515 kg Holzpellets benötigt. Unter Berücksichtigung einer Schüttdichte von 650 kg/m³ kommt man zu dem Ergebnis, dass die benötigte Menge an Holzpellets ein Volumen von 288 m³ beansprucht.

Für die Dimensionierung des benötigten Pelletlagers wird zunächst die maximale Lademenge eines Pellettankwagens betrachtet. Gemäß den Angaben der Lieferunternehmen können bei einer Lieferung mit einem Tankwagen einschließlich Anhänger maximal 26 t transportiert werden. Um die im gesamten Jahr benötigten

Pellets zu erhalten, sind folglich 7-8 Einzellieferungen erforderlich ($188 \text{ t} / 26 \text{ t} = 7,21$). Um Transportkosten zu sparen sollen für die Ahlumer Siedlung maximal 4 Lieferungen pro Jahr erfolgen, so dass pro Lieferung zwei Pellettankwagen eingesetzt werden müssen. Das Pelletlager muss demzufolge eine Menge von 52 t bzw. 80 m^3 fassen können. Ausgehend davon, dass nur 80% des Lagerraums tatsächlich mit Pellets gefüllt werden kann, wird ein Lagerraum mit einem Volumen von $80 \text{ m}^3 / 0,80 = 100 \text{ m}^3$ benötigt. Eine weiterführende Darstellung des Pelletlagers einschließlich aller Funktionselemente erfolgt für Variante 4 im folgenden Kapitel.



Abb. 4.17
Pellettankwagen
(Eichendorffschule Esslingen)

4.2.2.6 Variante 4

Bei der abschließenden vierten Wärmeerzeugervariante wird die unter 4.2.2.5 beschriebene Pelletheizanlage mit einer thermischen Solaranlage kombiniert (vgl. Abb. 4.19). Die für Variante 3 ermittelten Größen des Grund- und Spitzenlastkessels bleiben hierbei gleich. Für die solarunterstützte Nahwärmeversorgung werden dachintegrierte Flachkollektoren auf den nach Südosten ausgerichteten Dachflächen der Gebäude A, B und C (vgl. Abb. 4.20, S.52) geplant. Die zurzeit noch vorhandenen, aber nicht mehr genutzten Durchstöße in Form von Schornsteinen auf den Dachfirsten, werden für eine optimale Ausnutzung der Dachflächen rückgebaut.

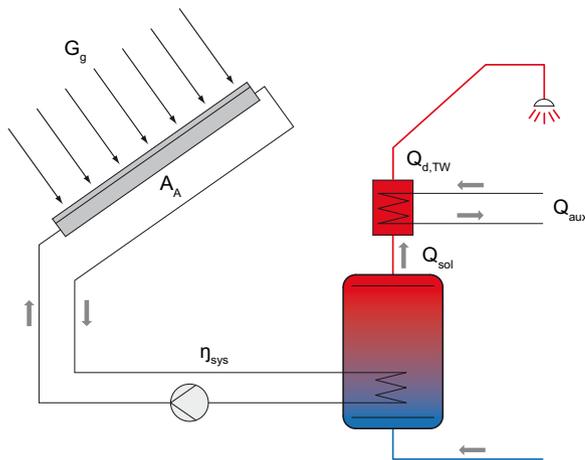


Abb. 4.18
Systemdarstellung thermische Solaranlage

Für die Auslegung der Solaranlage wird das Ziel angestrebt, eine vollständige Abdeckung des Warmwasserbedarfs im Sommer, inklusive aller Verluste, zu erreichen. Auf das gesamte Jahr bezogen, soll im Hinblick auf den Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung ein solarer Deckungsanteil von möglichst 50% erzielt werden. Um eine Vorstellung von der Größe einer Solaranlage zu bekommen, die diese Ziele erreicht, wird im Zuge einer Vordimensionierung zunächst die hierfür notwendige Aperturfläche A_A berechnet:

$$A_A = Q_{\text{sol}} / (G_g \cdot \eta_{\text{sys}})$$

mit
 Q_{sol} solar gewonnene Energie in kWh/a
 G_g jährliches Strahlungsangebot gemäß DIN 4108-6, Tab. A.1 in kWh/(m²a)
 η_{sys} Systemwirkungsgrad

Für das jährliche Strahlungsangebot in Wolfenbüttel kann, ausgehend von einem Strahlungsangebot auf die horizontale Fläche von 999 kWh/(m²a), bei einem Neigungswinkel von 26° ein Wert von 1.064 kWh/(m²a) für die Region 5 der Tabelle A.1 DIN 4108-6 angesetzt werden. Der Systemwirkungsgrad wird mit 30% festgelegt. Um die solar gewonnene Nutzenergie bestimmen zu können, muss zuvor die Erzeugernutzwärmeabgabe für die Warmwasserbereitung einschließlich der

Wärmeverluste der Hausübergabestationen und des Nahwärmenetzes berechnet werden:

$$Q_{\text{d,TW}} = Q_{\text{TW}}^* + Q_{\text{DS}} + Q_{\text{dh}}$$

mit

Q_{TW}^* Erzeugernutzwärmeabgabe Warmwasser in kWh/a
 Q_{DS} Wärmeverlust Hausübergabestation in kWh/a
 Q_{dh} Wärmeverluste Nahwärmenetz in kWh/a

Gebäudetyp I:

$$Q_{\text{TW}}^* = 20,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) \cdot 2.717,40 \text{ m}^2 = 55.978 \text{ kWh/a}$$

$$Q_{\text{DS}} = 0,14 \cdot 55.978 \text{ kWh/a} = 7.837 \text{ kWh/a}$$

Gebäudetyp II:

$$Q_{\text{TW}}^* = 20,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) \cdot 5.408,21 \text{ m}^2 = 111.950 \text{ kWh/a}$$

$$Q_{\text{DS}} = 0,14 \cdot 111.950 \text{ kWh/a} = 15.673 \text{ kWh/a}$$

Gebäudetyp III:

$$Q_{\text{TW}}^* = 23,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) \cdot 3.174,33 \text{ m}^2 = 73.010 \text{ kWh/a}$$

$$Q_{\text{DS}} = 0,14 \cdot 73.010 \text{ kWh/a} = 10.221 \text{ kWh/a}$$

Wohngebiet gesamt:

$$Q_{\text{TW}}^* = 55.978 \text{ kWh/a} + 111.950 \text{ kWh/a} + 73.010 \text{ kWh/a} = 240.938 \text{ kWh/a}$$

$$Q_{\text{DS}} = 7.837 \text{ kWh/a} + 15.673 \text{ kWh/a} + 10.221 \text{ kWh/a} = 33.731 \text{ kWh/a}$$

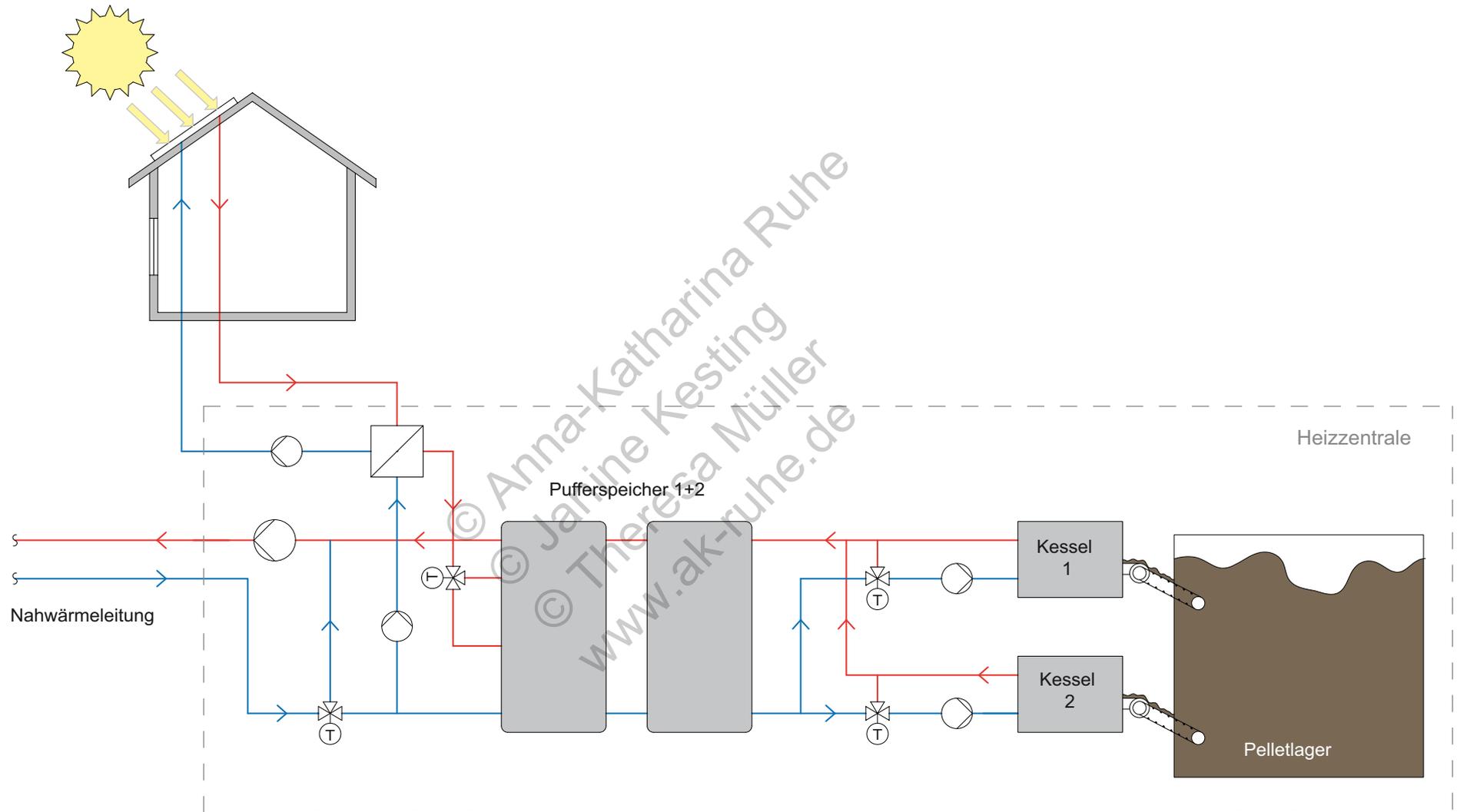


Abb. 4.19
Anlagenschema Variante 4



Abb. 4.20
Lageplan mit Darstellung der
solarthermisch genutzten Dach-
flächen und der Leitungsführung
zur Heizzentrale



$$\begin{aligned}
 Q_{d,TW} &= Q_{TW}^* + Q_{DS} + Q_{dh} \\
 &= 240.938 \text{ kWh/a} + 33.731 \text{ kWh/a} + 167.631 \text{ kWh/a} \\
 &= 442.300 \text{ kWh/a}
 \end{aligned}$$

Mit Hilfe des auf diese Weise ermittelten Wärmebedarfs für die Trinkwassererwärmung und dem zuvor festgelegten solaren Deckungsgrad von 50% bestimmt sich die solar gewonnene Energie mittels folgender Gleichung:

$$Q_{sol} = f_{sol} * Q_{d,TW}$$

mit

f_{sol} solarer Deckungsgrad (Warmwasser)
 $Q_{d,TW}$ Wärmebedarf für Trinkwassererwärmung
in kWh/a

$$Q_{sol} = 0,50 * 442.300 \text{ kWh/a} = 221.150 \text{ kWh/a}$$

Für die Aperturfläche A_A ergibt sich somit:

$$A_A = \frac{221.150 \text{ kWh/a}}{1.064 \text{ kWh} / (\text{m}^2\text{a}) * 0,30} = 693 \text{ m}^2$$

Um einen Deckungsanteil von 50% für die Warmwasserbereitung zu erreichen, müssten in der Ahlumer Siedlung demnach thermische Solarkollektoren mit einer Aperturfläche von 693 m² installiert werden.

Die südöstlich ausgerichteten Dachflächen der Gebäude A, B und C besitzen unter Berücksichtigung der im Folgekapitel dargestellten Sanierungsmaßnahmen eine Dachfläche von 775 m². Somit steht grundsätzlich ausreichend Fläche für die vorgesehene solare Nutzung zur Verfügung. Als Kollektoren werden Großkollektorsysteme der Firma Schüco mit einer Aperturfläche von je 7,6 m² gewählt (vgl. Anhang 24), da diese die optimalste Lösung zur Flächenausnutzung und zur ansprechenden Gestaltung darstellen (vgl. Kap. 5). Großkollektoren bieten darüber hinaus noch den Vorteil, dass sie weniger Verrohrungen als kleinere Systeme benötigen, was wiederum Investitionskosten senkt. Diese Kollektoren müssen aufgrund ihrer Größe mit Hilfe eines Krans montiert werden. Zudem ist mit dem zuständigen Statiker zu klären, inwieweit das vorhandene Dachtragwerk die zusätzlich anfallenden Lasten abtragen kann oder eine Verstärkung erforderlich ist.

Auf den drei Dächern kann so eine Gesamtaperturfläche von rund 638 m² erreicht werden, was einer Ausnutzung der südlichen Dachflächen von 82 % entspricht. Bei der Indachmontage werden die Kollektoren wie Einbauteile auf dem Dach montiert und ersetzen die Dacheindeckung.

Auf Basis der umsetzbaren Kollektorfläche wird der tatsächliche Solarertrag berechnet:

$$Q_{sol} = G_g * \eta_{sys} * A_A$$

mit

G_g Jährliches Strahlungsangebot gemäß
DIN 4108-6, Tab. A.1 in kWh/(m²a)
 η_{sys} Systemwirkungsgrad
 A_A Aperturfläche in m²

$$\begin{aligned}
 Q_{sol} &= 1064 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) * 0,30 * 638,4 \text{ m}^2 \\
 &= 203.777 \text{ kWh/a}
 \end{aligned}$$

Für den Deckungsgrad der Warmwasserbereitung erhält man:

$$f_{sol} = Q_{sol} / Q_{d,TW}$$

mit

f_{sol} Solarer Deckungsgrad
 Q_{sol} Solar gewonnene Energie in kWh/a
 $Q_{d,TW}$ Wärmebedarf Trinkwassererwärmung
in kWh/a

$$\begin{aligned}
 f_{sol} &= Q_{sol} / Q_{d,TW} = 203.777 \text{ kWh/a} / 442.414 \text{ kWh/a} \\
 &= 0,46 = 46\%
 \end{aligned}$$

Entsprechend ergibt sich für den Gesamtwärmebedarf:

$$\begin{aligned}
 f_{sol} &= Q_{sol} / Q_{outg} = 203.777 \text{ kWh/a} / 832.955 \text{ kWh/a} \\
 &= 0,25 = 25\%
 \end{aligned}$$

Innerhalb der Gebäude werden die Leitungen der Solaranlage über den nicht ausgebauten Dachraum in die vorhandenen Installationsschächten geführt und von den Kellern aus unterirdisch zu der Heizzentrale geleitet. Die Übergabe der Solarwärme erfolgt hier mittels eines Wärmeübertragers.

Die über die Solarkollektoren erzeugte Wärme wird in einen bivalenten Pufferspeicher eingespeist, der auch von den Pelletkesseln mit Wärme versorgt wird. In den Wärmespeicher wird die zum Zeitpunkt der Erzeugung überschüssige Energie zwischengespeichert, so dass eine Nutzung der erzeugten Solarwärme über einen längeren Zeitraum ermöglicht wird. Es ist darauf zu achten, dass der Speicher möglichst geringe Wärmeverluste aufweist. Folglich ist er eine wichtige Komponente hinsichtlich der Gesamteffizienz der Solaranlage (vgl. [BDH], S.95f).

Zur Dimensionierung des Pufferspeichers wird die Größe der Kollektorfläche (638 m²) herangezogen. Je m² Kollektorfläche werden 60 l Speicherkapazität angesetzt, woraus sich eine Speichergröße von 38.304 l bzw. 39 m³ ergibt. Aufgrund des großen erforderlichen Volumens, werden zwei Speicher gewählt. Die beiden einzelnen Pufferspeicher müssen demnach jeweils 19,5 m³ aufnehmen, was einen Durchmesser von 2,5 m und eine Höhe von 4 m erfordert. Mit diesen Abmessungen

können die Speicher problemlos per LKW transportiert und vor Ort eingebaut werden. Es handelt sich hierbei um Sonderanfertigungen.

Für die Erzeugernutzwärmeabgabe der Variante 4 ergibt sich ein Wert von 833 MWh/a. Durch die Energiegewinne der thermischen Solaranlage kann ein im Vergleich zu Variante 3 verringerter Endenergiebedarfswert von 704 MWh/a erreicht werden (vgl. Anhang 25). Die Verluste der Wärmeerzeuger betragen 75 MWh/a.

Es werden bei dieser Variante 140.810 kg Pellets benötigt, was einem Volumen von 217 m³ entspricht. Pro Lieferung sollen zwei Tankwagen samt Anhänger eingesetzt werden, so dass im Jahr rund 2 bis 3 Lieferungen erfolgen müssen. Wie bei Variante 3 wird ein Lagerraum mit einem Volumen von 100 m³ vorgesehen.

Die Heizzentrale mit dem Lagerraum ist zwischen den Gebäuden B und C positioniert (vgl. Abb. 4.20, S. 52). Die Tankwagen können direkt über den Wacholderweg in die Fliederkehre anfahren, dort halten und die Pelletlieferung durchführen. Der Pelletlagerraum ist im Nordwesten der Heizzentrale positioniert, um unnötigen Leitungsweg einzusparen. Die maximale Schlauchlänge von 30 m wird nicht überschritten. Nach der Lieferung können die Tankwagen ohne zu wenden über den Kiefernweg abfahren.

Die um 2 m versenkte Heizzentrale wird gemauert und mit Wärmedämmung versehen, so dass die Außenwände feuerbeständig sind. Bekleidet mit einem opaken Plattenmaterial, zeigt sich die Heizzentrale als eingestellter Kubus zwischen den Gebäuden B und C und setzt einen Akzent in den bisher noch unbestimmten Zwischenraum (vgl. Abb. 4.22 - 4.31).

Im Norden sind für die Befüllung des Pelletlagerraums zwei Einblas- und ein Absaugstutzen vorgesehen sowie ein Hausanschlusskasten, mit welchem die Kesselsteuerung möglich ist (vgl. Abb. 4.26). Die beiden Einblasstutzen gewährleisten eine optimale Verteilung der Pellets im Lagerraum. Von außen befinden sie sich ungefähr auf Kopfhöhe, so dass ein einfaches Montieren der Schläuche gewährleistet ist. Die Stutzen sind innerhalb des Lagerraums 20 cm unterhalb der Lagerdecke angeordnet und erhalten, sofern sie über 50 cm aus der Lagerwand herausragen, eine Rohrschelle zur Befestigung an der Decke. Die Einblas- und Absaugstutzen sind hinsichtlich ihrer Mündungen über 50 cm voneinander entfernt, so dass keine Beeinflussung untereinander erfolgen kann. Für die Stutzen ist ein Metallrohr mit NW 100 vorzusehen.

Auf der gegenüberliegenden Seite werden zwei Prallmatten (ca. 1,5 x 1,5 m) angeordnet. Zudem erhält der Lagerraum zur Wartung und Kontrolle eine Tür. Diese

wird auf der Innenseite zum Lagerraum mit Holzbrettern zur Druckentlastung versehen und ein Guckloch zur Füllstandskontrolle eingeplant. [DEPV]

Der Lagerraum kann 80 m³ Pellets aufnehmen und hat eine Grundfläche von 25 m² (5 x 5 m) und eine Höhe von 4,22 m. Die Innenwände werden gemauert (mindestens 17,5 cm stark) und sind feuerbeständig auszuführen. Die Pelletaustragung erfolgt automatisch über eine Knickarmaustragung, welche an eine im Boden geführte Förderschnecke angeschlossen ist, die die Pellets zu den Heizkesseln transportiert (vgl. Anhang 26). Die so nicht erreichten Ecken des Lagerraums können noch mit Schrägelementen ausgestattet werden.

Direkt neben dem Pelletlagerraum befinden sich die beiden Heizkessel, welche an die Förderschnecke angeschlossen sind. Um die Heizkessel und die Pufferspeicher wird ein 1 bis 1,5 m breiter Arbeitsraum vorgesehen. Zudem werden über den Kesseln und über den Speichern Dachluken installiert, welche nachträgliche Arbeiten oder auch das Austauschen ganzer Elemente ermöglichen. Die Außentür zum Heizraum ist doppelflügelig und schlägt nach außen auf. So kann ein optimierter Fluchtweg erreicht werden.

Die Heizzentrale erhält eine Abgasanlage. Da es sich um eine Variante mit einem festen Brennstoff handelt,

muss die Abgasanlage rußbrandbeständig, mit Reinigungsöffnungen versehen und auf einem feuerbeständigen Unterbau oder dem Baugrund errichtet sein. Dementsprechend wird für jeden Kessel ein freistehender, rußbrandbeständiger Stahlschornstein mit 3-schaligem Aufbau vorgesehen. Durch den äußeren Edelstahlmantel ist diese Art der Schornsteine besonders witterungsbeständig. Zudem ist ein rascher Aufbau durch die elementierte Vorfertigung möglich. Die Schornsteine werden außerhalb der Heizzentrale auf dem Boden montiert und an der Fassade entlang hochgeführt (vgl. Abb. 4.27). Im Bereich der Bodenmontierungen ist jeweils eine Sohle samt Reinigungsöffnung vorgesehen. Die Sohle ermöglicht das problemlose Ansammeln von Ablagerungen und Verbrennungsrückständen, wobei eine Reinigung über die Reinigungsöffnung möglich ist. Neben der unteren Reinigungsöffnung ist gemäß DIN V 18160-1 eine zweite, obere Reinigungsöffnung 5 m unterhalb der Mündung einzuplanen.

Zur Dimensionierung der Abgasanlage wird ein Hilfsdiagramm der Firma Schiedel herangezogen (vgl. Abb. 4.21). Da für den Grundlast- und den Spitzenlastkessel jeweils eine Abgasanlage vorgesehen werden soll, werden beide Systeme getrennt voneinander betrachtet. Grundsätzlich wird aber von einer wirksamen Schornsteinhöhe von 8 Metern ausgegangen, um einen möglichst hohen Auftrieb und damit eine möglichst effiziente

Abführung der Abgase zu erzeugen. Zudem werden die Anwohner so nicht durch störende Abgase belästigt.

Für den Schornstein des Grundlastkessels wird ein Querschnitt von 35 cm angesetzt. Der Schornstein des Spitzenlastkessels erhält einen Querschnitt von 40 cm.

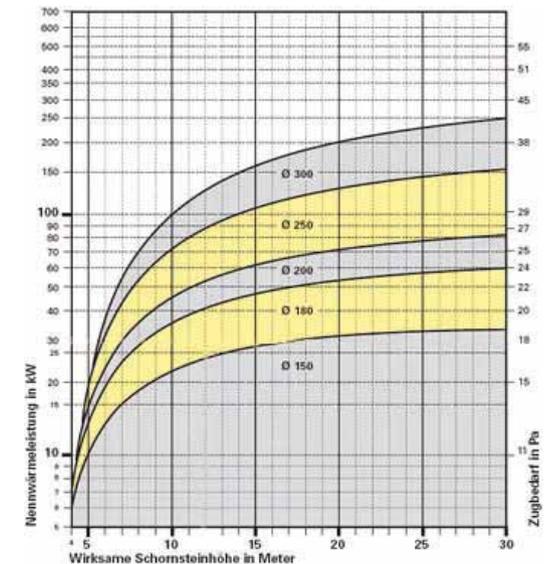


Abb. 4.21
Diagramm zur Dimensionierung einer Abgasanlage (Holz-Pelletfeuerstätte mit Zugbedarf u. Gebläsebrenner; Abgastemperatur 140 - 190 °C)



Abb. 4.22
Anfahrtsskizze Pellettankwagen

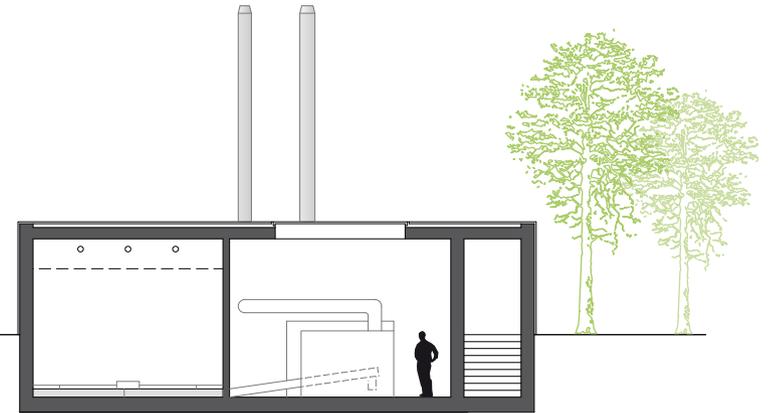


Abb. 4.23
Heizzentrale Schnitt A-A M 1:200

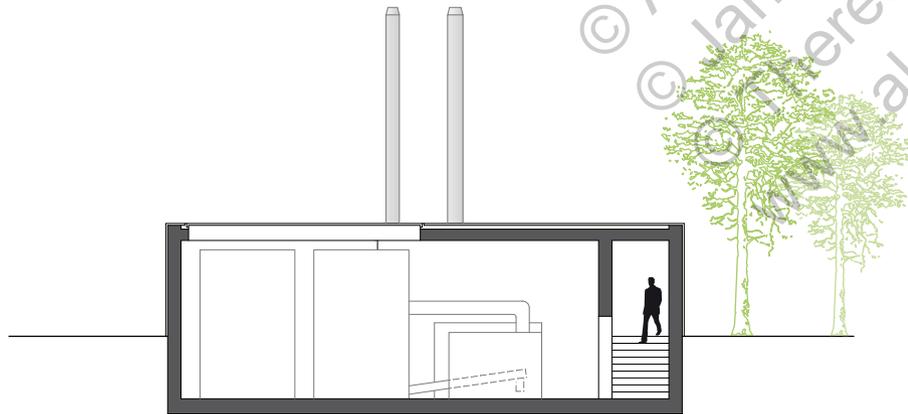


Abb. 4.24
Heizzentrale Schnitt B-B M 1:200



Abb. 4.25
Heizzentrale Schnitt C-C M 1:200

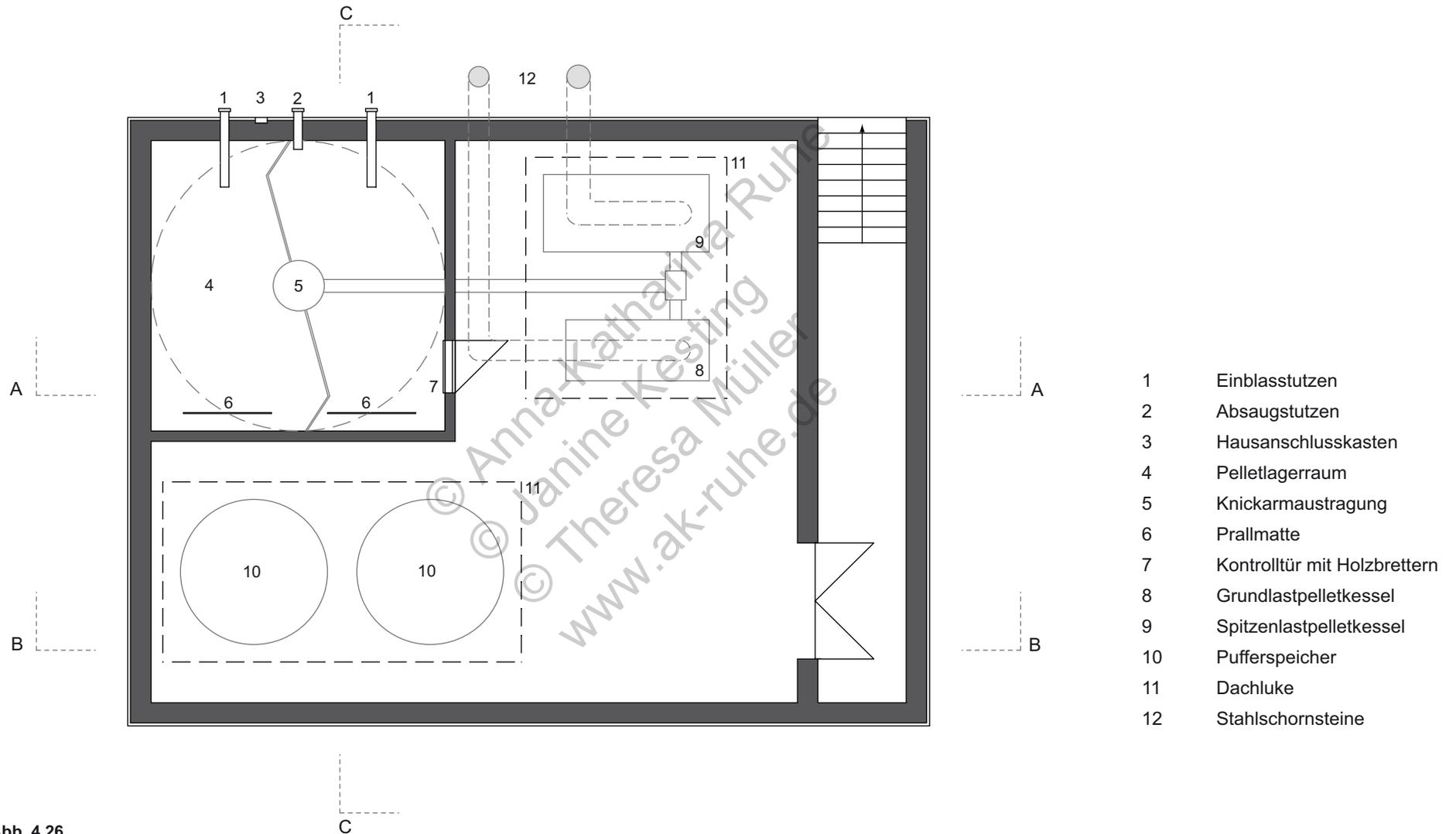


Abb. 4.26
Grundriss Heizzentrale M 1:100



Abb. 4.27
Heizzentrale Ansicht Nord M 1:200

Abb. 4.28
Heizzentrale Ansicht Ost M 1:200

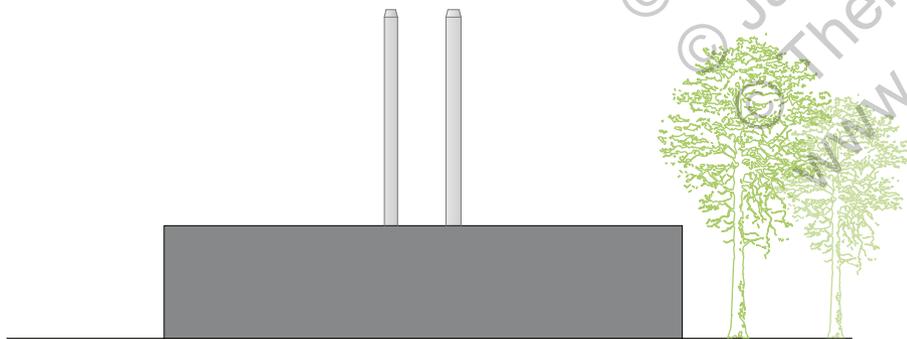


Abb. 4.29
Heizzentrale Ansicht Süd M 1:200

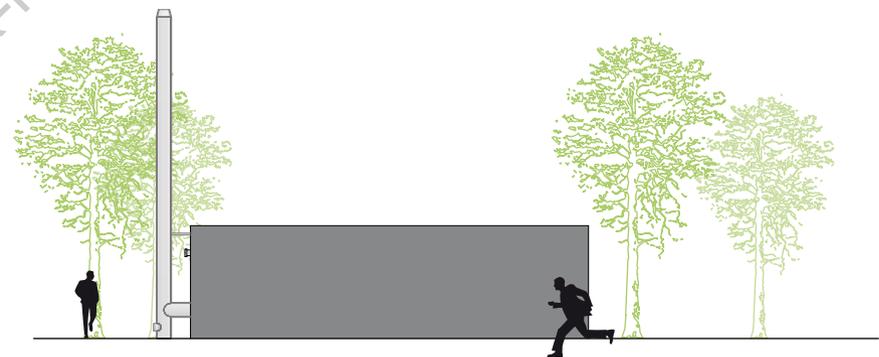


Abb. 4.30
Heizzentrale Ansicht West M 1:200

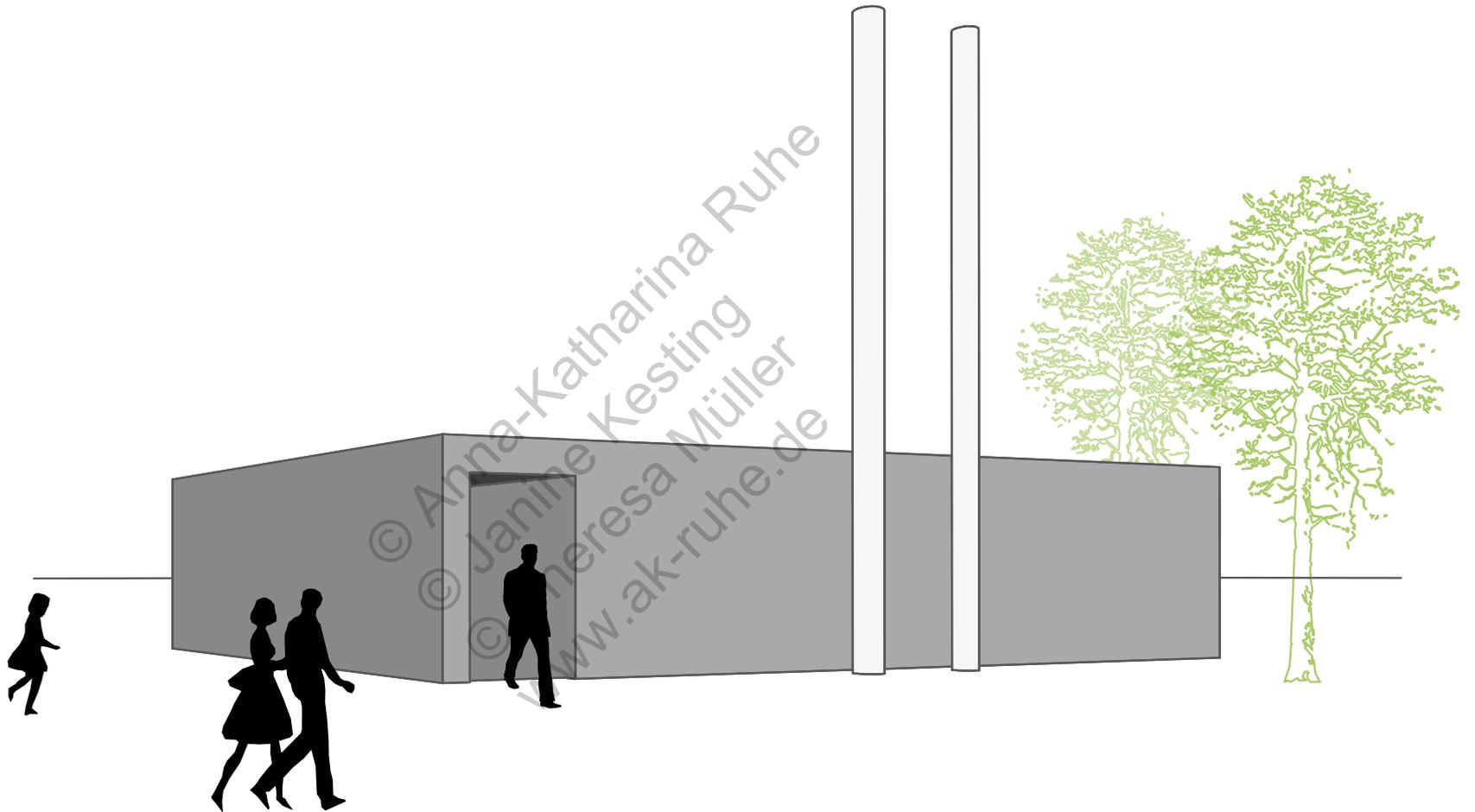


Abb. 4.31
Perspektive Heizzentrale

4.2.3 Auswertung der Ergebnisse

Zur Auswertung werden der wohngebietsbezogene Wert für den Endenergiebedarf, die benötigte Hilfsenergie, der kumulierte Energieaufwand (nicht erneuerbar) und die CO₂-Äquivalent-Emissionen der einzelnen Varianten betrachtet und untereinander verglichen (vgl. Tab. 4.6 und Abb. 4.32). Der jeweilige kumulierte Energieaufwand und die CO₂-Äquivalent-Emissionen werden dabei mit Hilfe des vom Institut für angewandte Ökologie entwickelten Programms GEMIS 4.5 bestimmt (s. Anhang 27). Der kumulierte Energieaufwand (nicht erneuerbar) ist eine Maßzahl für den gesamten Aufwand an Energieressourcen zur Bereitstellung der Produkte, die zur Energieerzeugung benötigt werden, bezogen auf den nicht erneuerbaren Anteil (vgl. [GEMIS]). Hierzu werden beispielsweise der Energieeinsatz zur Herstellung, zum Transport und zur Lagerung der einzelnen Produkte betrachtet. CO₂-Äquivalente geben an, wie viel eine festgelegte Menge eines Treibhausgases zum Treibhauseffekt beiträgt. Je höher die CO₂-Äquivalent-Emissionen sind, umso negativer sind letztendlich die Auswirkungen auf die Umwelt.

Betrachtet man den Endenergiebedarf, so wird deutlich, dass die Varianten mit verbessertem Wärmedämmstandard und mechanischer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Varianten 2-4) einen deutlich

niedrigeren Endenergiebedarf besitzen als die Referenzvariante, die sich auf die ungedämmten Gebäude ohne Lüftungsanlage bezieht. Die zusätzlichen Verluste durch das Nahwärmenetz fallen dabei nicht ins Gewicht, da sie durch die Verbesserung des Wärmedämmstandards und durch die Gewinne der Lüftungsanlage kompensiert werden. Von Variante 2 zu Variante 3 steigt der Endenergiebedarf von 821 MWh/a auf 938 MWh/a leicht an. Dies hängt mit der Umstellung der Wärmeerzeuger von Gas-Brennwertkesseln zu Holzpellet-Kesseln zusammen. Während bei der Gas-Brennwerttechnik die latente Wärme der bei der Verbrennung entstehenden Abgase genutzt wird und ein auf den Heizwert bezogener Gewinn festzustellen ist, treten bei den Holzpellet-Kesseln Erzeugerverluste auf, die den Endenergiebedarf erhöhen. Aufgrund des verringerten Brennstoffbedarfs durch den Einsatz von Solarkollektoren, fällt der Endenergiebedarf bei Variante 4 mit 704 MWh/a gegenüber den anderen Varianten am niedrigsten aus. Es kann eine Absenkung des Endenergiebedarfs von rund 1.750 MWh/a gegenüber der Referenzvariante erzielt werden.

Die Hilfsenergie (vgl. Kap. 6.1) steigt aufgrund des erhöhten Strombedarfs der zusätzlichen Pumpen (Lüftungsanlage, Nahwärmenetz) und der Pelletförderung von der ersten zur dritten Varianten kontinuierlich an. Von Variante 3 zu 4 sinkt die Hilfsenergie wiederum

um rund 3 MWh/a. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass durch den Einsatz solarthermischer Kollektoren weniger Pellets befördert werden müssen und folglich weniger Hilfsenergie für die Förderungstechnik eingesetzt werden muss. Da jedoch die Pumpen der Solaranlage ebenfalls Strom benötigen, fällt die Reduzierung der Hilfsenergie nur sehr geringfügig aus.

Im Hinblick auf den kumulierten Energieaufwand (nicht erneuerbar) lässt sich herausstellen, dass durch eine Verbesserung der Qualität der Gebäudehüllen eine deutliche Reduzierung erzielt werden kann. Während bei Variante 1 noch 2.725 MWh/a aufgewendet werden müssen, sind es bei Variante 2 nur noch 1.185 MWh/a. Der durch das Nahwärmenetz verursachte erhöhte GEMIS-Wert macht sich dabei aufgrund der niedrigen Energiemenge nicht mehr bemerkbar. Durch die Umstellung von dem Brennstoff Gas auf den erneuerbaren Brennstoff Holz, verringert sich der kumulierte Energieaufwand nochmal auf 230 MWh/a bei Variante 3. Der geringfügige Anstieg von der dritten zur vierten Variante, ist durch den erhöhten Aufwand im Zusammenhang mit der Bereitstellung der Solaranlage begründet.

Die CO₂-Äquivalent-Emissionen verhalten sich entsprechend dem kumulierten Energieaufwand (nicht erneuerbar). So sinkt der Wert von 596 t/a für Variante 1 auf 265 t/a für Variante 2 und auf 61 t/a für Variante

3. Von der dritten zur vierten Variante ist wiederum ein leichter Anstieg festzustellen, der auf die zusätzlichen Emissionen zur Bereitstellung der Solaranlage zurückzuführen ist.

Die Abbildungen 4.33 und 4.34 zeigen die Energieflussdiagramme der Varianten 1 und 4. Die Gegenüberstellung der beiden Diagramme macht noch einmal deutlich, dass bei Variante 4 im Vergleich zur Referenzvariante viel Energie eingespart werden kann. Insbesondere die Transmissionswärmeverluste sind aufgrund des verbesserten Wärmedämmstandards stark verringert, so dass der Heizwärmebedarf und in der Folge auch der Endenergiebedarf deutlich geringer ausfällt. Zudem machen die Diagramme deutlich, dass im Energiefluss sowohl Verluste als auch Gewinne auftreten. In Folge des Nahwärmenetzes treten bei Variante 4 zusätzliche Verteilnetzverluste und Verluste der Hausübergabestationen auf. Durch die Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlage und den Einsatz thermischer Solarkollektoren, können jedoch auch zusätzliche Energiegewinne erzielt werden.

Insgesamt kann man feststellen, dass die Optimierung des Wärmedämmstandards der Gebäudehüllen, der Einbau von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung und der Einsatz regenerativer Energien eine deutliche energetische Verbesserung bewirken. Dabei

wird eine CO₂-neutrale und somit umweltschonende Endenergieversorgung gewährleistet. Durch den Einsatz thermischer Solarkollektoren, kann der Brennstoffbedarf zusätzlich verringert werden und die insgesamt begrenzt zur Verfügung stehende Biomasse Holz wird eingespart. Auch wenn Holz einen nachwachsenden Rohstoff darstellt, wird diese Ressource durch ihre Anbaufläche begrenzt, die mit anderen Nutzungen wie z.B. der Nahrungsmittelproduktion in Konkurrenz steht. Je geringer der Brennstoffbedarf ist, umso weniger Anbaufläche muss für die Holzproduktion in Anspruch genommen werden und steht für andere Nutzungen zur Verfügung. Da eine zusätzliche Solaranlage jedoch keinen weiteren Vorteile im Hinblick auf den kumulierten Energieaufwand, die CO₂-Äquivalent-Emissionen und den Hilfsenergiebedarf bietet, sollte durch eine weiterführenden Kostenbetrachtung geklärt werden, in wie weit Solarkollektoren aus ökonomischen Gesichtspunkten attraktiv sind.

	Dämmstandard	Wärmeerzeugung	Endenergiebedarf Q_E [MWh/a]	Hilfsenergie $Q_{E,HE}$ [MWh/a]	kumulierter Energieaufwand Q_{KEA} [MWh/a]	CO ₂ -Äquivalent- Emissionen m_{CO_2} [t/a]
Variante 1	Ist-Zustand	Gas-Brennwertkessel (gebäudeweise)	2.458	13	2.725	596
Variante 2	Niedrigenergiestandard	Gas-Brennwertkessel im Nahwärmenetz	821	48	1.185	265
Variante 3	Niedrigenergiestandard	Holzpellet-Kessel im Nahwärmenetz	938	74	230	61
Variante 4	Niedrigenergiestandard	Holzpellet-Kessel und thermische Solaranlage im Nahwärmenetz	704	71	231	62

■ Endenergiebedarf
 Q_E [MWh/a]

■ Hilfsenergie
 $Q_{E,HE}$ [MWh/a]

■ kumulierter Energieaufwand
 Q_{KEA} [MWh/a]

■ CO₂-Äquivalent-Emissionen
 m_{CO_2} [t/a]

Tab. 4.6
Auswertung - Tabelle

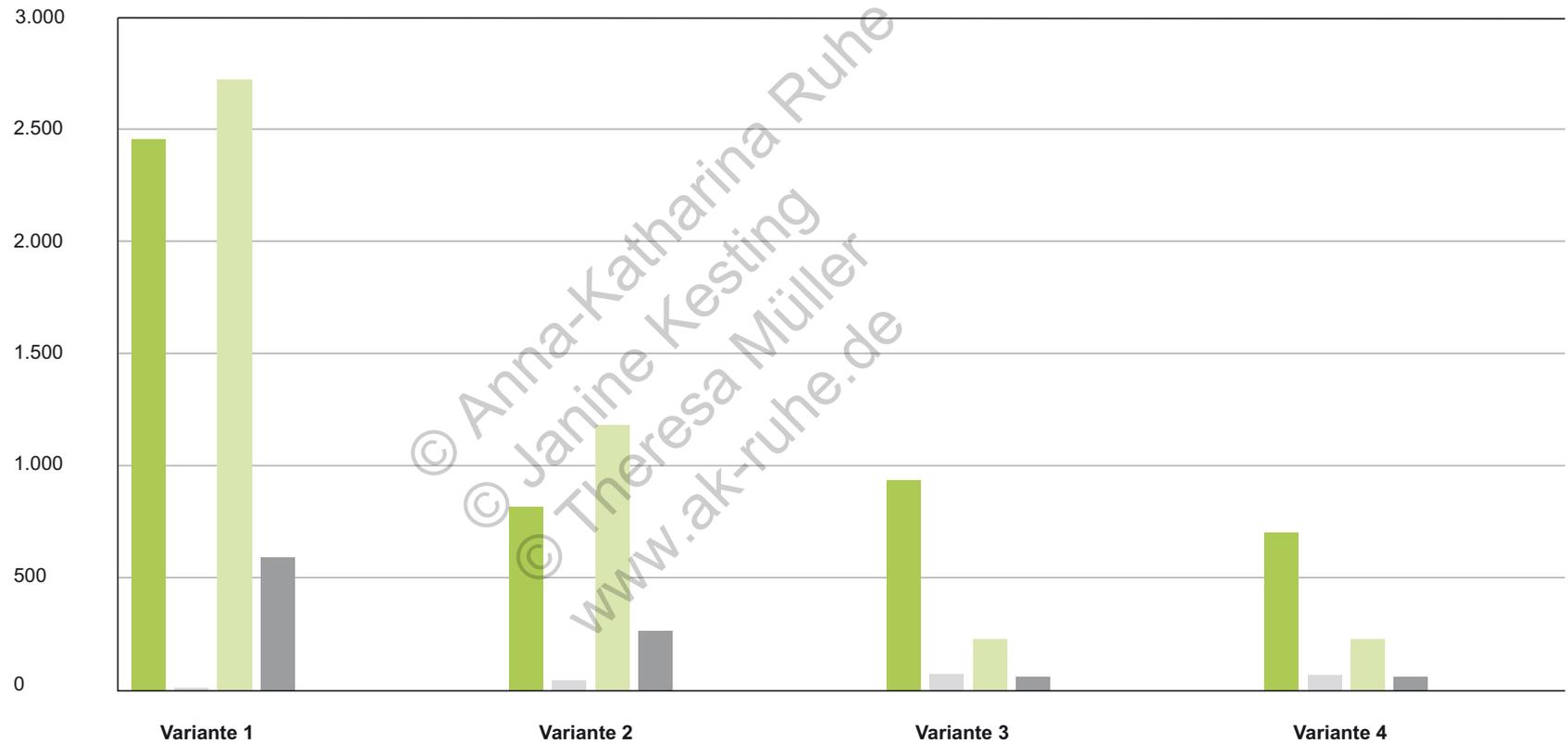


Abb. 4.32
Auswertung - Diagramm

Bezeichnung	Kürzel [je in kWh/a]	Gebäude C	Gebäude E	Gebäude J	Wohnungstyp I	Wohnungstyp II	Wohnungstyp III	Wohngebiet gesamt ($A_N = 11.299,94 \text{ m}^2$)
Jahres-Heizwärmebedarf	Q_h	175.446	164.175	81.603	487.610	998.896	653.404	2.139.911
Jahres-Trinkwasserwärmebedarf	Q_{tw}	12.222	11.111	4.956	33.968	67.603	39.679	141.249
solare Warmegewinne transparenter Bauteile	$Q_{s,t}$	39.692	40.486	15.737	110.317	246.334	126.008	482.659
solare Warmegewinne opaker Bauteile	$Q_{s,o}$	6.356	6.459	4.117	17.665	39.299	32.965	89.930
interne Warmegewinne	Q_i	42.824	38.932	17.364	119.022	236.879	139.035	494.936
Warmegewinne ($Q_i + Q_{s,t} - Q_{s,o}$)	Q_g	82.516	79.418	33.101	229.339	483.214	265.043	977.595
Transmissionswärmeverluste	Q_T	194.241	181.930	89.846	539.859	1.106.942	719.404	2.366.206
Lüftungswärmeverluste	Q_V	48.477	44.071	19.656	134.733	268.146	157.388	560.267
Wärmeverluste ($Q_V + Q_T$)	Q_l	242.718	226.001	109.502	674.592	1.375.088	876.792	2.926.472
Wärmegutschrift TW an Hzg	$Q_{h,TW}$	2.053	1.867	714	5.707	11.357	5.714	22.778
Wärmeverluste TW gesamt	$Q_{TW,ce} + Q_{TW,d} + Q_{TW,s}$	7.822	7.289	4.202	21.739	44.347	33.648	99.734
Wärmeverluste Hzg gesamt	$Q_{h,ce} + Q_{h,d} + Q_{h,s}$	7.040	6.489	3.409	19.565	39.480	26.347	85.392
Erzeugernutzwärmeabgabe gesamt	Q_{outg}				557.420	1.139.454	747.897	2.444.771
Endenergie gesamt	Q_E				556.872	1.138.144	762.689	2.457.705
Wärmeverluste Wärmeerzeuger	$Q_g = Q_E - Q_{outg}$							12.934

Tab. 4.7
Berechnungsergebnisse Variante 1

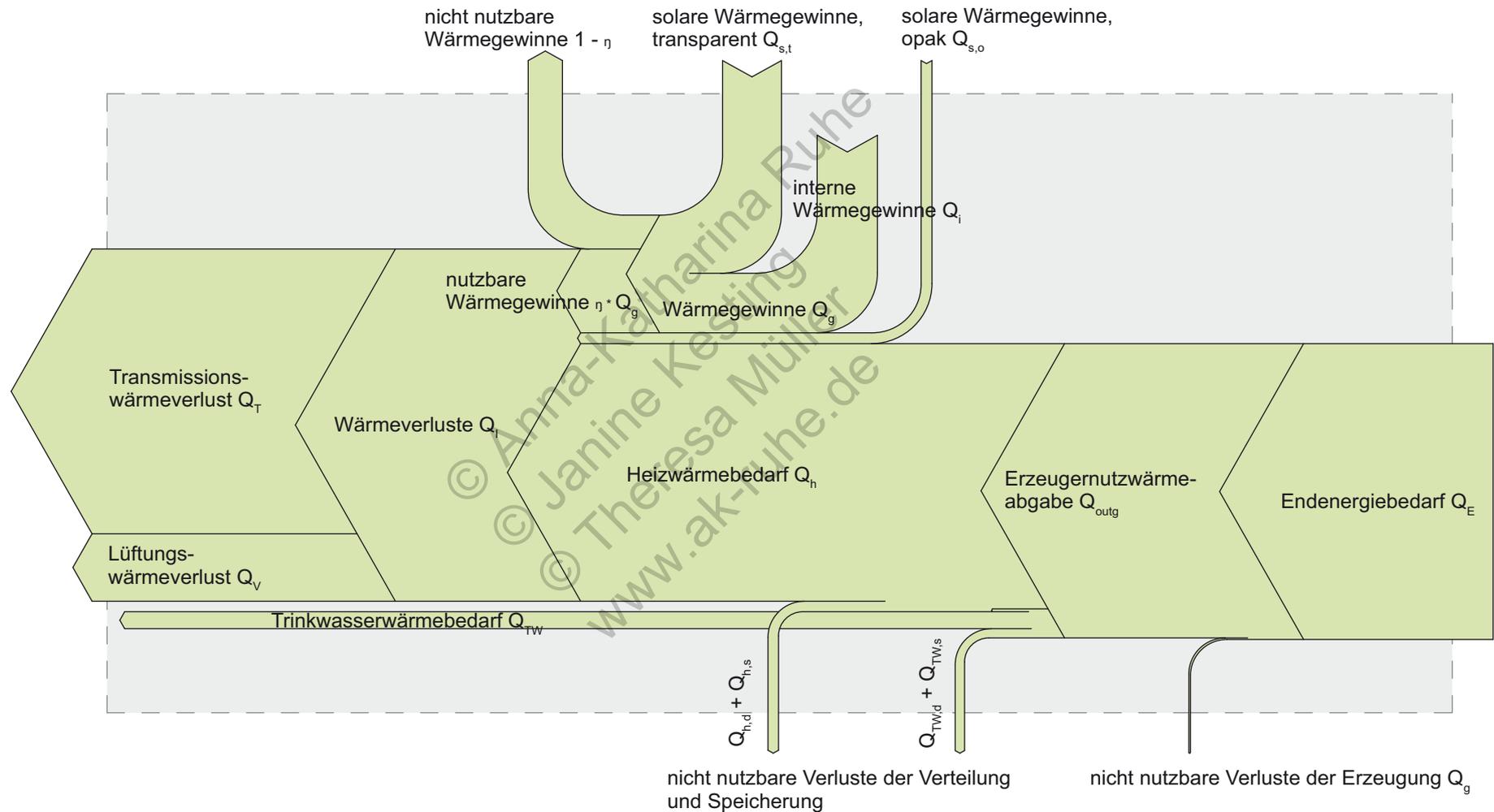


Abb. 4.33
Energieflussdiagramm Variante 1

Bezeichnung	Kürzel [je in kWh/a]	Gebäude C	Gebäude E	Gebäude J	Wohnungstyp I	Wohnungstyp II	Wohnungstyp III	Wohngebiet gesamt ($A_N = 11.299,94 \text{ m}^2$)
Jahres-Heizwärmebedarf	Q_h	42.729	40.968	21.052	118.750	249.264	168.557	536.572
Jahres-Trinkwasserwärmebedarf	Q_{tw}	12.222	11.111	4.956	33.968	67.603	39.679	141.249
solare Warmegewinne transparenter Bauteile	$Q_{s,t}$	19.052	19.433	7.554	52.952	118.239	60.486	231.676
solare Warmegewinne opaker Bauteile	$Q_{s,o}$	1.067	1.146	1.363	2.966	6.973	10.914	20.852
interne Warmegewinne	Q_i	42.824	38.932	17.364	119.022	236.879	139.035	494.936
Warmegewinne ($Q_i + Q_{s,t} - Q_{s,o}$)	Q_g	61.876	58.365	24.918	171.973	355.118	199.521	726.612
Transmissionswärmeverluste	Q_T	46.150	43.981	23.028	128.266	267.600	184.385	580.251
Lüftungswärmeverluste	Q_v	40.321	36.629	16.292	112.065	222.866	130.453	465.385
Wärmeverluste ($Q_v + Q_T$)	Q_l	86.471	80.610	39.320	240.331	490.466	314.839	1.045.636
Wärmegutschrift TW an Hzg	$Q_{h,TW}$	2.053	1.867	714	5.707	11.357	5.714	22.778
Wärmeverluste TW gesamt	$Q_{TW,ce} + Q_{TW,d} + Q_{TW,s}$	7.822	7.289	4.202	21.739	44.347	33.648	99.734
Wärmeverluste Lüftung gesamt	$Q_{h,L}$	14.959	13.511	5.986	41.576	82.205	47.932	171.713
Wärmeverluste Hzg gesamt	$Q_{h,ce} + Q_{h,d} + Q_{h,s}$	3.520	3.289	1.863	9.783	20.010	14.919	44.712
Erzeugernutzwärmeabgabe Gebäude	$Q_{outg,GEB}^1$				145.806	305.271	214.248	665.325
Erzeugernutzwärmeabgabe Gebäude	$Q_{outg,GEB}^2$				137.229	287.717	202.522	627.468
Verluste Nahwärmeübergabestation	$Q_{outg,GEB}^1 - Q_{out,GEB}^2$							37.857
Verteilnetzverluste Nahwärmesystem	Q_{dh}							167.631
Erzeugernutzwärmeabgabe gesamt	Q_{outg}							832.956
Solarertrag	Q_{sol}							203.777
Endenergie gesamt	Q_E							704.050
Wärmeverluste Wärmeerzeuger	$Q_g = Q_E - Q_{outg} - Q_{sol}$							74.871

¹ inkl. Verluste d. Nahwärmeübergabestation ² exkl. Verluste d. Nahwärmeübergabestation

Tab. 4.8
Berechnungsergebnisse Variante 4

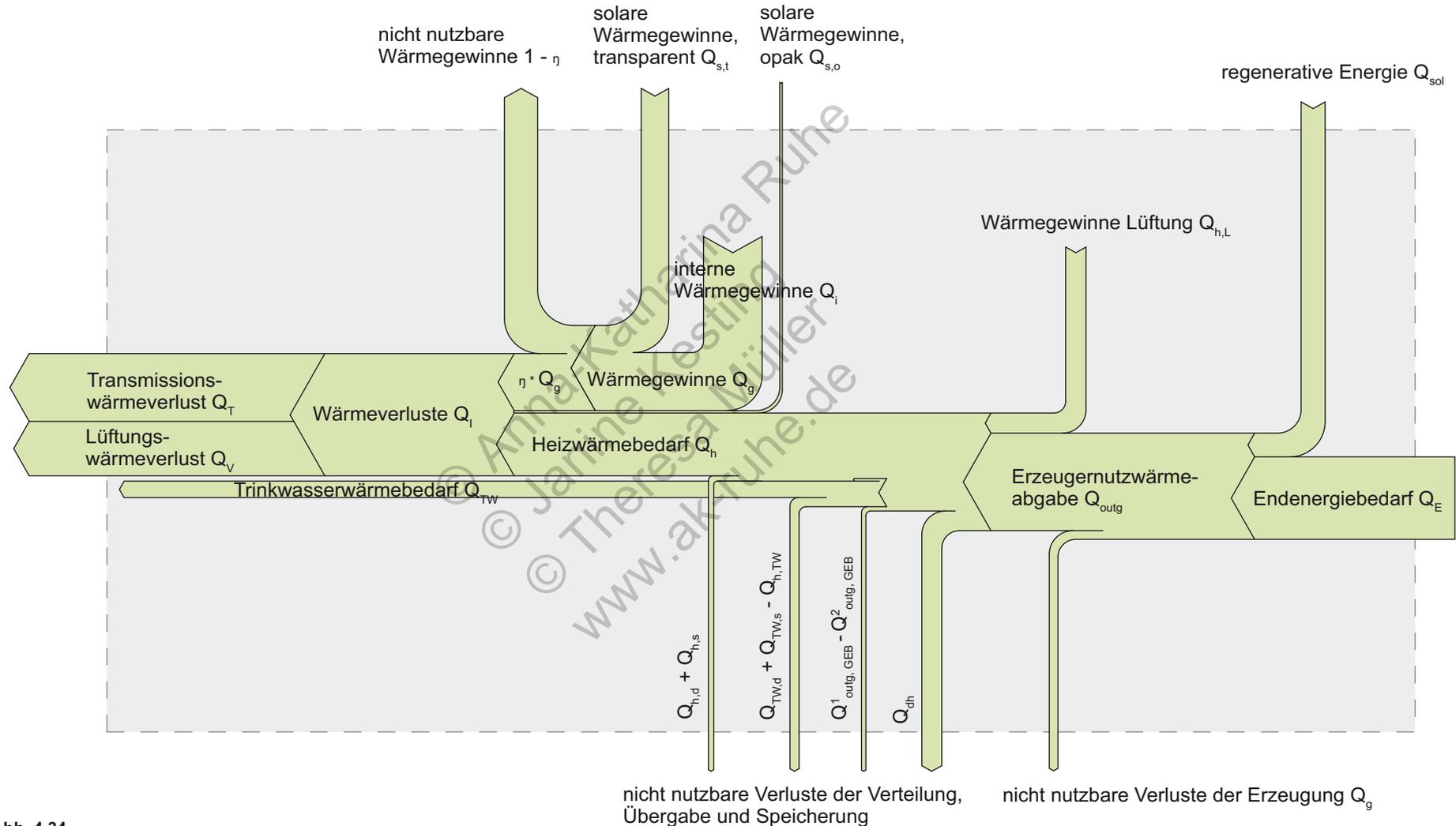


Abb. 4.34
Energieflussdiagramm Variante 4

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

Um neben der energetischen Verbesserung auch eine gestalterische und funktionale Aufwertung der Bestandsgebäude zu erreichen, wird exemplarisch für das Gebäude B (entsprechend auch für die Gebäude A und C) ein gestalterisches Gesamtkonzept vorgeschlagen (vgl. Abb. 5.1 – Abb. 5.14). Ziel der Maßnahmen ist es, Mehrwert für den Nutzer zu schaffen und dem Wohngebäude eine klare Struktur zu verleihen.

Hierzu erhalten die Außenwände der Nord-, Ost- und Westseite zusätzlich zu der erforderlichen Dämmung gemäß Niedrigenergiestandard eine neue, einheitliche Vorhangfassade aus einem opaken Plattenmaterial (z.B. großformatige anthrazitfarbene Faserzementplatten). Das Material der Außenhaut zieht sich dabei über die Nordwand hinauf bis auf das Dach. Durch die einheitliche Materialität von Wänden und Dach und durch den Wegfall der bisherigen Dachüberstände entsteht ein homogenes Erscheinungsbild, das den scharfkantigen Umriss des Baukörpers betont.

Die Fenster der Nord-, Ost- und Westseite erhalten Schiebeelemente aus dem gleichen Plattenmaterial. Sie können sich hinter die Vorhangfassade bewegen und zum Abdunkeln der dahinterliegenden Räume bzw. als Sichtschutz eingesetzt werden. Im Bereich der Treppenhäuser werden neue, energetisch verbesserte Verglasungen eingesetzt, die durch ihre großflächigen

Formate vielfältige Ausblicksmöglichkeiten schaffen und eine gute Belichtung der Treppenhäuser gewährleisten. Die Verglasungen ziehen sich bis in die Dachfläche hinein, wodurch die Treppenhäusbereiche zusätzlich erhellt werden.

Nach Süden öffnet sich die opake, introvertierte Fassade. Die einzeln vorgesetzten Bestandsbalkone werden abgetragen und stattdessen ein durchgängiger, heller Balkonbereich geschaffen. Die bestehende Dachkonstruktion erhält auf der südlichen Seite eine Aufständering, die sich über die Balkone zieht. Auf diese Weise scheinen die Balkone in den homogenen Baukörper eingeschoben zu sein. Durch die neue Konstruktion erhält jede Wohnung einen großzügigen Freibereich, der über die Wohnzimmer zugänglich ist und eine deutliche Qualitätssteigerung der Wohnungen bedeutet. Zugleich wird durch die Balkonkonstruktion ein baulicher Sonnenschutz für die nach Süden ausgerichteten Räume geschaffen.

Vor den gläsernen Brüstungen der Balkone befinden sich einzelne Elemente als Sichtschutz. Jede Wohnung erhält zwei feststehende Elemente, die mit Photovoltaikmodulen ausgestattet sind und somit zur Abdeckung des Strombedarfs der Wohngebäude beitragen (vgl. Kap. 6.2). Weitere bewegliche Schiebeelemente aus farbigem Glas dienen als flexibler Sichtschutz. Bei Be-

darf können sie mit Hilfe eines Schienensystems an eine bestimmte Stelle des Balkons bewegt oder hinter den feststehenden Photovoltaikmodulen zusammengeschoben werden.

Die südlich ausgerichtete Dachfläche ist mit thermischen Solarkollektoren ausgestattet (vgl. Kap. 4.2.2.6). Hierbei ist darauf zu achten, dass die Farbigkeit des Fassadenmaterials mit der Farbigkeit der Kollektoren abgestimmt ist und sich die Kollektoren ganz selbstverständlich in das harmonische Gesamtgefüge des Gebäudes integrieren. Die neben den dachintegrierten Kollektoren verbleibende Dachfläche wird aus demselben Material wie die Fassade hergestellt.

Das Firstdetail (Abb. 5.12, S.80) zeigt, dass der aufgesetzte Sparren auf der südlichen Dachseite zunächst eine Holzverschalung und darauf eine Konterlattung als Unterkonstruktion für die Großkollektoren erhält. Unterhalb der Konterlattung ist eine Dichtungsbahn angeordnet, damit Regenwasser, welches bei Undichtheiten in den Fugen zwischen den Kollektoren eindringen kann, abgeleitet wird. Auf der nördlichen Dachseite wird auf die bestehenden Sparren wiederum eine Unterkonstruktion für die neue Dacheindeckung aus dem Fassadenmaterial aufgebracht. Die Rohrleitungen der Kollektoren werden im Firstbereich unter der Dacheindeckung verlegt und an einer Stelle zentral gebündelt in

den Dachraum geführt.

Das Traufdetail (Abb. 5.13, S.80) zeigt die Regenrinne, welche sich unterhalb der Kollektoren befindet und in die Dachkonstruktion integriert ist. Im Gegensatz zu einer herkömmlichen vorgehängten Rinne ergibt sich durch die innenliegende Dachrinne ein klarer Abschluss der Dachfläche und die scharfen Konturen des Baukörpers werden nicht unterbrochen.

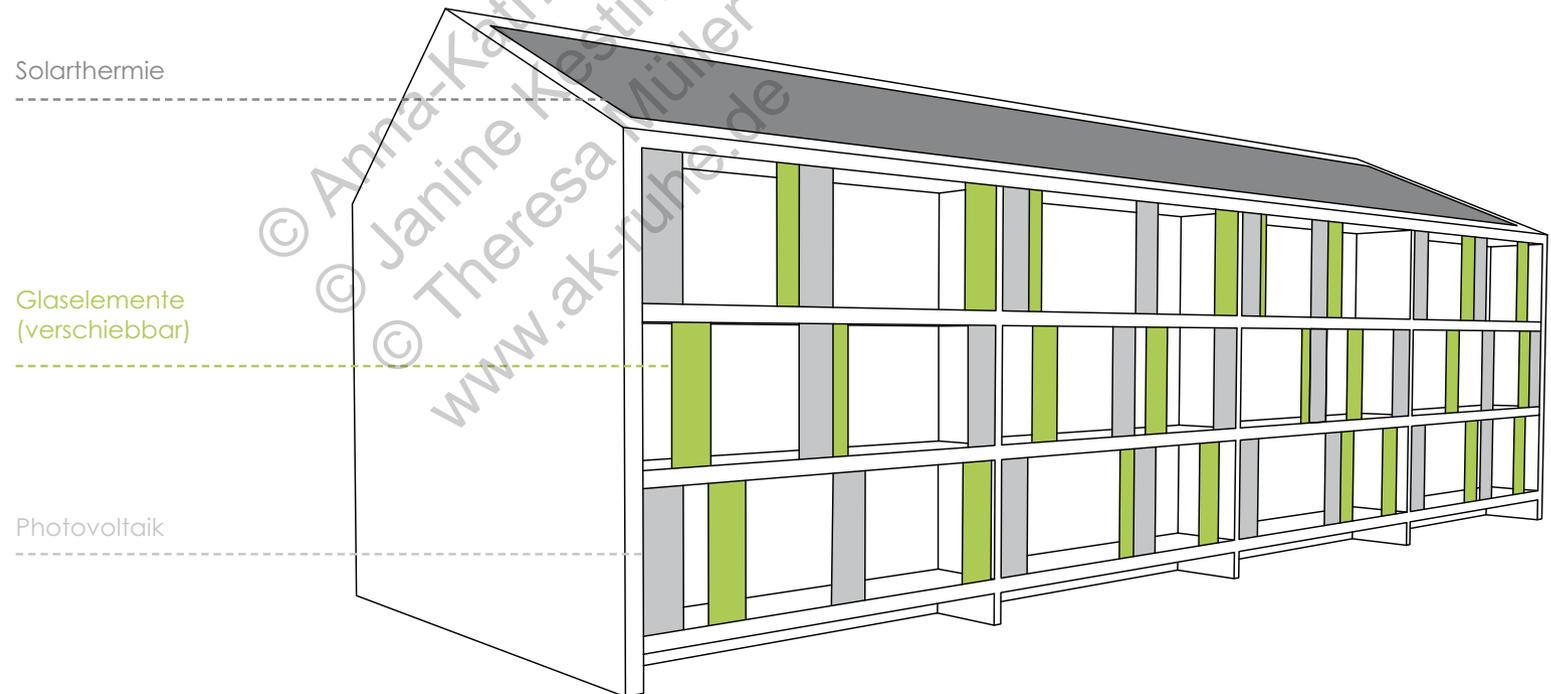


Abb. 5.1
Konzeptskizze Südfassade

IST-ZUSTAND

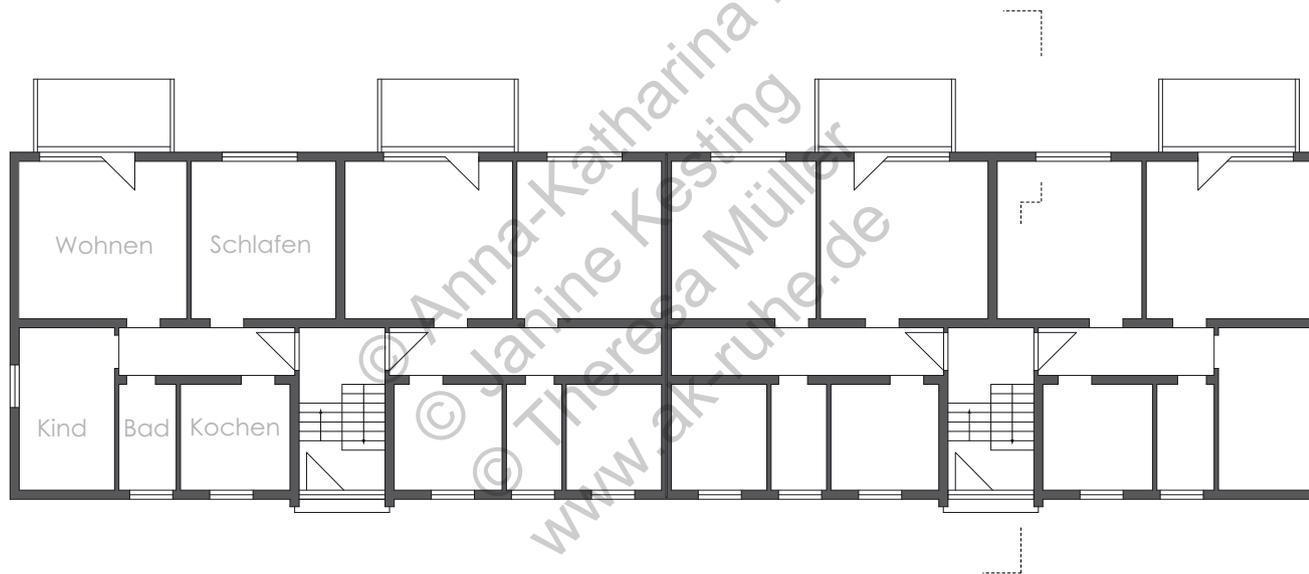


Abb. 5.2
Grundriss EG Ist-Zustand M 1:200

NEUGESTALTUNG

AUFWERTUNG BALKONBEREICH

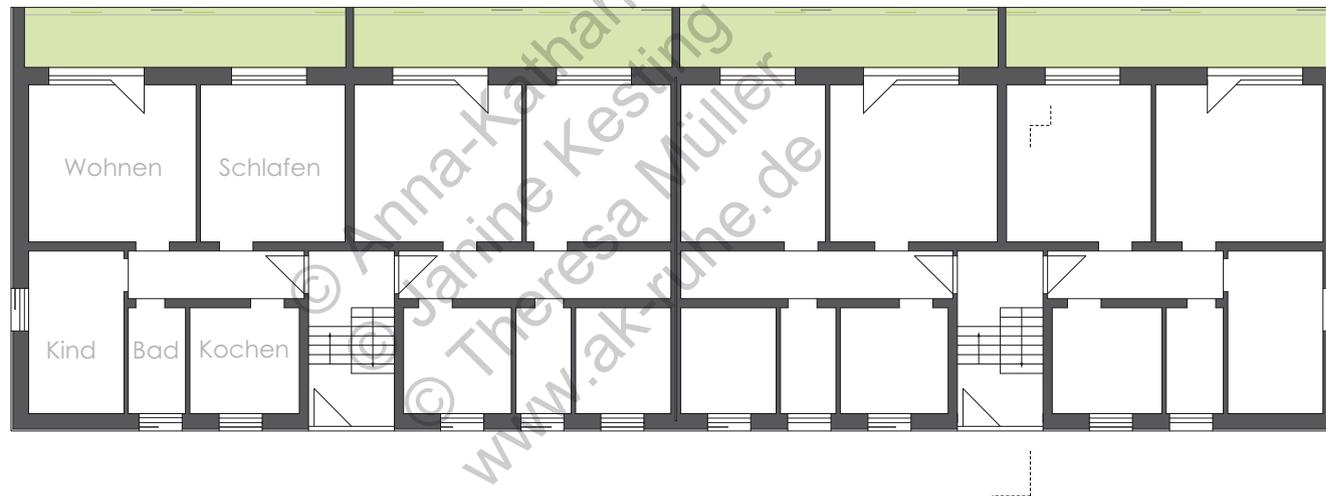


Abb. 5.3
Grundriss EG Neugestaltung M 1:200

IST-ZUSTAND

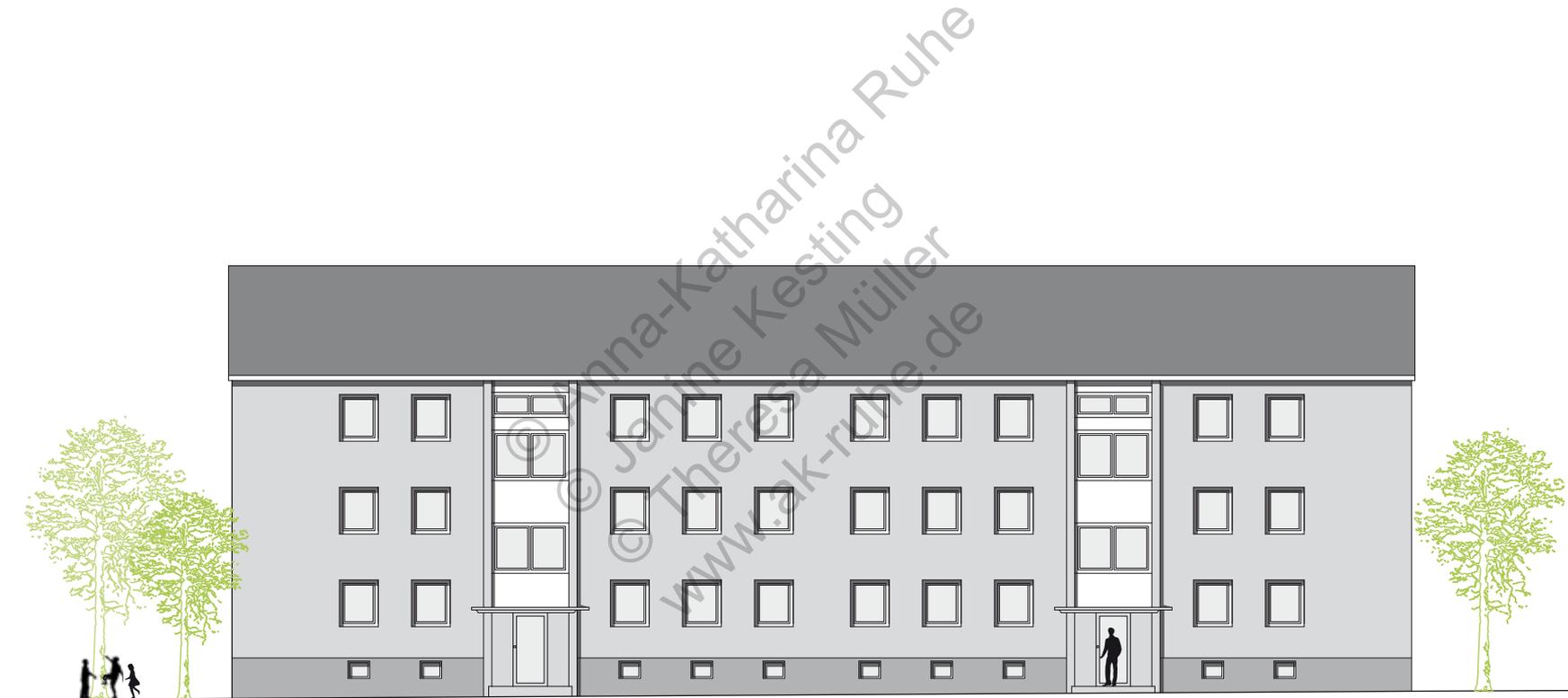


Abb. 5.4
Ansicht Nord Ist-Zustand M 1:200

NEUGESTALTUNG



Abb. 5.5
Ansicht Nord Neugestaltung M 1:200

IST-ZUSTAND



Abb. 5.6
Ansicht Süd Ist-Zustand M 1:200

NEUGESTALTUNG



Abb. 5.7
Ansicht Süd Neugestaltung M 1:200

IST-ZUSTAND



Abb. 5.8
Ansicht West Ist-Zustand M 1:200

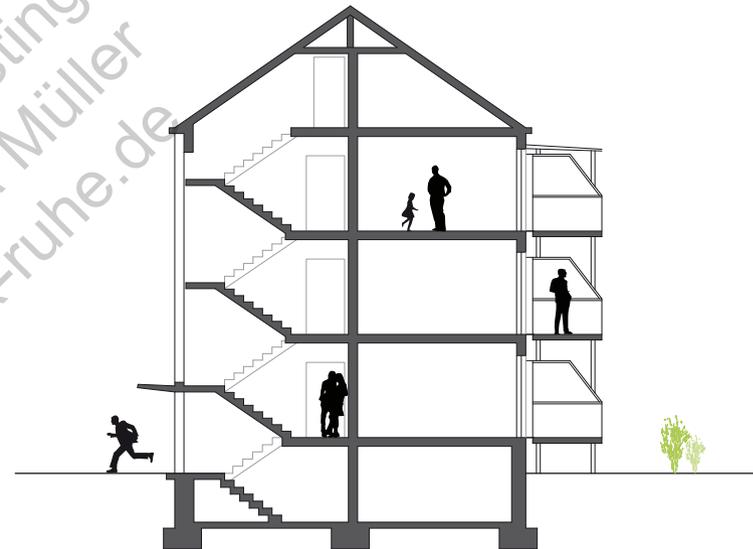


Abb. 5.9
Querschnitt Ist-Zustand M 1:200

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

NEUGESTALTUNG



Abb. 5.10
Ansicht West Neugestaltung M 1:200

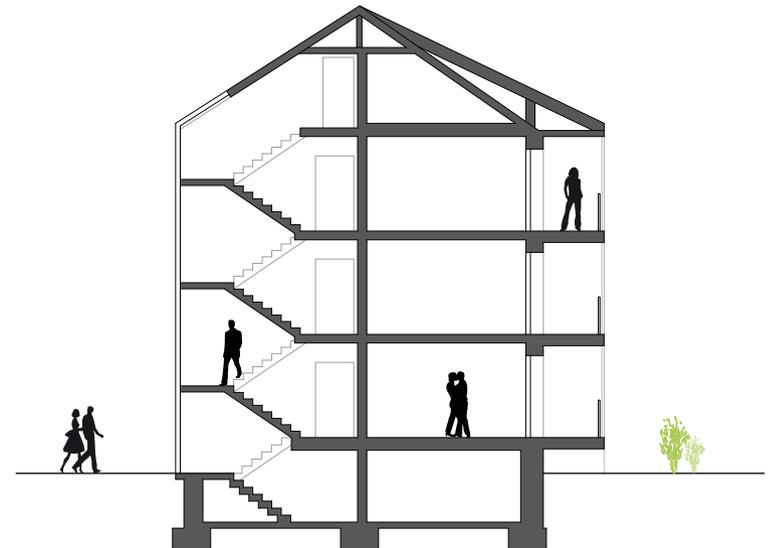


Abb. 5.11
Querschnitt Neugestaltung M 1:200

- | | |
|--------------------------------|----------------------------|
| 1 Fassaden- und Dacheindeckung | 7 Konterlattung 30 x 50 mm |
| 2 Lattung 60 x 60 mm | 8 Sparren 200 mm |
| 3 Dachdichtungsbahn | 9 Aufsatzsparren 160 mm |
| 4 Konterlattung 60 x 60 mm | 10 Holzverschalung |
| 5 Sammelleitung | 11 Regenrinne, verzinkt |
| 6 Solarkollektor | |

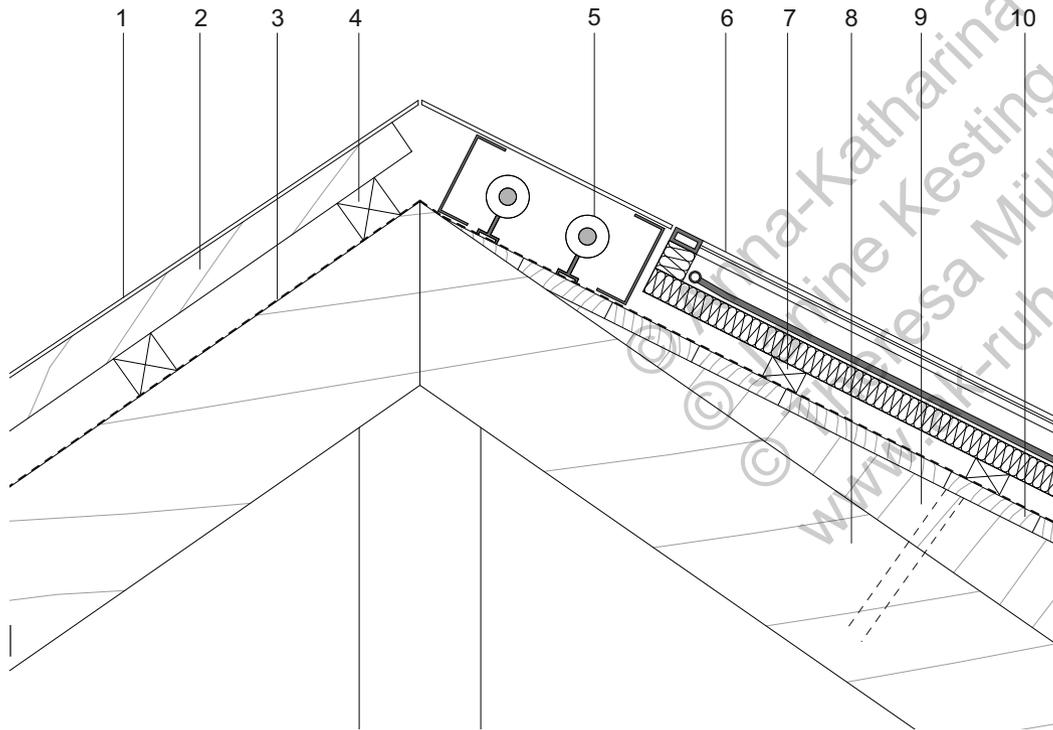


Abb. 5.12
Solardetail First M 1:10

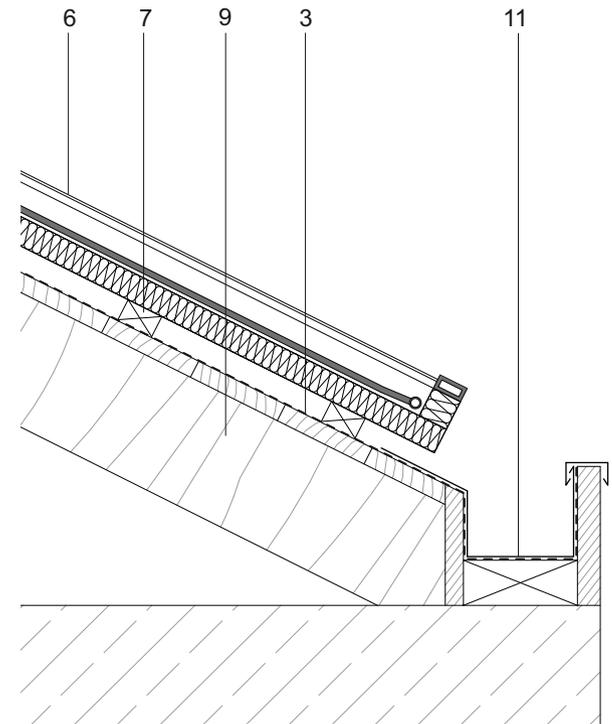


Abb. 5.13
Solardetail Traufe M 1:10



Abb. 5.14
Perspektive Südfassade

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

Da in der Bundesrepublik über 50% des elektrischen Stroms aus fossilen Brennstoffen erzeugt wird, stellt die Stromerzeugung neben der Wärmeerzeugung den zweiten großen Einflussfaktor auf den CO₂-Ausstoß der Wohnsiedlung dar [EUROPA]. Strom wird benötigt, um in den Gebäuden die Anlagentechnik für Heizung, Warmwasser und Lüftung zu betreiben. Dieser, für den Antrieb von Systemkomponenten eingesetzte Strom, wird als Hilfsenergie bezeichnet. Daneben wird von den Haushalten auch Strom für beispielsweise die Beleuchtung und den Betrieb von technischen Geräten benötigt, der als Haushaltsstrom den weitaus größeren Anteil am Stromverbrauch ausmacht.

Der erste Betrachtungsschwerpunkt beim Umgang mit der elektrischen Energie ist die Energieeinsparung durch Senkung des Bedarfs. Einfluss auf den Strombedarf nehmen vor allem die Nutzer und die anlagentechnische Energieeffizienz. Nach der Reduzierung des Bedarfs, müssen Möglichkeiten gefunden werden, wie dieser CO₂-neutral gedeckt werden kann. Dazu bietet sich die Nutzung von regenerativer Energie bei der Stromerzeugung an.

6.1 Strombedarf

Zur Berechnung des Strombedarfs der Ahlumer Siedlung müssen die Hilfsenergiemengen der einzelnen Systemkomponenten und die Stromverbräuche der Haushalte bestimmt werden, wobei wieder eine Aufteilung in die vier Wärmeversorgungsvarianten erfolgt. Als Grundlage dient die DIN V 4701-10.

Bei Variante 1, der Referenzvariante, fallen Hilfsenergien im Bereich des Trinkwassers, nämlich für die Trinkwasserverteilung und –speicherung, und bei der Heizung, für die Wärmeverteilung und –erzeugung, an. Es ergibt sich ein Hilfsenergiebedarf für die gesamte Siedlung von 12.978 kWh/a. Variante 2 hat dagegen einen höheren Hilfsenergiebedarf zu decken. So werden zusätzliche Hilfsenergien für die Lüftungsanlage und die Pumpen des Nahwärmenetzes benötigt. Der Hilfsenergiebedarf ist mit 47.586 kWh/a anzusetzen. Durch die Pelletheizungsanlage, inklusive der zugehörigen Förderungstechnik, und dem Pufferspeicher der Heizung erhöht sich der Hilfsenergiebedarf bei Variante 3 auf 73.765 kWh/a. Bei der abschließenden Variante 4 ist ein zusätzlicher Strombedarf für die Solaranlage anzusetzen, wobei durch den Einsatz der Solaranlage der Hilfsstrombedarf des Pelletkessels und der Pelletförderung reduziert wird. Somit ergibt sich hier eine Hilfsenergiemenge von 71.208 kWh/a. Detaillierte Angaben zu den anfallenden Hilfsenergien der einzelnen Varianten sind in Anhang 28 hinterlegt.

Für den Strombedarf der Haushalte wird als Durchschnittswert ein Wert von 4.240 kWh/a für einen 3-Personen-Haushalt angenommen (vgl. [forsa], S.44). Da in der Ahlumer Siedlung 146 Wohnungen zu verzeichnen sind, ist ein Haushaltsstrombedarf von 619.040 kWh/a anzusetzen. In Tabelle 6.1 ist der Gesamtstrombedarf für die verschiedenen Varianten aufgeführt.

Primäres Ziel einer jeden Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahme sollte die Reduzierung der erforderlichen Energieströme sein. Daher ist auch im Fall der Ahlumer Siedlung darauf hinzuweisen, dass jeder Nutzer und auch die Eigentümer der Gebäude zur Einsparung elektrischer Energie beitragen können.

Grundsätzlich kann eine erste Form der Reduzierung im Bereich des Bedarfs erfolgen. So kann bereits durch helle Raumboflächen eine effizientere Tageslichtnutzung und damit die Einsparung von unnötigem elektrischem Licht erreicht werden. Zudem können beispielsweise im Treppenhaus oder anderen gemeinschaftlich genutzten Räumlichkeiten Präsenzmelder installiert werden, welche die Aktivierung des elektrischen Raumlichts gezielt steuern.

Neben der Bedarfsreduzierung sollte auch immer die Energieeffizienz gefördert werden. Insbesondere bei den eingesetzten Anlagen der Gebäudetechnik liegen

große Einsparpotentiale. Daher werden bei der Lüftungsanlage gleichstrombetriebene Ventilatoren eingeplant.

Auch die Nutzer können zu Einsparmaßnahmen angehalten werden. So können zum Beispiel Energiesparlampen oder Steckerleisten mit Kippschalter zur Abkopplung vom Stromnetz eingesetzt werden. Auch Zeiten der Abwesenheit (z.B. Urlaub) sollten zum Stromsparen genutzt werden, indem alle Elektrogeräte vom Stromnetz getrennt werden. So werden unnötige Stand-By-Verluste vermieden.

Außerdem sollte darauf geachtet werden, dass Geräte wie der Kühlschrank nicht ständig auf ihrer höchsten Leistungsstufe laufen und dass sie uneingeschränkt funktionieren können, wie es beispielsweise durch das Abtauen eines Gefrierschranks erreicht werden kann [strom sparen].

Diese möglichen Maßnahmen können über Flugblätter oder Aushänge den Gebäudenutzern nahe gebracht werden. Trotzdem muss klar sein, dass dies keine Garantie dafür ist, dass die vorgeschlagenen Maßnahmen angewendet werden. Es kann lediglich als Erinnerung und damit eventuell Aktivierung eines jeden Einzelnen betrachtet werden.

Bezeichnung	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Hilfsenergiebedarf [kWh/a]	12.978	47.586	73.765	71.208
Haushaltsstrombedarf [kWh/a]	619.040	619.040	619.040	619.040
Anteil Hilfsenergie/Gesamtstrombedarf [%]	2	7	11	10
Gesamtstrombedarf [kWh/a]	632.018	666.626	692.805	690.248

Tab. 6.1
Berechnung des Gesamtstrombedarfs der einzelnen Varianten



Abb. 6.1
Stromspar-Steckdose



Abb. 6.2
Kippschalter einer Steckerleiste

6.2 Stromerzeugung

Um neben der Wärmeerzeugung auch die Stromerzeugung der Ahlumer Siedlung komplett CO₂-neutral zu gewährleisten, wird beispielhaft für Variante 4 überschlägig ermittelt, ob der Gesamtstrombedarf von 690.248 kWh/a durch in der Siedlung angeordnete Photovoltaikmodule gedeckt werden kann. Dafür werden unterschiedliche Flächen im Gebiet lokalisiert, auf welchen eine Photovoltaikinstallation nützlich und sinnvoll ist (vgl. Abb. 6.3).

Zusätzlich werden die Dachflächen des Studentenwohnheims und der Sporthalle in unmittelbarer Nähe des Siedlungsgebiets angenommen. Es werden monokristalline Solarzellen verwendet, welche einen Peakleistungskoeffizienten von 0,17 kW/m² aufweisen. Vor Installation der Module ist mit einem Statiker zu klären, ob die vorhandene Dachkonstruktion die anfallenden Lasten abtragen kann. Zudem ist zu kontrollieren, ob eine Erneuerung der Dachhaut vorzunehmen ist (insbesondere bei den Flachdächern der Sporthalle und des Studentenwohnheims).

Die Bestimmung des vom Photovoltaiksystem produzierten Stroms erfolgt gemäß DIN EN 15316-4-6. Von jedem Flächentyp wird die ansetzbare Größe ermittelt, welche zur Berechnung der Peakleistung P_{pk} mit dem Peakleistungskoeffizienten multipliziert wird.

$$P_{pk} = K_{pk} \cdot A$$

mit

K_{pk} Peakleistungskoeffizient in kW/m²
 A Gesamtoberfläche der PV-Module, ohne Rahmen in m²

Zudem muss die jährliche solare Bestrahlungsenergie auf das jeweilige Photovoltaiksystem E_{sol} definiert werden. Hierzu wird, wie bei der Auslegung der Solaranlage, eine örtliche, jährliche Bestrahlungsstärke auf die horizontale Fläche von 999 kWh/(m²a) angesetzt und diese mit dem jeweiligen neigungs- und ausrichtungsbezogenen Umrechnungsfaktor gemäß DIN EN 15316-4-6 verrechnet.

$$E_{sol} = E_{sol,hor} \cdot f_{tt}$$

mit

$E_{sol,hor}$ Jährliche Bestrahlungsstärke auf die horizontale Fläche in kWh/(m² a)
 f_{tt} Neigungs- und ausrichtungsbezogener Umrechnungsfaktor

Abschließend erfolgt die Berechnung des nun tatsächlich durch das Photovoltaiksystem produzierten Stroms $E_{el,pv,out}$. Hier fließen die bisher ermittelten Werte der Peakleistung und der solaren Bestrahlungsenergie ein.

Außerdem werden die Referenzsolarbestrahlungsstärke (1 kW/m²) und der von der Modulbelüftung abhängige Systemleistungsfaktor eingesetzt.

$$E_{el,pv,out} = (E_{sol} \cdot P_{pk} \cdot f_{perf}) / I_{ref}$$

mit

E_{sol} jährliche solare Bestrahlung des PV-Systems in kWh/(m² a)
 P_{pk} Spitzenleistung in kW
 f_{perf} Systemleistungsfaktor
 I_{ref} Referenzsolarbestrahlungsstärke in kW/m²

Die im Gebiet installierten Photovoltaikmodule erbringen insgesamt eine Strommenge von 529.123 kWh/a (vgl. Tab. 6.2). Somit fehlen rund 161.125 kWh/a für eine vollständige Abdeckung des Strombedarfs. Dieser noch fehlende Anteil kann über einen Einkauf in bereits bestehende, öffentliche Photovoltaikprojekte (Bürgersolaranlagen oder Anlagen der Stadtwerke) getilgt werden. Zudem ist es möglich, weitere Photovoltaikflächen auf anderen Dachflächen in Wolfenbüttel zu installieren, wie zum Beispiel auf Schulen, Sporthallen oder Veranstaltungszentren.



Sporthalle

Studentenwohnheim

25 m



Abb. 6.3
Lageplan mit Darstellung der für
Photovoltaik nutzbaren Dach-
und Fassadenflächen

Bezeichnung	Kürzel [Einheit]	Flächen 1	Flächen 2	Flächen 3	Flächen 4	Flächen 5	Flächen 6
Beschreibung		Fassadenelemente Gebäudetyp I	Dachelemente Gebäudetyp II	Dachelemente Gebäudetyp III	Dachelemente Sporthalle	Dachelemente Studentenwohnheim	Fassadenelemente Gebäudetyp II
Geografische Region		PV 5	PV 5	PV 5	PV 5	PV 5	PV 5
Ausrichtung		Südost	Südwest	Südost/ Südwest	-	-	Südost
Winkel		90°	37°	49°	5°	5°	90°
Technologie		Monokristallin	Monokristallin	Monokristallin	Monokristallin	Monokristallin	Monokristallin
Peakleistungskoeffizient	K_{pk} [kW/m ²]	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Fläche PV-Module	A [m ²]	144	1.200	672	950	280	513
Peakleistung	P_{pk} [kW]	25	204	114	162	48	87
Modulbelüftung		stark belüftet	mäßig belüftet	mäßig belüftet	mäßig belüftet	mäßig belüftet	mäßig belüftet
Bestrahlungsstärke auf horiz. Fläche	$E_{sol,hor}$ [kWh/(m ² a)]	999	999	999	999	999	999
Umrechnungsfaktor	f_{tit}	0,72	1,05	1,01	1,01	1,01	0,72
Solare Bestrahlungsenergie	E_{sol} [kWh/(m ² a)]	719	1.049	1.009	1.009	1.009	719
Systemleistungsfaktor	f_{perf}	0,9	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Stromertrag durch PV-System	$E_{el,pv,out}$ [kWh/a]	16.178	181.897	97.772	138.939	41.167	53.170

Tab. 6.2

Berechnung Stromertrag durch Photovoltaik



Abb. 6.4
Monokristalline Solarzelle



Abb. 6.5
Photovoltaikmodul

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

Im Zuge des sparsamen und umweltschonenden Umgangs mit den natürlichen Ressourcen der Erde gilt es auch die Ressource Wasser zu schonen und sie möglichst ökologisch zu bewirtschaften. Daher befassen sich die folgenden Kapitel mit den in den Haushalten vorhandenen Wasserströmen und mit dem anfallenden Regenwasser.

Es wird dargestellt, inwieweit der Trinkwasserverbrauch und das Schmutzwasseraufkommen durch Wassersparmaßnahmen und durch den Einsatz von Wasseraufbereitungsmaßnahmen gesenkt werden können. Solche Maßnahmen bieten ein hohes ökologisches Potenzial, da sie zum einen die Ressource Trinkwasser schonen und zum anderen verhindern, dass unnötig große Mengen an Abwasser konventionell über die Ableitung in die Kanalisation abgeführt werden müssen und somit die Überdüngungsgefahr der Gewässer steigt. Auch für den Umgang mit dem in der Wohnsiedlung anfallenden Regenwasser wird ein Konzept entwickelt, um den natürlichen Wasserhaushalt möglichst wenig zu beeinflussen. Gleichzeitig wird dabei eine Gestaltung der Freiräume in der Ahlumer Siedlung vorgenommen.

7.1 Wasserverbrauch und Schmutzwasserkonzept

Im Zuge der Sanierung des Wohngebietes wird die Umsetzung einer ökologischen Wasserbewirtschaftung angestrebt. Dabei geht es sowohl darum den Trinkwasserverbrauch als auch das Abwasseraufkommen zu reduzieren. Die VDI-Richtlinie 6024 Blatt 1 gibt verschiedene Möglichkeiten zur Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs vor. Als objekt- und systembezogene Einsparmöglichkeiten werden in allen Wohnungen des Wohngebietes die sanitärtechnischen Anlagen optimiert. Die Duschanlagen erhalten Duschköpfe der Durchflussklasse Z, die den Volumenstrom des Wassers auf ca. 8 l/min. begrenzen. Die Badewannen werden mit Thermostaten ausgestattet und die Waschbecken erhalten wassersparende Einhebelmischer mit Strahlreglern (ebenfalls der Durchflussklasse Z). Auch die Küchenspülen werden mit Einhebelmischern ausgestattet und die Größe des Spülbeckens zweckmäßig gewählt. Die bestehenden Klosetts in den Wohnungen werden durch Klosettbecken mit 6-Liter Spülkasten ausgetauscht. Diese beiden Komponenten müssen hinsichtlich ihres Spülwasservolumens aufeinander abgestimmt sein. Der Spülkasten besitzt ein Zwei-Tasten-Prinzip, so dass eine Differenzierung zwischen 6-Liter- und 3-Liter-Spülung möglich ist. Alle Waschmaschinen in den Kellern der Gebäude werden auf ihren Wasserverbrauch hin überprüft und bei Bedarf durch effizientere Maschinen ersetzt, die laut EU-Energielabel einen niedrigen Wasserverbrauch aufweisen. Wichtig bei der

Modernisierung der Wohnhäuser ist, dass sämtliche Erneuerungen der Trinkwasserinstallationen hinsichtlich des erforderlichen Wasserdrucks an das vorhandene Trinkwassernetz angepasst werden.

Neben den objektbezogenen Einsparmöglichkeiten ergeben sich auch Einsparmöglichkeiten durch das Nutzerverhalten. So ist den Nutzern zu empfehlen, häufiger die Duschvorrichtung anstatt der Badewannen für die Körperpflege zu benutzen, um zusätzlich Wasser zu sparen.

Die beschriebenen Maßnahmen können helfen den derzeit durchschnittlichen Wasserverbrauch eines Hausbewohners von 121 Liter auf täglich nur 100 Liter zu senken. Abbildung 7.1 zeigt auf welche Bereiche des Haushalts sich die 100 Liter Wasser aufteilen.

Um den Trinkwasserverbrauch zusätzlich zu senken, wird eine Stoffstromtrennung des Abwassers des Wohngebietes vorgenommen. Es bietet sich ein 2-Stoffstromsystem an, bei dem eine Abtrennung des Grauwassers vom Schwarzwasser stattfindet. Ziel ist es, das Grauwasser nach einer Wiederaufbereitung erneut für Teilbereiche des Haushaltes zu nutzen. Durch eine Nutzung des gereinigten Grauwassers als Betriebswasser, werden Wasserressourcen gespart und auch der Abwasseranfall verringert (vgl. Abb. 7.2).

Abb. 7.1
Trink- und Abwasserbilanz eines Wassersparhaushaltes



Abb. 7.2
Trink- und Abwasserbilanz eines Wassersparhaushaltes mit Grauwassernutzungsanlage



- Grauwasser
- Betriebswasser
- Trinkwasser
- 1 Biologische Reinigung Stufe 1
- 2 Biologische Reinigung Stufe 2
- 3 Speicher
- 4 Zulauf mit Filterung
- 5 Notüberlauf
- 6 Belüftung
- 7 UV-Desinfektion
- 8 Trinkwasseranschluss
- 9 Ablauf
- 10 Schlammabzug
- 11 Kanalisation

Die Anlage zum Grauwasser-Recycling dimensioniert sich nach dem durchschnittlich, täglich anfallenden, schwach belasteten Grauwasser in den Wohnhäusern. Dazu zählt das Grauwasser aus der Körperpflege und Gebäudereinigung, von welchem eine Menge von ca. 45 Liter pro Bewohner und Tag anfällt. Für eine Gebäudehälfte mit 6 Wohnungen, in denen durchschnittlich 3 Personen wohnen, ergibt sich somit eine Menge von 810 Liter Grauwasser, die sich zum Grauwasser-Recycling eignet. Eingesetzt wird eine Grauwasseraufbe-

reitungsanlage, die mittels des Belebungsverfahrens, einem biologischen Aufbereitungsverfahren, aus dem Grauwasser Betriebswasser bereitet. Die Mehrfamilienhäuser erhalten für jede Haushälfte eine eigene Anlage, die in einem Kellerraum aufgestellt wird. Beispielhaft wird der AquaCycle 1500 der Firma Pontos ausgewählt, dessen wichtigste Anlagendaten hier dargestellt sind (siehe auch Anhang 29):

Hersteller	Pontos (Hansgrohe)
Bezeichnung	AquaCycle 1500
Behälter	5 x 300 l
max. Aufbereitungspotenzial	1.000 l
Höhe	2,00 m
Breite	2,25 m
Tiefe	0,80 m

Die Abbildung 7.3 stellt schematisch die Verteilleitungen des Wassers innerhalb des Gebäudes und die einzelnen Komponenten der Wasseraufbereitung dar. Über einen Filter werden das Bade- und Duschwasser sowie das Wasser aus den Waschbecken in die Vor- und Hauptrecyclekammer der Aufbereitungsanlage eingeleitet. Der Filter hält gröbere Verschmutzungen aus dem Wasser zurück und führt sie durch eine automatische Rückspülung der Kanalisation zu. Die Aufbereitung des vorgefilterten Grauwassers erfolgt anschließend durch die Einleitung von Sauerstoff, der im Zusammenspiel

mit Mikroorganismen dafür sorgt, dass die Schmutzstoffe im Wasser abgebaut werden. Der beim Aufbereitungsprozess entstehende biologische Schlamm wird in die Kanalisation abgeführt. Nachdem das Wasser die beiden Recyclekammern durchlaufen hat, wird es in den Klarwasserbehälter gepumpt, wo eine UV-Hygenisierung stattfindet. Falls zu wenig recyceltes Wasser bereitsteht, sorgt eine automatische Trinkwassernachspeisung dafür, dass an den Verbrauchsstellen trotzdem genügend Wasser zur Verfügung steht. Sollte es im umgekehrten Fall zu einem zu großen Wasseranfall kommen, sorgt ein Überlauf für eine Einleitung des überschüssigen Wassers in die Kanalisation (vgl. Abb. 7.3 und [Pontos], S.7).

Nach Durchlaufen der Aufbereitungsanlage kann das Wasser als Betriebswasser verwendet werden und entspricht den Anforderungen des fbr-Hinweisblatts H 201 zum Grauwasser-Recycling. Es wird in den Wohnhäusern für die WC-Spülung, die Waschmaschinen und die Gebäudereinigung verwendet. Das Grauwasser-Recycling sorgt dafür, dass die Trinkwasser- und Abwasserbilanz der Haushalte im Wohngebiet positiv beeinflusst wird. Wie auf Abbildung 7.2 erkennbar, kann durch den Einsatz des aufbereiteten Wassers der Trinkwasserbedarf auf 57 Liter und das anfallende Abwasser auf 53 Liter im Gegensatz zum Ausgangsfall verringert werden.

7.2 Regenwasserkonzept

Neben dem Schmutzwasserkonzept wird auch ein Konzept zur Regenwasserbewirtschaftung erstellt. Es werden Maßnahmen ergriffen, um das anfallende Regenwasser unter Berücksichtigung ökologischer Aspekte sinnvoll nutzbar zu machen. Als Ziel steht dabei eine möglichst geringe Beeinflussung des natürlichen Regenwasserkreislaufs im Vordergrund. Das Regenwasser soll nicht zusammen mit dem Abwasser in die Kanalisation geleitet werden, da es sonst nicht zu einer Grundwasserneubildung beitragen kann. Des Weiteren ergibt sich aus der Ableitung des Regenwassers in das Kanalsystem das Problem der Begünstigung von Hochwasserspitzen, da das Niederschlagswasser ohne zeitliche Verzögerung an Gewässer abgegeben wird. Außerdem kann es bei großen Regenereignissen zu einer Überlastung der Kläranlagen kommen (vgl. [BMVBS], S.1).

Im Wohngebiet wird daher eine dezentrale Regenwasserversickerung angelegt, was bedeutet, dass das Wasser direkt vor Ort dem natürlichen Wasserkreislauf durch Versickerung wieder zugeführt wird. Diese Maßnahme lässt sich problemlos in die Freiraumgestaltung der Wohnsiedlung integrieren. Für die Versickerung des Regenwassers stehen verschiedenen Systeme zur Verfügung, die abhängig von der Versickerungsfähigkeit des Bodens und Freiflächenverfügbarkeit eingesetzt werden können (vgl. Abb.7.4).



Abb. 7.4
Versickerungssysteme

Es wird eine Muldenversickerung für das Regenwasser von den Dachflächen der Wohngebäude gewählt. Diese weist ein gutes Retentionsvermögen auf und ist trotzdem mit einem geringen technischen Aufwand und geringen Investitionskosten realisierbar. Bei der Muldenversickerung wird das Regenwasser in eine flache, oberirdische Bodenvertiefung geleitet, die mit Gras bewachsen ist (vgl. [BSU Hamburg], S. 32). Da die Mulde eine Zwischenspeicherung des Regenwassers bewirkt, kann die Fähigkeit des Bodens, Wasser aufzunehmen,

geringer sein als die Menge des Niederschlagswassers. Bei der Herstellung der Mulde sollte darauf geachtet werden, dass keine schweren Geräte über die Muldenfläche fahren, da sonst eine Verdichtung des Erdreichs erfolgt, was die Versickerungsfähigkeit des Bodens einschränkt. Die Mulde wird auf eine Einstauhöhe des Wassers von maximal 30 cm ausgelegt, damit die Vegetation, mit der sie bewachsen ist, nicht länger als 24 Stunden überflutet wird (vgl. Abb. 7.5).

Weiterhin sollte eine ausreichend dicke Schicht Oberboden vorhanden sein und ein Mindestabstand von einem Meter zum Grundwasserspiegel eingehalten werden, um während der Versickerung eine optimale Reinigungsleistung des Regenwassers zu erzielen. Der Boden der Mulde wird horizontal eben ausgeführt, um eine gleichmäßige Verteilung des zu versickernden Wassers zu ermöglichen. Die Mulden müssen einen ausreichenden Abstand zu den Wohnhäusern haben, um Schäden an den Gebäuden zu vermeiden (vgl.

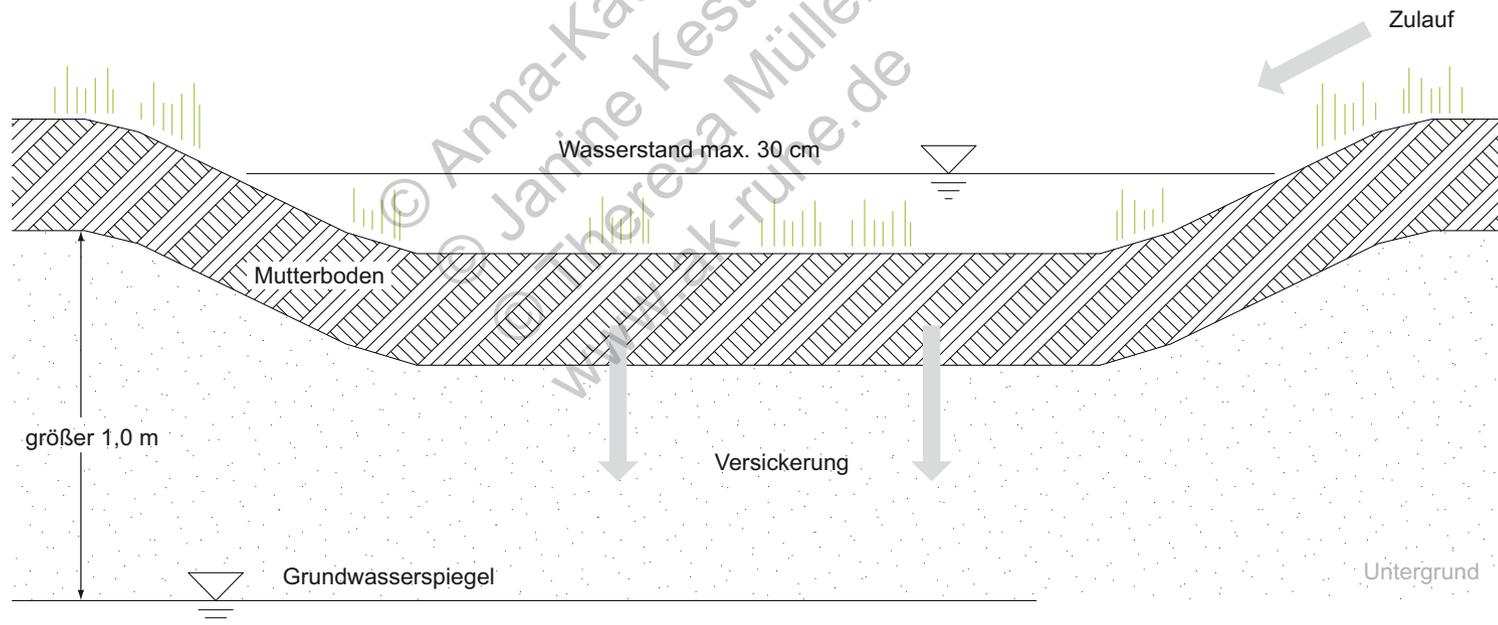


Abb. 7.5
Muldenversickerung

[DWA 138] S.19). Als Mindestabstand gilt das Andert-halb-fache der Baugrubentiefe. Da die Häuser der Ah-lumer Siedlung durchschnittlich 1,75 m in das Erdreich versenkt sind, ergibt sich ein Mindestabstand von rund 2,70 m, den die Mulden zu den Gebäuden einhalten.

Um die Flächen zu ermitteln, die für die Versickerung des Niederschlagswassers der Ahlumer Siedlung benö-tigt werden, wird beispielhaft das Speichervolumen ei-ner Mulde für das Gebäude B gemäß DWA-Arbeitsblatt 138 dimensioniert. Das Speichervolumen ist abhängig vom Zufluss zur Mulde Q_{zu} und der Versickerungsrate Q_s , die sich wiederum über die undurchlässige Fläche A_u und die Versickerungsfläche A_s bestimmen.

$$V = (Q_{zu} - Q_s) * D * 60 * f_z$$

$$V = [(A_u + A_s) * 10^{-7} * r_{D,(n)} - A_s * k_f/2] * D * 60 * f_z$$

mit

- V Speichervolumen in m³
- A_u undurchlässige Fläche in m²
- A_s Versickerungsfläche in m²
- k_f Durchlässigkeitsbeiwert der gesättigten Zone in m/s
- r_{D,(n)} maßgebende Regenspende in l/(s * ha)
- D Dauer des Bemessungsregens in min
- f_z Zuschlagsfaktor gem. DWA-A 117

Zur Ermittlung der undurchlässigen Fläche wird die im Grundriss projizierte Dachfläche von Gebäude B mit 395 m² angesetzt und für den mittleren Abflussbeiwert ein Wert von 1 angenommen. Daraus ergibt sich:

$$A_u = \sum(A_{E,i} * \psi_{m,i})$$

mit

A_{E,i} Einzugsgebietsfläche in m²

ψ_{m,i} mittlerer Abflussbeiwert

$$A_u = \sum(395 \text{ m}^2 * 1) = 395 \text{ m}^2$$

Für den Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens k_f ist für die Wohnsiedlung ein Wert von 5 * 10⁻⁵ m/s vorgege-ben. Dieser Wert ist typisch für Böden aus Feinsand. Für diese Bodenart kann wiederum für die Größe der Versickerungsfläche ein überschlägiger Wert von 10% der undurchlässigen Fläche angenommen werden. Da-raus folgt:

$$A_s = 0,10 * A_u$$

$$A_s = 0,10 * 395 \text{ m}^2 = 40 \text{ m}^2$$

Das zu ermittelnde Speichervolumen der Mulde ist nach dem Einsetzen der zuvor ermittelten Werte zudem ab-hängig von der Regenspende r_{D,(n)} und der Dauer des Bemessungsregens.

$$V = [(395 \text{ m}^2 + 40 \text{ m}^2) * 10^{-7} * r_{D,(n)} - 40 \text{ m}^2 * (5 * 10^{-5})/2] * D * 60 * 1,2$$

Die Dauer des Bemessungsregens, der das maximale Speichervolumen nötig macht, ist zunächst unbekannt. Die Mulde wird gemäß DWA-Arbeitsblatt 138 auf eine Häufigkeit des Regenereignisses n von 0,2/a bemes-sen, was einem 5-Jahres-Höchstregen entspricht. Als Werte für die Regenspende, abhängig von verschie-denen Regendauern, werden statistisch ermittelte Starkniederschlagshöhen für das Wohngebiet ange-setzt (vgl. [KOSTRA-DWD-2000]). Die Ergebnisse der Tabelle 7.1 zeigen, dass man das maximale Speicher-volumen V der Mulde von 10,43 m³ bei einer Regen-dauer von 60 Minuten erhält.

D [min]	r _{D(0,2)} [l/(s * ha)]	V [m ³]
20	156,7	8,38
30	123,4	9,43
45	95,2	10,18
60	78,5	10,43
90	56,1	9,33
120	44,3	8,01
180	31,7	4,91

Tab. 7.1
Speichervolumen

Die Überprüfung der Einstauhöhe z_M zeigt, dass, ausgehend von dem Speichervolumen, die maximale Einstauhöhe von 30 cm nicht überschritten wird.

$$z_M = V/A_s$$

$$z_M = 10,43 \text{ m}^3 / 40 \text{ m}^2 = 0,26 \text{ m} \leq \text{max. } z_M = 0,3 \text{ m}$$

Auch die maximale Entleerungszeit t_M der Mulde von 24 Stunden wird eingehalten.

$$t_M = 2 * (z_M/k_f)$$

$$t_M = 2 * 0,26 \text{ m} / (5 * 10^{-5}) = 10.400 \text{ s}$$

$$= 2,9 \text{ h} \leq \text{erf. } t_M = 24 \text{ h}$$

Die beispielhafte Dimensionierung für Gebäude B zeigt, dass eine Versickerungsfläche von 10% der auf den Grundriss projizierten Dachfläche für die Versickerung des anfallenden Regenwasser ausreicht. Den einzelnen Gebäuden der entsprechenden Gebäudetypen und der neu geplanten Heizzentrale wird jeweils eine benötigte Muldenfläche zugewiesen (vgl. Tab.7.2).

Die dezentrale Regenwasserversickerung über Mulden soll für das Wohngebiet nicht nur ökologische Vorteile bringen, sondern auch eine Aufwertung der vorhandenen Freiräume erzielen. Das Freiraumkonzept für die Mulden sieht vor, das Regenwasser aller Dachflächen in drei zentrale Mulden zu leiten, die jeweils den Gebäudetypen der Siedlung zugeordnet sind (vgl. Abb. 7.7). Das Regenwasser von Gebäudetyp I und der Heizzentrale wird in eine Mulde geleitet, die sich östlich der Heizzentrale befindet. Gebäudetyp II erhält eine Mulde im Freibereich zwischen den Gebäuden F und G und für den Gebäudetyp III wird auf dem Freibereich südlich von Gebäude O eine Mulde angelegt. Durch das Zusammenführen der Regenabflüsse von mehreren Gebäuden werden die zentralen Mulden größer und entwickeln sich zu prägenden Elementen der Freiraumgestaltung. Sie werden als Freiformen ausgebildet, in denen sich das Gelände zur Muldensohle hin über Sitzstufen abtreppt. Neben der Versickerung dienen die Mulden somit auch als Verweilbereiche für die Bewohner der Ahlumer Siedlung (vgl. Abb. 7.6).

Der Regenwasserzulauf zu den Mulden erfolgt, dort wo es möglich ist, über offene Muldenzulaufe aus Naturstein. In den Bereichen, wo das Regenwasser von mehreren Dächern gebündelt in eine Mulde geleitet wird, erfolgt dies unterirdisch. Dabei wird für alle Leitungen und Muldenzulaufe ein Gefälle von 0,5 cm je Meter eingehalten.

Für die Hauszuwegungen ist eine Flächenversickerung geplant. Zwischen den Randpflastersteinen, die die Wege begrenzen, werden Lücken gelassen, um das anfallende Niederschlagswasser auf die Vegetationsflächen neben den Wegen zu leiten. Da um die Gebäude herum großflächige Grünflächen zur Verfügung stehen, bietet sich dieses Vorgehen an. Dort kann das Wasser ohne Speicherung versickern.

	Typ I	Typ II	Typ III	Heizzentrale
projizierte Dachfläche [m ²]	395	320	148	143
Versickerungsfläche [m ²]	40	32	15	15

Tab. 7.2
Größe der Versickerungsfläche nach Gebäudetypen



Abb. 7.6 (re)
Versickerungsmulde
M 1:400

Abb. 7.7
Lageplan mit Darstellung
der Versickerungsmulden





© Anna-Katharina Ruhe
Janine Kesting
Theresia Müller
www.ak-ruhe.de

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de



© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

Die in dieser Projektarbeit beschriebenen Maßnahmen und Ziele zur Sanierung der Ahlumer Siedlung in Wolfenbüttel machen deutlich, dass eine CO₂-neutrale Endenergieversorgung des Wohngebiets möglich und sinnvoll ist. Es handelt sich dabei um umfassende Schritte, die die energetische Situation des Wohngebiets verbessern und auch das gestalterische Potential der 50er Jahre Bauten aufzeigen.

Grundsätzlich ist es sinnvoll eine Sanierung und Überarbeitung der Gebäudehülle vorzunehmen, da hierdurch eine deutliche Reduzierung des Heizwärmebedarfs erzielt werden kann. Auch der Einbau einer mechanischen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und Erdreichwärmetauscher bietet ein großes Energieeinsparpotential.

Die Untersuchung unterschiedlicher Varianten der Wärmeerzeugung hat gezeigt, dass durch den Einsatz von Holzpellet-Heizkesseln eine CO₂-neutrale Endenergieversorgung gewährleistet werden kann. Ein Nahwärmenetz bietet dabei die Vorteile der hohen Flexibilität und Zukunftssicherheit im Hinblick auf die eingesetzten Technologien sowie eine effektive Energieausnutzung. Der Einsatz einer thermischen Solaranlage kann den Brennstoffbedarf zusätzlich verringern. Sie stellt eine weitere regenerative Energiequelle dar, die zur Wärmeerzeugung genutzt werden kann. Dabei bleibt abzu-

wägen, inwiefern die notwendige Investition wirtschaftlich rentabel ist.

Da im Zuge der Sanierung erhebliche Eingriffe an der Gebäudehülle vorgenommen werden müssen, sollte eine energetische Sanierung auch immer eine gestalterische Aufwertung mit einbeziehen. So kann ein wichtiger Mehrwert für den Nutzer geschaffen und die Attraktivität des Wohngebiets gesteigert werden.

Die Untersuchung zur Stromerzeugung hat gezeigt, dass der Strombedarf nicht vollständig durch in der Ahlumer Siedlung angeordnete Photovoltaikmodule abgedeckt werden kann. Dennoch bieten diese eine gute Möglichkeit, Strom auf regenerative Weise zu erzeugen.

Das abschließend erstellte ökologisches Regen- und Schmutzwasserkonzept komplettiert das Gesamtkonzept der Sanierung der Wohnsiedlung. Die in diesem Zusammenhang geplanten Mulden dienen nicht nur der Versickerung des Regenwassers, sondern sind auch als landschaftliche Treffpunkte attraktiv und tragen zur Aufwertung des Freiraums bei.

Bei all diesen Maßnahmen ist immer wieder erkennbar, dass der Faktor Mensch eine wichtige Komponente darstellt. Sein Handeln kann bereits bedeutende Schritte,

beispielsweise zur Reduzierung bestimmter Stoffströme, beitragen. So sollten immer sämtliche Nutzer bzw. Bewohner durch Flyer oder organisierte Gespräche korrekt informiert und auch instruiert werden, um übergeordnete Ziele überhaupt erreichen zu können.

Letztendlich ist eine wirtschaftliche Überprüfung der angedachten Sanierungsmaßnahmen in einem nächsten Schritt unumgänglich, um zu kontrollieren, inwiefern die ökologischen Aufwertungsmaßnahmen auch ökonomisch tragbar sind.

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

- [Aschoff] Aschoff, Carsten/ Grotjan, Hartmut (2004): Frischlufttechnik im Wohnungsbau. Stuttgart.
- [Bauteilkalkulator] ZUB Software: Bauteilkalkulator 1.2. [DIN EN 15316-4-6]
- [BDH] Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (2009): Kompendium. Technische Informationen für Heizungsfirmen. Bergisch Gladbach.
- [Bechtoldt] Bechtoldt, Stephan: Direkte oder indirekte Versorgung.URL: http://www.agfw.de/typo3conf/ext/naw_securedll/secure.php?u=0&file=fileadmin/dokumente/tec/2_AuK/2_4_Hausuebergabestationen/Direkte_oder_indirekte_Versorgung.pdf&t=1220106678&hash=8006ff0dd08fdea02fa34a1501cc7fd6 [DIN 1946-6]
[Stand: 03.13.09].
- [BMVBS] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (1997): Regenwasserversickerung in Siedlungsgebieten. Bonn. [DIN 4108]
- [BSU Hamburg] Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (2006) (Hg.): Dezentrale, naturnahe Regenwasserbewirtschaftung. Ein Leitfaden für Planer, Architekten, Ingenieure und Bauunternehmer. Reichling. [DIN 4108-06]
- [DEPV] Deutscher Energie-Pellet Verband e.V. (2008): Empfehlungen zur Lagerung von Holzpellets. Ausrüstung von individuell erstellten Lagerräumen für Holzpellets. Anwendung von industriellen Lagerbehältern für Holzpellets. Informationsblatt. Berlin. [DIN 4108-7]
- [DIN EN ISO 6946] Deutsches Institut für Normung e.V. (2008-04): DIN EN ISO 6946 Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren (ISO 6946: 2007); Deutsche Fassung EN ISO 6946: 2007. Berlin. [DIN 18012]
- [DIN EN ISO 13789] Deutsches Institut für Normung e.V. (2008-04): DIN EN ISO 13789 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Spezifischer Transmissions- und Lüftungswärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren (ISO 3789: 2007); Deutsche Fassung EN ISO 13789: 2007. Berlin. [DIN V 18160-1]
- [DIN EN 12831] Deutsches Institut für Normung e.V. (2003-08): DIN EN 12831 Heizungsanlagen in Gebäuden. Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast. Fassung EN 12831:2003. Berlin. [DIN V 4701-10]
- [DIN EN 12831 Bbl. 1] Deutsches Institut für Normung e.V. (2008-07): DIN EN 12831 [DWA 138]
- Beiblatt 1 Heizsysteme in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast – Nationaler Anhang NA. Berlin.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2003-08): DIN EN 15316-4-6 Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade der Anlagen – Teil 4-6: Wärmeerzeugungssysteme, photovoltaische Systeme. Deutsche Fassung EN 15316-4-6: 2007. Berlin.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2006-12): DIN 1946-6 Raumluftechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen; Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung. Berlin.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (1969-08): DIN 4108 Wärmeschutz im Hochbau.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2003-06): DIN V 4108-6 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs. Berlin.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2009-01): DIN 4108-7 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele. Berlin.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2008-05): DIN 18012 Hausanschlusseinrichtungen – Allgemeine Planungsgrundlagen. Berlin.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2006-01): DIN V 18160-1 Abgasanlagen – Teil 1: Planung und Ausführung. Berlin.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2003-08): DIN V 4701-10 Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen. Teil 10 – Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung. Berlin.
- DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hg.) (2005): DWA-Regelwerk. Arbeitsblatt DWA-A 138. Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Hennef.
- Ehrenfried, Heinz (2005): Wohnungslüftung mit oder ohne Tech-

	nik? Lüftungstechnische Maßnahmen in Wohnungen nach neuer DIN 1946-6. Vortrag im Rahmen der Berliner Energietage 2005. Berlin.		
[EnEV]	Energieeinsparverordnung (EnEV) in der Fassung vom 01. Oktober 2009.	[Kühl]	Wolfgang (2010): Dimensionierung Versickerung. Projektinterne Präsentation vom 11.01.2010. Kassel. S.36.
[EPASS HELENA]	ZUB Software: EPASS-HELENA 5.0.	[Pontos]	Kühl, Lars et. al. (2006): CO ₂ -neutrale Energieversorgung für Wohnsiedlungen. Teil 1. In: HLH Bd. 57. Nr. 11. Düsseldorf.
[Europa]	Europa. Zusammenfassungen der EU-Gesetzgebung. Nachhaltige Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen. URL: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/127068_de.htm [Stand 23.02.2010].	[Pistohl]	Pontos GmbH (Hg.) (2009): Einfach kostbar. Zweifach nutzbar. Wasser einfach zweifach nutzen. Dank Grauwasser-Recycling. Schiltach. (Katalog 2009 zu finden unter http://www.hansgrohe.de/cps/rde/xbcr//de_de/publications/DE/Pontos_Katalog_2009.pdf) [Stand: 25.02.2010].
[FLiB]	Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. (Hg.) (2008): Gebäude Luftdichtheit. Band 1. Kassel.	[Schulze Darup]	Pistohl, Wolfram (2009): Handbuch der Gebäudetechnik. Band 2. Heizung Lüftung Beleuchtung Energiesparen. Köln.
[FNR]	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2007): Marktübersicht. Pellet-Zentralheizungen und Pelletöfen. Rostock.	[strom sparen]	Schulze Darup, Dr. Burkhard (Hg) (2008): Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10. Osnabrück.
[forsa]	BMW i Publikationen. Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für das Jahr 2005. URL: http://www.bmw.de/Dateien/BMWi/PDF/endbericht-erhebung-des-energieverbrauchs-private-haushalte-2005.property=pdf,bereich=bmw_i,sprache=de,rwb=true.pdf [Stand 09.02.2010].	[Usemann]	Strom Magazin. Strom sparen mit Stromspartipps und Energierechner. URL: http://www.strom-magazin.de/strom-sparen/ [Stand 09.02.2010].
[GEMIS]	Öko-Institut (2010): Glossar zu GEMIS. URL: http://www.oeko.de/service/gemis/de/index.htm [Stand: 04.02.2010].	[VDI 2036]	Usemann, Klaus/ Breuer, Stefan (2004): Technische Gebäudeausrüstung. Problemstellungen, Aufgaben und Lösungen. Stuttgart.
[Giebeler]	Giebeler, Georg/ Musso, Florian/ Fisch, Rainer/ Petzinka, Karl-Heinz/ Krause, Harald/ Rudolphi, Alexander (2008): Atlas Sanierung. Instandhaltung, Umbau, Ergänzung. Basel, Boston, Berlin.	[VDI 6024]	Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2007-11): VDI 2036 Gebäude-technische Anlagen mit Fernwärme. Düsseldorf.
[HMULV]	Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlicher Raum und Verbraucherschutz (Hg.) (2006): Nahwärme. Ratgeber zur Planung und Errichtung von Nahwärmenetzen. Wiesbaden.	[Wärme Berlin]	Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2008-09): VDI 6024 Blatt 1. Wassersparen in Trinkwasser-Installationen. Anforderung an Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung. Düsseldorf.
[IFB]	Institut für Bauforschung e.V. (Hg.) (2008): Atlas Bauen im Bestand. Katalog für nachhaltige Modernisierungslösungen im Wohnungsbestand. Köln.	[Wolfenbüttel]	Wärme Berlin (Vattenfall Europe) (Hg.) (2009): Technische Anschlussbedingungen (TAB). Für den Anschluss an die Wärmenetze. Berlin.
[IGS]	TU Braunschweig, Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS) (2009): CO ₂ -neutrale Wärmeversorgung für Wohnsiedlungen. Forschungsbericht für den Projektträger Jülich. Braunschweig.	[ZUB]	Stadt Wolfenbüttel: Wolfenbüttel. URL: http://www.wolfenbuettel.de [Stand: 09.11.2009].
[KOSTRA-DWD-2000]	Kostra-DWD (2000): Starkniederschlagshöhen. In: Müsch,		ZUB (2009): Katalog regionaltypischer Materialien im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualterklasse und Ableitung typischer Bauteilaufbauten. Kassel.

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

Abbildungen

Kapitel 2		Kapitel 5	
2.1	Selbst erstellt.	5.1 - 5.14	Selbst erstellt.
Kapitel 3		Kapitel 6	
3.1 - 3.3	Projektintern zur Verfügung gestelltes Material.	6.1	3Pagen.de: Stromspar-Steckdose. URL: http://www.3pagen.de/images/products/250/44676-H-01-3P.jpg [Stand: 12.02.2010].
3.4 - 3.9	Selbst erstellt auf Grundlage der Bestandspläne.	6.2	Bundesregierung: Strom sparen. URL: http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Magazine/MagazinVerbraucher/007/Medien/t5-strom-sparen,property=poster.jpg [Stand: 23.02.2010].
3.10	Selbst erstellt.	6.3	Selbst erstellt.
Kapitel 4		6.4	Wikimedia: Monokristalline Solarzelle. URL: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c1/Klassieren.jpg [Stand: 24.02.2010].
4.1 - 4.5	Selbst erstellt.	6.5	Vaillant: AuroPower. URL: http://www.vaillant.de/stepone2/data/downloads/b8/43/00/auroPOWER.jpg [Stand: 24.02.2010].
4.6	Selbst erstellt auf Grundlage von projektintern zur Verfügung gestelltem Material.	Kapitel 7	
4.7 - 4.8	Selbst erstellt.	7.1 - 7.2	Müsch, Wolfgang: Ökologische Abwasserbewirtschaftung. Projektinterne Präsentation vom 11.01.2010. Kassel. S. 88, 90.
4.9 - 4.10	Müsch, Wolfgang: Nah-/Fernwärme. Projektinterne Präsentation vom 23.11.2009. Kassel. S. 19 - 20.	7.3	Selbst erstellt.
4.11	Selbst erstellt.	7.4	DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hg.): DWA-Regelwerk. Arbeitsblatt DWA-A 138. Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Hennef. 2005. S. 24.
4.12	Müsch, Wolfgang: Nah-/Fernwärme. Projektinterne Präsentation vom 23.11.2009. Kassel. S. 38.	7.5	Stadt Würzburg: Muldenversickerung. URL: http://www.wuerzburg.de/de/umwelt-verkehr/wasserrechtgwaesserschutzwasserwirtschaft/niederschlagswasser/15511.Versickerung_in_Wuerzburg.html [Stand: 12.02.2010].
4.13 - 4.16	Selbst erstellt.	7.6 - 7.7	Selbst erstellt.
4.17	Müsch, Wolfgang: Brennstofflagerung. Projektinterne Präsentation vom 07.12.2009. Kassel. S. 10.		
4.18	Müsch, Wolfgang: Solaranlage. Projektinterne Präsentation vom 30.11.2009. Kassel. S. 6.		
4.19 - 4.20	Selbst erstellt.		
4.21	Schiedel: Diagramm 7.1 Holzpellets. URL: http://www.schiedel.de/Diagramm-7-1-Holz-Pellets.3998.0.html [Stand: 13.01.2010].		
4.22 - 4.34	Selbst erstellt.		

Tabellen

Kapitel 3

- 3.1 - 3.3 Selbst erstellt auf Grundlage der Bestandspläne.
- 3.4 Selbst erstellt.
- 3.5 Selbst erstellt auf Grundlage von EnEV 2009 Anhang 3, Tabelle 1.
- 3.6 - 3.13 Selbst erstellt.

Kapitel 4

- 4.1 Selbst erstellt.
- 4.2 - 4.5 Selbst erstellt auf Grundlage von A 15.
- 4.6 - 4.8 Selbst erstellt.

Kapitel 6

- 6.1 - 6.2 Selbst erstellt.

Kapitel 7

- 7.1 - 7.2 Selbst erstellt.

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

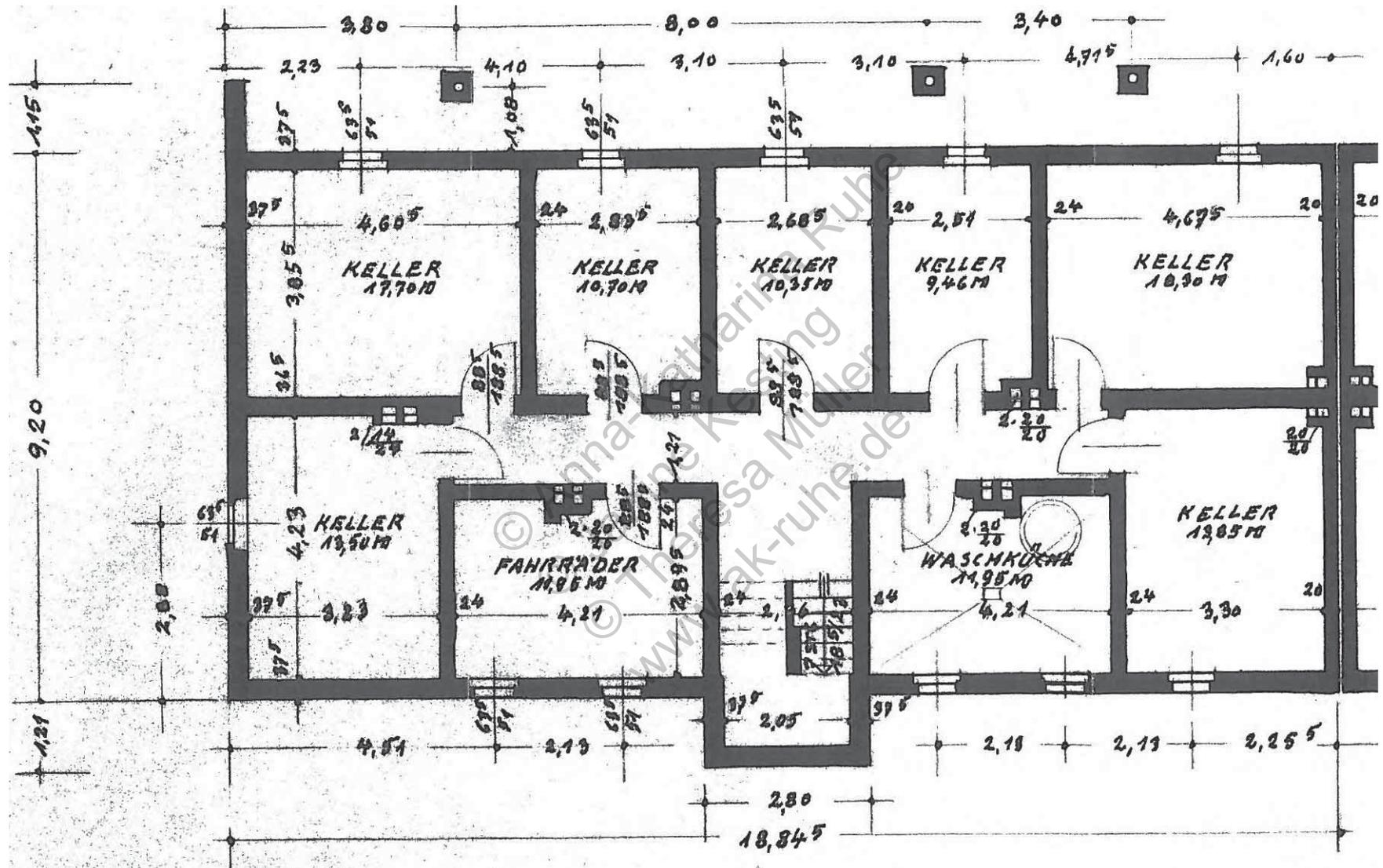
© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de



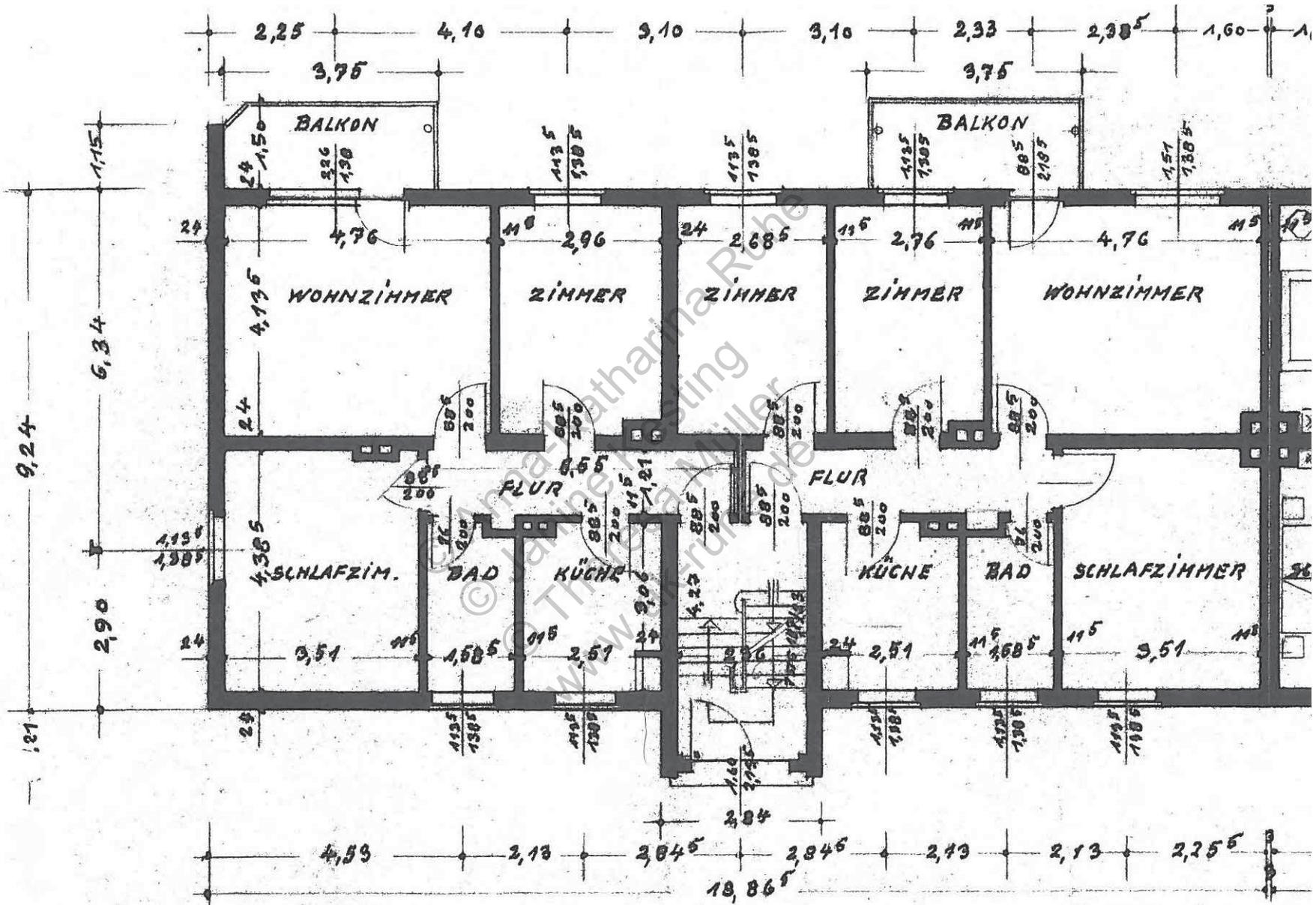
© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

- A1 Bestandspläne Gebäude C
- A2 Bestandspläne Gebäude E
- A3 Bestandspläne Gebäude J
- A4 Flächenermittlungen der einzelnen Gebäudetypen
- A5 Konstruktionen und Wärmedurchgangskoeffizienten der einzelnen Gebäudetypen und Wärmedämmstandards
- A6 Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfs der einzelnen Gebäudetypen und Wärmedämmstandards
- A7 Datenblatt Pilkington Optitherm S1
- A8 Daten des Gebäudes E und der betrachteten Nutzungseinheit für die Lüftungsanlage
- A9 Datenblatt Wickelfalzrohr, Deutsche Luft GmbH
- A10 Bestimmung der Luftvolumenströme zur Lüftungsauslegung
- A11 Datenblatt Vario 550 Airon
- A12 Datenblätter Lüftungskomponenten, Paul Wärmerückgewinnung
- A13 Kennzeichnung der Lüftungsanlage
- A14 Berechnung der Heizlast der einzelnen Gebäudetypen im Bestand
- A15 Datenblätter Gasbrennwertkessel und Warmwasserspeicher ecoVIT, ecoCRAFT und uniSTOR, Vaillant
- A16 Ermittlung der Bedarfskennzahl zur Warmwasserspeicherdimensionierung
- A17 Tabelle zur Warmwasserspeicherdimensionierung
- A18 Berechnung der Erzeugernutzwärmeabgabe und des Endenergiebedarfs der Variante 1
- A19 Rohrdimensionierung für das Nahwärmenetz
- A20 Berechnung der Heizlast für das Nahwärmenetz
- A21 Berechnung der Erzeugernutzwärmeabgabe und des Endenergiebedarfs der Variante 2
- A22 Datenblatt Pelletkessel Pyrot, Viessmann
- A23 Berechnung der Erzeugernutzwärmeabgabe und des Endenergiebedarfs der Variante 3
- A24 Datenblatt Großkollektor SchücoSol G.2
- A25 Berechnung der Erzeugernutzwärmeabgabe und des Endenergiebedarfs der Variante 4
- A26 Datenblatt Austragungssysteme, Hackschnitzelaustragungen, Gilles Biomasseheizungen
- A27 Auswertungstabelle GEMIS
- A28 Berechnung des Betriebstrombedarfs der einzelnen Varianten
- A29 Datenblatt Pontos AquaCycle

Anhang 1

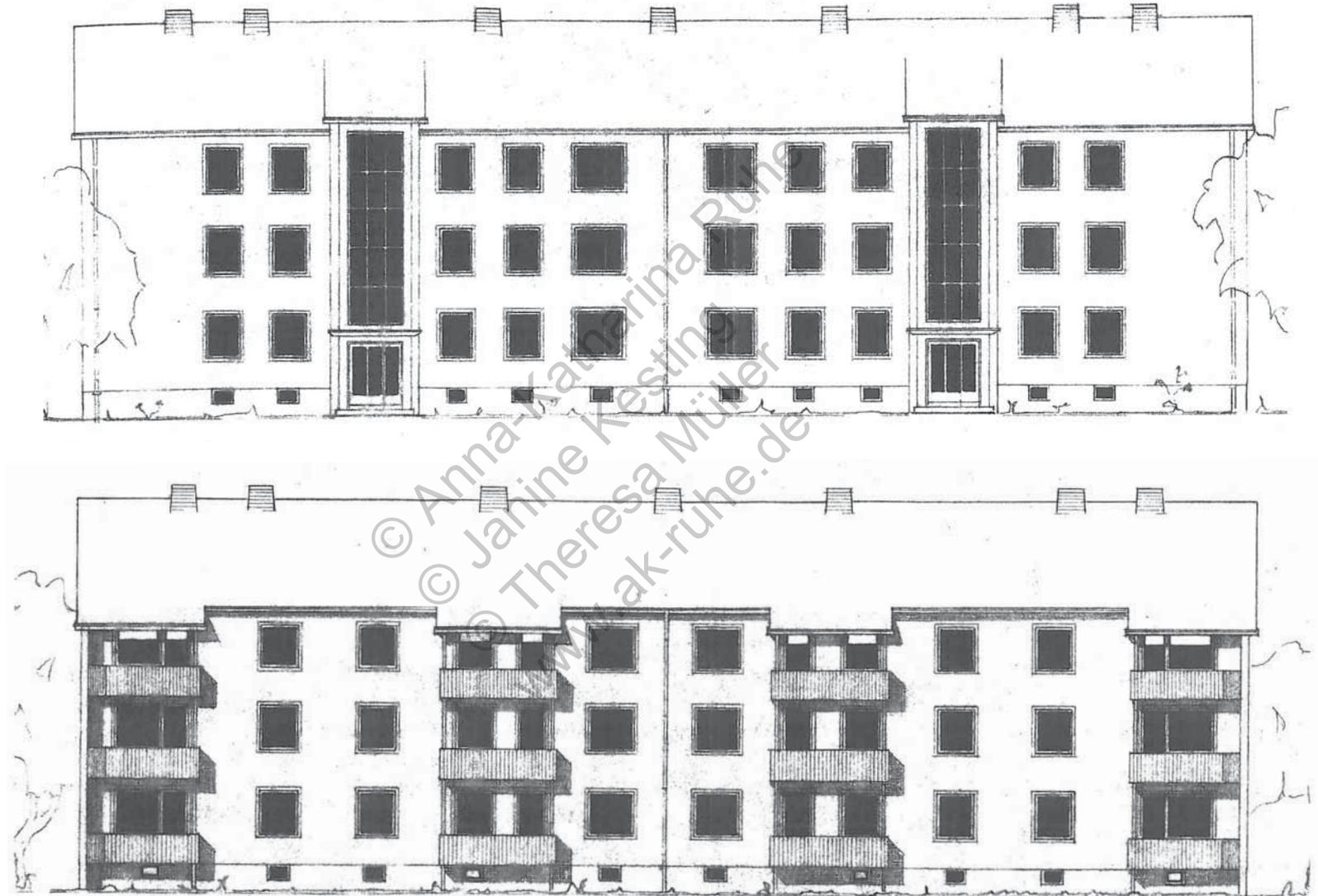


Gebäude C, Grundriss KG M 1:100

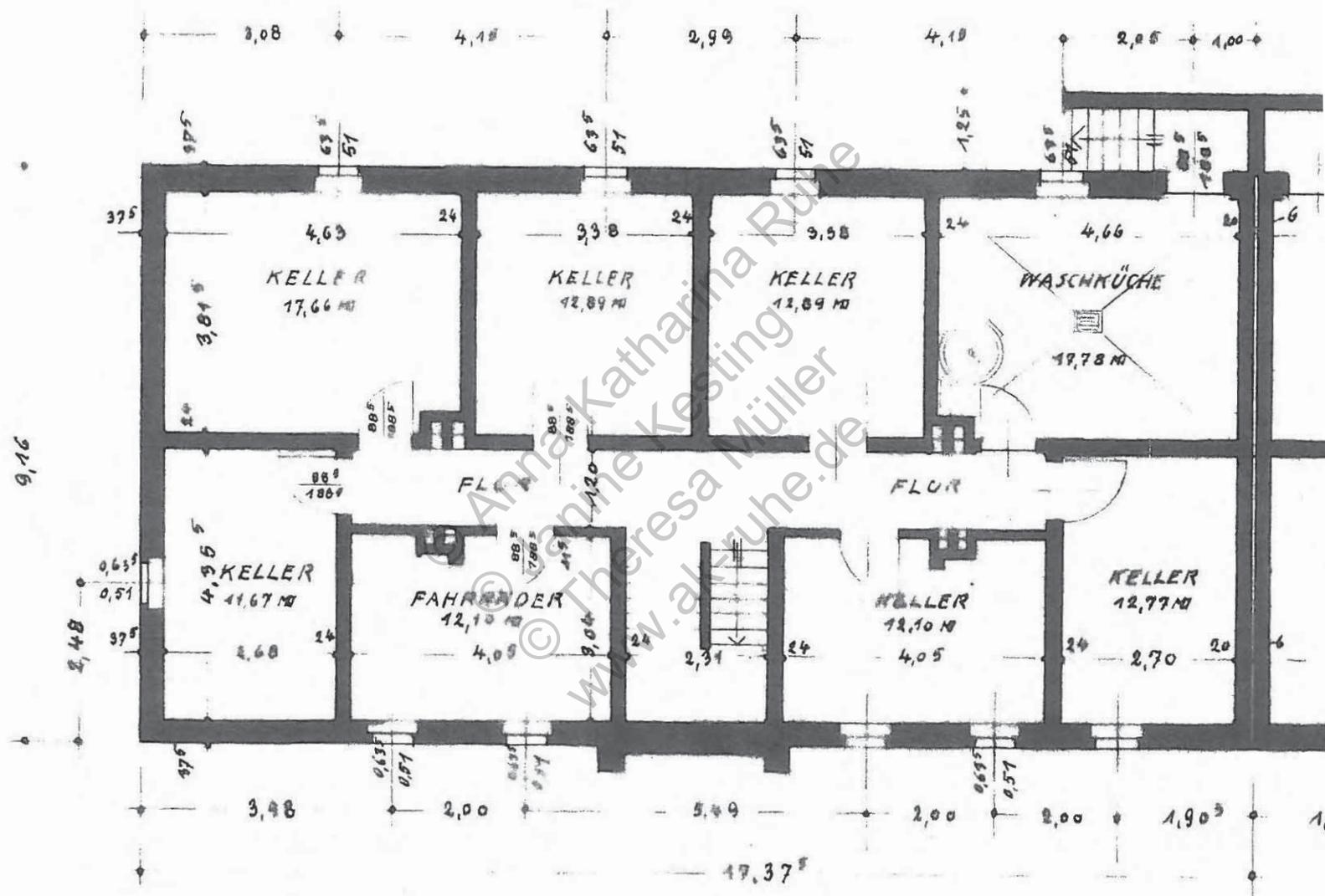


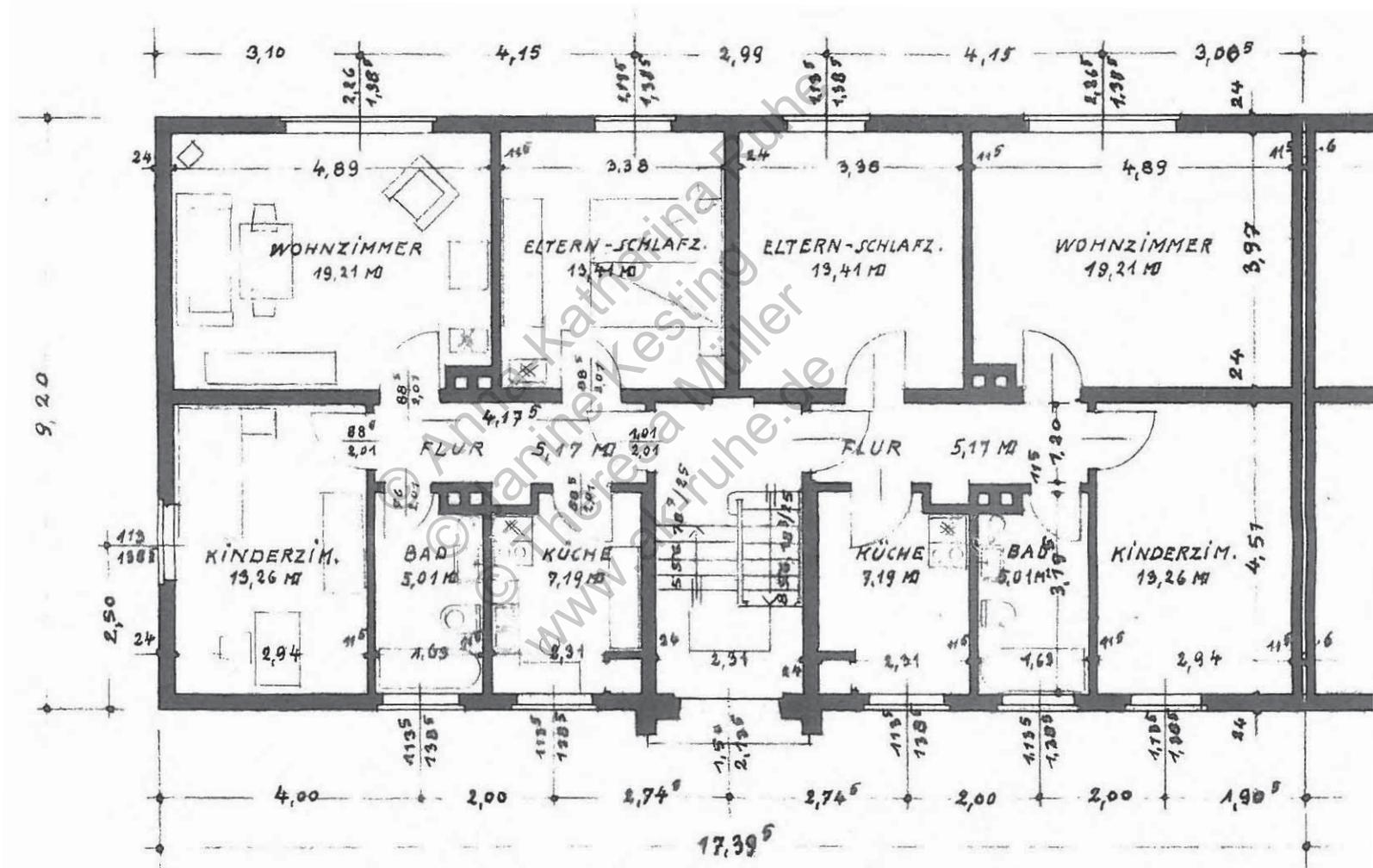
Gebäude C, Grundriss EG M 1:100



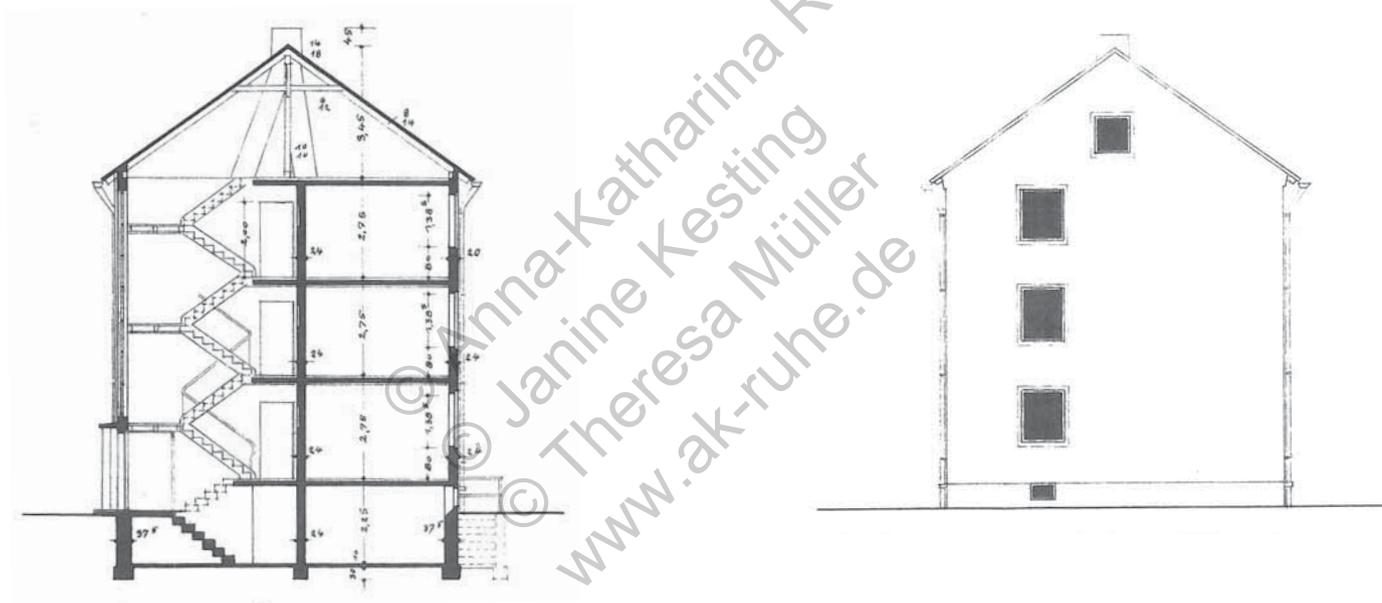


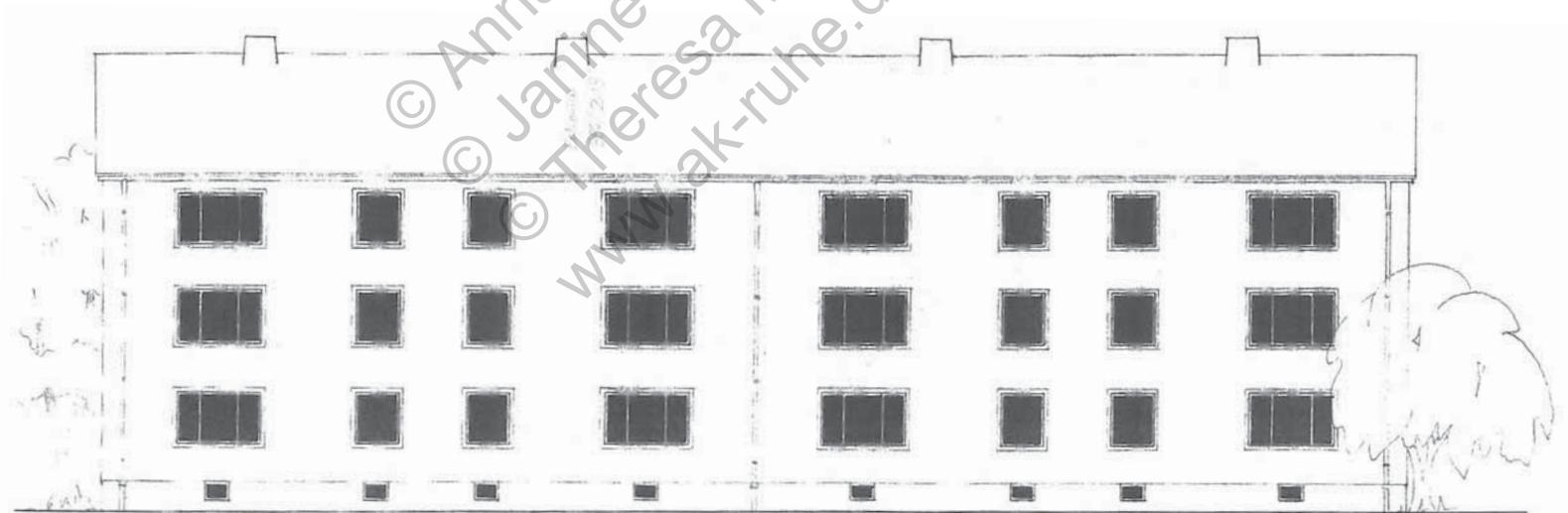
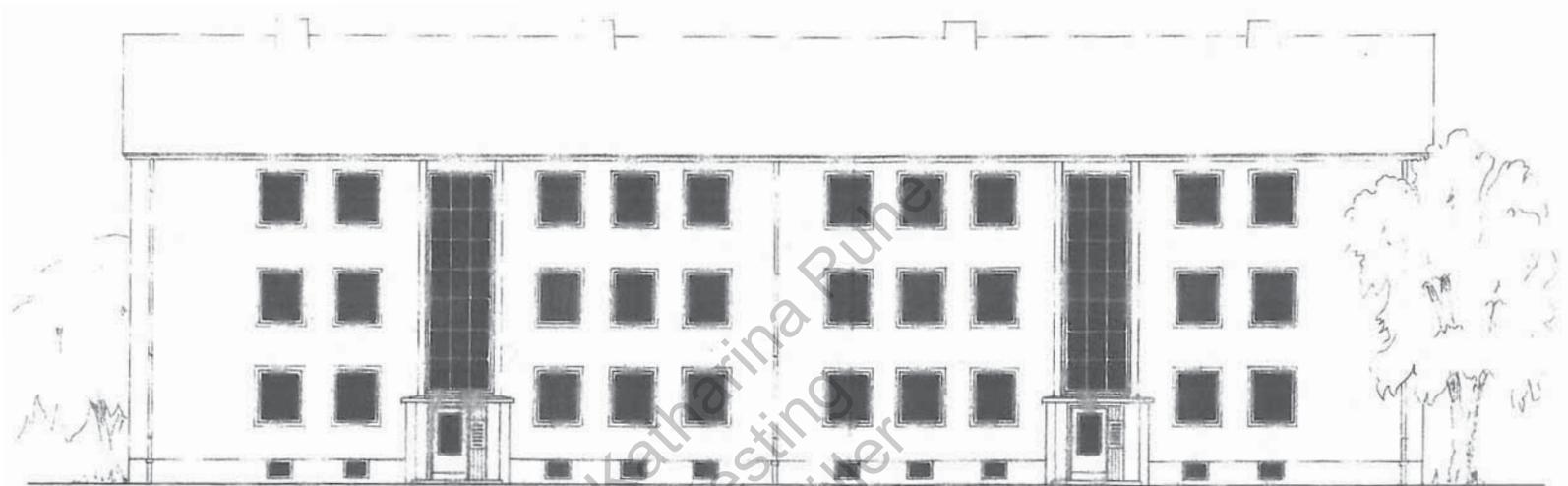
Gebäude C, Ansicht Nord und Ansicht Süd M 1:200



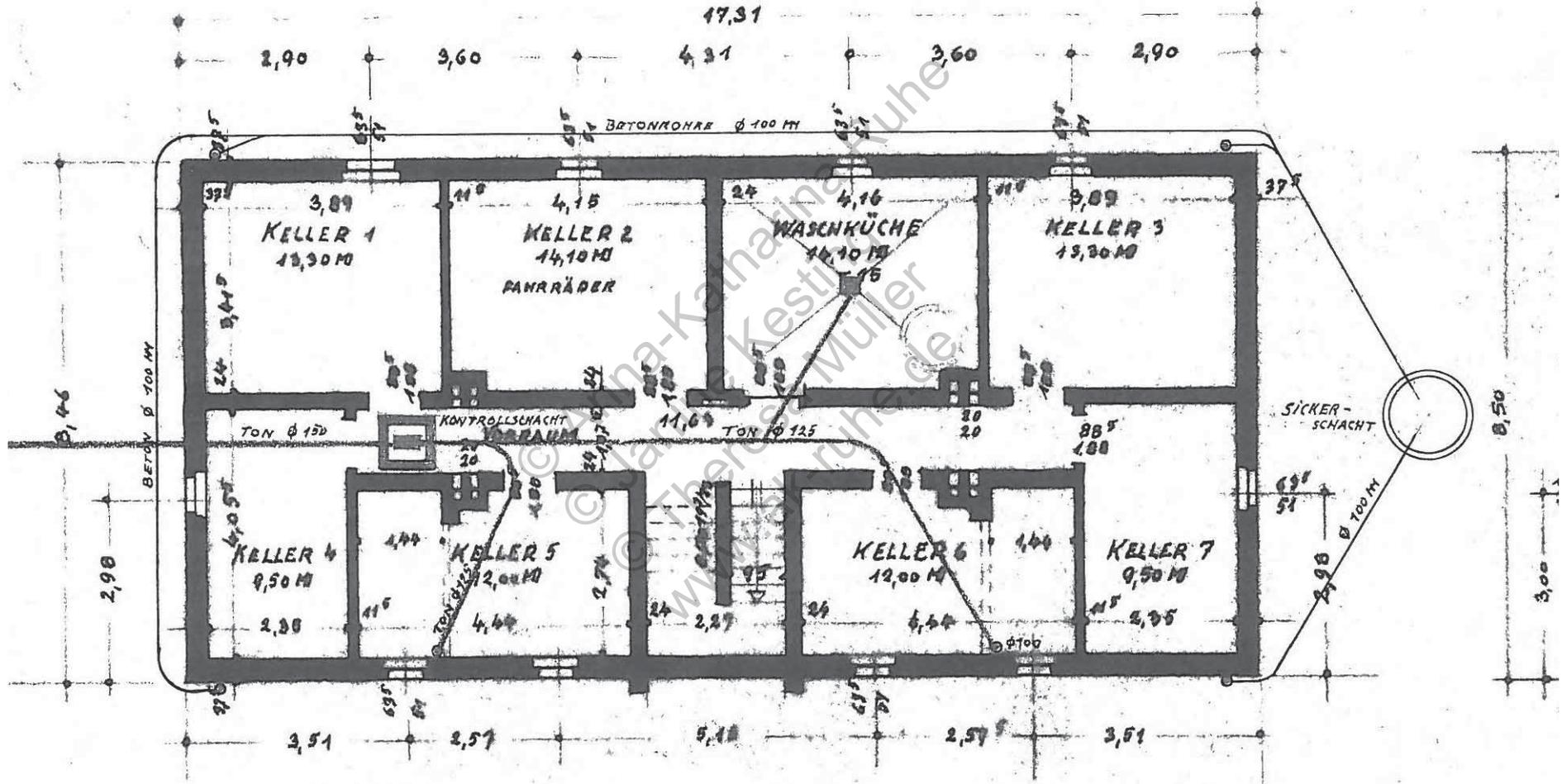


Gebäude E, Grundriss EG M 1:100

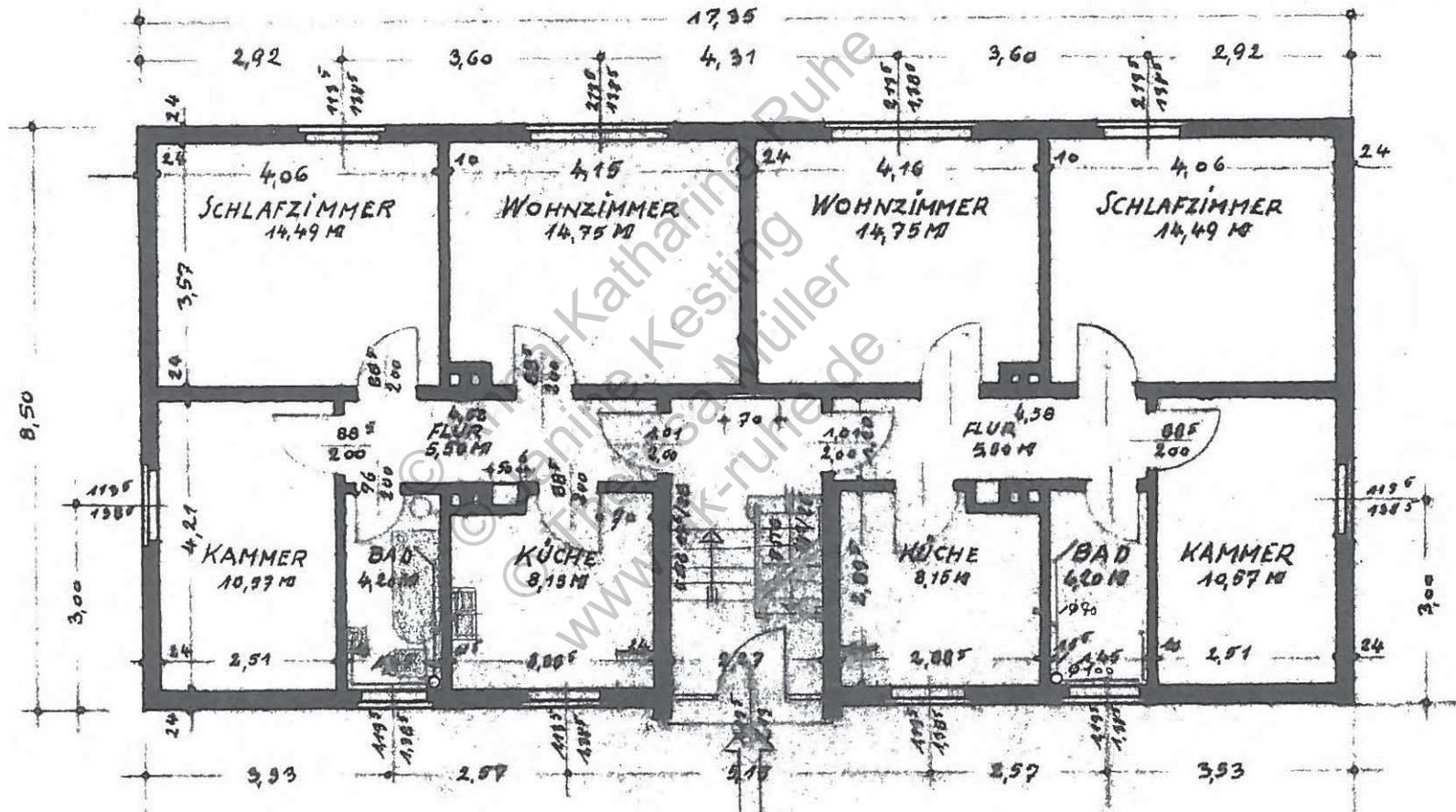


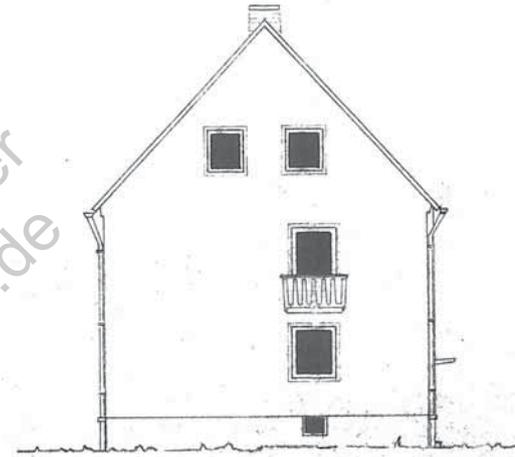
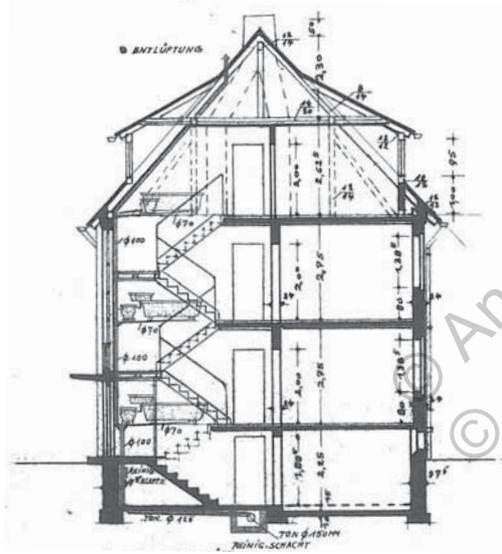


Anhang 3

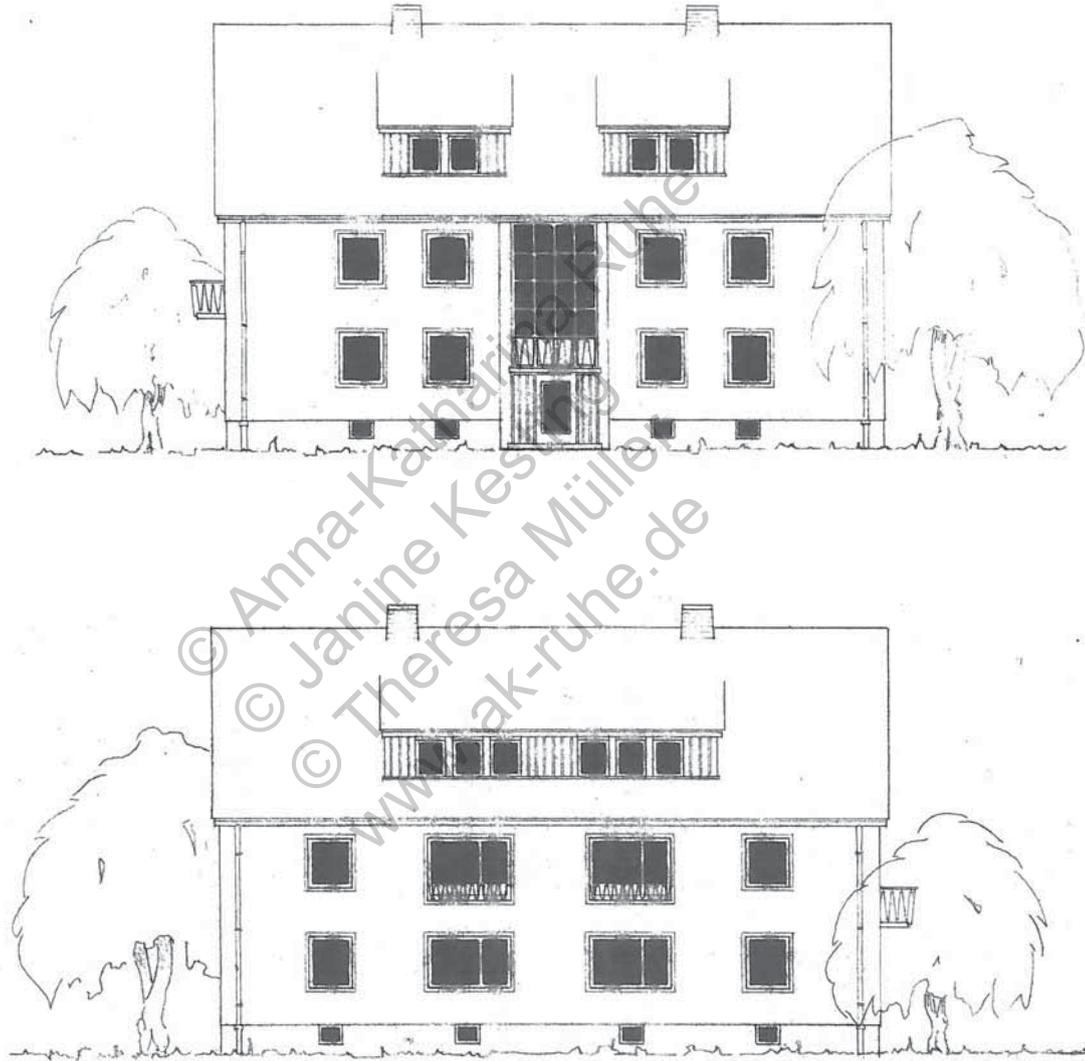


Gebäude J, Grundriss KG M 1:100





© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de



Gebäude J, Ansicht Nord und Ansicht Süd M 1:200

Flächenermittlung Gebäude C (ohne Balkone)

Annahme: Treppenhaus beheizt; Keller und Dachraum unbeheizt

Außenwand

AW 1 Außenwand Nord		242,70 m ²
	37,76 m x 8,29 m =	313,03 m ²
Zusatz TRH	2,84 m x 0,6 m x 2 =	3,41 m ²
Abzug Fenster		- 66,78 m ²
AW 2 Außenwand Ost		85,09 m ²
	9,24 m + 8,29 m =	76,60 m ²
Zusatz TRH	21 m x 8,29 m + 2,45 m ² =	13,21 m ²
Abzug Fenster		- 4,72 m ²
AW 3 Außenwand Süd		242,14 m ²
	37,76 m x 8,29 m =	313,03 m ²
Abzug Fenster		- 70,80 m ²
AW 4 Außenwand West		85,09 m ²
	9,24 m + 8,29 m =	76,60 m ²
Zusatz TRH	21 m x 8,29 m + 2,45 m ² =	13,21 m ²
Abzug Fenster		- 4,72 m ²

Fenster

W 1 Fenster Nord	66,78 m ²
	30 x 1,57 m ² = 47,10 m ²
Verglasungen TRH	1,60 m x 6,15 m x 2 = 19,68 m ²
W 2 Fenster Ost	4,71 m ²
	3 x 1,57 m ² = 4,71 m ²
W 3 Fenster Süd	70,80 m ²
	18 x 1,57 m ² + 6 x 3,07 m ² + 6 x 1,93 m ² + 6 x 2,09 m ² = 70,80 m ²
W 4 Fenster West	4,71 m ²
	3 x 1,57 m ² = 4,71 m ²

Haustür

T 1 Eingangstüren Nord	6,90 m ²
	2 x 1,60 m x 2,155 m = 6,90 m ²

Dach

D 1 Dachflächen Nord 24°	23,86 m ²
	2 x 4,20 m x 2,84 m = 23,86 m ²

Oberste Geschossdecke

D 9 Deckenfläche	328,96 m ²
-------------------------	-----------------------

	37,76 m x 9,24 m = 348,90 m ²
Abzug Bereich TRH	- 19,94 m ²
D10 Deckenfläche über TRH	4,54 m²
	2 x (0,8 m x 2,84 m) = 4,54 m ²

Wände zu unbeheizten Räumen

AB 1 Wand Treppenhaus DG	31,16 m ²
	2 x (2,84 m x 2,50 m + 10,26 m ²) = 34,72 m ²
Abzug Türen DG	- 3,56 m ²

Türen zu unbeheizten Räumen

AB 2 Türen DG	3,56 m ²
	2 x 0,885 m x 2,01 m = 3,56 m ²

Kellerdecke zum unbeheizten Keller

G 1 Deckenfläche	328,95 m ²
	355,76 m ²
Abzug Bereich TRH	- 26,81 m ²

Kellerinnenwand zum unbeheizten Keller

G 2 Wand Treppenhaus KG	39,52 m ²
	$2 \times [2,35 \text{ m} \times (6,28 \text{ m} + 2,84 \text{ m})] = 42,86 \text{ m}^2$
Abzug Türen KG	- 3,34 m ²

Türen zum unbeheizten Keller

G 3 Türen Keller	3,34 m ²
	$2 \times 0,885 \text{ m} \times 1,885 \text{ m} = 3,34 \text{ m}^2$

Wand beheizter Keller gegen Erdreich

G 4 Wand Treppenhaus KG	18,41m ²
	$2 \times [(2,42 \text{ m} + 2,84 \text{ m}) \times 1,75 \text{ m}] = 18,41 \text{ m}^2$

Fußboden auf Erdreich

G 5 Fußboden Keller (TRH)	26,81 m ²
	$2 \times 4,72 \text{ m} \times 2,84 \text{ m} = 26,81 \text{ m}^2$

Flächenermittlung Gebäude E (ohne Balkone)

Annahme: Treppenhaus beheizt; Keller und Dachraum unbeheizt

Außenwand

AW 1 Außenwand Nord		71,65 m ²
	9,2 m x 8,30 m =	76,36 m ²
Abzug Fenster		- 4,71 m ²
AW 2 Außenwand Ost		218,98 m ²
	34,79 m x 8,30 m =	288,76 m ²
Sockelbereich TRH	2 x 0,95 m x 2,79 m =	5,30 m ²
Abzug Fenster		- 68,70 m ²
Abzug Eingangstüren		- 6,38 m ²
AW 3 Außenwand Süd		71,65 m ²
	9,2 m x 8,30 m =	76,36 m ²
Abzug Fenster		- 4,71 m ²
AW 4 Außenwand West		232,36 m ²
	34,79 m x 8,30 m =	288,76 m ²
Abzug Fenster		- 56,40 m ²

Fenster

W 1 Fenster Nord	4,71 m ²
-------------------------	---------------------

	$3 \times 1,57 \text{ m}^2 = 4,71 \text{ m}^2$	
W 2 Fenster Ost		68,70 m²
	$30 \times 1,57 \text{ m}^2 = 47,10 \text{ m}^2$	
Verglasungen TRH Ost	$2 \times 10,80 \text{ m}^2 = 21,60 \text{ m}^2$	
W 3 Fenster Süd		4,71 m²
	$3 \times 1,57 \text{ m}^2 = 4,71 \text{ m}^2$	
W 4 Fenster West		56,40 m²
	$12 \times 1,57 \text{ m}^2 = 18,84 \text{ m}^2$	
	$12 \times 3,13 \text{ m}^2 = 37,56 \text{ m}^2$	
Haustür		
T 1 Eingangstüren Ost		6,38 m²
	$2 \times 1,5 \text{ m} \times 2,125 \text{ m} = 6,38 \text{ m}^2$	
Dach		
D 1 Dachfläche Ost DN 36°		31,25 m²
	$2 \times 2,79 \text{ m} \times 5,60 \text{ m} = 31,25 \text{ m}^2$	
D 2 Dachfläche West DN 36°		3,12 m²
	$2 \times 2,79 \text{ m} \times 0,56 \text{ m} = 3,12 \text{ m}^2$	

Oberste Geschossdecke

D 9 Deckenfläche	292,23 m ²
	9,2 m x 34,79 m = 320,07 m ²
Abzug Bereich TRH	- 27,84 m ²

Wände zu unbeheizten Räumen

AB 1 Wand Treppenhaus DG	50,86 m ²
	2 x 3,20 m x 2,79 m = 17,86 m ²
	4 x 10,28 m ² = 41,12 m ²
Abzug Türen DG	- 8,12 m ²

Türen zu unbeheizten Räumen

AB 2 Türen DG	8,12 m ²
	4 x 2,03 m ² = 8,12 m ²

Kellerdecke zum unbeheizten Keller

G 1 Deckenfläche	292,34 m ²
	9,2 m x 34,79 m = 320,07 m ²
Abzug Bereich TRH	- 27,73 m ²

Kellerinnenwand zum unbeheizten Keller

G 2 Wand Treppenhaus KG	46,62 m ²
	4 x 4,97 m x 2,15 m = 42,74 m ²
	2 x 2,79 m x 2,15 m = 12,00 m ²
Abzug Türen KG	- 8,12 m ²

Türen zum unbeheizten Keller

G 3 Türen Keller	8,12 m ²
	4 x 2,03 m ² = 8,12 m ²

Wand beheizter Keller gegen Erdreich

G 4 Wand Keller	7,81 m ²
	2 x 1,40 m x 2,79 m = 7,81 m ²

Fußboden auf Erdreich

G 5 Fußboden Keller (TRH)	27,73 m ²
	2 x 4,97 m x 2,79 m = 27,73 m ²

Flächenermittlung Gebäude J (ohne Balkone)

Annahme: Treppenhaus beheizt; Keller unbeheizt

Außenwand

AW 1 Außenwand Nord		76,57 m²
	5,70 m x 17,35 m = 98,89 m ²	
Sockelbereich TRH	0,80 m x 2,77 m = 2,22 m ²	
Abzug Fenster		- 20,36 m ²
Abzug Eingangstüren		- 4,18 m ²
AW 2 Außenwand Ost		62,48 m²
	5,50 m x 8,50 m = 46,75 m ²	
Giebelfläche		20,93 m ²
Abzug Fenster		- 5,20 m ²
AW 3 Außenwand Süd		78,62 m²
	5,70 m x 17,35 m = 98,90 m ²	
Abzug Fenster		- 20,28 m ²
AW 4 Außenwand West		62,48 m²
	5,50 m x 8,50 m = 46,75 m ²	
Giebelfläche		20,93 m ²
Abzug Fenster		- 5,20 m ²
AW 5 Gaube Nord		5,76 m²

	$2 \times (3,20 \text{ m} \times 1,30 \text{ m}) = 8,32 \text{ m}^2$
Abzug Fenster	- 2,56 m ²
AW 6 Gaube Ost	6,90 m²
	$3 \times 2,30 \text{ m}^2 = 6,90 \text{ m}^2$
AW 7 Gaube Süd	7,47 m²
	$8,70 \text{ m} \times 1,30 \text{ m} = 11,31 \text{ m}^2$
Abzug Fenster	- 3,84 m ²
AW 8 Gaube West	6,90 m²
	$3 \times 2,30 \text{ m}^2 = 6,90 \text{ m}^2$
Fenster	
W 1 Fenster Nord	22,92 m²
	$8 \times 1,50 \text{ m}^2 = 12,00 \text{ m}^2$
Verglasungen TRH Nord	8,36 m ²
Fenster Gauben	$4 \times 0,64 \text{ m}^2 = 2,56 \text{ m}^2$
W 2 Fenster Ost	5,20 m²
	$2 \times 1,50 \text{ m}^2 = 3,00 \text{ m}^2$
	$2 \times 1,10 \text{ m}^2 = 2,20 \text{ m}^2$
W 3 Fenster Süd	24,12 m²
	$4 \times 1,50 \text{ m}^2 = 6,00 \text{ m}^2$
	$4 \times 3,57 \text{ m}^2 = 14,28 \text{ m}^2$

Fenster Gauben	6 x 0,64 m ² = 3,84 m ²
W 4 Fenster West	5,20 m²
	2 x 1,50 m ² = 3,00 m ²
	2 x 1,10 m ² = 2,20 m ²

Haustür

T 1 Eingangstüren Ost	4,18 m²
	2,20 m x 1,90 m = 4,18 m ²

Dach

D 1 Dachfläche Nord DN 49°	112,78 m²
	6,50 m x 17,35 m = 112,78 m ²
D 2 Dachfläche Süd DN 49°	112,78 m²
	6,50 m x 17,35 m = 112,78 m ²

Kellerdecke zum unbeheizten Keller

G 1 Deckenfläche	134,94 m²
	17,35 m x 8,50 m = 147,48 m ²
Abzug Bereich TRH	- 12,54 m ²

Kellerinnenwand zum unbeheizten Keller

G 2 Wand Treppenhaus KG 18,92 m²

$$2 \times 3,17 \text{ m} \times 2,325 \text{ m} = 14,74 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m} \times 2,325 \text{ m} = 2,325 \text{ m}^2$$

$$4 \times 0,525 \text{ m} \times 0,885 \text{ m} = 1,85 \text{ m}^2$$

Türen zum unbeheizten Keller

G 3 Türen Keller 6,37 m²

$$4 \times 0,885 \text{ m} \times 1,80 \text{ m} = 6,37 \text{ m}^2$$

Wand beheizter Keller gegen Erdreich

G 4 Wand Keller 3,88 m²

$$2,77 \text{ m} \times 1,40 \text{ m} = 3,88 \text{ m}^2$$

Fußboden auf Erdreich

G 5 Fußboden Keller (TRH) 12,54 m²

$$2,77 \text{ m} \times 4,53 \text{ m} = 12,54 \text{ m}^2$$

Konstruktionen Gebäude C und E - Bestand

Außenwand 24 cm	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Porenbeton (Ytong-Stein)	0,240	0,41	0,59
Außenputz, Kalkzementmörtel	0,015	0,87	0,02
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,04
Wärmedurchgangskoeffizient U		[W/m²K]	1,27

Kellerwand gegen Erdreich	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Leichtbeton	0,375	0,41	0,91
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,00
Wärmedurchgangskoeffizient U		[W/m²K]	0,94

Kellerinnenwand zum unbeheizten Keller	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Ziegelsteinmauerwerk (Vollziegel)	0,240	0,60	0,40
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,13
Wärmedurchgangskoeffizient U		[W/m²K]	1,44

Innenwand zum unbeheizten Dachraum	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Leichtbeton-Hohlblocksteine	0,240	0,49	0,49
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,08
Wärmedurchgangskoeffizient U		[W/m²K]	1,36

Anhang 5

Oberste Geschossdecke	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Estrich	0,040	1,40	0,03
Dämmung	0,015	0,04	0,38
Stahlbeton	0,160	2,30	0,07
Putz	0,015	0,87	0,02
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,10
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,08
Wärmedurchgangskoeffizient U		[W/m²K]	1,49

Kellerdecke zum unbeheizten Keller	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Bodenbelag (Holzdielen)	0,020	0,21	0,10
Estrich	0,040	1,40	0,03
Dämmung	0,015	0,04	0,38
Stahlbeton	0,160	2,30	0,07
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,17
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,17
Wärmedurchgangskoeffizient U		[W/m²K]	1,10

Fußboden Keller auf Erdreich	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Estrich	0,040	1,40	0,03
Dämmung	0,015	0,04	0,38
Stahlbeton	0,100	2,30	0,04
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,17
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,00
Wärmedurchgangskoeffizient U		[W/m²K]	1,62

Dach	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Naturroter Hohlziegel auf Lattung	–	–	–
Sparren (10%) / Luftschicht stark belüftet	0,140	0,14	0,10
Holzwohle-Leichtbauplatte	0,035	0,09	0,39
Putz	0,015	0,87	0,02
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,10
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,04
Wärmedurchgangskoeffizient U		[W/m²K]	1,55

Hauseingangstür		
Wärmedurchgangskoeffizient U	[W/m²K]	5,00

Sperrholz-Innentür		
Wärmedurchgangskoeffizient U	[W/m²K]	5,00

Holzfenster, Zweifach-Isolierverglasung		
Gesamtenergiedurchlassgrad		0,75
Wärmedurchgangskoeffizient U	[W/m²K]	2,70

Konstruktionen Gebäude J - Bestand

Außenwand 24 cm	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Porenbeton (Ytong-Stein)	0,240	0,41	0,59
Außenputz, Kalkzementmörtel	0,015	0,87	0,02
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,04
Wärmedurchgangskoeffizient U		[W/m²K]	1,27

Kellerwand gegen Erdreich	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Leichtbeton	0,375	0,41	0,91
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,00
Wärmedurchgangskoeffizient U		[W/m²K]	0,94

Anhang 5

Kellerinnenwand zum unbeheizten Keller	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Ziegelsteinmauerwerk (Vollziegel)	0,240	0,60	0,40
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,13
Wärmedurchgangskoeffizient U		[W/m²K]	1,44

Kellerdecke zum unbeheizten Keller	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Bodenbelag (Holzdielen)	0,010	0,14	0,07
Stahlbeton	0,160	2,30	0,07
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,17
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,17
Wärmedurchgangskoeffizient U		[W/m²K]	2,08

Fußboden Keller auf Erdreich	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Estrich	0,040	1,40	0,03
Dämmung	0,015	0,04	0,38
Stahlbeton	0,160	2,30	0,07
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,17
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,00
Wärmedurchgangskoeffizient U		[W/m²K]	1,55

Dach und Gaubenaußenwand	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Naturroter Hohlziegel auf Lattung	–	–	–
Sparren	0,140	0,14	0,10
Mineralwolle	0,050	0,041	1,22
Gipskartonplatte	0,015	0,21	0,07
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,10
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,04
Wärmedurchgangskoeffizient U		[W/m²K]	0,72

Hauseingangstür		
Wärmedurchgangskoeffizient U	[W/m²K]	5,00
Sperrholz-Innentür		
Wärmedurchgangskoeffizient U	[W/m²K]	5,00
Holzfenster, Zweifach-Isolierverglasung		
Gesamtenergiedurchlassgrad		0,75
Wärmedurchgangskoeffizient U	[W/m²K]	2,70

Konstruktionen Gebäude C und E - EnEV

Außenwand 24 cm	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Porenbeton (Ytong-Stein)	0,240	0,41	0,59
Außenputz, Kalkzementmörtel	0,015	0,87	0,02
PS-Hartschaum	0,140	0,04	3,50
Kunstharzputz	0,005	0,70	0,01
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,04
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,23
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV		[W/m ² K]	0,24

Kellerwand gegen Erdreich	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Leichtbeton	0,375	0,41	0,91
Perimeterdämmung	0,100	0,04	2,50
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,00
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,28
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV		[W/m ² K]	0,30

Anhang 5

Kellerinnenwand zum unbeheizten Keller	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Ziegelsteinmauerwerk (Vollziegel)	0,240	0,60	0,40
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Holzwohle-Mehrschichtplatte	0,125	0,04	3,13
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,13
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,26
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV		[W/m ² K]	0,30

Innenwand zum unbeheizten Dachraum	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Leichtbeton-Hohlblocksteine	0,240	0,49	0,49
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
PS-Hartschaum	0,120	0,04	3,00
Innenputz, Kalkgipsputz	0,015	0,70	0,02
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,08
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,27
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV		[W/m ² K]	0,30

Oberste Geschossdecke	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Holzspanplatte	0,016	0,14	0,11
Steinwolle-Dämmplatte (druckfest)	0,160	0,04	4,00
Stahlbeton	0,160	2,30	0,07
Putz	0,015	0,87	0,02
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,10
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,08
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,23
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV		[W/m ² K]	0,24

Kellerdecke zum unbeheizten Keller	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Bodenbelag (Holzdielen)	0,020	0,21	0,10
Estrich	0,040	1,40	0,03
Dämmung	0,015	0,04	0,38
Stahlbeton	0,160	2,30	0,07
Holzwohle-Mehrschichtplatte	0,100	0,04	2,50
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,17
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,17
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,29
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV		[W/m ² K]	0,30

Anhang 5

Fußboden Keller auf Erdreich	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Estrich	0,040	1,40	0,03
XPS-Dämmplatte	0,200	0,04	5,00
Stahlbeton	0,100	2,30	0,04
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,17
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,00
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,19
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV		[W/m ² K]	0,50

Dach	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Naturroter Hohlziegel auf Lattung	–	–	–
Sparren (10%)	0,140	0,14	0,10
Zwischensparrendämmung Mineralfaser (90%)	0,140	0,04	3,15
Holzlattung (10%)	0,040	0,14	0,03
Mineralfaserdämmung (90%)	0,040	0,04	0,90
Gipskartonplatte	0,012	0,21	0,06
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,10
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,04
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,23
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV		[W/m ² K]	0,24

Hauseingangstür		
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert	[W/m²K]	2,90
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV	[W/m ² K]	2,90

Innentür		
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert	[W/m²K]	2,90
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV	[W/m ² K]	2,90

Fenster (Holzrahmen, Zweifach-Wärmschutzverglasung)		
Gesamtenergiedurchlassgrad		0,50
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert	[W/m²K]	1,30
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV	[W/m ² K]	1,30

Konstruktionen Gebäude J - EnEV

Außenwand 24 cm	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Porenbeton (Ytong-Stein)	0,240	0,41	0,59
Außenputz	0,015	0,87	0,02
WDVS (EPS)	0,140	0,038	3,68
Außenputz	0,015	0,87	0,02
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,04
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,22
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV		[W/m ² K]	0,24

Kellerwand gegen Erdreich	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,56	0,03
Innenliegende Dämmung (EPS)	0,100	0,038	2,63
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Leichtbeton	0,375	0,41	0,91
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,00
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,27
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV		[W/m ² K]	0,30

Kellerinnenwand zum unbeheizten Keller	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Ziegelsteinmauerwerk (Vollziegel)	0,240	0,60	0,40
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Dämmung (EPS)	0,100	0,038	2,63
Innenputz, Leichtputz	0,015	0,56	0,03
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,13
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,30
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV		[W/m ² K]	0,30

Kellerdecke zum unbeheizten Keller	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Bodenbelag (Holzdielen)	0,010	0,14	0,07
Stahlbeton	0,160	2,30	0,07
Dämmung (EPS)	0,100	0,035	2,86
Innenputz, Leichtputz	0,015	0,56	0,03
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,17
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,17
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,30
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV		[W/m ² K]	0,30

Anhang 5

Fußboden Keller auf Erdreich	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Estrich	0,040	1,40	0,03
Trittschalldämmung (EPS)	0,140	0,035	4,00
Estrich	0,040	1,40	0,03
Dämmung	0,015	0,04	0,38
Stahlbeton	0,160	2,30	0,07
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,17
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,00
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,21
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV		[W/m ² K]	0,50

Dach und Gaubenaußenwand	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Naturroter Hohlziegel auf Lattung	–	–	–
Sparren	0,140	0,14	0,10
Mineralwolle	0,140	0,041	3,41
Gipskartonplatte	0,015	0,21	0,07
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,10
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,04
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,31
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV		[W/m ² K]	0,24

Hauseingangstür		
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert	[W/m²K]	2,90
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV	[W/m ² K]	2,90

Innentür		
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert	[W/m²K]	2,90
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV	[W/m ² K]	2,90

Fenster (Holzrahmen, Zweifach-Wärmeschutzverglasung)		
Gesamtenergiedurchlassgrad		0,50
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert	[W/m²K]	1,30
Wärmedurchgangskoeffizient U EnEV	[W/m ² K]	1,30

Konstruktionen Gebäude C und E - NES-70
 H_t gefordert: $0,7 \cdot 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Außenwand 24 cm	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Porenbeton (Ytong-Stein)	0,240	0,41	0,59
Außenputz, Kalkzementmörtel	0,015	0,87	0,02
PS-Hartschaum	0,160	0,04	4,00
Kunstharzputz	0,005	0,70	0,01
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,04
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,21

Kellerwand gegen Erdreich	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Leichtbeton	0,375	0,41	0,91
Perimeterdämmung	0,100	0,04	2,50
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,00
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,28

Kellerinnenwand zum unbeheizten Keller	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Ziegelsteinmauerwerk (Vollziegel)	0,240	0,60	0,40
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Holzwohle-Mehrschichtplatte	0,175	0,04	4,38
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,13
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,20

Innenwand zum unbeheizten Dachraum	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Leichtbeton-Hohlblocksteine	0,240	0,49	0,49
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
PS-Hartschaum	0,120	0,04	3,00
Innenputz, Kalkgipsputz	0,015	0,70	0,02
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,08
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,27

Anhang 5

Oberste Geschosdecke	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Holzspanplatte	0,016	0,14	0,11
Steinwolle-Dämmplatte (druckfest)	0,160	0,04	4,00
Stahlbeton	0,160	2,30	0,07
Putz	0,015	0,87	0,02
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,10
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,08
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,23

Kellerdecke zum unbeheizten Keller	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Bodenbelag (Holzdielen)	0,020	0,21	0,10
Estrich	0,040	1,40	0,03
Dämmung	0,015	0,04	0,38
Stahlbeton	0,160	2,30	0,07
Holzwohle-Mehrschichtplatte	0,100	0,04	2,50
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,17
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,17
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,29

Fußboden Keller auf Erdreich	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Estrich	0,040	1,40	0,03
Dämmung	0,015	0,04	0,38
Stahlbeton	0,100	2,30	0,04
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,17
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,00
Wärmedurchgangskoeffizient U		[W/m²K]	1,62

Dach	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Naturroter Hohlziegel auf Lattung	–	–	–
Sparren (10%)	0,140	0,14	0,10
Zwischensparrendämmung Mineralfaser (90%)	0,140	0,04	3,15
Holzlattung (10%)	0,040	0,14	0,03
Mineralfaserdämmung (90%)	0,040	0,04	0,90
Gipskartonplatte	0,012	0,21	0,06
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,10
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,04
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,23

Hauseingangstür		
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert	[W/m²K]	2,90
Innentür		
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert	[W/m²K]	2,90
Fenster (Kunststoff-Holz-Kombination, Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung)		
Gesamtenergiedurchlassgrad		0,36
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert	[W/m²K]	0,90

Konstruktionen Gebäude J - NES-70
 H_t gefordert: $0,7 * 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Außenwand 24 cm	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Porenbeton (Ytong-Stein)	0,240	0,41	0,59
Außenputz	0,015	0,87	0,02
WDVS (EPS)	0,220	0,035	6,29
Außenputz	0,015	0,87	0,02
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,04
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,14

Kellerwand gegen Erdreich	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,56	0,03
Innenliegende Dämmung (EPS)	0,100	0,038	2,63
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Leichtbeton	0,375	0,41	0,91
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,00
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,27

Kellerinnenwand zum unbeheizten Keller	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Ziegelsteinmauerwerk (Vollziegel)	0,240	0,60	0,40
Innenputz, Kalkmörtel	0,015	0,87	0,02
Dämmung (EPS)	0,180	0,038	4,74
Innenputz, Leichtputz	0,015	0,56	0,03
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,13
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,18

Kellerdecke zum unbeheizten Keller	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/ λ [m ² K/W]
Bodenbelag (Holzdielen)	0,010	0,14	0,07
Stahlbeton	0,160	2,30	0,07
Dämmung (EPS)	0,100	0,035	2,86
Innenputz, Leichtputz	0,015	0,56	0,03
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,17
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,17
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,30

Fußboden Keller auf Erdreich	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Estrich	0,040	1,40	0,03
Dämmung	0,015	0,04	0,38
Stahlbeton	0,160	2,30	0,07
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,17
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,00
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	1,55

Dach und Gaubenaußenwand	Schichtdicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	d/λ [m²K/W]
Naturroter Hohlziegel auf Lattung	–	–	–
Sparren	0,140	0,14	0,10
Mineralwolle	0,140	0,041	3,41
Gipskartonplatte	0,015	0,21	0,07
Wärmeübergangswiderstand innen		[m ² K/W]	0,10
Wärmeübergangswiderstand außen		[m ² K/W]	0,04
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert		[W/m²K]	0,31

Hauseingangstür		
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert	[W/m²K]	2,90

Innentür		
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert	[W/m²K]	2,90

Fenster (Kunststoff-Holz-Kombination, Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung)		
Gesamtenergiedurchlassgrad		0,50
Wärmedurchgangskoeffizient U saniert	[W/m²K]	0,90

© Anna Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

Jahres-Heizwärmebedarfsberechnung, Gebäude C - Ist-Zustand							
Objekt:		Mehrfamilienhaus Lärchenweg 5/7					
1	1. Gebäudedaten						
	Volumen (Außenmaß) [m ³]	$V_e =$	3.055,38	$f_G = 0,32$ wenn $2,5 < h_G < 3$ sonst $= 1/h_G - 0,04 \text{ m}^{-1}$			
	Geschoßdeckenhöhe [m]	$h_G =$	2,75	$f_G =$	0,32		
2	Nutzfläche [m ²]	$A_N =$	$f_G * V_e = 0,32 * 3.055,38 = 977,7$				
	Anzahl Wohneinheiten [-]	$n_{WE} =$ Gebäude mit mehr als 2 Wohneinheiten					
3	2. Wärmeverlust						
4	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K]						
5	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurchgangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i * A_i$ [W/K]	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} [-]	$U_i * A_i * F_{xi}$ [W/K]
6	Außenwand (Orientierung: siehe Zeilen 87-98)	AW 1	242,70	1,27	308,23	1	308,23
7		AW 2	242,14	1,27	307,52	1	307,52
8		AW 3	85,09	1,27	108,06	1	108,06
9		AW 4	85,09	1,27	108,06	1	108,06
10		AW 5				1	
11		AW 6				1	
12		AW 7				1	
13		AW 8				1	
14		AW 9				1	
15		AW 10				1	
16		AW 11				1	
17		AW 12				1	

18	Fenster, Fenstertüren (Orientierung: siehe Zeilen 73-78)	W 1	66,78	2,70	180,31	1	180,31
19		W 2	70,80	2,70	191,16	1	191,16
20		W 3	4,71	2,70	12,72	1	12,72
21		W 4	4,71	2,70	12,72	1	12,72
22		W 5				1	
23		W 6				1	
24	Dachflächenfenster (Orientierung: siehe Zeilen 79-82)	W 7				1	
25		W 8				1	
26		W 9				1	
27		W 10				1	
28	Haustür (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 99-100)	T 1	6,90	5,00	34,50	1	34,50
29		T 2				1	
30	Dach (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 101-108)	D 1	23,86	1,55	36,98	1	36,98
31		D 2				1	
32		D 3				1	
33		D 4				1	
34		D 5				1	
35		D 6				1	
36		D 7				1	
37		D 8				1	
38	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K] - Fortsetzung						
39	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i \cdot A_i$ [W/K]	Temperatur- Korrektur- faktor F_{xi} [-]	$U_i \cdot A_i \cdot F_{xi}$ [W/K]
40	Oberste Geschoßdecke	D 9	328,96	1,49	490,15	0,8	392,12
41		D10	4,54	1,49	6,76	0,8	5,41
42		D11				0,8	

43	Wände und Decken zu Abseiten (Drempel)	AbW 1				0,8	
44		AbW 2				0,8	
45		AbW 3				0,8	
46	Wände, Türen und Decken zu unbeheizten Räumen	AB 1	31,16	1,36	42,38	0,5	21,19
47		AB 2	3,56	5,00	17,80	0,5	8,90
48		AB 3				0,5	
49		AB 4				0,5	
50		AB 5				0,5	
51	Kellerdecke/-innenwand zum unbeheizten Keller, Fußboden auf Erdreich, Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich, aufgeständerter Fußboden	G 1	328,95	1,10	361,85	0,7	253,29
52		G 2	39,52	1,44	56,91	0,7	39,84
53		G 3	3,34	5,00	16,70	0,7	11,69
54		G 4	18,41	0,94	17,31	0,4	6,92
55		G 5	26,81	1,62	43,43	0,3	13,03
56	Decken über Außenluft (Durchfahrten, Erker)	G 6				1	
57		G 7				1	
58	$\Sigma A_i = A =$		1618,03	Spezifischer Transmissionswärmeverlust		${}^3) [W/K] \Sigma U_i * A_i * F_{xi} =$ 2.052,65	
59	Wärmebrückenkorrekturwert	pauschal - ohne Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$	0,100	
60		optimiert - mit Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		
61		detailliert - gem. DIN EN ISO 10211-2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		
62	Transmissionswärmeverlust:		$H_T = \Sigma (U_i * A_i * F_{xi}) + \Delta U_{WB} * A$				
			$H_T = 2.052,65 + 0,100 * 1.618,03$				${}^3) [W/K] H_T =$ 2.214,45
Transmissionswärmeverlust der Heizperiode: (Abweichung falls "Berechnung gem. ISO 13370")							
Bei der Berechnung des Wärmestroms über den unteren Gebäudeabschluss gem. DIN EN ISO 13370 kann kein Wert für die Heizperiode ausgegeben werden, da monatlich variierende Verluste vorliegen. Zur Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H_{T_v}							$[W/K] H_T =$ 2.214,45

2.2 Lüftungswärmeverlust [W/K]							
63							
64	beheiztes Luftvolumen	kleine Gebäude ¹⁾	$V = 0,76 * V_e = 0,76 * 3.055,38$	[m ³]	$V =$	2.322,09	
65		große Gebäude ²⁾	$V = 0,80 * V_e = 0,80 * \underline{\hspace{2cm}}$	[m ³]	$V =$		
66	Luftwechselrate	ohne Dichtheitsprüfung			[h ⁻¹]	$n =$	0,70
67		mit Dichtheitsprüfung, Fensterlüftung und Zu-/Abluftanlagen			[h ⁻¹]	$n =$	
68		mit Dichtheitsprüfung, Abluftanlagen			[h ⁻¹]	$n =$	
69	Lüftungswärmeverlust:		$H_V = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K}) * n * V$				
			$H_V = 0,34 * 0,70 * 2.322,09$	[W/K]	$H_V =$	552,66	

¹⁾ kleine Gebäude: bis 3 Vollgeschosse; ²⁾ übrige Gebäude

³⁾ Bei Berechnung der Wärmeverluste über Erdreich mittels Monatswerten gem. DIN EN ISO 13370 sind die entsprechenden Transmissionswärmeverluste in dieser Summe nicht enthalten.

3. Wärmegewinne								
3.1 Solare Wärmegewinne transparenter Bauteile Q _{s,t} [kWh/a]								
72	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A _i [m ²]	Gesamtenergiedurchlaßgrad g _i [-]	Ver-schattung ⁴⁾ F _S ≤ 0,9 [-]	Minderung Rahmen ⁵⁾ F _F [-]	Strahlungsintensität I _{s,i,M} [W/m ²]	
73	Nord - 90°	W 1	66,78	0,75	0,9	0,7	Monatswerte werden nicht dargestellt	
74	Süd - 90°	W 2	70,80	0,75	0,9	0,7		
75	Ost/West - 90°	W 3	4,71	0,75	0,9	0,7		
76	Ost/West - 90°	W 4	4,71	0,75	0,9	0,7		
77		W 5			0,9	0,7		
78		W 6			0,9	0,7		
79		W 7			0,9	0,7		
80		W 8			0,9	0,7		
81		W 9			0,9	0,7		
82		W 10			0,9	0,7		
83	Solare Wärmegewinne		$\Phi_{s,t,M} = \sum (A_i * g_i * F_{S,i} * F_C * F_W * F_F * I_{s,i,M})$			[W]	$\Phi_{s,t,M} =$	Monatswerte
84	über transparente Bauteile:		$Q_{s,t,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,t,Mi} * t_M)$			[kWh/Monat]	$Q_{s,t,M} =$	Monatswerte

3.2 Solare Wärmegewinne opaker Bauteile $Q_{s,o}$ [kWh/a]								
85								
86	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Strahlungsabsorptionsgrad ⁶⁾ α_i [-]	übrige Parameter		Strahlungsintensität $I_{s,i,M}$ [W/m ²]	
					$U_i * R_e$ [-]	$F_{r,i} * h * \Delta\theta_{er}$ [W/m ²]		
87	Nord - 60°	AW 1	242,7	0,50	0,051	20	Monatswerte werden nicht dargestellt	
88	Süd - 90°	AW 2	242,14	0,50	0,051	20		
89	Ost/West - 90°	AW 3	85,09	0,50	0,051	20		
90	Ost/West - 90°	AW 4	85,09	0,50	0,051	20		
91		AW 5		0,50				
92		AW 6		0,50				
93		AW 7		0,50				
94		AW 8		0,50				
95		AW 9		0,50				
96		AW 10		0,50				
97		AW 11		0,50				
98		AW 12		0,50				
99	Nord - 90°	T 1	6,9	0,50	0,200	20		
100		T 2		0,50				
101	Nord - 30°	D 1	23,86	0,80	0,062	40		
102		D 2		0,80				
103		D 3		0,80				
104		D 4		0,80				
105		D 5		0,80				
106		D 6		0,80				
107		D 7		0,80				
108		D 8		0,80				
109	Solare Wärmegewinne über opake Bauteile:	$\Phi_{s,o,M} = \sum (U_i * A_i * R_e * (\alpha_i * I_{s,i,M} - F_{r,i} * h * \Delta\theta_{er}))$				[W]	$\Phi_{s,o,M} =$	Monatswerte
110		$Q_{s,o,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,o,Mi} * t_M)$				[kWh/Monat]	$Q_{s,o,M} =$	Monatswerte

3.3 Interne Wärmegewinne Q_i [kWh/a]			
111			
112	Interne Wärmegewinne:	$Q_{i,M} = 0,024 * q_i * A_N * t_M = 0,024 * 5 \text{ W/m}^2 * A_N * t_M$	[kWh/Monat] $Q_{i,M} =$ Monatswerte
⁴⁾ $F_S = 0,9$ für übliche Anwendungsfälle; abweichende Werte soweit mit baulichen Bedingungen Verschattung vorliegt. ⁵⁾ Minderungsfaktor infolge Rahmenanteil $F_F = 0,7$, sofern keine genaueren Werte bekannt sind. Weitere Größen $F_C = 1$ und $F_W = 0,9$ gem. EnEV. ⁶⁾ Stahlungsabsorptionsgrad $\alpha = 0,5$; für dunkle Dächer kann abweichend $\alpha = 0,8$ angenommen werden.			
4. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit [Wh/K]			
114	wirksame	leichte Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 15 * V_e = 15 * \underline{\hspace{2cm}}$ $C_{\text{wirk},\eta} =$
115	Wärmespeicherfähigkeit	schwere Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 50 * V_e = 50 * 3.055,38$ $C_{\text{wirk},\eta} = 152.769$
116	für Ausnutzungsgrad:	detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert	[Wh/(m ³ K)] $C_{\text{wirk},\eta} / V_e =$
117	wirksame	leichte Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk,NA}} = 12 * V_e = 12 * \underline{\hspace{2cm}}$ $C_{\text{wirk,NA}} =$
118	Wärmespeicherfähigkeit	schwere Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk,NA}} = 18 * V_e = 18 * 3.055,38$ $C_{\text{wirk,NA}} = 54.997$
119	bei Nachtabschaltung:	detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert	[Wh/(m ³ K)] $C_{\text{wirk,NA}} / V_e =$
5. Jahres-Heizwärmebedarf [kWh/a]			
121	Wärmeverlust ohne Nachtabschaltung: ⁸⁾	$Q_{i,M} = 0,024 * (H_T + H_V) * (19 \text{ °C} - \vartheta_{e,M}) * t_M$	[kWh/M.] $Q_{i,M} =$
122	Wärmeverlust bei 7 h Nachtabschaltung:	gemäß DIN V 4108-6 Anhang C	[kWh/M.] $Q_{i,M} =$
123	Wärmegewinn-/verlustverhältnis:	$\gamma_M = (Q_{s,t,M} + Q_{i,M}) / (Q_{i,M} - Q_{s,o,M})$	[-] $\gamma_M =$
124	Ausnutzungsgrad Wärmegewinne:	$\eta_M = (1 - \gamma_M^a) / (1 - \gamma_M^{a+1})$	[-] $\eta_M =$
125	Jahres-Heizwärmebedarf:	$Q_{h,M} = Q_{i,M} - Q_{s,o,M} - \eta_M * (Q_{s,t,M} + Q_{i,M})$	$Q_{h,M} =$
126	Berechnung ohne Nachtabschaltung!	$Q_h = \sum (Q_{h,M})_{\text{pos.}}$	[kWh/a] $Q_h = 175.445,63$
127	Flächenbezogener Jahres-Heizwärmebedarf: ⁹⁾	$Q_h'' = Q_h / A_N$ $Q_h'' = 175.445,63 / 977,72$	[kWh/(m ² a)] $Q_h'' = 179,44$
6. Spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust [W/(m ² K)]			
128	vorhandener spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:		
129	$H_{T',\text{vorh}} = H_T / A = 2.214,45 / 1.618,03$		[W/(m ² K)] $H_{T',\text{vorh}} = 1,37$
130	zulässiger spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:		
	$H_{T',\text{max}} = 0,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	freistehendes EFH mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$	
	$H_{T',\text{max}} = 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	freistehendes EFH mit $A_N > 350 \text{ m}^2$	
	$H_{T',\text{max}} = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	einseitig angebautes Wohngebäude	
	$H_{T',\text{max}} = 0,65 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Alle anderen Wohngebäude	[W/(m ² K)] $H_{T',\text{max}} = 0,50$
131	$H_{T',\text{vorh}} = 1,37 \text{ W/(m}^2\text{K)} \leq 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} = H_{T',\text{max}}$ nicht erfüllt!		

Jahres-Heizwärmebedarfsberechnung, Gebäude E - Ist-Zustand							
Objekt:		Mehrfamilienhaus Lärchenweg 14/16					
1	1. Gebäudedaten						
2	Volumen (Außenmaß) [m ³]	$V_e =$	2.777,70	$f_G = 0,32$ wenn $2,5 < h_G < 3$ sonst $= 1/h_G - 0,04 \text{ m}^{-1}$			
	Geschoßdeckenhöhe [m]	$h_G =$	2,75	$f_G =$	0,32		
	Nutzfläche [m ²]	$A_N =$	$f_G * V_e$	$= 0,32 * 2.777,70$	$= 888,9$		
	Anzahl Wohneinheiten [-]	$n_{WE} =$ Gebäude mit mehr als 2 Wohneinheiten					
3	2. Wärmeverlust						
4	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K]						
5	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurchgangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i * A_i$ [W/K]	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} [-]	$U_i * A_i * F_{xi}$ [W/K]
6	Außenwand (Orientierung: siehe Zeilen 87-98)	AW 1	71,65	1,27	91,00	1	91,00
7		AW 2	218,98	1,27	278,10	1	278,10
8		AW 3	71,65	1,27	91,00	1	91,00
9		AW 4	232,36	1,27	295,10	1	295,10
10		AW 5				1	
11		AW 6				1	
12		AW 7				1	
13		AW 8				1	
14		AW 9				1	
15		AW 10				1	
16		AW 11				1	
17		AW 12				1	

Anhang 6

18	Fenster, Fenstertüren (Orientierung: siehe Zeilen 73-78)	W 1	4,71	2,70	12,72	1	12,72
19		W 2	68,70	2,70	185,49	1	185,49
20		W 3	4,71	2,70	12,72	1	12,72
21		W 4	56,40	2,70	152,28	1	152,28
22		W 5				1	
23		W 6				1	
24	Dachflächenfenster (Orientierung: siehe Zeilen 79-82)	W 7				1	
25		W 8				1	
26		W 9				1	
27		W 10				1	
28	Haustür (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 99-100)	T 1	6,38	5,00	31,90	1	31,90
29		T 2				1	
30	Dach (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 101-108)	D 1	31,25	1,55	48,44	1	48,44
31		D 2	3,12	1,55	4,84	1	4,84
32		D 3				1	
33		D 4				1	
34		D 5				1	
35		D 6				1	
36		D 7				1	
37		D 8				1	
38	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K] - Fortsetzung						
39	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i \cdot A_i$ [W/K]	Temperatur- Korrektur- faktor F_{xi} [-]	$U_i \cdot A_i \cdot F_{xi}$ [W/K]
40	Oberste Geschosdecke	D 9	292,23	1,49	435,42	0,8	348,34
41		D10				0,8	
42		D11				0,8	

43	Wände und Decken zu Abseiten (Drempel)	AbW 1				0,8		
44		AbW 2				0,8		
45		AbW 3				0,8		
46	Wände, Türen und Decken zu unbeheizten Räumen	AB 1	50,86	1,36	69,17	0,5	34,58	
47		AB 2	8,12	5,00	40,60	0,5	20,30	
48		AB 3				0,5		
49		AB 4				0,5		
50		AB 5				0,5		
51	Kellerdecke/-innenwand zum unbeheizten Keller, Fußboden auf Erdreich, Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich, aufgeständerter Fußboden	G 1	292,34	1,10	321,57	0,7	225,10	
52		G 2	46,62	1,44	67,13	0,7	46,99	
53		G 3	8,12	5,00	40,60	0,7	28,42	
54		G 4	7,81	0,94	7,34	0,4	2,94	
55		G 5	27,73	1,62	44,92	0,3	13,48	
56	Decken über Außenluft (Durchfahrten, Erker)	G 6				1		
57		G 7				1		
58	$\Sigma A_i = A =$		1503,74	Spezifischer Transmissionswärmeverlust		$^3) [W/K] \Sigma U_i * A_i * F_{xi} = 1.923,72$		
59	Wärmebrückenkorrekturwert	pauschal - ohne Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$	0,100		
60		optimiert - mit Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$			
61		detailliert - gem. DIN EN ISO 10211-2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$			
Transmissionswärmeverlust:		$H_T = \Sigma (U_i * A_i * F_{xi}) + \Delta U_{WB} * A$						
		$H_T = 1.923,72 + 0,100 * 1.503,74$					$^3) [W/K] H_T = 2.074,10$	
62	Transmissionswärmeverlust der Heizperiode: (Abweichung falls "Berechnung gem. ISO 13370")							
Bei der Berechnung des Wärmestroms über den unteren Gebäudeabschluss gem. DIN EN ISO 13370 kann kein Wert für die Heizperiode ausgegeben werden, da monatlich variierende Verluste vorliegen. Zur Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes $H_{T,v}$							$[W/K] H_T = 2.074,10$	

2.2 Lüftungswärmeverlust [W/K]						
63						
64	beheiztes Luftvolumen	kleine Gebäude ¹⁾	$V = 0,76 * V_e = 0,76 * 2.777,70$	[m ³] V =	2.111,05	
65		große Gebäude ²⁾	$V = 0,80 * V_e = 0,80 * \underline{\hspace{2cm}}$	[m ³] V =		
66	Luftwechselrate	ohne Dichtheitsprüfung			[h ⁻¹] n =	0,70
67		mit Dichtheitsprüfung, Fensterlüftung und Zu-/Abluftanlagen			[h ⁻¹] n =	
68		mit Dichtheitsprüfung, Abluftanlagen			[h ⁻¹] n =	
69	Lüftungswärmeverlust:	$H_v = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K}) * n * V$ $H_v = 0,34 * 0,70 * 2.111,05$ [W/K] H _v =			502,43	

¹⁾ kleine Gebäude: bis 3 Vollgeschosse; ²⁾ übrige Gebäude

³⁾ Bei Berechnung der Wärmeverluste über Erdreich mittels Monatswerten gem. DIN EN ISO 13370 sind die entsprechenden Transmissionswärmeverluste in dieser Summe nicht enthalten.

3. Wärmegewinne							
3.1 Solare Wärmegewinne transparenter Bauteile Q _{s,t} [kWh/a]							
72	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A _i [m ²]	Gesamtenergiedurchlaßgrad g _i [-]	Ver-schattung ⁴⁾ F _s ≤ 0,9 [-]	Minderung Rahmen ⁵⁾ F _F [-]	Strahlungsintensität I _{s,i,M} [W/m ²]
73	Nord - 90°	W 1	4,71	0,75	0,9	0,7	Monatswerte werden nicht dargestellt
74	Ost/West - 90°	W 2	68,70	0,75	0,9	0,7	
75	Süd - 90°	W 3	4,71	0,75	0,9	0,7	
76	Ost/West - 90°	W 4	56,40	0,75	0,9	0,7	
77		W 5			0,9	0,7	
78		W 6			0,9	0,7	
79		W 7			0,9	0,7	
80		W 8			0,9	0,7	
81		W 9			0,9	0,7	
82		W 10			0,9	0,7	
83	Solare Wärmegewinne	$\Phi_{s,t,M} = \sum (A_i * g_i * F_{s,i} * F_C * F_W * F_F * I_{s,i,M})$				[W] Φ _{s,t,M} =	Monatswerte
84	über transparente Bauteile:	$Q_{s,t,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,t,Mi} * t_M)$				[kWh/Monat] Q _{s,t,M} =	Monatswerte

85	3.2 Solare Wärmegewinne opaker Bauteile $Q_{s,o}$ [kWh/a]							
86	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Strahlungsabsorptionsgrad ⁶⁾ α_i [-]	übrige Parameter		Strahlungsintensität $I_{s,i,M}$ [W/m ²]	
					$U_i * R_e$ [-]	$F_{f,i} * h * \Delta\theta_{er}$ [W/m ²]		
87	Nord - 90°	AW 1	71,65	0,50	0,051	20	Monatswerte werden nicht dargestellt	
88	Ost/West - 90°	AW 2	218,98	0,50	0,051	20		
89	Süd - 90°	AW 3	71,65	0,50	0,051	20		
90	Ost/West - 90°	AW 4	232,36	0,50	0,051	20		
91		AW 5		0,50				
92		AW 6		0,50				
93		AW 7		0,50				
94		AW 8		0,50				
95		AW 9		0,50				
96		AW 10		0,50				
97		AW 11		0,50				
98		AW 12		0,50				
99	Ost/West - 90°	T 1	6,38	0,50	0,200	20		
100		T 2		0,50				
101	Ost/West - 30°	D 1	31,25	0,80	0,062	40		
102	Ost/West - 30°	D 2	3,12	0,80	0,062	40		
103		D 3		0,80				
104		D 4		0,80				
105		D 5		0,80				
106		D 6		0,80				
107		D 7		0,80				
108		D 8		0,80				
109	Solare Wärmegewinne über opake Bauteile:	$\Phi_{s,o,M} = \sum (U_i * A_i * R_e * (\alpha_i * I_{s,i,M} - F_{f,i} * h * \Delta\theta_{er}))$				[W]	$\Phi_{s,o,M} =$	Monatswerte
110		$Q_{s,o,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,o,Mi} * t_M)$				[kWh/Monat]	$Q_{s,o,M} =$	Monatswerte

3.3 Interne Wärmegewinne Q_i [kWh/a]			
111			
112	Interne Wärmegewinne:	$Q_{i,M} = 0,024 * q_i * A_N * t_M = 0,024 * 5 \text{ W/m}^2 * A_N * t_M$	[kWh/Monat] $Q_{i,M} =$ Monatswerte
⁴⁾ $F_S = 0,9$ für übliche Anwendungsfälle; abweichende Werte soweit mit baulichen Bedingungen Verschattung vorliegt. ⁵⁾ Minderungsfaktor infolge Rahmenanteil $F_F = 0,7$, sofern keine genaueren Werte bekannt sind. Weitere Größen $F_C = 1$ und $F_W = 0,9$ gem. EnEV. ⁶⁾ Stalungsabsorptionsgrad $\alpha = 0,5$; für dunkle Dächer kann abweichend $\alpha = 0,8$ angenommen werden.			
4. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit [Wh/K]			
114	wirksame	leichte Bauweise ⁷⁾ $C_{\text{wirk},\eta} = 15 * V_e = 15 * \underline{\hspace{2cm}}$	$C_{\text{wirk},\eta} =$
115	Wärmespeicherfähigkeit	schwere Bauweise ⁷⁾ $C_{\text{wirk},\eta} = 50 * V_e = 50 * 2.777,70$	$C_{\text{wirk},\eta} = 138.885$
116	für Ausnutzungsgrad:	detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert [Wh/(m³K)]	$C_{\text{wirk},\eta} / V_e =$
117	wirksame	leichte Bauweise ⁷⁾ $C_{\text{wirk},NA} = 12 * V_e = 12 * \underline{\hspace{2cm}}$	$C_{\text{wirk},NA} =$
118	Wärmespeicherfähigkeit	schwere Bauweise ⁷⁾ $C_{\text{wirk},NA} = 18 * V_e = 18 * 2.777,70$	$C_{\text{wirk},NA} = 49.999$
119	bei Nachtabschaltung:	detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert [Wh/(m³K)]	$C_{\text{wirk},NA} / V_e =$
5. Jahres-Heizwärmebedarf [kWh/a]			
121	Wärmeverlust ohne Nachtabschaltung: ⁸⁾	$Q_{l,M} = 0,024 * (H_T + H_V) * (19 \text{ °C} - \vartheta_{e,M}) * t_M$	[kWh/M.] $Q_{l,M} =$
122	Wärmeverlust bei 7 h Nachtabschaltung:	gemäß DIN V 4108-6 Anhang C	[kWh/M.] $Q_{l,M} =$
123	Wärmegewinn-/verlustverhältnis:	$\gamma_M = (Q_{s,t,M} + Q_{i,M}) / (Q_{l,M} - Q_{s,o,M})$	[-] $\gamma_M =$
124	Ausnutzungsgrad Wärmegewinne:	$\eta_M = (1 - \gamma_M^a) / (1 - \gamma_M^{a+1})$	[-] $\eta_M =$
125	Jahres-Heizwärmebedarf:	$Q_{h,M} = Q_{l,M} - Q_{s,o,M} - \eta_M * (Q_{s,t,M} + Q_{i,M})$	$Q_{h,M} =$
126	Berechnung ohne Nachtabschaltung!	$Q_h = \sum (Q_{h,M})_{\text{pos.}}$	[kWh/a] $Q_h = 164.174,75$
127	Flächenbezogener Jahres-Heizwärmebedarf: ⁹⁾	$Q_h'' = Q_h / A_N$ $Q_h'' = 164.174,75 / 888,86$	[kWh/(m²a)] $Q_h'' = 184,70$
6. Spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust [W/(m²K)]			
128	vorhandener spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:		
129	$H_{T',\text{vorh}} = H_T / A = 2.074,10 / 1.503,74$		[W/(m²K)] $H_{T',\text{vorh}} = 1,38$
130	zulässiger spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:		
	$H_{T',\text{max}} = 0,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	freistehendes EFH mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$	
	$H_{T',\text{max}} = 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	freistehendes EFH mit $A_N > 350 \text{ m}^2$	
	$H_{T',\text{max}} = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	einseitig angebautes Wohngebäude	
	$H_{T',\text{max}} = 0,65 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Alle anderen Wohngebäude	[W/(m²K)] $H_{T',\text{max}} = 0,50$
131	$H_{T',\text{vorh}} = 1,38 \text{ W/(m}^2\text{K)} \leq 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$		$H_{T',\text{max}} =$ nicht erfüllt!

Jahres-Heizwärmebedarfsberechnung, Gebäude J - Ist-Zustand							
Objekt:		Mehrfamilienhaus Wacholderweg 3					
1	1. Gebäudedaten						
2	Volumen (Außenmaß) [m ³]	$V_e =$	1.238,89	$f_G = 0,32$ wenn $2,5 < h_G < 3$ sonst $= 1/h_G - 0,04 \text{ m}^{-1}$			
	Geschoßdeckenhöhe [m]	$h_G =$	2,75	$f_G =$	0,32		
	Nutzfläche [m ²]	$A_N = f_G * V_e$	$= 0,32 * 1.238,89$		$= 396,4$		
	Anzahl Wohneinheiten [-]	$n_{WE} =$ Gebäude mit mehr als 2 Wohneinheiten					
3	2. Wärmeverlust						
4	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K]						
5	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurchgangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i * A_i$ [W/K]	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} [-]	$U_i * A_i * F_{xi}$ [W/K]
6	Außenwand (Orientierung: siehe Zeilen 87-98)	AW 1	76,57	1,27	97,24	1	97,24
7		AW 2	62,48	1,27	79,35	1	79,35
8		AW 3	78,62	1,27	99,85	1	99,85
9		AW 4	62,48	1,27	79,35	1	79,35
10		AW 5	5,76	0,72	4,15	1	4,15
11		AW 6	6,90	0,72	4,97	1	4,97
12		AW 7	7,47	0,72	5,38	1	5,38
13		AW 8	6,90	0,72	4,97	1	4,97
14		AW 9				1	
15		AW 10				1	
16		AW 11				1	
17		AW 12				1	

18	Fenster, Fenstertüren (Orientierung: siehe Zeilen 73-78)	W 1	22,92	2,70	61,88	1	61,88
19		W 2	5,20	2,70	14,04	1	14,04
20		W 3	24,12	2,70	65,12	1	65,12
21		W 4	5,20	2,70	14,04	1	14,04
22		W 5				1	
23		W 6				1	
24	Dachflächenfenster (Orientierung: siehe Zeilen 79-82)	W 7				1	
25		W 8				1	
26		W 9				1	
27		W 10				1	
28	Haustür (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 99-100)	T 1	4,18	5,00	20,90	1	20,90
29		T 2				1	
30	Dach (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 101-108)	D 1	112,78	0,72	81,20	1	81,20
31		D 2	112,78	0,72	81,20	1	81,20
32		D 3				1	
33		D 4				1	
34		D 5				1	
35		D 6				1	
36		D 7				1	
37		D 8				1	
38	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K] - Fortsetzung						
39	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i \cdot A_i$ [W/K]	Temperatur- Korrektur- faktor F_{xi} [-]	$U_i \cdot A_i \cdot F_{xi}$ [W/K]
40	Oberste Geschoßdecke	D 9				0,8	
41		D10				0,8	
42		D11				0,8	

43	Wände und Decken zu Abseiten (Drempel)	AbW 1				0,8	
44		AbW 2				0,8	
45		AbW 3				0,8	
46	Wände, Türen und Decken zu unbeheizten Räumen	AB 1				0,5	
47		AB 2				0,5	
48		AB 3				0,5	
49		AB 4				0,5	
50		AB 5				0,5	
51	Kellerdecke/-innenwand zum unbeheizten Keller, Fußboden auf Erdreich, Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich, aufgeständerter Fußboden	G 1	134,94	2,08	280,68	0,7	196,47
52		G 2	18,92	1,44	27,24	0,3	8,17
53		G 3	6,37	5,00	31,85	0,4	12,74
54		G 4	3,88	0,94	3,65	0,7	2,55
55		G 5	12,54	1,55	19,44	0,7	13,61
56	Decken über Außenluft (Durchfahrten, Erker)	G 6				1	
57		G 7				1	
58	$\Sigma A_i = A =$		771,01	Spezifischer Transmissionswärmeverlust		${}^3) [W/K] \Sigma U_i * A_i * F_{xi} =$	
59	Wärmebrückenkorrekturwert	pauschal - ohne Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$	0,100	
60		optimiert - mit Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		
61		detailliert - gem. DIN EN ISO 10211-2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		
		Transmissionswärmeverlust:		$H_T = \Sigma (U_i * A_i * F_{xi}) + \Delta U_{WB} * A$			
				$H_T = 947,19 + 0,100 * 771,01$		${}^3) [W/K] H_T = 1.024,29$	
62	Transmissionswärmeverlust der Heizperiode: (Abweichung falls "Berechnung gem. ISO 13370")						
Bei der Berechnung des Wärmestroms über den unteren Gebäudeabschluss gem. DIN EN ISO 13370 kann kein Wert für die Heizperiode ausgegeben werden, da monatlich variierende Verluste vorliegen. Zur Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes $H_{T,v}$							$[W/K] H_T = 1.024,29$

2.2 Lüftungswärmeverlust [W/K]							
63							
64	beheiztes Luftvolumen	kleine Gebäude ¹⁾	$V = 0,76 * V_e = 0,76 * 1.238,89$	[m ³]	V =	941,56	
65		große Gebäude ²⁾	$V = 0,80 * V_e = 0,80 * \underline{\hspace{2cm}}$	[m ³]	V =		
66	Luftwechselrate	ohne Dichtheitsprüfung		[h ⁻¹]	n =	0,70	
67		mit Dichtheitsprüfung, Fensterlüftung und Zu-/Abluftanlagen		[h ⁻¹]	n =		
68		mit Dichtheitsprüfung, Abluftanlagen		[h ⁻¹]	n =		
69	Lüftungswärmeverlust:	$H_V = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K}) * n * V$ $H_V = 0,34 * 0,70 * 941,56$ [W/K]				H_V =	224,09

¹⁾ kleine Gebäude: bis 3 Vollgeschosse; ²⁾ übrige Gebäude

³⁾ Bei Berechnung der Wärmeverluste über Erdreich mittels Monatswerten gem. DIN EN ISO 13370 sind die entsprechenden Transmissionswärmeverluste in dieser Summe nicht enthalten.

3. Wärmegewinne								
3.1 Solare Wärmegewinne transparenter Bauteile Q _{s,t} [kWh/a]								
72	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A _i [m ²]	Gesamtenergiedurchlaßgrad g _i [-]	Ver-schattung ⁴⁾ F _S ≤ 0,9 [-]	Minderung Rahmen ⁵⁾ F _F [-]	Strahlungsintensität I _{s,i,M} [W/m ²]	
73	Nord - 90°	W 1	22,92	0,75	0,9	0,7	Monatswerte werden nicht dargestellt	
74	Ost/West - 90°	W 2	5,20	0,75	0,9	0,7		
75	Süd - 90°	W 3	24,12	0,75	0,9	0,7		
76	Ost/West - 90°	W 4	5,20	0,75	0,9	0,7		
77		W 5						
78		W 6						
79		W 7						
80		W 8						
81		W 9						
82		W 10						
83	Solare Wärmegewinne	$\Phi_{s,t,M} = \sum (A_i * g_i * F_{S,i} * F_C * F_W * F_F * I_{s,i,M})$				[W]	Φ_{s,t,M} =	Monatswerte
84	über transparente Bauteile:	$Q_{s,t,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,t,Mi} * t_M)$				[kWh/Monat]	Q_{s,t,M} =	Monatswerte

3.2 Solare Wärmegewinne opaker Bauteile $Q_{s,o}$ [kWh/a]								
85								
86	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Strahlungsabsorptionsgrad ⁶⁾ α_i [-]	übrige Parameter		Strahlungsintensität $I_{s,i,M}$ [W/m ²]	
					$U_i * R_e$ [-]	$F_{f,i} * h * \Delta\theta_{er}$ [W/m ²]		
87	Nord - 90°	AW 1	76,57	0,40	0,051	20	Monatswerte werden nicht dargestellt	
88	Ost/West - 90°	AW 2	62,48	0,40	0,051	20		
89	Süd - 90°	AW 3	78,62	0,40	0,051	20		
90	Ost/West - 90°	AW 4	62,48	0,40	0,051	20		
91	Nord - 90°	AW 5	5,76	0,50	0,029	20		
92	Ost/West - 90°	AW 6	6,9	0,50	0,029	20		
93	Süd - 90°	AW 7	7,47	0,50	0,029	20		
94	Ost/West - 90°	AW 8	6,9	0,50	0,029	20		
95		AW 9						
96		AW 10						
97		AW 11						
98		AW 12						
99	Nord - 90°	T 1	4,18	0,50	0,200	20		
100		T 2						
101	Nord - 45°	D 1	112,78	0,80	0,029	40		
102	Süd - 45°	D 2	112,78	0,80	0,029	40		
103		D 3						
104		D 4						
105		D 5						
106		D 6						
107		D 7						
108		D 8						
109	Solare Wärmegewinne über opake Bauteile:	$\Phi_{s,o,M} = \sum (U_i * A_i * R_e * (\alpha_i * I_{s,i,M} - F_{f,i} * h * \Delta\theta_{er}))$				[W]	$\Phi_{s,o,M} =$	Monatswerte
110		$Q_{s,o,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,o,Mi} * t_M)$				[kWh/Monat]	$Q_{s,o,M} =$	Monatswerte

111		3.3 Interne Wärmegewinne Q_i [kWh/a]		
112	Interne Wärmegewinne:	$Q_{i,M} = 0,024 * q_i * A_N * t_M = 0,024 * 5 \text{ W/m}^2 * A_N * t_M$	[kWh/Monat] $Q_{i,M} =$	Monatswerte
<p>⁴⁾ $F_S = 0,9$ für übliche Anwendungsfälle; abweichende Werte soweit mit baulichen Bedingungen Verschattung vorliegt. ⁵⁾ Minderungsfaktor infolge Rahmenanteil $F_F = 0,7$, sofern keine genaueren Werte bekannt sind. Weitere Größen $F_C = 1$ und $F_W = 0,9$ gem. EnEV. ⁶⁾ Stalungsabsorptionsgrad $\alpha = 0,5$; für dunkle Dächer kann abweichend $\alpha = 0,8$ angenommen werden.</p>				
113		4. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit [Wh/K]		
114	wirksame	leichte Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 15 * V_e = 15 * \underline{\hspace{2cm}}$	$C_{\text{wirk},\eta} =$
115	Wärmespeicherfähigkeit	schwere Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 50 * V_e = 50 * 1.238,89$	$C_{\text{wirk},\eta} = 61.945$
116	für Ausnutzungsgrad:	detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert [Wh/(m³K)]		$C_{\text{wirk},\eta} / V_e =$
117	wirksame	leichte Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk,NA}} = 12 * V_e = 12 * \underline{\hspace{2cm}}$	$C_{\text{wirk,NA}} =$
118	Wärmespeicherfähigkeit	schwere Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk,NA}} = 18 * V_e = 18 * 1.238,89$	$C_{\text{wirk,NA}} = 22.300$
119	bei Nachtabschaltung:	detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert [Wh/(m³K)]		$C_{\text{wirk,NA}} / V_e =$
120		5. Jahres-Heizwärmebedarf [kWh/a]		
121	Wärmeverlust ohne Nachtabschaltung: ⁸⁾	$Q_{l,M} = 0,024 * (H_T + H_V) * (19 \text{ °C} - \vartheta_{e,M}) * t_M$	[kWh/M.] $Q_{l,M} =$	Monatswerte
122	Wärmeverlust bei 7 h Nachtabschaltung:	gemäß DIN V 4108-6 Anhang C	[kWh/M.] $Q_{l,M} =$	
123	Wärmegewinn-/verlustverhältnis:	$\gamma_M = (Q_{s,t,M} + Q_{i,M}) / (Q_{l,M} - Q_{s,o,M})$	[-] $\gamma_M =$	
124	Ausnutzungsgrad Wärmegewinne:	$\eta_M = (1 - \gamma_M^a) / (1 - \gamma_M^{a+1})$	[-] $\eta_M =$	
125	Jahres-Heizwärmebedarf:	$Q_{h,M} = Q_{l,M} - Q_{s,o,M} - \eta_M * (Q_{s,t,M} + Q_{i,M})$	$Q_{h,M} =$	
126	Berechnung ohne Nachtabschaltung!	$Q_h = \sum (Q_{h,M})_{\text{pos.}}$	[kWh/a] $Q_h =$	81.602,65
127	Flächenbezogener Jahres-Heizwärmebedarf: ⁹⁾	$Q_h'' = Q_h / A_N$ $Q_h'' = 81.602,65 / 396,44$	[kWh/(m²a)] $Q_h'' =$	205,84
128		6. Spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust [W/(m²K)]		
129	vorhandener spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:	$H_{T',\text{vorh}} = H_T / A = 1.024,29 / 771,01$		[W/(m²K)] $H_{T',\text{vorh}} = 1,33$
130	zulässiger spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:			
	$H_{T',\text{max}} = 0,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	freistehendes EFH mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$		
	$H_{T',\text{max}} = 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	freistehendes EFH mit $A_N > 350 \text{ m}^2$		
	$H_{T',\text{max}} = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	einseitig angebautes Wohngebäude		
	$H_{T',\text{max}} = 0,65 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Alle anderen Wohngebäude		
131		$H_{T',\text{vorh}} = 1,33$	W/(m²K) $\leq 0,50$	W/(m²K) = $H_{T',\text{max}}$ nicht erfüllt!

Jahres-Heizwärmebedarfsberechnung, Gebäude C - EnEV							
Objekt: <i>Mehrfamilienhaus Lärchenweg 5/7</i>							
1	1. Gebäudedaten						
	Volumen (Außenmaß) [m ³]	$V_e = 3.055,38$	$f_G = 0,32$ wenn $2,5 < h_G < 3$ sonst = $1/h_G - 0,04 \text{ m}^{-1}$				
2	Geschoßdeckenhöhe [m]	$h_G = 2,75$	$f_G = 0,32$				
	Nutzfläche [m ²]	$A_N = f_G * V_e = 0,32 * 3.055,38 = 977,7$					
	Anzahl Wohneinheiten [-]	$n_{WE} = \text{Gebäude mit mehr als 2 Wohneinheiten}$					
3	2. Wärmeverlust						
4	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K]						
5	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurchgangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i * A_i$ [W/K]	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} [-]	$U_i * A_i * F_{xi}$ [W/K]
6	Außenwand (Orientierung: siehe Zeilen 87-98)	AW 1	242,70	0,23	55,82	1	55,82
7		AW 2	242,14	0,23	55,69	1	55,69
8		AW 3	85,09	0,23	19,57	1	19,57
9		AW 4	85,09	0,23	19,57	1	19,57
10		AW 5				1	
11		AW 6				1	
12		AW 7				1	
13		AW 8				1	
14		AW 9				1	
15		AW 10				1	
16		AW 11				1	
17		AW 12				1	

Anhang 6

18	Fenster, Fenstertüren (Orientierung: siehe Zeilen 73-78)	W 1	66,78	1,30	86,81	1	86,81
19		W 2	70,80	1,30	92,04	1	92,04
20		W 3	4,71	1,30	6,12	1	6,12
21		W 4	4,71	1,30	6,12	1	6,12
22		W 5				1	
23		W 6				1	
24	Dachflächenfenster (Orientierung: siehe Zeilen 79-82)	W 7				1	
25		W 8				1	
26		W 9				1	
27		W 10				1	
28	Haustür (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 99-100)	T 1	6,90	2,90	20,01	1	20,01
29		T 2				1	
30	Dach (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 101-108)	D 1	23,86	0,23	5,49	1	5,49
31		D 2				1	
32		D 3				1	
33		D 4				1	
34		D 5				1	
35		D 6				1	
36		D 7				1	
37		D 8				1	
38	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K] - Fortsetzung						
39	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i \cdot A_i$ [W/K]	Temperatur- Korrektur- faktor F_{xi} [-]	$U_i \cdot A_i \cdot F_{xi}$ [W/K]
40	Oberste Geschosdecke	D 9	328,96	0,23	75,66	0,8	60,53
41		D10	4,54	0,23	1,04	0,8	0,84
42		D11				0,8	

43	Wände und Decken zu Abseiten (Drempel)	AbW 1				0,8	
44		AbW 2				0,8	
45		AbW 3				0,8	
46	Wände, Türen und Decken zu unbeheizten Räumen	AB 1	31,16	0,27	8,41	0,5	4,21
47		AB 2	3,56	2,90	10,32	0,5	5,16
48		AB 3				0,5	
49		AB 4				0,5	
50		AB 5				0,5	
51	Kellerdecke/-innenwand zum unbeheizten Keller, Fußboden auf Erdreich, Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich, aufgeständerter Fußboden	G 1	328,93	0,29	95,39	0,7	66,77
52		G 2	39,52	0,26	10,28	0,7	7,19
53		G 3	3,34	2,90	9,69	0,7	6,78
54		G 4	18,41	0,28	5,15	0,6	3,09
55		G 5	26,81	0,19	5,09	0,45	2,29
56	Decken über Außenluft (Durchfahrten, Erker)	G 6				1	
57		G 7				1	
58	$\Sigma A_i = A =$		1618,01	Spezifischer Transmissionswärmeverlust		${}^3) [W/K] \Sigma U_i * A_i * F_{xi} =$	
59	Wärmebrückenkorrekturwert	pauschal - ohne Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		
60		optimiert - mit Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$	0,050	
61		detailliert - gem. DIN EN ISO 10211-2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		
		Transmissionswärmeverlust:		$H_T = \Sigma (U_i * A_i * F_{xi}) + \Delta U_{WB} * A$			
				$H_T =$		$524,12 + 0,050 * 1.618,01$	
				${}^3) [W/K] H_T =$		605,02	
62	Transmissionswärmeverlust der Heizperiode: (Abweichung falls "Berechnung gem. ISO 13370")						
Bei der Berechnung des Wärmestroms über den unteren Gebäudeabschluss gem. DIN EN ISO 13370 kann kein Wert für die Heizperiode ausgegeben werden, da monatlich variierende Verluste vorliegen.							
Zur Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes $H_{T,v}$							
						$[W/K] H_T =$	605,02

2.2 Lüftungswärmeverlust [W/K]						
63						
64	beheiztes Luftvolumen	kleine Gebäude ¹⁾	$V = 0,76 * V_e = 0,76 * 3.055,38$	[m ³] V =	2.322,09	
65		große Gebäude ²⁾	$V = 0,80 * V_e = 0,80 * \underline{\hspace{2cm}}$	[m ³] V =		
66	Luftwechselrate	ohne Dichtheitsprüfung			[h ⁻¹] n =	0,70
67		mit Dichtheitsprüfung, Fensterlüftung und Zu-/Abluftanlagen			[h ⁻¹] n =	
68		mit Dichtheitsprüfung, Abluftanlagen			[h ⁻¹] n =	
69	Lüftungswärmeverlust:	$H_V = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K}) * n * V$ $H_V = 0,34 * 0,70 * 2.322,09$ [W/K] $H_V =$			552,66	

¹⁾ kleine Gebäude: bis 3 Vollgeschosse; ²⁾ übrige Gebäude

³⁾ Bei Berechnung der Wärmeverluste über Erdreich mittels Monatswerten gem. DIN EN ISO 13370 sind die entsprechenden Transmissionswärmeverluste in dieser Summe nicht enthalten.

3. Wärmegewinne							
3.1 Solare Wärmegewinne transparenter Bauteile Q _{s,t} [kWh/a]							
70							
71							
72	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A _i [m ²]	Gesamtenergiedurchlaßgrad g _i [-]	Ver-schattung ⁴⁾ F _S ≤ 0,9 [-]	Minderung Rahmen ⁵⁾ F _F [-]	Strahlungsintensität I _{s,i,M} [W/m ²]
73	Nord - 90°	W 1	66,78	0,50	0,9	0,7	Monatswerte werden nicht dargestellt
74	Süd - 90°	W 2	70,80	0,50	0,9	0,7	
75	Ost/West - 90°	W 3	4,71	0,50	0,9	0,7	
76	Ost/West - 90°	W 4	4,71	0,50	0,9	0,7	
77		W 5			0,9	0,7	
78		W 6			0,9	0,7	
79		W 7			0,9	0,7	
80		W 8			0,9	0,7	
81		W 9			0,9	0,7	
82		W 10			0,9	0,7	
83	Solare Wärmegewinne	$\Phi_{s,t,M} = \sum (A_i * g_i * F_{S,i} * F_C * F_W * F_F * I_{s,i,M})$				[W] $\Phi_{s,t,M} =$	Monatswerte
84	über transparente Bauteile:	$Q_{s,t,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,t,Mi} * t_M)$				[kWh/Monat] $Q_{s,t,M} =$	Monatswerte

3.2 Solare Wärmegewinne opaker Bauteile $Q_{s,o}$ [kWh/a]								
85								
86	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Strahlungsabsorptionsgrad ⁶⁾ α_i [-]	übrige Parameter		Strahlungsintensität $I_{s,i,M}$ [W/m ²]	
					$U_i * R_e$ [-]	$F_{f,i} * h * \Delta\theta_{er}$ [W/m ²]		
87	Nord - 60°	AW 1	242,7	0,50	0,009	20	Monatswerte werden nicht dargestellt	
88	Süd - 90°	AW 2	242,14	0,50	0,009	20		
89	Ost/West - 90°	AW 3	85,09	0,50	0,009	20		
90	Ost/West - 90°	AW 4	85,09	0,50	0,009	20		
91		AW 5		0,50				
92		AW 6		0,50				
93		AW 7		0,50				
94		AW 8		0,50				
95		AW 9		0,50				
96		AW 10		0,50				
97		AW 11		0,50				
98		AW 12		0,50				
99	Nord - 90°	T 1	6,9	0,50	0,116	20		
100		T 2		0,50				
101	Nord - 30°	D 1	23,86	0,80	0,009	40		
102		D 2		0,80				
103		D 3		0,80				
104		D 4		0,80				
105		D 5		0,80				
106		D 6		0,80				
107		D 7		0,80				
108		D 8		0,80				
109	Solare Wärmegewinne über opake Bauteile:	$\Phi_{s,o,M} = \sum (U_i * A_i * R_e * (\alpha_i * I_{s,i,M} - F_{f,i} * h * \Delta\theta_{er}))$				[W]	$\Phi_{s,o,M} =$	Monatswerte
110		$Q_{s,o,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,o,Mi} * t_M)$				[kWh/Monat]	$Q_{s,o,M} =$	Monatswerte

111 3.3 Interne Wärmegewinne Q_i [kWh/a]			
112	Interne Wärmegewinne:	$Q_{i,M} = 0,024 * q_i * A_N * t_M = 0,024 * 5 \text{ W/m}^2 * A_N * t_M$	[kWh/Monat] $Q_{i,M} =$ Monatswerte
⁴⁾ $F_g = 0,9$ für übliche Anwendungsfälle; abweichende Werte soweit mit baulichen Bedingungen Verschattung vorliegt. ⁵⁾ Minderungsfaktor infolge Rahmenanteil $F_F = 0,7$, sofern keine genaueren Werte bekannt sind. Weitere Größen $F_C = 1$ und $F_W = 0,9$ gem. EnEV. ⁶⁾ Stahlungsabsorptionsgrad $\alpha = 0,5$; für dunkle Dächer kann abweichend $\alpha = 0,8$ angenommen werden.			
113 4. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit [Wh/K]			
114	wirksame	leichte Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 15 * V_e = 15 * \underline{\hspace{2cm}}$ $C_{\text{wirk},\eta} =$
115	Wärmespeicherfähigkeit	schwere Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 50 * V_e = 50 * 3.055,38$ $C_{\text{wirk},\eta} = 152.769$
116	für Ausnutzungsgrad:	detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert	[Wh/(m³K)] $C_{\text{wirk},\eta} / V_e =$
117	wirksame	leichte Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},NA} = 12 * V_e = 12 * \underline{\hspace{2cm}}$ $C_{\text{wirk},NA} =$
118	Wärmespeicherfähigkeit	schwere Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},NA} = 18 * V_e = 18 * 3.055,38$ $C_{\text{wirk},NA} = 54.997$
119	bei Nachtabschaltung:	detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert	[Wh/(m³K)] $C_{\text{wirk},NA} / V_e =$
120 5. Jahres-Heizwärmebedarf [kWh/a]			
121	Wärmeverlust ohne Nachtabschaltung: ⁸⁾	$Q_{l,M} = 0,024 * (H_T + H_V) * (19 \text{ °C} - \vartheta_{e,M}) * t_M$	[kWh/M.] $Q_{l,M} =$
122	Wärmeverlust bei 7 h Nachtabschaltung:	gemäß DIN V 4108-6 Anhang C	[kWh/M.] $Q_{l,M} =$
123	Wärmegewinn-/verlustverhältnis:	$\gamma_M = (Q_{s,t,M} + Q_{i,M}) / (Q_{l,M} - Q_{s,o,M})$	[-] $\gamma_M =$
124	Ausnutzungsgrad Wärmegewinne:	$\eta_M = (1 - \gamma_M^a) / (1 - \gamma_M^{a+1})$	[-] $\eta_M =$
125	Jahres-Heizwärmebedarf:	$Q_{h,M} = Q_{l,M} - Q_{s,o,M} - \eta_M * (Q_{s,t,M} + Q_{i,M})$	$Q_{h,M} =$
126		$Q_h = \sum (Q_{h,M})_{\text{pos}}$	[kWh/a] $Q_h = 49.959,92$
127	Flächenbezogener Jahres-Heizwärmebedarf: ⁹⁾	$Q_h'' = Q_h / A_N$ $Q_h'' = 49.959,92 / 977,72$	[kWh/(m²a)] $Q_h'' = 51,10$
128 6. Spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust [W/(m²K)]			
129	vorhandener spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:		
	$H_{T',\text{vorh}} = H_T / A = 605,02 / 1.618,01$	[W/(m²K)] $H_{T',\text{vorh}} =$	0,37
	zulässiger spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:		
	$H_{T',\text{max}} = 0,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	freistehendes EFH mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$	
130	$H_{T',\text{max}} = 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	freistehendes EFH mit $A_N > 350 \text{ m}^2$	
	$H_{T',\text{max}} = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	einseitig angebautes Wohngebäude	
	$H_{T',\text{max}} = 0,65 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Alle anderen Wohngebäude	[W/(m²K)] $H_{T',\text{max}} = 0,50$
131	$H_{T',\text{vorh}} = 0,37 \text{ W/(m}^2\text{K)} \leq 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} = H_{T',\text{max}}$		

Jahres-Heizwärmebedarfsberechnung, Gebäude E - EnEV							
Objekt: Mehrfamilienhaus Lärchenweg 14/16							
1. Gebäudedaten							
1							
2	Volumen (Außenmaß) [m ³]	$V_e =$	2.777,70	$f_G = 0,32$ wenn $2,5 < h_G < 3$ sonst $= 1/h_G - 0,04 \text{ m}^{-1}$			
	Geschoßdeckenhöhe [m]	$h_G =$	2,75	$f_G =$	0,32		
	Nutzfläche [m ²]	$A_N = f_G * V_e$	$= 0,32 * 2.777,70$	$=$	888,9		
	Anzahl Wohneinheiten [-]	$n_{WE} =$	Gebäude mit mehr als 2 Wohneinheiten				
3	2. Wärmeverlust						
4	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K]						
5	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurchgangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i * A_i$ [W/K]	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} [-]	$U_i * A_i * F_{xi}$ [W/K]
6	Außenwand (Orientierung: siehe Zeilen 87-98)	AW 1	71,65	0,23	16,48	1	16,48
7		AW 2	218,98	0,23	50,37	1	50,37
8		AW 3	71,65	0,23	16,48	1	16,48
9		AW 4	232,36	0,23	53,44	1	53,44
10		AW 5				1	
11		AW 6				1	
12		AW 7				1	
13		AW 8				1	
14		AW 9				1	
15		AW 10				1	
16		AW 11				1	
17		AW 12				1	

Anhang 6

18	Fenster, Fenstertüren (Orientierung: siehe Zeilen 73-78)	W 1	4,71	1,30	6,12	1	6,12
19		W 2	68,70	1,30	89,31	1	89,31
20		W 3	4,71	1,30	6,12	1	6,12
21		W 4	56,40	1,30	73,32	1	73,32
22		W 5				1	
23		W 6				1	
24	Dachflächenfenster (Orientierung: siehe Zeilen 79-82)	W 7				1	
25		W 8				1	
26		W 9				1	
27		W 10				1	
28	Haustür (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 99-100)	T 1	6,38	2,90	18,50	1	18,50
29		T 2				1	
30	Dach (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 101-108)	D 1	31,25	0,23	7,19	1	7,19
31		D 2	3,12	0,23	0,72	1	0,72
32		D 3				1	
33		D 4				1	
34		D 5				1	
35		D 6				1	
36		D 7				1	
37		D 8				1	
38	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K] - Fortsetzung						
39	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i \cdot A_i$ [W/K]	Temperatur- Korrektur- faktor F_{xi} [-]	$U_i \cdot A_i \cdot F_{xi}$ [W/K]
40	Oberste Geschoßdecke	D 9	292,23	0,23	67,21	0,8	53,77
41		D10				0,8	
42		D11				0,8	

43	Wände und Decken zu Abseiten (Drempel)	AbW 1				0,8	
44		AbW 2				0,8	
45		AbW 3				0,8	
46	Wände, Türen und Decken zu unbeheizten Räumen	AB 1	50,86	0,27	13,73	0,5	6,87
47		AB 2	8,12	2,90	23,55	0,5	11,77
48		AB 3				0,5	
49		AB 4				0,5	
50		AB 5				0,5	
51	Kellerdecke/-innenwand zum unbeheizten Keller, Fußboden auf Erdreich, Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich, aufgeständerter Fußboden	G 1	292,34	0,29	84,78	0,7	59,35
52		G 2	46,62	0,26	12,12	0,7	8,48
53		G 3	8,12	2,90	23,55	0,7	16,48
54		G 4	7,81	0,28	2,19	0,6	1,31
55		G 5	27,73	0,19	5,27	0,45	2,37
56	Decken über Außenluft (Durchfahrten, Erker)	G 6				1	
57		G 7				1	
58	$\Sigma A_i = A =$		1503,74	Spezifischer Transmissionswärmeverlust		${}^3) [W/K] \Sigma U_i * A_i * F_{xi} =$	
59	Wärmebrückenkorrekturwert	pauschal - ohne Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		
60		optimiert - mit Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		0,050
61		detailliert - gem. DIN EN ISO 10211-2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		
62	Transmissionswärmeverlust:		$H_T = \Sigma (U_i * A_i * F_{xi}) + \Delta U_{WB} * A$				
			$H_T = 498,46 + 0,050 * 1.503,74$				${}^3) [W/K] H_T = 573,64$
Transmissionswärmeverlust der Heizperiode: (Abweichung falls "Berechnung gem. ISO 13370")							
Bei der Berechnung des Wärmestroms über den unteren Gebäudeabschluss gem. DIN EN ISO 13370 kann kein Wert für die Heizperiode ausgegeben werden, da monatlich variierende Verluste vorliegen. Zur Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes $H_{T,v}$							$[W/K] H_T = 573,64$

2.2 Lüftungswärmeverlust [W/K]						
63						
64	beheiztes Luftvolumen	kleine Gebäude ¹⁾	$V = 0,76 * V_e = 0,76 * 2.777,70$	[m ³] V =	2.111,05	
65		große Gebäude ²⁾	$V = 0,80 * V_e = 0,80 * \underline{\hspace{2cm}}$	[m ³] V =		
66	Luftwechselrate	ohne Dichtheitsprüfung			[h ⁻¹] n =	0,70
67		mit Dichtheitsprüfung, Fensterlüftung und Zu-/Abluftanlagen			[h ⁻¹] n =	
68		mit Dichtheitsprüfung, Abluftanlagen			[h ⁻¹] n =	
69	Lüftungswärmeverlust:	$H_V = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K}) * n * V$ $H_V = 0,34 * 0,70 * 2.111,05$ [W/K] H_V =			502,43	

¹⁾ kleine Gebäude: bis 3 Vollgeschosse; ²⁾ übrige Gebäude

³⁾ Bei Berechnung der Wärmeverluste über Erdreich mittels Monatswerten gem. DIN EN ISO 13370 sind die entsprechenden Transmissionswärmeverluste in dieser Summe nicht enthalten.

3. Wärmegewinne							
3.1 Solare Wärmegewinne transparenter Bauteile Q _{s,t} [kWh/a]							
72	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A _i [m ²]	Gesamtenergiedurchlaßgrad g _i [-]	Ver-schattung ⁴⁾ F _S ≤ 0,9 [-]	Minderung Rahmen ⁵⁾ F _F [-]	Strahlungsintensität I _{s,i,M} [W/m ²]
73	Nord - 90°	W 1	4,71	0,50	0,9	0,7	Monatswerte werden nicht dargestellt
74	Ost/West - 90°	W 2	68,70	0,50	0,9	0,7	
75	Süd - 90°	W 3	4,71	0,50	0,9	0,7	
76	Ost/West - 90°	W 4	56,40	0,50	0,9	0,7	
77		W 5			0,9	0,7	
78		W 6			0,9	0,7	
79		W 7			0,9	0,7	
80		W 8			0,9	0,7	
81		W 9			0,9	0,7	
82		W 10			0,9	0,7	
83	Solare Wärmegewinne	$\Phi_{s,t,M} = \sum (A_i * g_i * F_{S,i} * F_C * F_W * F_F * I_{s,i,M})$				[W] Φ_{s,t,M} =	Monatswerte
84	über transparente Bauteile:	$Q_{s,t,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,t,Mi} * t_M)$				[kWh/Monat] Q_{s,t,M} =	Monatswerte

3.2 Solare Wärmegewinne opaker Bauteile $Q_{s,o}$ [kWh/a]								
85								
86	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Strahlungsabsorptionsgrad ⁶⁾ α_i [-]	übrige Parameter		Strahlungsintensität $I_{s,i,M}$ [W/m ²]	
					$U_i * R_e$ [-]	$F_{f,i} * h * \Delta\theta_{er}$ [W/m ²]		
87	Nord - 90°	AW 1	71,65	0,50	0,009	20	Monatswerte werden nicht dargestellt	
88	Ost/West - 90°	AW 2	218,98	0,50	0,009	20		
89	Süd - 90°	AW 3	71,65	0,50	0,009	20		
90	Ost/West - 90°	AW 4	232,36	0,50	0,009	20		
91		AW 5		0,50				
92		AW 6		0,50				
93		AW 7		0,50				
94		AW 8		0,50				
95		AW 9		0,50				
96		AW 10		0,50				
97		AW 11		0,50				
98		AW 12		0,50				
99	Ost/West - 90°	T 1	6,38	0,50	0,116	20		
100		T 2		0,50				
101	Ost/West - 30°	D 1	31,25	0,80	0,009	40		
102	Ost/West - 30°	D 2	3,12	0,80	0,009	40		
103		D 3		0,80				
104		D 4		0,80				
105		D 5		0,80				
106		D 6		0,80				
107		D 7		0,80				
108		D 8		0,80				
109	Solare Wärmegewinne über opake Bauteile:	$\Phi_{s,o,M} = \sum (U_i * A_i * R_e * (\alpha_i * I_{s,i,M} - F_{f,i} * h * \Delta\theta_{er}))$				[W]	$\Phi_{s,o,M} =$	Monatswerte
110		$Q_{s,o,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,o,Mi} * t_M)$				[kWh/Monat]	$Q_{s,o,M} =$	Monatswerte

3.3 Interne Wärmegewinne Q_i [kWh/a]			
111			
112	Interne Wärmegewinne:	$Q_{i,M} = 0,024 * q_i * A_N * t_M = 0,024 * 5 \text{ W/m}^2 * A_N * t_M$	[kWh/Monat] $Q_{i,M} =$ Monatswerte
⁴⁾ $F_S = 0,9$ für übliche Anwendungsfälle; abweichende Werte soweit mit baulichen Bedingungen Verschattung vorliegt. ⁵⁾ Minderungsfaktor infolge Rahmenanteil $F_F = 0,7$, sofern keine genaueren Werte bekannt sind. Weitere Größen $F_C = 1$ und $F_W = 0,9$ gem. EnEV. ⁶⁾ Stalungsabsorptionsgrad $\alpha = 0,5$; für dunkle Dächer kann abweichend $\alpha = 0,8$ angenommen werden.			
4. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit [Wh/K]			
114	wirksame	leichte Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 15 * V_e = 15 * \underline{\hspace{2cm}}$ $C_{\text{wirk},\eta} =$
115	Wärmespeicherfähigkeit	schwere Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 50 * V_e = 50 * 2.777,70$ $C_{\text{wirk},\eta} = 138.885$
116	für Ausnutzungsgrad:	detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert	[Wh/(m³K)] $C_{\text{wirk},\eta} / V_e =$
117	wirksame	leichte Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk,NA}} = 12 * V_e = 12 * \underline{\hspace{2cm}}$ $C_{\text{wirk,NA}} =$
118	Wärmespeicherfähigkeit	schwere Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk,NA}} = 18 * V_e = 18 * 2.777,70$ $C_{\text{wirk,NA}} = 49.999$
119	bei Nachtabschaltung:	detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert	[Wh/(m³K)] $C_{\text{wirk,NA}} / V_e =$
5. Jahres-Heizwärmebedarf [kWh/a]			
121	Wärmeverlust ohne Nachtabschaltung: ⁸⁾	$Q_{i,M} = 0,024 * (H_T + H_V) * (19 \text{ °C} - \vartheta_{e,M}) * t_M$	[kWh/M.] $Q_{i,M} =$
122	Wärmeverlust bei 7 h Nachtabschaltung:	gemäß DIN V 4108-6 Anhang C	[kWh/M.] $Q_{i,M} =$
123	Wärmegewinn-/verlustverhältnis:	$\gamma_M = (Q_{s,t,M} + Q_{i,M}) / (Q_{i,M} - Q_{s,o,M})$	[-] $\gamma_M =$
124	Ausnutzungsgrad Wärmegewinne:	$\eta_M = (1 - \gamma_M^a) / (1 - \gamma_M^{a+1})$	[-] $\eta_M =$
125	Jahres-Heizwärmebedarf:	$Q_{h,M} = Q_{i,M} - Q_{s,o,M} - \eta_M * (Q_{s,t,M} + Q_{i,M})$	$Q_{h,M} =$
126		$Q_h = \sum (Q_{h,M})_{\text{pos.}}$	[kWh/a] $Q_h = 47.682,03$
127	Flächenbezogener Jahres-Heizwärmebedarf: ⁹⁾	$Q_h'' = Q_h / A_N$ $Q_h'' = 47.682,03 / 888,86$	[kWh/(m²a)] $Q_h'' = 53,64$
6. Spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust [W/(m²K)]			
128	vorhandener spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:		
129		$H_{T',\text{vorh}} = H_T / A = 573,64 / 1.503,74$	[W/(m²K)] $H_{T',\text{vorh}} = 0,38$
130	zulässiger spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:		
	$H_{T',\text{max}} = 0,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	freistehendes EFH mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$	
	$H_{T',\text{max}} = 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	freistehendes EFH mit $A_N > 350 \text{ m}^2$	
	$H_{T',\text{max}} = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	einseitig angebautes Wohngebäude	
	$H_{T',\text{max}} = 0,65 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Alle anderen Wohngebäude	[W/(m²K)] $H_{T',\text{max}} = 0,50$
131	$H_{T',\text{vorh}} = 0,38 \text{ W/(m}^2\text{K)} \leq 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} = H_{T',\text{max}}$		

Jahres-Heizwärmebedarfsberechnung, Gebäude J - EnEV							
Objekt:		Mehrfamilienhaus Wacholderweg 3					
1	1. Gebäudedaten						
2	Volumen (Außenmaß) [m ³]	$V_e =$	1.238,89	$f_G = 0,32$ wenn $2,5 < h_G < 3$ sonst $= 1/h_G - 0,04 \text{ m}^{-1}$			
	Geschoßdeckenhöhe [m]	$h_G =$	2,75	$f_G =$	0,32		
	Nutzfläche [m ²]	$A_N = f_G * V_e$	$= 0,32 * 1.238,89$		$= 396,4$		
	Anzahl Wohneinheiten [-]	$n_{WE} =$ Gebäude mit mehr als 2 Wohneinheiten					
3	2. Wärmeverlust						
4	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K]						
5	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurchgangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i * A_i$ [W/K]	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} [-]	$U_i * A_i * F_{xi}$ [W/K]
6	Außenwand (Orientierung: siehe Zeilen 87-98)	AW 1	76,57	0,22	16,85	1	16,85
7		AW 2	62,48	0,22	13,75	1	13,75
8		AW 3	78,62	0,22	17,30	1	17,30
9		AW 4	62,48	0,22	13,75	1	13,75
10		AW 5	5,76	0,31	1,79	1	1,79
11		AW 6	6,90	0,31	2,14	1	2,14
12		AW 7	7,47	0,31	2,32	1	2,32
13		AW 8	6,90	0,31	2,14	1	2,14
14		AW 9				1	
15		AW 10				1	
16		AW 11				1	
17		AW 12				1	

18	Fenster, Fenstertüren (Orientierung: siehe Zeilen 73-78)	W 1	22,92	1,30	29,80	1	29,80
19		W 2	5,20	1,30	6,76	1	6,76
20		W 3	24,12	1,30	31,36	1	31,36
21		W 4	5,20	1,30	6,76	1	6,76
22		W 5				1	
23		W 6				1	
24	Dachflächenfenster (Orientierung: siehe Zeilen 79-82)	W 7				1	
25		W 8				1	
26		W 9				1	
27		W 10				1	
28	Haustür (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 99-100)	T 1	4,18	2,90	12,12	1	12,12
29		T 2				1	
30	Dach (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 101-108)	D 1	112,78	0,31	34,96	1	34,96
31		D 2	112,78	0,31	34,96	1	34,96
32		D 3				1	
33		D 4				1	
34		D 5				1	
35		D 6				1	
36		D 7				1	
37		D 8				1	
38	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K] - Fortsetzung						
39	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i \cdot A_i$ [W/K]	Temperatur- Korrektur- faktor F_{xi} [-]	$U_i \cdot A_i \cdot F_{xi}$ [W/K]
40	Oberste Geschößdecke	D 9				0,8	
41		D10				0,8	
42		D11				0,8	

43	Wände und Decken zu Abseiten (Drempel)	AbW 1				0,8		
44		AbW 2				0,8		
45		AbW 3				0,8		
46	Wände, Türen und Decken zu unbeheizten Räumen	AB 1				0,5		
47		AB 2				0,5		
48		AB 3				0,5		
49		AB 4				0,5		
50		AB 5				0,5		
51	Kellerdecke/-innenwand zum unbeheizten Keller, Fußboden auf Erdreich, Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich, aufgeständerter Fußboden	G 1	134,94	0,30	40,48	0,7	28,34	
52		G 2	18,92	0,30	5,68	0,45	2,55	
53		G 3	6,37	2,90	18,47	0,4	7,39	
54		G 4	3,88	0,27	1,05	0,7	0,73	
55		G 5	12,54	0,21	2,63	0,7	1,84	
56	Decken über Außenluft (Durchfahrten, Erker)	G 6				1		
57		G 7				1		
58	$\Sigma A_i = A =$		771,01	Spezifischer Transmissionswärmeverlust		${}^3) [W/K] \Sigma U_i * A_i * F_{xi} =$ 267,59		
59	Wärmebrückenkorrekturwert	pauschal - ohne Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$			
60		optimiert - mit Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$	0,050		
61		detailliert - gem. DIN EN ISO 10211-2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$			
62	Transmissionswärmeverlust:		$H_T = \Sigma (U_i * A_i * F_{xi}) + \Delta U_{WB} * A$ $H_T = 267,59 + 0,050 * 771,01 \quad {}^3) [W/K] H_T = 306,14$					
	Transmissionswärmeverlust der Heizperiode: (Abweichung falls "Berechnung gem. ISO 13370")							
		Bei der Berechnung des Wärmestroms über den unteren Gebäudeabschluss gem. DIN EN ISO 13370 kann kein Wert für die Heizperiode ausgegeben werden, da monatlich variierende Verluste vorliegen.						
		Zur Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes $H_{T'v}$					$[W/K] H_T = 306,14$	

2.2 Lüftungswärmeverlust [W/K]						
63						
64	beheiztes Luftvolumen	kleine Gebäude ¹⁾	$V = 0,76 * V_e = 0,76 * 1.238,89$	[m ³] V =	941,56	
65		große Gebäude ²⁾	$V = 0,80 * V_e = 0,80 * \underline{\hspace{2cm}}$	[m ³] V =		
66	Luftwechselrate	ohne Dichtheitsprüfung			[h ⁻¹] n =	0,70
67		mit Dichtheitsprüfung, Fensterlüftung und Zu-/Abluftanlagen			[h ⁻¹] n =	
68		mit Dichtheitsprüfung, Abluftanlagen			[h ⁻¹] n =	
69	Lüftungswärmeverlust:	$H_V = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K}) * n * V$ $H_V = 0,34 * 0,70 * 941,56$ [W/K] $H_V =$				224,09

¹⁾ kleine Gebäude: bis 3 Vollgeschosse; ²⁾ übrige Gebäude

³⁾ Bei Berechnung der Wärmeverluste über Erdreich mittels Monatswerten gem. DIN EN ISO 13370 sind die entsprechenden Transmissionswärmeverluste in dieser Summe nicht enthalten.

3. Wärmegewinne							
3.1 Solare Wärmegewinne transparenter Bauteile Q _{s,t} [kWh/a]							
72	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A _i [m ²]	Gesamtenergiedurchlaßgrad g _i [-]	Ver-schattung ⁴⁾ F _S ≤ 0,9 [-]	Minderung Rahmen ⁵⁾ F _F [-]	Strahlungsintensität I _{s,i,M} [W/m ²]
73	Nord - 90°	W 1	22,92	0,50	0,9	0,7	Monatswerte werden nicht dargestellt
74	Ost/West - 90°	W 2	5,20	0,50	0,9	0,7	
75	Süd - 90°	W 3	24,12	0,50	0,9	0,7	
76	Ost/West - 90°	W 4	5,20	0,50	0,9	0,7	
77		W 5					
78		W 6					
79		W 7					
80		W 8					
81		W 9					
82		W 10					
83	Solare Wärmegewinne	$\Phi_{s,t,M} = \sum (A_i * g_i * F_{S,i} * F_C * F_W * F_F * I_{s,i,M})$				[W] $\Phi_{s,t,M} =$	Monatswerte
84	über transparente Bauteile:	$Q_{s,t,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,t,Mi} * t_M)$				[kWh/Monat] $Q_{s,t,M} =$	Monatswerte

3.2 Solare Wärmegewinne opaker Bauteile $Q_{s,o}$ [kWh/a]								
85								
86	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Strahlungsabsorptionsgrad ⁶⁾ α_i [-]	übrige Parameter		Strahlungsintensität $I_{s,i,M}$ [W/m ²]	
					$U_i * R_e$ [-]	$F_{f,i} * h * \Delta\theta_{er}$ [W/m ²]		
87	Nord - 90°	AW 1	76,57	0,40	0,009	20	Monatswerte werden nicht dargestellt	
88	Ost/West - 90°	AW 2	62,48	0,40	0,009	20		
89	Süd - 90°	AW 3	78,62	0,40	0,009	20		
90	Ost/West - 90°	AW 4	62,48	0,40	0,009	20		
91	Nord - 90°	AW 5	5,76	0,50	0,012	20		
92	Ost/West - 90°	AW 6	6,9	0,50	0,012	20		
93	Süd - 90°	AW 7	7,47	0,50	0,012	20		
94	Ost/West - 90°	AW 8	6,9	0,50	0,012	20		
95		AW 9						
96		AW 10						
97		AW 11						
98		AW 12						
99	Nord - 90°	T 1	4,18	0,50	0,116	20		
100		T 2						
101	Nord - 45°	D 1	112,78	0,80	0,012	40		
102	Süd - 45°	D 2	112,78	0,80	0,012	40		
103		D 3						
104		D 4						
105		D 5						
106		D 6						
107		D 7						
108		D 8						
109	Solare Wärmegewinne	$\Phi_{s,o,M} = \sum (U_i * A_i * R_e * (\alpha_i * I_{s,i,M} - F_{f,i} * h * \Delta\theta_{er}))$				[W]	$\Phi_{s,o,M} =$	Monatswerte
110	über opake Bauteile:	$Q_{s,o,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,o,Mi} * t_M)$				[kWh/Monat]	$Q_{s,o,M} =$	Monatswerte

111		3.3 Interne Wärmegewinne Q_i [kWh/a]				
112	Interne Wärmegewinne:	$Q_{i,M} = 0,024 * q_i * A_N * t_M = 0,024 * 5 \text{ W/m}^2 * A_N * t_M$	[kWh/Monat]	$Q_{i,M} =$	Monatswerte	
⁴⁾ $F_S = 0,9$ für übliche Anwendungsfälle; abweichende Werte soweit mit baulichen Bedingungen Verschattung vorliegt. ⁵⁾ Minderungsfaktor infolge Rahmenanteil $F_F = 0,7$, sofern keine genaueren Werte bekannt sind. Weitere Größen $F_C = 1$ und $F_W = 0,9$ gem. EnEV. ⁶⁾ Stalungsabsorptionsgrad $\alpha = 0,5$; für dunkle Dächer kann abweichend $\alpha = 0,8$ angenommen werden.						
113		4. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit [Wh/K]				
114	wirksame	leichte Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 15 * V_e = 15 * \underline{\hspace{2cm}}$	$C_{\text{wirk},\eta} =$		
115	Wärmespeicherfähigkeit	schwere Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 50 * V_e = 50 * 1.238,89$	$C_{\text{wirk},\eta} =$	61.945	
116	für Ausnutzungsgrad:	detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert [Wh/(m³K)]		$C_{\text{wirk},\eta} / V_e =$		
117	wirksame	leichte Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},NA} = 12 * V_e = 12 * \underline{\hspace{2cm}}$	$C_{\text{wirk},NA} =$		
118	Wärmespeicherfähigkeit	schwere Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},NA} = 18 * V_e = 18 * 1.238,89$	$C_{\text{wirk},NA} =$	22.300	
119	bei Nachtabschaltung:	detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert [Wh/(m³K)]		$C_{\text{wirk},NA} / V_e =$		
120		5. Jahres-Heizwärmebedarf [kWh/a]				
121	Wärmeverlust ohne Nachtabschaltung: ⁸⁾	$Q_{i,M} = 0,024 * (H_T + H_V) * (19 \text{ °C} - \vartheta_{e,M}) * t_M$	[kWh/M.]	$Q_{i,M} =$	Monatswerte	
122	Wärmeverlust bei 7 h Nachtabschaltung:	gemäß DIN V 4108-6 Anhang C	[kWh/M.]	$Q_{i,M} =$		
123	Wärmegewinn-/verlustverhältnis:	$\gamma_M = (Q_{s,t,M} + Q_{i,M}) / (Q_{i,M} - Q_{s,o,M})$	[-]	$\gamma_M =$		
124	Ausnutzungsgrad Wärmegewinne:	$\eta_M = (1 - \gamma_M^a) / (1 - \gamma_M^{a+1})$	[-]	$\eta_M =$		
125	Jahres-Heizwärmebedarf:	$Q_{h,M} = Q_{i,M} - Q_{s,o,M} - \eta_M * (Q_{s,t,M} + Q_{i,M})$		$Q_{h,M} =$		
126		$Q_h = \sum (Q_{h,M})_{\text{pos.}}$	[kWh/a]	$Q_h =$		24.669,58
127	Flächenbezogener Jahres-Heizwärmebedarf: ⁹⁾	$Q_h'' = Q_h / A_N$ $Q_h'' = 24.669,58 / 396,44$	[kWh/(m²a)]	$Q_h'' =$	62,23	
128		6. Spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust [W/(m²K)]				
129	vorhandener spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:	$H_{T',\text{vorh}} = H_T / A = 306,14 / 771,01$		[W/(m²K)]	$H_{T',\text{vorh}} =$	0,40
zulässiger spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:						
130	$H_{T',\text{max}} = 0,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	freistehendes EFH mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$		[W/(m²K)]	$H_{T',\text{max}} =$	0,50
	$H_{T',\text{max}} = 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	freistehendes EFH mit $A_N > 350 \text{ m}^2$				
	$H_{T',\text{max}} = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	einseitig angebautes Wohngebäude				
	$H_{T',\text{max}} = 0,65 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Alle anderen Wohngebäude				
131	$H_{T',\text{vorh}} = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)} \leq 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} = H_{T',\text{max}}$					

Jahres-Heizwärmebedarfsberechnung, Gebäude C - Niedrigenergiestandard							
Objekt: Mehrfamilienhaus Lärchenweg 5/7							
1	1. Gebäudedaten						
	Volumen (Außenmaß) [m ³]	$V_e = 3.055,38$	$f_G = 0,32$ wenn $2,5 < h_G < 3$ sonst $= 1/h_G - 0,04 \text{ m}^{-1}$				
	Geschoßdeckenhöhe [m]	$h_G = 2,75$	$f_G = 0,32$				
2	Nutzfläche [m ²]	$A_N = f_G * V_e = 0,32 * 3.055,38 = 977,7$					
	Anzahl Wohneinheiten [-]	$n_{WE} = \text{Gebäude mit mehr als 2 Wohneinheiten}$					
3	2. Wärmeverlust						
4	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K]						
5	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurchgangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i * A_i$ [W/K]	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} [-]	$U_i * A_i * F_{xi}$ [W/K]
6	Außenwand (Orientierung: siehe Zeilen 87-98)	AW 1	242,70	0,21	50,97	1	50,97
7		AW 2	242,14	0,21	50,85	1	50,85
8		AW 3	85,09	0,21	17,87	1	17,87
9		AW 4	85,09	0,21	17,87	1	17,87
10		AW 5				1	
11		AW 6				1	
12		AW 7				1	
13		AW 8				1	
14		AW 9				1	
15		AW 10				1	
16		AW 11				1	
17		AW 12				1	

Anhang 6

18	Fenster, Fenstertüren (Orientierung: siehe Zeilen 73-78)	W 1	66,78	0,90	60,10	1	60,10
19		W 2	70,80	0,90	63,72	1	63,72
20		W 3	4,71	0,90	4,24	1	4,24
21		W 4	4,71	0,90	4,24	1	4,24
22		W 5				1	
23		W 6				1	
24	Dachflächenfenster (Orientierung: siehe Zeilen 79-82)	W 7				1	
25		W 8				1	
26		W 9				1	
27		W 10				1	
28	Haustür (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 99-100)	T 1	6,90	2,90	20,01	1	20,01
29		T 2				1	
30	Dach (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 101-108)	D 1	23,86	0,23	5,49	1	5,49
31		D 2				1	
32		D 3				1	
33		D 4				1	
34		D 5				1	
35		D 6				1	
36		D 7				1	
37		D 8				1	
38	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K] - Fortsetzung						
39	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i \cdot A_i$ [W/K]	Temperatur- Korrektur- faktor F_{xi} [-]	$U_i \cdot A_i \cdot F_{xi}$ [W/K]
40	Oberste Geschosdecke	D 9	328,96	0,23	75,66	0,8	60,53
41		D10	4,54	0,23	1,04	0,8	0,84
42		D11				0,8	

43	Wände und Decken zu Abseiten (Drempel)	AbW 1				0,8	
44		AbW 2				0,8	
45		AbW 3				0,8	
46	Wände, Türen und Decken zu unbeheizten Räumen	AB 1	31,16	0,27	8,41	0,5	4,21
47		AB 2	3,56	2,90	10,32	0,5	5,16
48		AB 3				0,5	
49		AB 4				0,5	
50		AB 5				0,5	
51	Kellerdecke/-innenwand zum unbeheizten Keller, Fußboden auf Erdreich, Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich, aufgeständerter Fußboden	G 1	328,93	0,29	95,39	0,7	66,77
52		G 2	39,52	0,20	7,90	0,7	5,53
53		G 3	3,34	2,90	9,69	0,7	6,78
54		G 4	18,41	0,28	5,15	0,6	3,09
55		G 5	26,81	1,62	43,43	0,3	13,03
56	Decken über Außenluft (Durchfahrten, Erker)	G 6				1	
57		G 7				1	
58	$\Sigma A_i = A =$		1618,01	Spezifischer Transmissionswärmeverlust		${}^3) [W/K] \Sigma U_i * A_i * F_{xi} =$	
59	Wärmebrückenkorrekturwert	pauschal - ohne Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		
60		optimiert - mit Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		0,050
61		detailliert - gem. DIN EN ISO 10211-2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		
62	Transmissionswärmeverlust:		$H_T = \Sigma (U_i * A_i * F_{xi}) + \Delta U_{WB} * A$				
			$H_T = 461,29 + 0,050 * 1.618,01$				${}^3) [W/K] H_T = 542,19$
Transmissionswärmeverlust der Heizperiode: (Abweichung falls "Berechnung gem. ISO 13370")							
Bei der Berechnung des Wärmestroms über den unteren Gebäudeabschluss gem. DIN EN ISO 13370 kann kein Wert für die Heizperiode ausgegeben werden, da monatlich variierende Verluste vorliegen. Zur Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes $H_{T,v}$							$[W/K] H_T = 542,19$

2.2 Lüftungswärmeverlust [W/K]							
63							
64	beheiztes Luftvolumen	kleine Gebäude ¹⁾	$V = 0,76 * V_e = 0,76 * 3.055,38$	[m³] V =	2.322,09		
65		große Gebäude ²⁾	$V = 0,80 * V_e = 0,80 * \underline{\hspace{2cm}}$	[m³] V =			
66	Luftwechselrate	ohne Dichtheitsprüfung			[h ⁻¹] n =		
67		mit Dichtheitsprüfung, Fensterlüftung und Zu-/Abluftanlagen			[h ⁻¹] n =	0,60	
68		mit Dichtheitsprüfung, Abluftanlagen			[h ⁻¹] n =		
69	Lüftungswärmeverlust:		$H_V = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K}) * n * V$				
			$H_V = 0,34 * 0,60 * 2.322,09$	[W/K] H _V =	473,71		

¹⁾ kleine Gebäude: bis 3 Vollgeschosse; ²⁾ übrige Gebäude

³⁾ Bei Berechnung der Wärmeverluste über Erdreich mittels Monatswerten gem. DIN EN ISO 13370 sind die entsprechenden Transmissionswärmeverluste in dieser Summe nicht enthalten.

3. Wärmegewinne							
3.1 Solare Wärmegewinne transparenter Bauteile Q _{s,t} [kWh/a]							
72	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A _i [m²]	Gesamtenergiedurchlaßgrad g _i [-]	Ver-schattung ⁴⁾ F _S ≤ 0,9 [-]	Minderung Rahmen ⁵⁾ F _F [-]	Strahlungsintensität I _{s,i,M} [W/m²]
73	Nord - 90°	W 1	66,78	0,36	0,9	0,7	Monatswerte werden nicht dargestellt
74	Süd - 90°	W 2	70,80	0,36	0,9	0,7	
75	Ost/West - 90°	W 3	4,71	0,36	0,9	0,7	
76	Ost/West - 90°	W 4	4,71	0,36	0,9	0,7	
77		W 5			0,9	0,7	
78		W 6			0,9	0,7	
79		W 7			0,9	0,7	
80		W 8			0,9	0,7	
81		W 9			0,9	0,7	
82		W 10			0,9	0,7	
83	Solare Wärmegewinne		$\Phi_{s,t,M} = \sum (A_i * g_i * F_{S,i} * F_C * F_W * F_F * I_{s,i,M})$			[W] Φ _{s,t,M} =	Monatswerte
84	über transparente Bauteile:		$Q_{s,t,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,t,Mi} * t_M)$			[kWh/Monat] Q _{s,t,M} =	Monatswerte

3.2 Solare Wärmegewinne opaker Bauteile $Q_{s,o}$ [kWh/a]								
85								
86	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Strahlungsabsorptionsgrad ⁶⁾ α_i [-]	übrige Parameter		Strahlungsintensität $I_{s,i,M}$ [W/m ²]	
					$U_i * R_e$ [-]	$F_{f,i} * h * \Delta\theta_{er}$ [W/m ²]		
87	Nord - 60°	AW 1	242,7	0,50	0,008	20	Monatswerte werden nicht dargestellt	
88	Süd - 90°	AW 2	242,14	0,50	0,008	20		
89	Ost/West - 90°	AW 3	85,09	0,50	0,008	20		
90	Ost/West - 90°	AW 4	85,09	0,50	0,008	20		
91		AW 5		0,50				
92		AW 6		0,50				
93		AW 7		0,50				
94		AW 8		0,50				
95		AW 9		0,50				
96		AW 10		0,50				
97		AW 11		0,50				
98		AW 12		0,50				
99	Nord - 90°	T 1	6,9	0,50	0,116	20		
100		T 2		0,50				
101	Nord - 30°	D 1	23,86	0,80	0,009	40		
102		D 2		0,80				
103		D 3		0,80				
104		D 4		0,80				
105		D 5		0,80				
106		D 6		0,80				
107		D 7		0,80				
108		D 8		0,80				
109	Solare Wärmegewinne über opake Bauteile:	$\Phi_{s,o,M} = \sum (U_i * A_i * R_e * (\alpha_i * I_{s,i,M} - F_{f,i} * h * \Delta\theta_{er}))$				[W]	$\Phi_{s,o,M} =$	Monatswerte
110		$Q_{s,o,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,o,Mi} * t_M)$				[kWh/Monat]	$Q_{s,o,M} =$	Monatswerte

3.3 Interne Wärmegewinne Q_i [kWh/a]			
111			
112	Interne Wärmegewinne:	$Q_{i,M} = 0,024 * q_i * A_N * t_M = 0,024 * 5 \text{ W/m}^2 * A_N * t_M$	[kWh/Monat] $Q_{i,M} =$ Monatswerte
⁴⁾ $F_S = 0,9$ für übliche Anwendungsfälle; abweichende Werte soweit mit baulichen Bedingungen Verschattung vorliegt. ⁵⁾ Minderungsfaktor infolge Rahmenanteil $F_F = 0,7$, sofern keine genaueren Werte bekannt sind. Weitere Größen $F_C = 1$ und $F_W = 0,9$ gem. EnEV. ⁶⁾ Strahlungsabsorptionsgrad $\alpha = 0,5$; für dunkle Dächer kann abweichend $\alpha = 0,8$ angenommen werden.			
4. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit [Wh/K]			
114	wirksame	leichte Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 15 * V_e = 15 * \underline{\hspace{2cm}}$ $C_{\text{wirk},\eta} =$
115	Wärmespeicherfähigkeit	schwere Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 50 * V_e = 50 * 3.055,38$ $C_{\text{wirk},\eta} = 152.769$
116	für Ausnutzungsgrad:	detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert	[Wh/(m³K)] $C_{\text{wirk},\eta} / V_e =$
117	wirksame	leichte Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},NA} = 12 * V_e = 12 * \underline{\hspace{2cm}}$ $C_{\text{wirk},NA} =$
118	Wärmespeicherfähigkeit	schwere Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},NA} = 18 * V_e = 18 * 3.055,38$ $C_{\text{wirk},NA} = 54.997$
119	bei Nachtabschaltung:	detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert	[Wh/(m³K)] $C_{\text{wirk},NA} / V_e =$
5. Jahres-Heizwärmebedarf [kWh/a]			
121	Wärmeverlust ohne Nachtabschaltung: ⁸⁾	$Q_{l,M} = 0,024 * (H_T + H_V) * (19 \text{ °C} - \vartheta_{e,M}) * t_M$	[kWh/M.] $Q_{l,M} =$
122	Wärmeverlust bei 7 h Nachtabschaltung:	gemäß DIN V 4108-6 Anhang C	[kWh/M.] $Q_{l,M} =$
123	Wärmegewinn-/verlustverhältnis:	$\gamma_M = (Q_{s,t,M} + Q_{i,M}) / (Q_{i,M} - Q_{s,o,M})$	[-] $\gamma_M =$
124	Ausnutzungsgrad Wärmegewinne:	$\eta_M = (1 - \gamma_M^a) / (1 - \gamma_M^{a+1})$	[-] $\eta_M =$
125	Jahres-Heizwärmebedarf:	$Q_{h,M} = Q_{l,M} - Q_{s,o,M} - \eta_M * (Q_{s,t,M} + Q_{i,M})$	$Q_{h,M} =$
126		$Q_h = \sum (Q_{h,M})_{\text{pos.}}$	[kWh/a] $Q_h = 42.728,55$
127	Flächenbezogener Jahres-Heizwärmebedarf: ⁹⁾	$Q_h'' = Q_h / A_N$ $Q_h'' = 42.728,55 / 977,72$	[kWh/(m²a)] $Q_h'' = 43,70$
6. Spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust [W/(m²K)]			
128	vorhandener spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:		
129		$H_{T',\text{vorh}} = H_T / A = 542,19 / 1.618,01$	[W/(m²K)] $H_{T',\text{vorh}} = 0,34$
130	zulässiger spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:		
	$H_{T',\text{max}} = 0,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	freistehendes EFH mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$	
	$H_{T',\text{max}} = 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	freistehendes EFH mit $A_N > 350 \text{ m}^2$	
	$H_{T',\text{max}} = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	einseitig angebautes Wohngebäude	
	$H_{T',\text{max}} = 0,65 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Alle anderen Wohngebäude	[W/(m²K)] $H_{T',\text{max}} = 0,50$
131	$H_{T',\text{vorh}} = 0,34 \text{ W/(m}^2\text{K)} \leq 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} = H_{T',\text{max}}$		

Jahres-Heizwärmebedarfsberechnung, Gebäude E - Niedrigenergiestandard							
Objekt: Mehrfamilienhaus Lärchenweg 14/16							
1	1. Gebäudedaten						
2	Volumen (Außenmaß) [m ³]	$V_e =$	2.777,70	$f_G = 0,32$ wenn $2,5 < h_G < 3$ sonst $= 1/h_G - 0,04 \text{ m}^{-1}$			
	Geschoßdeckenhöhe [m]	$h_G =$	2,75	$f_G =$	0,32		
	Nutzfläche [m ²]	$A_N = f_G * V_e$	$= 0,32 * 2.777,70$	$=$	888,9		
	Anzahl Wohneinheiten [-]	$n_{WE} =$ Gebäude mit mehr als 2 Wohneinheiten					
3	2. Wärmeverlust						
4	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K]						
5	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurchgangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i * A_i$ [W/K]	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} [-]	$U_i * A_i * F_{xi}$ [W/K]
6	Außenwand (Orientierung: siehe Zeilen 87-98)	AW 1	71,65	0,21	15,05	1	15,05
7		AW 2	218,98	0,21	45,99	1	45,99
8		AW 3	71,65	0,21	15,05	1	15,05
9		AW 4	232,36	0,21	48,80	1	48,80
10		AW 5				1	
11		AW 6				1	
12		AW 7				1	
13		AW 8				1	
14		AW 9				1	
15		AW 10				1	
16		AW 11				1	
17		AW 12				1	

18	Fenster, Fenstertüren (Orientierung: siehe Zeilen 73-78)	W 1	4,71	0,90	4,24	1	4,24
19		W 2	68,70	0,90	61,83	1	61,83
20		W 3	4,71	0,90	4,24	1	4,24
21		W 4	56,40	0,90	50,76	1	50,76
22		W 5				1	
23		W 6				1	
24	Dachflächenfenster (Orientierung: siehe Zeilen 79-82)	W 7				1	
25		W 8				1	
26		W 9				1	
27		W 10				1	
28	Haustür (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 99-100)	T 1	6,38	2,90	18,50	1	18,50
29		T 2				1	
30	Dach (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 101-108)	D 1	31,25	0,23	7,19	1	7,19
31		D 2	3,12	0,23	0,72	1	0,72
32		D 3				1	
33		D 4				1	
34		D 5				1	
35		D 6				1	
36		D 7				1	
37		D 8				1	
38	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K] - Fortsetzung						
39	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i \cdot A_i$ [W/K]	Temperatur- Korrektur- faktor F_{xi} [-]	$U_i \cdot A_i \cdot F_{xi}$ [W/K]
40	Oberste Geschoßdecke	D 9	292,23	0,23	67,21	0,8	53,77
41		D10				0,8	
42		D11				0,8	

43	Wände und Decken zu Abseiten (Drempel)	AbW 1				0,8		
44		AbW 2				0,8		
45		AbW 3				0,8		
46	Wände, Türen und Decken zu unbeheizten Räumen	AB 1	50,86	0,27	13,73	0,5	6,87	
47		AB 2	8,12	2,90	23,55	0,5	11,77	
48		AB 3				0,5		
49		AB 4				0,5		
50		AB 5				0,5		
51	Kellerdecke/-innenwand zum unbeheizten Keller, Fußboden auf Erdreich, Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich, aufgeständerter Fußboden	G 1	292,34	0,29	84,78	0,7	59,35	
52		G 2	46,62	0,20	9,32	0,7	6,53	
53		G 3	8,12	2,90	23,55	0,7	16,48	
54		G 4	7,81	0,28	2,19	0,6	1,31	
55		G 5	27,73	1,62	44,92	0,3	13,48	
56	Decken über Außenluft (Durchfahrten, Erker)	G 6				1		
57		G 7				1		
58	$\Sigma A_i = A =$		1503,74	Spezifischer Transmissionswärmeverlust		${}^3) [W/K] \Sigma U_i * A_i * F_{xi} =$		
59	Wärmebrückenkorrekturwert	pauschal - ohne Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$			
60		optimiert - mit Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$	0,050		
61		detailliert - gem. DIN EN ISO 10211-2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$			
Transmissionswärmeverlust:		$H_T = \Sigma (U_i * A_i * F_{xi}) + \Delta U_{WB} * A$						
		$H_T =$					${}^3) [W/K] H_T =$	
		441,90 + 0,050 * 1.503,74					517,09	
62	Transmissionswärmeverlust der Heizperiode: (Abweichung falls "Berechnung gem. ISO 13370")							
Bei der Berechnung des Wärmestroms über den unteren Gebäudeabschluss gem. DIN EN ISO 13370 kann kein Wert für die Heizperiode ausgegeben werden, da monatlich variierende Verluste vorliegen.								
Zur Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes $H_{T,v}$								
						$[W/K] H_T =$	517,09	

2.2 Lüftungswärmeverlust [W/K]						
63						
64	beheiztes Luftvolumen	kleine Gebäude ¹⁾	$V = 0,76 * V_e = 0,76 * 2.777,70$	[m ³] V =	2.111,05	
65		große Gebäude ²⁾	$V = 0,80 * V_e = 0,80 * \underline{\hspace{2cm}}$	[m ³] V =		
66	Luftwechselrate	ohne Dichtheitsprüfung			[h ⁻¹] n =	
67		mit Dichtheitsprüfung, Fensterlüftung und Zu-/Abluftanlagen			[h ⁻¹] n =	0,60
68		mit Dichtheitsprüfung, Abluftanlagen			[h ⁻¹] n =	
69	Lüftungswärmeverlust:	$H_v = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K}) * n * V$ $H_v = 0,34 * 0,60 * 2.111,05$ [W/K] H_v =			430,65	

¹⁾ kleine Gebäude: bis 3 Vollgeschosse; ²⁾ übrige Gebäude

³⁾ Bei Berechnung der Wärmeverluste über Erdreich mittels Monatswerten gem. DIN EN ISO 13370 sind die entsprechenden Transmissionswärmeverluste in dieser Summe nicht enthalten.

3. Wärmegewinne							
3.1 Solare Wärmegewinne transparenter Bauteile Q _{s,t} [kWh/a]							
70							
71							
72	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A _i [m ²]	Gesamtenergiedurchlaßgrad g _i [-]	Ver-schattung ⁴⁾ F _S ≤ 0,9 [-]	Minderung Rahmen ⁵⁾ F _F [-]	Strahlungsintensität I _{s,i,M} [W/m ²]
73	Nord - 90°	W 1	4,71	0,36	0,9	0,7	Monatswerte werden nicht dargestellt
74	Ost/West - 90°	W 2	68,70	0,36	0,9	0,7	
75	Süd - 90°	W 3	4,71	0,36	0,9	0,7	
76	Ost/West - 90°	W 4	56,40	0,36	0,9	0,7	
77		W 5			0,9	0,7	
78		W 6			0,9	0,7	
79		W 7			0,9	0,7	
80		W 8			0,9	0,7	
81		W 9			0,9	0,7	
82		W 10			0,9	0,7	
83	Solare Wärmegewinne	$\Phi_{s,t,M} = \sum (A_i * g_i * F_{S,i} * F_C * F_W * F_F * I_{s,i,M})$				[W] Φ_{s,t,M} =	Monatswerte
84	über transparente Bauteile:	$Q_{s,t,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,t,Mi} * t_M)$				[kWh/Monat] Q_{s,t,M} =	Monatswerte

3.2 Solare Wärmegewinne opaker Bauteile $Q_{s,o}$ [kWh/a]								
85								
86	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Strahlungsabsorptionsgrad ⁶⁾ α_i [-]	übrige Parameter		Strahlungsintensität $I_{s,i,M}$ [W/m ²]	
					$U_i * R_e$ [-]	$F_{f,i} * h * \Delta\theta_{er}$ [W/m ²]		
87	Nord - 90°	AW 1	71,65	0,50	0,008	20	Monatswerte werden nicht dargestellt	
88	Ost/West - 90°	AW 2	218,98	0,50	0,008	20		
89	Süd - 90°	AW 3	71,65	0,50	0,008	20		
90	Ost/West - 90°	AW 4	232,36	0,50	0,008	20		
91		AW 5		0,50				
92		AW 6		0,50				
93		AW 7		0,50				
94		AW 8		0,50				
95		AW 9		0,50				
96		AW 10		0,50				
97		AW 11		0,50				
98		AW 12		0,50				
99	Ost/West - 90°	T 1	6,38	0,50	0,116	20		
100		T 2		0,50				
101	Ost/West - 30°	D 1	31,25	0,80	0,009	40		
102	Ost/West - 30°	D 2	3,12	0,80	0,009	40		
103		D 3		0,80				
104		D 4		0,80				
105		D 5		0,80				
106		D 6		0,80				
107		D 7		0,80				
108		D 8		0,80				
109	Solare Wärmegewinne über opake Bauteile:	$\Phi_{s,o,M} = \sum (U_i * A_i * R_e * (\alpha_i * I_{s,i,M} - F_{f,i} * h * \Delta\theta_{er}))$				[W]	$\Phi_{s,o,M} =$	Monatswerte
110		$Q_{s,o,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,o,Mi} * t_M)$				[kWh/Monat]	$Q_{s,o,M} =$	Monatswerte

111	3.3 Interne Wärmegewinne Q_i [kWh/a]			
112	Interne Wärmegewinne:	$Q_{i,M} = 0,024 * q_i * A_N * t_M = 0,024 * 5 \text{ W/m}^2 * A_N * t_M$	[kWh/Monat] $Q_{i,M} =$	Monatswerte
⁴⁾ $F_S = 0,9$ für übliche Anwendungsfälle; abweichende Werte soweit mit baulichen Bedingungen Verschattung vorliegt. ⁵⁾ Minderungsfaktor infolge Rahmenanteil $F_F = 0,7$, sofern keine genaueren Werte bekannt sind. Weitere Größen $F_C = 1$ und $F_W = 0,9$ gem. EnEV. ⁶⁾ Stalungsabsorptionsgrad $\alpha = 0,5$; für dunkle Dächer kann abweichend $\alpha = 0,8$ angenommen werden.				
113	4. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit [Wh/K]			
114	wirksame	leichte Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 15 * V_e = 15 * \underline{\hspace{2cm}}$	$C_{\text{wirk},\eta} =$
115	Wärmespeicherfähigkeit	schwere Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 50 * V_e = 50 * 2.777,70$	$C_{\text{wirk},\eta} = 138.885$
116	für Ausnutzungsgrad:	detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert [Wh/(m³K)]		$C_{\text{wirk},\eta} / V_e =$
117	wirksame	leichte Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk,NA}} = 12 * V_e = 12 * \underline{\hspace{2cm}}$	$C_{\text{wirk,NA}} =$
118	Wärmespeicherfähigkeit	schwere Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk,NA}} = 18 * V_e = 18 * 2.777,70$	$C_{\text{wirk,NA}} = 49.999$
119	bei Nachtabschaltung:	detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert [Wh/(m³K)]		$C_{\text{wirk,NA}} / V_e =$
120	5. Jahres-Heizwärmebedarf [kWh/a]			
121	Wärmeverlust ohne Nachtabschaltung: ⁸⁾	$Q_{i,M} = 0,024 * (H_T + H_V) * (19 \text{ °C} - \vartheta_{e,M}) * t_M$	[kWh/M.] $Q_{i,M} =$	Monatswerte
122	Wärmeverlust bei 7 h Nachtabschaltung:	gemäß DIN V 4108-6 Anhang C	[kWh/M.] $Q_{i,M} =$	
123	Wärmegewinn-/verlustverhältnis:	$\gamma_M = (Q_{s,t,M} + Q_{i,M}) / (Q_{i,M} - Q_{s,o,M})$	[-] $\gamma_M =$	
124	Ausnutzungsgrad Wärmegewinne:	$\eta_M = (1 - \gamma_M^a) / (1 - \gamma_M^{a+1})$	[-] $\eta_M =$	
125	Jahres-Heizwärmebedarf:	$Q_{h,M} = Q_{i,M} - Q_{s,o,M} - \eta_M * (Q_{s,t,M} + Q_{i,M})$	$Q_{h,M} =$	
126		$Q_h = \sum (Q_{h,M})_{\text{pos.}}$	[kWh/a] $Q_h = 40.967,93$	
127	Flächenbezogener Jahres-Heizwärmebedarf: ⁹⁾	$Q_h'' = Q_h / A_N$ $Q_h'' = 40.967,93 / 888,86$	[kWh/(m²a)] $Q_h'' =$	46,09
128	6. Spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust [W/(m²K)]			
129	vorhandener spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust: $H_{T',\text{vorh}} = H_T / A = 517,09 / 1.503,74$			[W/(m²K)] $H_{T',\text{vorh}} =$
				0,34
130	zulässiger spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:			
	$H_{T',\text{max}} = 0,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	freistehendes EFH mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$		
	$H_{T',\text{max}} = 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	freistehendes EFH mit $A_N > 350 \text{ m}^2$		
	$H_{T',\text{max}} = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	einseitig angebautes Wohngebäude		
	$H_{T',\text{max}} = 0,65 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Alle anderen Wohngebäude	[W/(m²K)] $H_{T',\text{max}} =$	0,50
131	$H_{T',\text{vorh}} = \mathbf{0,34} \text{ W/(m}^2\text{K)} \leq \mathbf{0,50} \text{ W/(m}^2\text{K)} = H_{T',\text{max}}$			

Jahres-Heizwärmebedarfsberechnung, Gebäude J - Niedrigenergiestandard							
Objekt: Mehrfamilienhaus Wacholderweg 3							
1	1. Gebäudedaten						
	Volumen (Außenmaß) [m ³]	$V_e =$	1.238,89	$f_G = 0,32$ wenn $2,5 < h_G < 3$ sonst $= 1/h_G - 0,04 \text{ m}^{-1}$			
	Geschoßdeckenhöhe [m]	$h_G =$	2,75	$f_G =$	0,32		
2	Nutzfläche [m ²]	$A_N = f_G \cdot V_e$	$= 0,32 \cdot 1.238,89$	$=$	396,4		
	Anzahl Wohneinheiten [-]	$n_{WE} =$ Gebäude mit mehr als 2 Wohneinheiten					
3	2. Wärmeverlust						
4	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K]						
5	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurchgangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i \cdot A_i$ [W/K]	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} [-]	
						$U_i \cdot A_i \cdot F_{xi}$ [W/K]	
6	Außenwand (Orientierung: siehe Zeilen 87-98)	AW 1	76,57	0,14	10,72	1	10,72
7		AW 2	62,48	0,14	8,75	1	8,75
8		AW 3	78,62	0,14	11,01	1	11,01
9		AW 4	62,48	0,14	8,75	1	8,75
10		AW 5	5,76	0,31	1,79	1	1,79
11		AW 6	6,90	0,31	2,14	1	2,14
12		AW 7	7,47	0,31	2,32	1	2,32
13		AW 8	6,90	0,31	2,14	1	2,14
14		AW 9				1	
15		AW 10				1	
16		AW 11				1	
17		AW 12				1	

18	Fenster, Fenstertüren (Orientierung: siehe Zeilen 73-78)	W 1	22,92	0,90	20,63	1	20,63
19		W 2	5,20	0,90	4,68	1	4,68
20		W 3	24,12	0,90	21,71	1	21,71
21		W 4	5,20	0,90	4,68	1	4,68
22		W 5				1	
23		W 6				1	
24	Dachflächenfenster (Orientierung: siehe Zeilen 79-82)	W 7				1	
25		W 8				1	
26		W 9				1	
27		W 10				1	
28	Haustür (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 99-100)	T 1	4,18	2,90	12,12	1	12,12
29		T 2				1	
30	Dach (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 101-108)	D 1	112,78	0,31	34,96	1	34,96
31		D 2	112,78	0,31	34,96	1	34,96
32		D 3				1	
33		D 4				1	
34		D 5				1	
35		D 6				1	
36		D 7				1	
37		D 8				1	
38	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K] - Fortsetzung						
39	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i \cdot A_i$ [W/K]	Temperatur- Korrektur- faktor F_{xi} [-]	$U_i \cdot A_i \cdot F_{xi}$ [W/K]
40	Oberste Geschoßdecke	D 9				0,8	
41		D10				0,8	
42		D11				0,8	

43	Wände und Decken zu Abseiten (Drempel)	AbW 1				0,8	
44		AbW 2				0,8	
45		AbW 3				0,8	
46	Wände, Türen und Decken zu unbeheizten Räumen	AB 1				0,5	
47		AB 2				0,5	
48		AB 3				0,5	
49		AB 4				0,5	
50		AB 5				0,5	
51	Kellerdecke/-innenwand zum unbeheizten Keller, Fußboden auf Erdreich, Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich, aufgeständerter Fußboden	G 1	134,94	0,30	40,48	0,7	28,34
52		G 2	18,92	0,18	3,41	0,45	1,53
53		G 3	6,37	2,90	18,47	0,4	7,39
54		G 4	3,88	0,27	1,05	0,7	0,73
55		G 5	12,54	1,55	19,44	0,7	13,61
56	Decken über Außenluft (Durchfahrten, Erker)	G 6				1	
57		G 7				1	
58	$\Sigma A_i = A =$		771,01	Spezifischer Transmissionswärmeverlust		${}^3) [W/K] \Sigma U_i * A_i * F_{xi} =$ 232,94	
59	Wärmebrückenkorrekturwert	pauschal - ohne Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		
60		optimiert - mit Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$	0,050	
61		detailliert - gem. DIN EN ISO 10211-2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		
62	Transmissionswärmeverlust:		$H_T = \Sigma (U_i * A_i * F_{xi}) + \Delta U_{WB} * A$				
			$H_T = 232,94 + 0,050 * 771,01$				${}^3) [W/K] H_T = 271,49$
Transmissionswärmeverlust der Heizperiode: (Abweichung falls "Berechnung gem. ISO 13370")							
Bei der Berechnung des Wärmestroms über den unteren Gebäudeabschluss gem. DIN EN ISO 13370 kann kein Wert für die Heizperiode ausgegeben werden, da monatlich variierende Verluste vorliegen. Zur Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes $H_{T,v}$							$[W/K] H_T = 271,49$

2.2 Lüftungswärmeverlust [W/K]							
63							
64	beheiztes Luftvolumen	kleine Gebäude ¹⁾	$V = 0,76 * V_e = 0,76 * 1.238,89$	[m ³]	$V =$	941,56	
65		große Gebäude ²⁾	$V = 0,80 * V_e = 0,80 * \underline{\hspace{2cm}}$	[m ³]	$V =$		
66	Luftwechselrate	ohne Dichtheitsprüfung			[h ⁻¹]	$n =$	
67		mit Dichtheitsprüfung, Fensterlüftung und Zu-/Abluftanlagen			[h ⁻¹]	$n =$	0,60
68		mit Dichtheitsprüfung, Abluftanlagen			[h ⁻¹]	$n =$	
69	Lüftungswärmeverlust:	$H_v = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K}) * n * V$ $H_v = 0,34 * 0,60 * 941,56$ [W/K]				$H_v =$	192,08

¹⁾ kleine Gebäude: bis 3 Vollgeschosse; ²⁾ übrige Gebäude

³⁾ Bei Berechnung der Wärmeverluste über Erdreich mittels Monatswerten gem. DIN EN ISO 13370 sind die entsprechenden Transmissionswärmeverluste in dieser Summe nicht enthalten.

3. Wärmegewinne								
3.1 Solare Wärmegewinne transparenter Bauteile Q _{s,t} [kWh/a]								
72	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A _i [m ²]	Gesamtenergiedurchlaßgrad g _i [-]	Ver-schattung ⁴⁾ F _S ≤ 0,9 [-]	Minderung Rahmen ⁵⁾ F _F [-]	Strahlungsintensität I _{s,i,M} [W/m ²]	
73	Nord - 90°	W 1	22,92	0,36	0,9	0,7	Monatswerte werden nicht dargestellt	
74	Ost/West - 90°	W 2	5,20	0,36	0,9	0,7		
75	Süd - 90°	W 3	24,12	0,36	0,9	0,7		
76	Ost/West - 90°	W 4	5,20	0,36	0,9	0,7		
77		W 5						
78		W 6						
79		W 7						
80		W 8						
81		W 9						
82		W 10						
83	Solare Wärmegewinne	$\Phi_{s,t,M} = \sum (A_i * g_i * F_{S,i} * F_C * F_W * F_F * I_{s,i,M})$				[W]	$\Phi_{s,t,M} =$	Monatswerte
84	über transparente Bauteile:	$Q_{s,t,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,t,Mi} * t_M)$				[kWh/Monat]	$Q_{s,t,M} =$	Monatswerte

3.2 Solare Wärmegewinne opaker Bauteile $Q_{s,o}$ [kWh/a]								
85								
86	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Strahlungsabsorptionsgrad ⁶⁾ α_i [-]	übrige Parameter		Strahlungsintensität $I_{s,i,M}$ [W/m ²]	
					$U_i * R_e$ [-]	$F_{f,i} * h * \Delta\theta_{er}$ [W/m ²]		
87	Nord - 90°	AW 1	76,57	0,40	0,006	20	Monatswerte werden nicht dargestellt	
88	Ost/West - 90°	AW 2	62,48	0,40	0,006	20		
89	Süd - 90°	AW 3	78,62	0,40	0,006	20		
90	Ost/West - 90°	AW 4	62,48	0,40	0,006	20		
91	Nord - 90°	AW 5	5,76	0,50	0,012	20		
92	Ost/West - 90°	AW 6	6,9	0,50	0,012	20		
93	Süd - 90°	AW 7	7,47	0,50	0,012	20		
94	Ost/West - 90°	AW 8	6,9	0,50	0,012	20		
95		AW 9						
96		AW 10						
97		AW 11						
98		AW 12						
99	Nord - 90°	T 1	4,18	0,50	0,116	20		
100		T 2						
101	Nord - 45°	D 1	112,78	0,80	0,012	40		
102	Süd - 45°	D 2	112,78	0,80	0,012	40		
103		D 3						
104		D 4						
105		D 5						
106		D 6						
107		D 7						
108		D 8						
109	Solare Wärmegewinne	$\Phi_{s,o,M} = \sum (U_i * A_i * R_e * (\alpha_i * I_{s,i,M} - F_{f,i} * h * \Delta\theta_{er}))$				[W]	$\Phi_{s,o,M} =$	Monatswerte
110	über opake Bauteile:	$Q_{s,o,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,o,Mi} * t_M)$				[kWh/Monat]	$Q_{s,o,M} =$	Monatswerte

111		3.3 Interne Wärmegewinne Q_i [kWh/a]		
112	Interne Wärmegewinne:	$Q_{i,M} = 0,024 * q_i * A_N * t_M = 0,024 * 5 \text{ W/m}^2 * A_N * t_M$	[kWh/Monat] $Q_{i,M} =$	Monatswerte
⁴⁾ $F_S = 0,9$ für übliche Anwendungsfälle; abweichende Werte soweit mit baulichen Bedingungen Verschattung vorliegt. ⁵⁾ Minderungsfaktor infolge Rahmenanteil $F_F = 0,7$, sofern keine genaueren Werte bekannt sind. Weitere Größen $F_C = 1$ und $F_W = 0,9$ gem. EnEV. ⁶⁾ Stahlsabsorptionsgrad $\alpha = 0,5$; für dunkle Dächer kann abweichend $\alpha = 0,8$ angenommen werden.				
113		4. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit [Wh/K]		
114	wirksame	leichte Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 15 * V_e = 15 * \underline{\hspace{2cm}}$	$C_{\text{wirk},\eta} =$
115	Wärmespeicherfähigkeit	schwere Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 50 * V_e = 50 * 1.238,89$	$C_{\text{wirk},\eta} = 61.945$
116	für Ausnutzungsgrad:	detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert [Wh/(m³K)]		$C_{\text{wirk},\eta} / V_e =$
117	wirksame	leichte Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},NA} = 12 * V_e = 12 * \underline{\hspace{2cm}}$	$C_{\text{wirk},NA} =$
118	Wärmespeicherfähigkeit	schwere Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},NA} = 18 * V_e = 18 * 1.238,89$	$C_{\text{wirk},NA} = 22.300$
119	bei Nachtabschaltung:	detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert [Wh/(m³K)]		$C_{\text{wirk},NA} / V_e =$
120		5. Jahres-Heizwärmebedarf [kWh/a]		
121	Wärmeverlust ohne Nachtabschaltung: ⁸⁾	$Q_{i,M} = 0,024 * (H_T + H_V) * (19 \text{ °C} - \vartheta_{e,M}) * t_M$	[kWh/M.] $Q_{i,M} =$	Monatswerte
122	Wärmeverlust bei 7 h Nachtabschaltung:	gemäß DIN V 4108-6 Anhang C	[kWh/M.] $Q_{i,M} =$	
123	Wärmegewinn-/verlustverhältnis:	$\gamma_M = (Q_{s,t,M} + Q_{i,M}) / (Q_{i,M} - Q_{s,o,M})$	[-] $\gamma_M =$	
124	Ausnutzungsgrad Wärmegewinne:	$\eta_M = (1 - \gamma_M^a) / (1 - \gamma_M^{a+1})$	[-] $\eta_M =$	
125	Jahres-Heizwärmebedarf:	$Q_{h,M} = Q_{i,M} - Q_{s,o,M} - \eta_M * (Q_{s,t,M} + Q_{i,M})$	$Q_{h,M} =$	
126		$Q_h = \sum (Q_{h,M})_{\text{pos}}$	[kWh/a] $Q_h =$	21.052,30
127	Flächenbezogener Jahres-Heizwärmebedarf: ⁹⁾	$Q_h'' = Q_h / A_N$ $Q_h'' = 21.052,30 / 396,44$	[kWh/(m²a)] $Q_h'' =$	53,10
128		6. Spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust [W/(m²K)]		
129	vorhandener spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:	$H_{T',\text{vorh}} = H_T / A = 271,49 / 771,01$	[W/(m²K)] $H_{T',\text{vorh}} =$	0,35
130	zulässiger spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:	$H_{T',\text{max}} = 0,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ freistehendes EFH mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$ $H_{T',\text{max}} = 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ freistehendes EFH mit $A_N > 350 \text{ m}^2$ $H_{T',\text{max}} = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ einseitig angebautes Wohngebäude $H_{T',\text{max}} = 0,65 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Alle anderen Wohngebäude	[W/(m²K)] $H_{T',\text{max}} =$	0,50
131		$H_{T',\text{vorh}} = 0,35$	W/(m²K) $\leq 0,50$	W/(m²K) = $H_{T',\text{max}}$



Pilkington **Optitherm™ S1**

Glasprodukt	Lichtwerte [%]			Energie [%]					U _f -Wert [W/m ² K]	R _e -Wert	UV-Durchlässigkeit [%]
	Transmission	Reflexion außen	Reflexion innen	Transmission	Reflexion	Absorption	Gesamtenenergie-durchlässigkeit				
Isolierglaseinheit (4 mm Pilkington Optifloat™ klar außen, Scheibenzwischenraum von 16 mm)											
4 mm Pilkington Optitherm™ S1	70	21	23	43	38	19	48	1,0	96	29	
Dreifachisolierglas (4 mm Pilkington Optifloat™ klar mittlere Scheibe, Pilkington Optitherm™ S1 innen und außen, Scheibenzwischenraum 2 x 12 mm)											
4 mm Pilkington Optitherm™ S1	56	31	31	30	46	24	36	0,7	95	17	

Die in dieser Tabelle angegebenen Werte beruhen auf europäischen Normen, d. h. insbesondere auf DIN EN 410 und DIN EN 673. Es wurde ein Argon-Gasfüllgrad von 90% angenommen.

Dieses neue Wärmedämmglas senkt die Heizkosten und vermeidet Energieverluste. Zusätzlich steigert es den Wohnkomfort, indem es die Zugluft im Fensterbereich verringert, damit sich die Wärme gleichmäßig im Raum verteilen kann.

Produktvorteile

- Pilkington **Optitherm™ S1** hilft Ihnen dabei, Ihre Heizkosten zu senken, und es hilft aktiv, Ihr Wohlbefinden zu steigern
- Bessere Nutzung des Wohnraums durch Vermeidung von Zugluft in den Fensterbereichen
- Klimaschutz durch Reduzierung der CO₂-Emissionen
- Pilkington **Optitherm™ S1** – das neue Wärmedämmglas für „echte“ 1,0er-Isoliergläser nach EN-Berechnungsformel
- Vielfalt in Fertigung, Anwendung und Kombination durch umfassendes Lieferprogramm und eine breite Produktpalette von Pilkington
- Kombinierbar mit weiteren Funktionsgläsern wie z. B. Pilkington **Optilam™** und Pilkington **Optiphon™**



Mit dem CE-Kennzeichen bestätigt der Hersteller, dass die Produkte gemäß den harmonisierten europäischen Normen gefertigt wurden. Das CE-Kennzeichen für jedes Produkt, inklusive technischer Daten, ist im Internet unter www.pilkington.com/CE hinterlegt.

Pilkington **Optitherm™ S1**

Wärmedämmung auf dem neuesten Stand

Das Energieeinsparen wird immer bedeutender und ist ein viel diskutiertes Thema in dieser Zeit. Das neue Pilkington **Optitherm™ S1** zeichnet sich durch eine optimierte Wärmedämmbeschichtung mit einem U_f-Wert von 1,0 W/m²K aus und unterstützt damit die Energieeinsparungen. Das schont die Umwelt, da der CO₂-Ausstoß wesentlich vermindert wird, und zusätzlich den Geldbeutel durch eine deutliche Reduktion der Energiekosten.



PILKINGTON
NSG Group Flat Glass Business



PILKINGTON
NSG Group Flat Glass Business

Pilkington Deutschland AG
Hegestraße 45966 Gladbeck
Infoline + 49 (0)180 30 20 100 Telefax +49 (0)2043 4 05 56 66
E-Mail: info@pilkington.de
www.pilkington.com

Gebäude E, Lärchenweg 14/16

Erdgeschosswohnung

Daten Gebäude

Gebäudetyp	Mehrfamilienwohnhaus
Anzahl Geschosse	3
Gebäudehöhe	12,65 m
Windgebiet	windstark gemäß Tab.H.1 Anhang H (Wolfenbüttel)
Wärmeschutz	hoher Wärmeschutz (saniert, Niedrigenergiestandard)
Gebäudedichtheit	Kategorie A (Vorgabewert in Abhängigkeit von Lüftungskonzept)

Betrachtete Nutzungseinheit

Beheizte Wohnfläche	61,34 m ²
Mittlere Raumhöhe	2,50 m
Luftvolumen Nutzungseinheit	153,35 m ³
Gelüftete Wohnflächen	61,34 m ²
Gelüftetes Luftvolumen	153,35 m ³
Fensterlose Räume	nein
Installationsschacht	ja
Raumluftabhängige Feuerstätte	nein
Geschosse	eingeschossig
Höhe Nutzungseinheit	0 bis 15 m über Geländeoberkante (Standard)
Lage	normal (Tab.I.4 Anhang I, 23,2m/12,65m=1,8)

ROHRE, RUNDE FORMTEILE OHNE DICHTUNGEN, ZUBEHÖR



WICKELFALZROHRE									
D1	Blech 0,5 mm Preis €/l/m	Gewicht kg/l/m	Blech 0,6 mm Preis €/l/m	Gewicht kg/l/m	Blech 0,8 mm Preis €/l/m	Gewicht kg/l/m	Blech 1,0 mm Preis €/l/m	Gewicht kg/l/m	Fläche m ² /l/m
80	2,82	1,12							0,25
100	3,46	1,41	4,14	1,69					0,31
125	4,39	1,76	5,18	2,11					0,39
140	4,86	1,97	5,77	2,36					0,44
150	5,33	2,11	6,25	2,53					0,47
160	5,77	2,25	6,58	2,70					0,50
180	6,51	2,53	7,43	3,04					0,57
200	7,21	2,81	8,23	3,38	11,02	4,50			0,63
224	8,09	3,10	9,23	3,78	12,27	5,04			0,70
250	8,77	3,85	10,24	4,22	13,76	5,63			0,79
280			11,54	4,73	15,40	6,30			0,88
300			12,31	5,07	16,48	6,75			0,94
315			12,95	5,32	17,31	7,09			0,99
355			14,59	5,99	19,50	7,99			1,12
400			16,40	6,75	21,96	9,01	24,84	11,26	1,26
450					25,48	10,13	27,81	12,66	1,41
500					28,28	11,26	30,83	14,07	1,57
560					31,10	12,61	34,53	15,76	1,76
600					32,94	13,51	36,97	16,87	1,88
630					34,58	14,18	38,85	17,73	1,98
710					39,36	15,99	43,78	19,98	2,23
800					44,19	18,01	49,34	22,55	2,51
900							63,71	25,33	2,83
1000							72,10	28,14	3,14
1120							79,98	31,52	3,57
1250							90,97	35,18	3,93

Bestelltext Beispiel: **WFR-(Blechstärke)-D1**

A1 Ausführung in A1: Faktor 2

V2A Ausführung in V2A: Faktor 4

V4A Ausführung in V4A: Faktor 7

Festlegung der Außenluftvolumenströme (DIN 1946-6 Nr. 6.1)**Lüftung zum Feuchteschutz**

$$q_{v,ges,FL} = (q_{v,ges,NL} / q_{v,ges,NE,NL}) * q_{v,ges,NE,FL}$$

$$q_{v,ges,NE,FL} = 0,3 * q_{v,ges,NE,NL} = 0,3 * 86,8 \text{ m}^3/\text{h} = 26,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,ges,FL} = (90 \text{ m}^3/\text{h} / 86,8 \text{ m}^3/\text{h}) * 26,0 \text{ m}^3/\text{h} = 27,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$n_{v,ges,FI} = 27,0 \text{ (m}^3/\text{h)} / 153,35 \text{ m}^3 = 0,2 \text{ h}^{-1}$$

Reduzierte Lüftung

$$q_{v,ges,RL} = (q_{v,ges,NL} / q_{v,ges,NE,NL}) * q_{v,ges,NE,RL}$$

$$q_{v,ges,NE,RL} = 0,7 * q_{v,ges,NE,NL} = 0,7 * 86,8 \text{ m}^3/\text{h} = 60,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,ges,RL} = (90 \text{ m}^3/\text{h} / 86,8 \text{ m}^3/\text{h}) * 60,8 \text{ m}^3/\text{h} = 63,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$n_{v,ges,RL} = 63,0 \text{ (m}^3/\text{h)} / 153,35 \text{ m}^3 = 0,4 \text{ h}^{-1}$$

Nennlüftung

$$q_{v,ges,NL} = \max(q_{v,ges,NE,NL}; \sum_{Rab} q_{v,ges,R,ab,NL})$$

$$q_{v,ges,NE,NL} = -0,001 * A_{NE}^2 + 1,15 * A_{NE} + 20$$

$$= [-0,001 * 61,34^2 + 1,15 * 61,34 + 20] \text{ m}^3/(\text{h} * \text{NE}) = 86,8 \text{ m}^3/(\text{h} * \text{NE})$$

$$q_{v,ges,NL} = [45 + 45] \text{ m}^3/(\text{h} *) = 90 \text{ m}^3/\text{h} \text{ nach Tab.7 (Summe Küche und Bad)}$$

$$n_{v,ges,NL} = 90,00 \text{ (m}^3/\text{h)} / 153,35 \text{ m}^3 = 0,6 \text{ h}^{-1}$$

Intensivlüftung

$$q_{v,ges,IL} = (q_{v,ges,NL} / q_{v,ges,NE,NL}) * q_{v,ges,NE,IL}$$

$$q_{v,ges,NE,IL} = 1,3 * q_{v,ges,NE,NL} = 1,3 * 86,8 \text{ m}^3/\text{h} = 112,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,ges,IL} = (90 \text{ m}^3/\text{h} / 86,8 \text{ m}^3/\text{h}) * 112,8 \text{ m}^3/\text{h} = 117,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$n_{v,ges,NL} = 117,0 \text{ (m}^3/\text{h)} / 153,35 \text{ m}^3 = 0,8 \text{ h}^{-1}$$

Außenluftvolumenstrom durch Infiltration (DIN 1946-6 Nr. 6.2)

$$q_{v,Inf,wirk} = f_{wirk,Komp} * V_{NE} * n_{50} * [(f_{wirk,Lage} * \Delta p) / 50]^n$$

mit

 $f_{wirk,Komp}$

Korrekturfaktor für den wirksamen Infiltrationsluftanteil bei einer Lüftungskomponente

 V_{NE} Luftvolumenstrom der Nutzungseinheiten in m^3 n_{50} Vorgabewert $n_{50,Ausl}$ Tabelle 9 Δp

Auslegungs-Differenzdruck in Pa

 $f_{wirk,Lage}$

Korrekturfaktor für den wirksamen Infiltrationsluftanteil in

Abhängigkeit von der Gebäudelage

 n

Druckexponent

$$q_{v,Inf,wirk} = 0,45 * 153,35 \text{ m}^3 * 1,0 \text{ h}^{-1} * [(1,0 * 4,0 \text{ Pa}) / 50]^{2/3} = 12,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

Außenluftvolumenstrom durch Lüftungstechnische Maßnahmen für Nutzungseinheiten (DIN 1946-6 Nr. 8.1.2)

$$q_{v,LtM,vg} = q_{v,ges} - (q_{v,Inf,wirk} + q_{v,Fe,wirk})$$

Reduzierte Lüftung

$$q_{v,LtM,RL} = q_{v,ges,RL} - q_{v,Inf,wirk}$$

$$q_{v,LtM,RL} = 63,0 \text{ m}^3/\text{h} - 12,8 \text{ m}^3/\text{h} = 50,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$n_{v,LtM,RL} = 50,2 \text{ (m}^3/\text{h)} / 153,35 \text{ m}^3 = 0,3 \text{ h}^{-1}$$

Nennlüftung

$$q_{v,LtM,NL} = q_{v,ges,NL} - q_{v,Inf,wirk}$$

$$q_{v,LtM,NL} = 90,0 \text{ m}^3/\text{h} - 12,8 \text{ m}^3/\text{h} = 77,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$n_{v,LtM,NL} = 77,2 \text{ (m}^3/\text{h)} / 153,35 \text{ m}^3 = 0,5 \text{ h}^{-1}$$

Intensivlüftung

$$q_{v,LtM,IL} = q_{v,ges,IL} - q_{v,Inf,wirk}$$

$$q_{v,LtM,IL} = 117,0 \text{ m}^3/\text{h} - 12,8 \text{ m}^3/\text{h} = 104,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$n_{v,LtM,IL} = 104,2 \text{ (m}^3/\text{h)} / 153,35 \text{ m}^3 = 0,7 \text{ h}^{-1}$$

Aufteilung der Luftvolumenströme auf Räume bei ventilatorgestützter Lüftung - Lüftungssysteme für Nutzungseinheiten (DIN 1946-6 Nr. 8.1.5.2)

Abluft-Raum:

Abluftvolumenstrom durch lüftungstechnische Maßnahmen für den

Abluft-Raum

$$q_{v,LtM,R,ab} = (q_{v,ges,R,ab,NL} / \sum_{Rab} q_{v,ges,R,ab,NL}) * q_{v,LtM,vg,NL}$$

mit

$q_{v,ges,R,ab,NL}$ Abluftvolumenstrom für den Abluft-Raum bei Nennlüftung

$q_{v,LtM,vg,NL}$ Abluftvolumenstrom durch lüftungstechnische Maßnahmen für die Nutzungseinheit bei Nennlüftung

1 Küche

$$q_{v,LtM,R1,ab} = (45 \text{ m}^3/\text{h} / 90 \text{ m}^3/\text{h}) * 77,2 \text{ m}^3/\text{h} = 38,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

2 Bad

$$q_{v,LtM,R2,ab} = (45 \text{ m}^3/\text{h} / 90 \text{ m}^3/\text{h}) * 77,2 \text{ m}^3/\text{h} = 38,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Zuluft-Raum:

Zuluftvolumenstrom durch lüftungstechnische Maßnahmen für den

Zuluft-Raum

$$q_{v,LtM,R,zu} = (f_{R,zu} / \sum_{R,zu} f_{R,zu}) * q_{v,LtM,vg,NL}$$

mit

$f_{R,zu}$ Faktor zur Aufteilung der Zuluftvolumenströme

$q_{v,LtM,vg,NL}$ Zuluftvolumenstrom durch lüftungstechnische Maßnahmen für die Nutzungseinheit bei Nennlüftung

3 Wohnzimmer

$$q_{v,LtM,R3,zu} = (3 / 7) * 77,2 \text{ m}^3/\text{h} = 33,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

4 Schlafzimmer

$$q_{v,LtM,R4,zu} = (2 / 7) * 77,2 \text{ m}^3/\text{h} = 22,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

5 Kinderzimmer

$$q_{v,LtM,R5,zu} = (2 / 7) * 77,2 \text{ m}^3/\text{h} = 22,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Projekt-Nr. / Bezeichnung:		Datum:	Seite 1
DATEN GEBÄUDE / NUTZUNGSEINHEIT			
Gebäude		Nutzungseinheit	
Höhe und Lage		Geometrie	
Anzahl Geschosse	3	beheizte Wohnfläche A_{GE}	= 61,34 m ²
Gebäudehöhe	12,65 m	mittlere Raumhöhe h_{VE}	= 2,50 m
Windgebiet	<input type="checkbox"/> windschwach <input checked="" type="checkbox"/> windstark	Luftvolumen V_{VE}	= 153,35 m ³
Wärmeschutz		gelüftete Wohnfläche A_L	
<input checked="" type="checkbox"/> hoch (Neubau / Modernisierung mind. WSchV 1995)		= 61,34 m ²	
<input type="checkbox"/> niedrig (Gebäudebestand vor 1995)		gelüftetes Luftvolumen V_L	
		= 153,35 m ³	
Luftdichtheit der Gebäudehülle		fensterlose Räume	
<input type="checkbox"/> Messwert (Luftdichtheits-Messung)		<input type="checkbox"/> ja	
Luftwechsel bei 50 Pa n_{50}		<input type="checkbox"/> Bemessung nur nach DIN 18017-3	
Druckexponent n		<input type="checkbox"/> Bemessung zusätzlich nach DIN 1948-6	
<input checked="" type="checkbox"/> Vorgabewert (mit Druckexponent $n = 2/3$)		<input checked="" type="checkbox"/> nein	
<input checked="" type="checkbox"/> Kategorie A mit $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$ (für ventilatorgestützte Lüftung)		Randbedingungen Lüftung	
<input type="checkbox"/> Kategorie B mit $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$ (für freie Lüftung im Neubau und bei Modernisierung in eingeschossigen Nutzungseinheiten)		Installations-schacht <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
<input type="checkbox"/> Kategorie C mit $n_{50} = 2,0 \text{ h}^{-1}$ (für freie Lüftung bei Modernisierung in mehrgeschossigen Nutzungseinheiten)		Raumluftabhängige Feuerstätte <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
		Höhe und Lage	
		<input checked="" type="checkbox"/> mehrgeschossig <input type="checkbox"/> eingeschossig	
		Höhe Nutzungseinheit (für Korrekturfaktoren ϵ_1 und ϵ_2):	
		<input checked="" type="checkbox"/> 0 bis 15 m über Geländeoberkante (Standard)	
		<input type="checkbox"/> 15 bis 50 m über Geländeoberkante (informativ)	
		<input type="checkbox"/> > 50 m über Geländeoberkante (informativ)	
		Lage <input type="checkbox"/> offen <input checked="" type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> geschützt	
		(informativ) (Standard) (informativ)	
		Für Höhe und Lage der Nutzungseinheit Abweichungen von Standardwerten nach informativen Anhang I möglich.	
NOTWENDIGKEIT LÜFTUNGSTECHNISCHE MASSNAHMEN			
Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz:		$q_{v,FEUCHTESCHUTZ} = 26,0 \text{ m}^3/\text{h}$	
Luftvolumenstrom durch Infiltration im Ausgangszustand:		$q_{v,INSTR} = 21,4 \text{ m}^3/\text{h}$	
Lüftungstechnische Maßnahmen erforderlich ?		<input checked="" type="checkbox"/> ja ($q_{v,FEUCHTESCHUTZ} > q_{v,INSTR}$) <input type="checkbox"/> nein ($q_{v,FEUCHTESCHUTZ} \leq q_{v,INSTR}$)	
FESTLEGUNG LÜFTUNGSTECHNISCHE MASSNAHMEN			
<input type="checkbox"/> Freie Lüftung		<input checked="" type="checkbox"/> Ventilatorgestützte Lüftung	
<input type="checkbox"/> Querlüftung (Feuchteschutz)		<input type="checkbox"/> Abluftsystem	
		<input type="checkbox"/> Zentralventilator-Lüftungsanlage	
		<input type="checkbox"/> Einzelventilator-Lüftungsanlage	
<input type="checkbox"/> Querlüftung		<input type="checkbox"/> Zuluftsystem	
		<input type="checkbox"/> Zentralventilator-Lüftungsanlage	
		<input type="checkbox"/> Einzelraum-Lüftungsgerät	
<input type="checkbox"/> Schachtlüftung / Auftriebslüftung		<input checked="" type="checkbox"/> Zu-/Abluftsystem	
		<input checked="" type="checkbox"/> Zentralventilator-Lüftungsanlage	
		<input type="checkbox"/> Wohnungs-Lüftungsgerät	
		<input type="checkbox"/> Einzelraum-Lüftungsgerät	
Wärmerückgewinnung?		<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Luftheizung?		<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Bedarfsführung?		<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Zonenregelung?		<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Kennzeichnung System:	Kennzeichnung System: ZuABLS-Z-MFH-WÜT-0-0-0-0		

Projekt-Nr. / Bezeichnung:		Datum:	Seite 2
BESTIMMUNG GESAMT-AUSSENLUFTVOLUMENSTRÖME $q_{v,ges}$			
Freie Lüftung (Minimalanforderungen)		Ventilatorgestützte Lüftung (Minimalanforderungen)	
Lüftung zum Feuchteschutz	$q_{v,ges,FL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$	Lüftung zum Feuchteschutz	$q_{v,ges,FL} = 27,00 \text{ m}^3/\text{h}$
informativ: $n_{v,ges,FL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$		informativ: $n_{v,ges,FL} = 0,2 \text{ h}^{-1}$	
oder			
Reduzierte Lüftung	$q_{v,ges,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$	Reduzierte Lüftung	$q_{v,ges,RL} = 63,00 \text{ m}^3/\text{h}$
informativ: $n_{v,ges,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$		informativ: $n_{v,ges,RL} = 0,4 \text{ h}^{-1}$	
Nennlüftung	$q_{v,ges,NL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$	Nennlüftung	$q_{v,ges,NL} = 90,00 \text{ m}^3/\text{h}$
informativ: $n_{v,ges,NL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$		informativ: $n_{v,ges,NL} = 0,6 \text{ h}^{-1}$	
Intensivlüftung		Intensivlüftung	$q_{v,ges,IL} = 117,00 \text{ m}^3/\text{h}$
durch Nutzerunterstützung (Fensterlüften)		informativ: $n_{v,ges,IL} = 0,8 \text{ h}^{-1}$	
BESTIMMUNG LUFTVOLUMENSTRÖME durch Lüftungstechnische Maßnahmen $q_{v,LIM}$			
NUTZUNGSEINHEIT		NUTZUNGSEINHEIT	
Freie Lüftung (Minimalanforderungen)		Ventilatorgestützte Lüftung (Minimalanforderungen)	
Bemessung nach Lüftung zum Feuchteschutz oder nach Reduzierter Lüftung		Bemessung nach Nennlüftung	
Lüftung Feuchteschutz, ALD	$q_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$		
informativ: $n_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$			
Lüftung Feuchteschutz, ÜLD	$q_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$		
informativ: $n_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$			
Lüftung Feuchteschutz, Schacht	$q_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$		
informativ: $n_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$			
oder			
Reduzierte Lüftung, ALD	$q_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$	Reduzierte Lüftung, ALD	$q_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$
informativ: $n_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$		informativ: $n_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$	
Reduzierte Lüftung, ÜLD	$q_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$	Reduzierte Lüftung, ÜLD	$q_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$
informativ: $n_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$		informativ: $n_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$	
Reduzierte Lüftung, Schacht	$q_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$	Reduzierte Lüftung, Schacht	$q_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$
informativ: $n_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$		informativ: $n_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$	
		Reduzierte Lüftung, Vent.	$q_{v,LIM,RL} = 50,2 \text{ m}^3/\text{h}$
		informativ: $n_{v,LIM,RL} = 0,3 \text{ h}^{-1}$	
Nennlüftung, ALD	$q_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$	Nennlüftung, ALD	$q_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$
informativ: $n_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$		informativ: $n_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$	
Nennlüftung, ÜLD	$q_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$	Nennlüftung, ÜLD	$q_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$
informativ: $n_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$		informativ: $n_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$	
Nennlüftung, Schacht	$q_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$	Nennlüftung, Schacht	$q_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$
informativ: $n_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$		informativ: $n_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$	
		Nennlüftung, Ventilator	$q_{v,LIM,RL} = 77,2 \text{ m}^3/\text{h}$
		informativ: $n_{v,LIM,RL} = 0,5 \text{ h}^{-1}$	
		Intensivlüftung, ALD	$q_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$
		informativ: $n_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$	
		Intensivlüftung, ÜLD	$q_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$
		informativ: $n_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$	
		Intensivlüftung, Schacht	$q_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ m}^3/\text{h}$
		informativ: $n_{v,LIM,RL} = \text{---} \text{ h}^{-1}$	
		Intensivlüftung, Ventilator	$q_{v,LIM,RL} = 104,2 \text{ m}^3/\text{h}$
		informativ: $n_{v,LIM,RL} = 0,7 \text{ h}^{-1}$	

Projekt-Nr. / Bezeichnung:		Datum:						Seite 3
RAUM		ALD	ÜLD	AbLD	ZuLD	Schacht	Leitung	Ventilator
Küche	$A_{Raum} = 7,19 \text{ m}^2$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$f_{Zu} =$	$q_{v,LM} = (\text{in m}^3/\text{h})$		38,6	38,6			38,6	
Bad	$A_{Raum} = 5,01 \text{ m}^2$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$f_{Zu} =$	$q_{v,LM} = (\text{in m}^3/\text{h})$		38,6	38,6			38,6	
Wohnzimmer	$A_{Raum} = 19,21 \text{ m}^2$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$f_{Zu} =$	$q_{v,LM} = (\text{in m}^3/\text{h})$		33,1		33,1		33,1	
Schlafzimmer	$A_{Raum} = 13,41 \text{ m}^2$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$f_{Zu} =$	$q_{v,LM} = (\text{in m}^3/\text{h})$		22,1		22,1		22,1	
Kinderzimmer	$A_{Raum} = 13,26 \text{ m}^2$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$f_{Zu} =$	$q_{v,LM} = (\text{in m}^3/\text{h})$		22,1		22,1		22,1	
Flur	$A_{Raum} = 5,17 \text{ m}^2$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$f_{Zu} =$	$q_{v,LM} = (\text{in m}^3/\text{h})$	siehe Zuluft / Abluft						
$f_{Zu} =$	$A_{Raum} = \text{---} \text{ m}^2$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$f_{Zu} =$	$q_{v,LM} = (\text{in m}^3/\text{h})$							
$f_{Zu} =$	$A_{Raum} = \text{---} \text{ m}^2$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$f_{Zu} =$	$q_{v,LM} = (\text{in m}^3/\text{h})$							
$f_{Zu} =$	$A_{Raum} = \text{---} \text{ m}^2$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$f_{Zu} =$	$q_{v,LM} = (\text{in m}^3/\text{h})$							
$f_{Zu} =$	$A_{Raum} = \text{---} \text{ m}^2$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$f_{Zu} =$	$q_{v,LM} = (\text{in m}^3/\text{h})$							
$f_{Zu} =$	$A_{Raum} = \text{---} \text{ m}^2$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$f_{Zu} =$	$q_{v,LM} = (\text{in m}^3/\text{h})$							
$f_{Zu} =$	$A_{Raum} = \text{---} \text{ m}^2$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$f_{Zu} =$	$q_{v,LM} = (\text{in m}^3/\text{h})$							
$f_{Zu} =$	$A_{Raum} = \text{---} \text{ m}^2$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$f_{Zu} =$	$q_{v,LM} = (\text{in m}^3/\text{h})$							
$f_{Zu} =$	$A_{Raum} = \text{---} \text{ m}^2$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$f_{Zu} =$	$q_{v,LM} = (\text{in m}^3/\text{h})$							
$f_{Zu} =$	$A_{Raum} = \text{---} \text{ m}^2$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$f_{Zu} =$	$q_{v,LM} = (\text{in m}^3/\text{h})$							
ZONE / RAUMGRUPPE		ALD	ÜLD	AbLD	ZuLD	Schacht	Leitung	Ventilator
Zulufräume	$\Sigma q_{v,LM} = (\text{in m}^3/\text{h})$		77,2	---	77,2		77,2	
Überströmräume	$\Sigma q_{v,LM} = (\text{in m}^3/\text{h})$	---	77,2					
Ablufräume	$\Sigma q_{v,LM} = (\text{in m}^3/\text{h})$		77,2	77,2	---		77,2	

© Anna-Katharina Ruhe
 © Janine Kesting
 © Theresa Müller
 www.ak-ruhe.de

Vario 550 **AIRON**



Geregelte Wohnungslüftung mit 95 % Wärmerückgewinnung durch Aluminium-Kanal-Gegenstromwärmeübertrager, Gleichstrommotoren und automatischem Bypass

WÄRMERÜCKGEWINNUNG	Kanal-Gegenstromwärmeübertrager aus seewasserbeständigem Aluminium, voll recycelbar. Rückgewinnungsgrad bis zu 95%.
BYPASS (100 %)	Der Bypass regelt automatisch, in Abhängigkeit der eingestellten Temperaturen. Eine Doppelklappe verschließt den Wärmeübertrager und öffnet den Bypass. Dies ermöglicht eine optimale Nutzung der sommerlichen Kühlung durch den Erdreichwärmeübertrager.
LUFTFÜHRUNG	Die Anschlüsse sind mit Gummlippendichtung ausgeführt. Der Anschlussdurchmesser beträgt 224 mm. Die AIRON „Low-Flow-Technik“ sorgt für geringste Druckverluste. Durch intelligenten Geräteaufbau ergeben sich kurze Anschlusswege.
VENTILATOREN	Das Gerät verfügt über Hochleistungsradialventilatoren mit Gleichstrommotoren. Diese garantieren durch die balancierte und volumenstromkonstante Lüftung eine hohe Wirtschaftlichkeit. Die Ventilatoren sind wartungsfrei und mittels eingebauter elektronischer Regelung stufenlos. Drei Drehzahlen programmierbar. Anschluss 230V 50Hz. Durch eine optimale Dimensionierung und geringen Drehzahlen benötigen diese Ventilatoren wenig Strom und erzeugen kaum Geräusche. Stromaufnahme siehe Tabelle.
AUSFÜHRUNG	Das Gerät wird als Standgerät geliefert. Für eine Schwingungsdämpfung sorgen vier Gummipuffer an der Geräteunterseite.
GEHÄUSE	Aus verzinktem Stahlblech, Farbe schwarzgrau RAL 7021. Gerät ist vollständig 40 mm gedämmt. Durch seine spezielle Konstruktion ist das Gehäuse wärmebrückenfrei.
FILTER	Zu- und Abluftfilter Filterklasse G4. In der Außenluft befindet sich optional ein F7 Filter. Der Filtertausch erfolgt durch einfaches Herausziehen bei geöffneter Tür.
EINFRIERSCHUTZ	Das Gerät wird entweder mit einem Vorheizregister oder einem Erdreichwärmeübertrager betrieben.
REGELUNG	Im Gerät ist eine Mikroprozessor-Regelung integriert (Details siehe unten).
BETRIEBSZUSTÄNDE	

↻ Handbetrieb:	Ventilatoren für Zu- und Abluft auf 3 Lüftungsstufen einstellbar (Normallüftung, Minimumlüftung, Stosslüftung)
↻ Stosslüftung:	Ventilatoren für Zu- und Abluft mit maximaler Luftmenge. Die Zeitbegrenzung ist einstellbar.
↻ Zeitautomatik:	Die Steuerung der Lüftungsstufen 1-3 und Aus sind über ein Wochenprogramm programmierbar.
↻ Winterbetrieb:	Steuerung über Zeitautomatik, die Lüftung erfolgt über Kanal-Gegenstromwärmeübertrager.
↻ Sommerbetrieb:	Steuerung über Zeitautomatik, die Lüftung erfolgt in Abhängigkeit von den Temperaturen über EWT und/oder Bypass.
↻ Nacherhitzung:	Bei Aktivierung der Nacherhitzung (Elektro oder Warmwasser) können Zuluft- u. Raumtemperatur geregelt werden.

VOREINSTELLUNGEN sind zu jedem Programmpunkt hinterlegt. Bei Inbetriebnahme des Gerätes werden diese aktiviert und können überschrieben werden.

VARIO 550



PROGRAMMÜBERSICHT Stand: 03/2005

AUSRÜSTUNG	550
Bypass in der Abluft	x
Volumenstrom- Konstant- Ventilatoren	x
Uhr mit Wochenprogramm	x
Display	x
Fernbedienung	x
FUNKTIONEN	
3 Stufen frei Programmierbar	x
Schaltzeiten pro Wochentag einstellbar	x
Bedientell extern	x
3 Stufen über Fernbedienung	x
Komforttemperatur Vollfunktion (nutzbar mit Air On – NHR)	x
Nacherhitzer Warmwasser extern über die interne Regelung (siehe oben)	x
Nacherhitzer elektrisch (siehe oben)	x
EWT Steuerung im Gerät	x
Filterverschmutzung Gerät Festwert (über Zeit)	x
Externe Filterverschmutzung (über Zeit)	-- (Zubehör)
Programmierung / Überwachung über Display	x
Dito über Fernbedienung	x
Verbindung Vario mit Fernbedienung mittels Kabel abgeschirmt mind. 5 adrig 0,34mm ²	-- (Zubehör)

Tabelle 1: Eigenschaftsübersicht Lüftungsgerät.

VARIO 550



AUFBAU 550

- 1 Abluft
- 2 Zuluft
- 3 Außenluft
- 4 Fortluft
- 5 Abluftfilter G4
- 6 Zuluftventilator
- 7 Wärmeübertrager
- 8 Außenluftfilter G4 und Feinfilter F7
- 9 Fortluftventilator

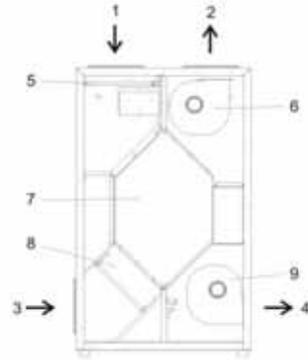


Abbildung 1

ABMESSUNGEN Vario:

Alle Angaben in mm

	550
A	1200
B	700
C	290
D	270
E	85
F	60
G	185
H	500
I	290
J	270
K	360
L	170
M	224

Tabelle 2: Abmessungen

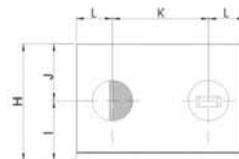
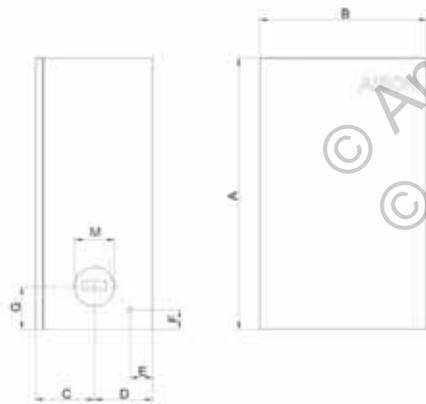


Abbildung 4: Maßskizze Vario 550.

VARIO 550



Aufbau Vario 550:

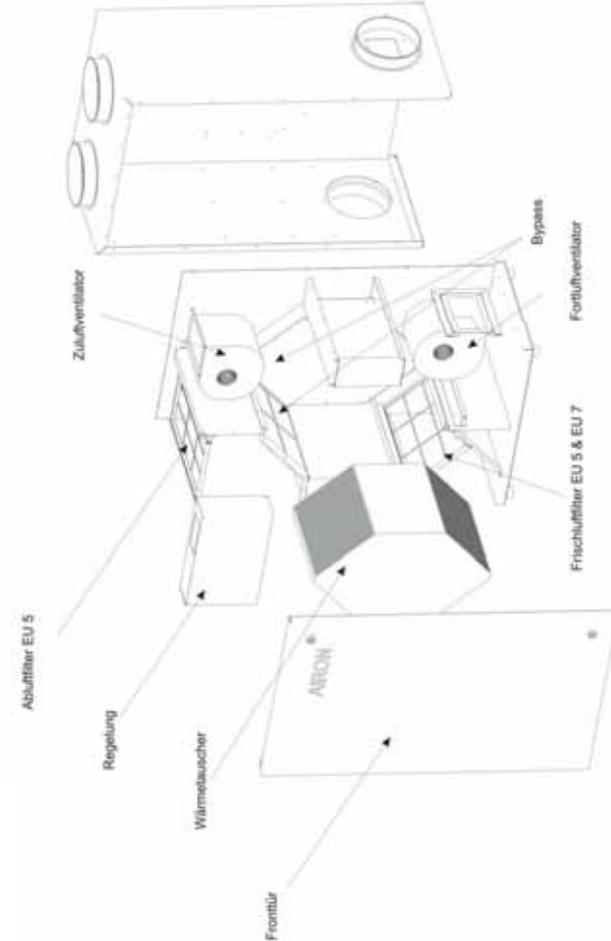


Abbildung 3: Explosionszeichnung Vario

Vario 350 & 550

© Anna-Katharina Ruhe
 © Janine Kesting
 © Theresa Müller
 www.ak-ruhe.de

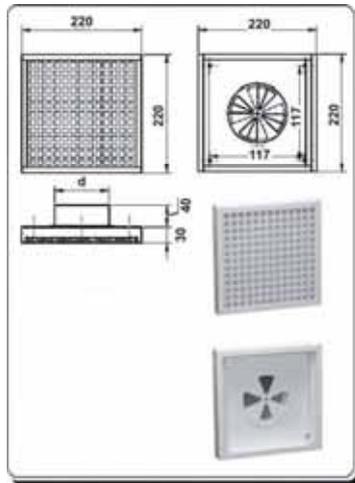
Ein- und Auslässe



Ein- und Auslässe



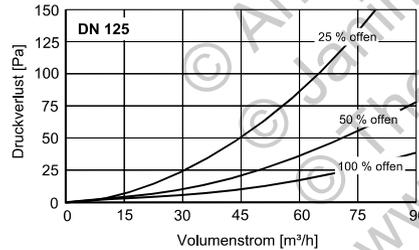
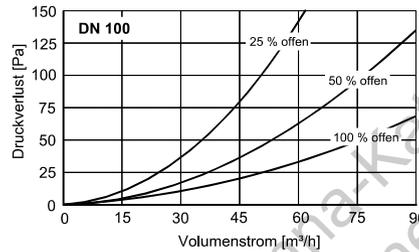
8.9 Abluftfilter für Wandanbau mit Drosselement



Abluftfilter mit Rohrstützen und integriertem Drosselement für die Volumenstromregulierung. Filterrahmen und Drosselement aus Edelstahl, pulverbeschichtet RAL 9010 (reinweiß). Filtereinsatz aus Faservlies Filterklasse G3 ist leicht auswechselbar und waschbar, große Filterfläche.

Bemerkung:
Druckluftkurven bei reinem Filter

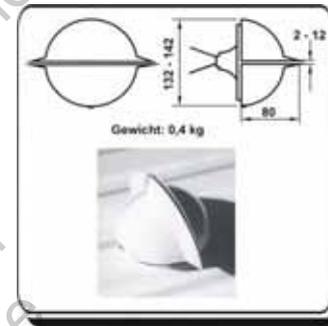
Art.-Nr.	Bezeichnung
528001400	Abluftfilter (220 x 220 x 30) mm, DN 100 für Wandanbau
528001410	Abluftfilter (220 x 220 x 30) mm, DN 125 für Wandanbau



8.10 Ersatzfiltermatte Abluftfilter für Wandanbau mit Drosselement

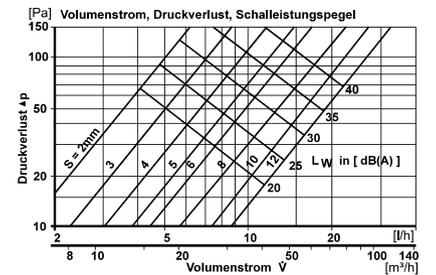
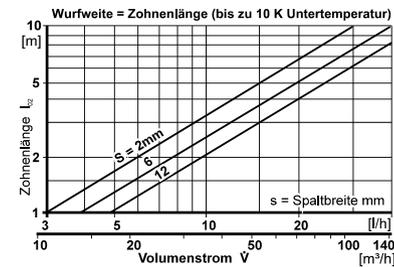
Art.-Nr.	Bezeichnung
521007410	Ersatzfiltermatte G3 (200 x 200) mm

8.17 Schnabdüse



Art.-Nr.	Bezeichnung
528001120	Schnabdüse DN 100 mit Montagering

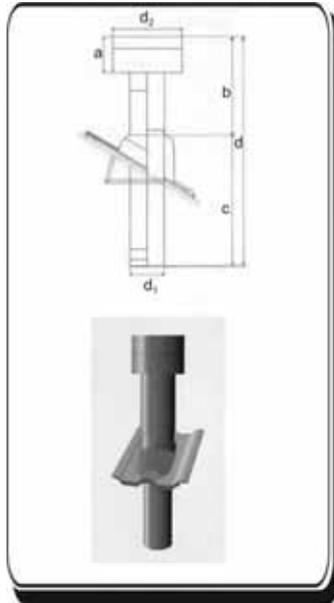
Schnabdüse für Wandanbau geeignet, aus verzinktem Stahlblech gefertigt, Pulverlackierung weiß lackiert RAL 9010, Volumenstromregelung über Veränderung des Luftspaltaustrittes (Weitwurfdüse), Schnabdüse mit Montagering passt in Rohr WFR



Ein- und Auslässe



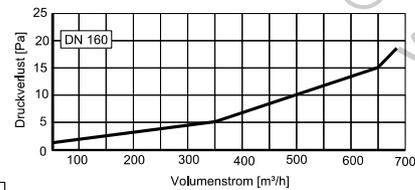
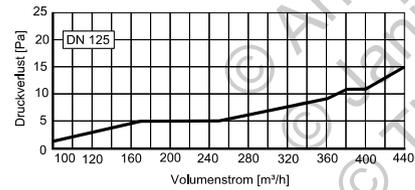
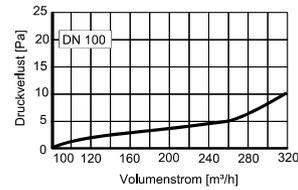
8.19 Dachhaube



Dachhaube aus Polypropylen naturrot
speziell für Lüftungsanlagen
kein statischer Druckverlust
Schwitzwasserableitung nur nach außen möglich
regensichere Ausblashaube mit Vogelschutz
Dachneigung 25 – 45°
zusätzlich Dachpfanne (unter Pkt. 8.20) erforderlich.

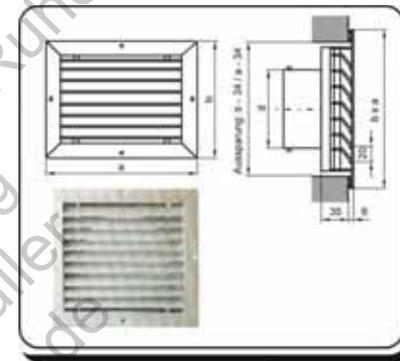
	d ₁	d ₂	[mm]			
	a	b	c	d		
528000580	100	170	120	345	445	790
528000600	125	210	130	350	480	830
528000620	160	265	165	500	665	1165

Art.-Nr.	Bezeichnung
528000580	Dachhaube DN 100 Anschluss unter Dach an DN 100
528000600	Dachhaube DN 125 Anschluss unter Dach an DN 125
528000620	Dachhaube DN 160 Anschluss unter Dach an DN 160



Ein- und Auslässe

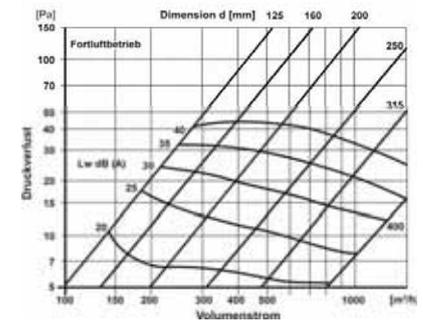
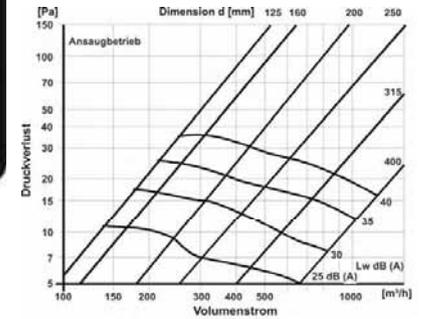
8.23 Frischluft-/Fortluftgitter, eckig



Frischluft-/Fortluftgitter aus Aluminium,
silber eloxiert
Gitter in Rechteckausführung mit Vogelschutzgitter
das Vogelschutzgitter hat Maschenweite 10 mm
Anschluss hat Nippelmaß, passt in Rohr WFR

Art.-Nr.	Bezeichnung
528000670	Frischluft-/Fortluftgitter (260 x 240) mm, Rohranschluss DN 125
528000680	Frischluft-/Fortluftgitter (260 x 240) mm, Rohranschluss DN 160

Frischluft-/Fortluftgitter mit d > 160 auf
Anfrage



Kennzeichnung von Lüftungsanlagen (DIN 1946-6 Nr. 10.2)

Lüftungsanlage/-gerät DIN 1946-6

ZuAbLS – Z – MFH – WÜT – E – 0 – 0 – 0 – 0

Lüftungssystem:	ZuAbLS - Zu-/Abluftsystem ventilatorgestüt
	Lüftung
Anordnung-Gerät:	Z - zentral
Anordnung-Anlage:	MFH - Mehrfamilienhaus
Wärmerückgewinnung:	WÜT - Wärmeübertrager
Energienutzung:	E - Rationeller Energieeinsatz
Raumluftqualität:	0 - ungeprüft
Rückschlagklappe:	0 - ohne Rückschlagklappe
Schallschutz:	0 - ohne einheitliche Angabe
F-Geräte:	0 - ohne Nachweis

Heizlastberechnung Gebäude C (Typ I) - Bestand**Gebäudezeitkonstante**

$$\tau = C_{\text{wirk}} / H$$

mit

 C_{wirk} wirksame Speicherfähigkeit in Wh/KH Wärmeverlustkoeffizient ($H_T + H_V$) in W/K

$$C_{\text{wirk}} = 152.769 \text{ Wh/k}$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang 6)

$$H = (2.214,5 \text{ W/K} + 552,7 \text{ W/K})$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang 6)

$$\tau = 152.769 \text{ Wh/K} / (2.214,5 \text{ W/K} + 552,7 \text{ W/K}) = 55,2 \text{ h}$$

Norm-Außentemperatur

$$\theta_e = \theta'_e + \Delta\theta_e$$

mit

 θ'_e Außentemperatur in °C $\Delta\theta_e$ Korrektur der Außentemperatur in °C

Anhang 14

$$\theta'_e = -14 \text{ °C}$$

(s. Tab. 1 DIN EN 12831 Bbl. 1)

$$\Delta\theta_e = 0$$

(s. Tab. 2 DIN EN 12831 Bbl. 1)

Norm-Transmissionswärmeverlust und Norm-Lüftungswärmeverlust

$$\Phi_T = H_T * (\theta_{int} - \theta_e)$$

$$\Phi_V = H_V * (\theta_{int} - \theta_e)$$

mit

H_T Transmissionswärmeverlust in W/K

H_V Lüftungswärmeverlust in W/K

θ_{int} Norm-Innentemperatur in °C

θ_e Norm-Außentemperatur in °C

$$H_T = 2.214,5 \text{ W/K}$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang 6)

$$H_V = 552,7 \text{ W/K}$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang 6)

$$\theta_{int} = 20 \text{ °C}$$

(s. Tab. B.2 DIN EN 12831)

$$\Phi_T = 2.214,5 \text{ W/K} * [20\text{°C} - (-14\text{°C})] = 75.293 \text{ W}$$

$$\Phi_V = 552,7 \text{ W/K} * [20\text{°C} - (-14\text{°C})] = 18.792 \text{ W}$$

Heizlast

$$\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$$

mit

Φ_T Norm-Transmissionswärmeverlust in W

Φ_V Norm-Lüftungswärmeverlust in W

Φ_{RH} Aufheizleistung in W

$$\Phi_{HL} = 75.293,0 \text{ W} + 18.792 \text{ W} + 0 \text{ W} = 94.085 \text{ W}$$

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

Gebäude E (Typ II) - Bestand

$$\theta'_e = -14 \text{ °C}$$

(s. Tab. 1 DIN EN 12831 Bbl. 1)

Gebäudezeitkonstante

$$\Delta\theta_e = 0$$

(s. Tab. 2 DIN EN 12831 Bbl. 1)

$$\tau = C_{\text{wirk}} / H$$

mit

C_{wirk} wirksame Speicherfähigkeit in Wh/K

H Wärmeverlustkoeffizient ($H_T + H_V$) in W/K

$$C_{\text{wirk}} = 138.885 \text{ Wh/k}$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang 6)

$$H = (2.074,1 \text{ W/K} + 502,4 \text{ W/K})$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang 6)

$$\tau = 138.885 \text{ Wh/K} / (2.074,1 \text{ W/K} + 502,4 \text{ W/K}) = 53,9 \text{ h}$$

Norm-Außentemperatur

$$\theta_e = \theta'_e + \Delta\theta_e$$

mit

θ'_e Außentemperatur in °C

$\Delta\theta_e$ Korrektur der Außentemperatur in °C

Norm-Transmissionswärmeverlust und Norm-Lüftungswärmeverlust

$$\Phi_T = H_T * (\theta_{\text{int}} - \theta_e)$$

$$\Phi_V = H_V * (\theta_{\text{int}} - \theta_e)$$

mit

H_T Transmissionswärmeverlust in W/K

H_V Lüftungswärmeverlust in W/K

θ_{int} Norm-Innentemperatur in °C

θ_e Norm-Außentemperatur in °C

$$H_T = 2.074,1 \text{ W/K}$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang 6)

$$H_V = 502,4 \text{ W/K}$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang 6)

$$\theta_{\text{int}} = 20 \text{ °C}$$

(s. Tab. B.2 DIN EN 12831)

Anhang 14

$$\Phi_T = 2.074,1 \text{ W/K} * [20^\circ\text{C} - (-14^\circ\text{C})] = 70.519 \text{ W}$$

$$\Phi_V = 502,4 \text{ W/K} * [20^\circ\text{C} - (-14^\circ\text{C})] = 17.082 \text{ W}$$

Heizlast

$$\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$$

mit

Φ_T Norm-Transmissionswärmeverlust in W

Φ_V Norm-Lüftungswärmeverlust in W

Φ_{RH} Aufheizleistung in W

$$\Phi_{HL} = 70.519 \text{ W} + 17.082 \text{ W} + 0 \text{ W} = 87.601 \text{ W}$$

Gebäude J (Typ III) - Bestand

Gebäudezeitkonstante

$$\tau = C_{\text{wirk}} / H$$

mit

C_{wirk} wirksame Speicherfähigkeit in Wh/K

H Wärmeverlustkoeffizient ($H_T + H_V$) in W/K

$$C_{\text{wirk}} = 138.885 \text{ Wh/k}$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang 6)

$$H = (2.074,1 \text{ W/K} + 502,4 \text{ W/K})$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang 6)

$$\tau = 61.945 \text{ Wh/K} / (1.024,3 \text{ W/K} + 224,1 \text{ W/K}) = 49,6 \text{ h}$$

Norm-Außentemperatur

$$\theta_e = \theta'_e + \Delta\theta_e$$

mit

θ'_e Außentemperatur in °C

$\Delta\theta_e$ Korrektur der Außentemperatur in °C

$$\theta'_e = -14 \text{ °C}$$

(s. Tab. 1 DIN EN 12831 Bbl. 1)

$$\Delta\theta_e = 0$$

(s. Tab. 2 DIN EN 12831 Bbl. 1)

$$\Phi_T = 1.024,3 \text{ W/K} * [20\text{°C} - (-14\text{°C})] = 34.826,2 \text{ W}$$

$$\Phi_V = 224,1 \text{ W/K} * [20\text{°C} - (-14\text{°C})] = 7.619,4 \text{ W}$$

Norm-Transmissionswärmeverlust und Norm-Lüftungswärmeverlust

$$\Phi_T = H_T * (\theta_{int} - \theta_e)$$

$$\Phi_V = H_V * (\theta_{int} - \theta_e)$$

mit

H_T Transmissionswärmeverlust in W/K

H_V Lüftungswärmeverlust in W/K

θ_{int} Norm-Innentemperatur in °C

θ_e Norm-Außentemperatur in °C

$$H_T = 1.024,3 \text{ W/K}$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang 6)

$$H_V = 224,1 \text{ W/K}$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang 6)

$$\theta_{int} = 20 \text{ °C}$$

(s. Tab. B.2 DIN EN 12831)

Heizlast

$$\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$$

mit

Φ_T Norm-Transmissionswärmeverlust in W

Φ_V Norm-Lüftungswärmeverlust in W

Φ_{RH} Aufheizleistung in W

$$\Phi_{HL} = 34.826,2 \text{ W} + 7.619,4 \text{ W} + 0 \text{ W} = 42.445,6 \text{ W}$$

© Anna-Katharina Ruhe
 © Janine Kesting
 © Theresa Müller
 www.ak-ruhe.de

Technische Daten

Technische Daten ecoVIT	Einheiten	VKK 226	VKK 286	VKK 366	VKK 476	VKK 656
Nennwärmeleistungsbereich (bei 40/30 °C)	kW	5,1-22,5	5,9-28,9	7,4-36,9	9,5-47,6	15,1-65,7
Nennwärmeleistungsbereich (bei 60/40 °C)	kW	4,9-21,5	5,6-27,8	7,2-35,9	9,2-46,4	14,6-63,2
Nennwärmeleistungsbereich (bei 80/60 °C)	kW	4,8-21,1	5,3-26	6,8-34	8,7-43,6	13,9-60,1
Nennwärmebelastungsbereich ¹⁾	kW	4,8-21(24)	5,5-27	7-35	9-45	14,3-62
Modulationsbereich (bez. auf Belastung)	%	20-100	20-100	20-100	20-100	23-100
Normnutzungsgrad bei 40/30 °C ²⁾	%	109	109	109	109	109
Normnutzungsgrad bei 75/60 °C ²⁾	%	106	106	106	106	106
Abgaswerte: ³⁾						
Abgastemperatur bei Heizbetrieb 40/30 °C	°C	40	42	42	42	46
Abgastemperatur max.	°C	70	75	75	75	78
Abgasmassenstrom max.	g/s	10	12,2	15,8	20,3	27,8
CO ₂ -Gehalt	%	9,2	9,2	9,2	9,2	9,1
NO _x -Klasse		5	5	5	5	5
NO _x -Emission	mg/kWh	<20 ⁴⁾	<20 ⁴⁾	40	45	<57
Kondenswasseremenge bei 40/30 °C, ca. ⁵⁾	l/h	2,2	3	3,5	4,2	7,1
pH-Wert, ca.		3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Wasserseitiger Widerstand bei ΔT = 20 K	mbar	3,5	6	10	17	43
Wasserseitiger Widerstand bei ΔT = 10 K	mbar	14	24	40	68	170
Vorlauftemperatur max. (einstellbar)	°C	85	85	85	85	85
Zul. Betriebsüberdruck	bar	3	3	3	3	3
Anschlusswerte:						
Erdgas E H _i = 9,5 kWh/m ³	m ³ /h	2,3	2,9	3,7	4,8	6,6
Erdgas LL H _i = 8,1 kWh/m ³	m ³ /h	2,7	3,3	4,3	5,5	7,6
Flüssiggas P H _i = 12,8 kWh/kg	kg/h	1,7	2,1	2,7	3,5	-
Gasanschlussfließdruck	mbar	20	20	20	20	20
Max. zul. stat. Anschlussdruck	mbar	60	60	60	60	60
Elektroanschluss	V/Hz	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50
Elektr. Leistungsaufnahme	W	45	45	45	90	110
Anschlüsse:						
Vor-/Rücklauf	Gewinde	Rp 1	Rp 1	Rp 1	Rp 1	Rp 1
NT-Rücklauf	Gewinde	Rp 1	Rp 1	Rp 1	Rp 1	Rp 1
Gasanschluss	Gewinde	Rp 3/4	Rp 3/4	Rp 3/4	Rp 3/4	Rp 3/4
Kondenswasserablauf (Stutzen)	mm Ø	21	21	21	21	21
Entleerung	Gewinde	R 1/2	R 1/2	R 1/2	R 1/2	R 1/2
Luft-/Abgasanschluss	DN	80/125	80/125	80/125	80/125	80/125
Kesselabmessungen:						
Höhe	mm	1.257	1.257	1.257	1.257	1.257
Breite	mm	570	570	570	570	570
Tiefe	mm	691	691	691	691	691
Eigengewicht	kg	100	100	110	113	120
Wasserinhalt	l	100	100	89	89	85
Gesamtgewicht	kg	200	200	199	202	205
Kategorie		II2N3P	II2N3P	II2N3P	II2N3P	I2N
Schutzart		IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20

¹⁾ Belastungsangaben in Klammern gelten für Speicherladebetrieb.

²⁾ Ermittelt nach DIN 4702.

³⁾ Rechenwerte zur Auslegung des Schornsteins nach DIN EN 13384-1.

⁴⁾ Hamburger Fördermodell wird erfüllt.

⁵⁾ Max. Kondenswasseremenge zur Auslegung von Kondenswasserablauf- und Neutralisationseinrichtung. Die Anforderungen an die Kondenswasser-Inhaltsstoffe nach ATV-Arbeitsblatt A 251 werden erfüllt.

Gas-Brennwertkessel ecoCRAFT exclusiv	Einheit	VKK 806/3-E	VKK 1206/3-E	VKK 1606/3-E	VKK 2006/3-E	VKK 2406/3-E	VKK 2806/3-E
Nennwärmeleistungsbereich bei 40/30 °C Erdgas E/LL	kW	14,7-84,1	23,1-121,8	28,4-168,2	46,2-210,2	50,4-252,2	54,7-294,3
Nennwärmeleistungsbereich bei 60/40 °C Erdgas E/LL	kW	14,1-80,4	22,1-116,5	27,1-160,8	44,2-201	48,2-241,2	52,3-281,4
Nennwärmeleistungsbereich bei 80/60 °C	kW	13,6-78,2	21,3-113,4	26,2-156,5	43,1-196,8	47-236,2	51-275,5
Nennwärmebelastung max. bei Heizung	kW	80	115,9	160	200	240	280
Abgastemperatur max. ¹⁾	°C	70	70	70	70	70	70
Abgasmassenstrom min./max. ¹⁾	g/s	6,3/35,4	10/51,2	12,2/70,7	19,9/88,4	21,7/106,1	23,5/123,8
CO ₂ -Gehalt min./max. ¹⁾	%	9,1/9,3	9,1/9,3	9,1/9,3	9,1/9,3	9,1/9,3	9,1/9,3
Restförderhöhe Gebläse ¹⁾	Pa	100	100	150	150	150	150
pH-Wert ca.		4	4	4	4	4	4
Anschlusswerte:							
Erdgas E (H _i = 9,5 kWh/m ³)	m ³ /h	8,5	12,3	16,9	21,2	25,4	29,6
Erdgas LL (H _i = 8,1 kWh/m ³)	m ³ /h	9,8	14,3	19,7	24,6	29,5	34,5
Vor- und Rücklaufanschluss	R 2	R 2	R 2	R 2	R 2	R 2	R 2
Gasanschluss	R 1 1/2	R 1 1/2	R 1 1/2	R 1 1/2	R 1 1/2	R 1 1/2	R 1 1/2
Luftanschluss	mm Ø	130	130	130	130	130	130
Abgasanschluss	mm Ø	150	150	150	200	200	200
Kesselabmessungen:							
Höhe	mm	1.285	1.285	1.285	1.285	1.285	1.285
Breite	mm	695	695	695	695	695	695
Tiefe	mm	1.240	1.240	1.240	1.550	1.550	1.550
Eigengewicht	kg	200	220	235	275	295	310

¹⁾ Rechenwerte zur Auslegung des Schornsteins nach DIN EN 1233841-1.

Warmwasserspeicher uniSTOR	Einheit	VIH R 300	VIH R 400	VIH R 500
Speichernenninhalt	l	300	400	500
Zul. Betriebsüberdruck warmwasserseitig	bar	10	10	10
Zul. Betriebsüberdruck heizungsseitig	bar	10	10	10
Max. zul. Warmwassertemperatur	°C	85	85	85
Max. zul. Heizungswassertemperatur	°C	110	110	110
Bereitchaftsenergieverbrauch	kWh/24h	1,8	2	2,2
Warmwasser-Dauerleistung max.	kW	46	46	62
Warmwasser-Dauerleistung max.	l/h	1.130	1.130	1.523
Leistungskennzahl N _l		11	15	19
Vor- und Rücklaufanschluss		R 1	R 1	R 1
Kaltwasseranschluss		R 1	R 1	R 1
Warmwasseranschluss		R 1	R 1	R 1
Zirkulationsanschluss		R 3/4	R 3/4	R 3/4
Speicherabmessungen:				
Höhe	mm	1.775	1.470	1.775
Durchmesser	mm	660	810	810
Gewicht (leer)	kg	125	145	165
Gewicht (gefüllt)	kg	420	549	661

Warmwasserspeicherdimensionierung

Gebäude C (Typ I)	Raumzahl r	Wohnungszahl n	Belegungszahl p	n * p	Zapfstellenzahl v	Kurzzeichen	Zapfstellenbedarf w _v [W/h]	v * w _v [Wh]	n * p * v * w _v
Wohnungstyp I	3,0	6,0	2,7	16,2	1,0	NB 1	5.820,0	5.820,0	94.284,0
Wohnungstyp II	4,0	6,0	3,5	21,0	1,0	NB 1	5.820,0	5.820,0	122.220,0
$\Sigma (n * p * v * w_v)$									216.504,0
$N = \Sigma (n * p * v * w_v) / (p * w_v) = 216.504 / (3,5 * 5820) = 10,6$									
Warmwasserspeicher 400 l (1,475m x 0,81m; H x Durchmesser)									

Gebäude E (Typ II)	Raumzahl r	Wohnungszahl n	Belegungszahl p	n * p	Zapfstellenzahl v	Kurzzeichen	Zapfstellenbedarf w _v [W/h]	v * w _v [Wh]	n * p * v * w _v
Wohnungstyp I	3,0	12,0	2,7	32,4	1,0	NB 1	5.820,0	5.820,0	188.568,0
$\Sigma (n * p * v * w_v)$									188.568,0
$N = \Sigma (n * p * v * w_v) / (p * w_v) = 188.568 / (3,5 * 5820) = 9,3$									
Warmwasserspeicher 400 l (1,475m x 0,81m; H x Durchmesser)									

Gebäude J (Typ III)	Raumzahl r	Wohnungszahl n	Belegungszahl p	n * p	Zapfstellenzahl v	Kurzzeichen	Zapfstellenbedarf w _v [W/h]	v * w _v [Wh]	n * p * v * w _v
Wohnungstyp I	3,0	4,0	2,7	10,8	1,0	NB 1	5.820,0	5.820,0	62.856,0
Wohnungstyp II	4,0	1,0	3,5	3,5	1,0	NB 1	5.820,0	5.820,0	20.370,0
$\Sigma (n * p * v * w_v)$									83.226,0
$N = \Sigma (n * p * v * w_v) / (p * w_v) = 83.226 / (3,5 * 5820) = 4,1$									
Warmwasserspeicher 300 l (1,775m x 0,66m; H x Durchmesser)									

	TU BRAUNSCHWEIG INSTITUT FÜR GEBÄUDE- UND SOLARTECHNIK PROF. DR. - ING. M. N. FISCH	WARMWASSERBEREITUNG Dimensionierung	TGAI 14.4/1
---	--	---	----------------

Anzahl N	Bedarf und Dauer nach DIN 4708				Alternative 1				Alternative 2				
	Bedarfs- periode	Perioden- wärme- bedarf	Stunden- wärme- bedarf	10-min- Wärme- bedarf	Erforderliches Speicher- volumen für $W_{1,1}$			Zu- schlag Kessel	Erforderliches Speicher- volumen ¹⁾ für $W_{1,2}$			Mindest- speicher- kapazität	Zu- schlag Kessel
	$ZT_{1,1}$	$W_{21,1}$	$W_{1,2}$	W_{10}	V_1 [l]			$Z_{1,1}$	V_2 [l]			C	$Z_{1,2}$
	[h]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	Speicherwassertemperatur θ_s			[kW]	Speicherwassertemperatur θ_s			[kWh]	[kW]
				50°C	55°C	60°C		50°C	55°C	60°C			
1	3,71	11,6	9	6	140	124	112	3,14	140	124	112	5,86	3,1
2	4,35	19,9	13	8	199	177	159	4,57	189	168	152	7,93	4,1
3	4,70	27,5	17	10	259	230	207	5,86	227	202	182	9,52	5,2
4	4,95	34,9	21	11	319	284	255	7,05	260	231	205	10,87	7,7
5	5,13	42,1	24	12	380	320	288	8,21	289	257	231	12,09	8,9
6	5,27	49,2	27	13	402	357	321	9,33	316	280	252	13,21	10,2
7	5,38	56,1	30	14	443	394	354	10,43	340	302	272	14,23	11,4
8	5,48	63,0	33	15	485	431	388	11,50	364	323	291	15,22	12,6
9	5,57	69,8	36	16	527	469	422	12,54	388	353	309	16,17	13,8
10	5,64	76,6	39	17	569	506	455	13,58	402	362	326	17,09	15,1
12	5,78	90,0	44	19	634	564	507	15,63	448	398	356	19,75	17,3
14	5,86	103,3	49	20	699	622	560	17,62	486	432	389	20,36	19,5
16	5,94	116,4	54	22	765	680	612	19,60	523	465	416	21,89	21,7
18	6,00	129,5	59	23	830	738	664	21,58	558	496	446	23,35	23,9
20	6,06	142,4	64	25	896	796	717	23,50	592	526	473	24,77	26,1
22	6,12	155,3	69	26	962	855	770	25,38	624	555	499	26,13	28,2
24	6,16	168,2	74	27	1028	914	822	27,30	656	583	525	27,47	30,4
26	6,20	181,0	78	29	1075	955	860	29,19	687	611	550	28,76	32,4
28	6,24	193,8	83	30	1141	1015	913	31,06	718	638	574	30,05	34,6
30	6,27	206,5	87	31	1188	1056	950	32,93	747	664	597	31,27	36,6
40	6,41	269,6	109	37	1484	1301	1171	42,06	888	789	710	37,16	46,7
50	6,50	332,2	130	43	1720	1529	1376	51,10	1019	906	815	42,67	56,7
60	6,57	394,3	151	48	1978	1758	1582	60,01	1145	1018	916	47,94	66,6
80	6,67	517,7	191	56	2457	2164	1965	77,61	1385	1231	1108	57,98	85,9
100	6,75	640,2	230	67	2919	2595	2336	94,84	1603	1425	1283	67,12	104,9
120	6,80	762,3	269	76	3381	3095	2795	112,08	1818	1616	1454	76,10	124,0
150	6,86	944,3	325	89	4028	3581	3223	137,65	2125	1889	1700	88,99	152,0
200	6,93	1246,3	418	110	5105	4538	4084	179,84	2617	2326	2094	109,57	198,4
240	6,97	1487,0	491	125	5940	5280	4752	213,34	2992	2660	2394	125,27	235,2
300	7,01	1846,8	598	148	7145	6351	5716	263,45	3542	3148	2833	148,28	290,0

¹⁾Mischfaktor des Speichers $\alpha = 0,1$

Berechnung Erzeugernutzwärmeabgabe und Endenergiebedarf Variante 1 - Ist-Zustand

Kürzel	Bezeichnung	Quelle	Gebäude C	Gebäude E	Gebäude J
Trinkwasser					
Q_{tw} [kWh/(m ² a)]	Jahres-Trinkwasserwärmebedarf	EnEV	12,5	12,5	12,5
$Q_{TW,ce}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Übergabe (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-1 DIN 4701-10	-	-	-
$Q_{TW,d}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Verteilung (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-2a DIN 4701-10	6,9	7,0	8,2
$Q_{TW,s}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Speicherung (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-3a DIN 4701-10	1,1	1,2	2,4
$Q_{h,TW,d}$ [kWh/(m ² a)]	Heizwärmegutschrift Verteilung (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-2a DIN 4701-10	2,1	2,1	1,8
$Q_{h,TW,s}$ [kWh/(m ² a)]	Heizwärmegutschrift Speicherung (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-3a DIN 4701-10	-	-	-
$Q_{h,TW}$ [kWh/(m ² a)]	Heizwärmegutschrift gesamt (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-3a DIN 4701-10	2,1	2,1	1,8
Heizung					
Q_h [kWh/(m ² a)]	Jahres-Heizwärmebedarf	Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf	179,4	184,7	205,8
$Q_{h,ce}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Übergabe (Heizung)	Tab. C.3-1 DIN 4701-10	3,3	3,3	3,3
$Q_{h,d}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Verteilung (Heizung)	Tab. C.3-2a DIN 4701-10	3,9	4,0	5,3
$Q_{h,s}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Speicherung (Heizung)	Tab. C.3-3 DIN 4701-10	-	-	-
Erzeugernutzwärmeabgabe					
$Q'_{h,outg}$ [kWh/(m ² a)]	spez. Erzeugernutzwärmeabgabe (Heizung)		184,6	190,0	212,6
$Q'_{TW,outg}$ [kWh/(m ² a)]	spez. Erzeugernutzwärmeabgabe (Trinkwarmwasser)		20,6	20,7	23,0
Q'_{outg} [kWh/(m ² a)]	spez. Erzeugernutzwärmeabgabe		205,1	210,7	235,6
Endenergie					
$e_{h,g}$	Aufwandszahl Heizung		0,99	0,99	1,01
$Q'_{h,E}$ [kWh/(m ² a)]	spez. Endenergie Heizung		182,7	188,1	214,7
$e_{TW,g}$	Aufwandszahl Trinkwassererwärmung		1,08	1,08	1,11
$Q'_{TW,E}$ [kWh/(m ² a)]	spez. Endenergie Trinkwarmwasser		22,2	22,4	25,6
Q'_E [kWh/(m ² a)]	spez. Endenergie		204,9	210,4	240,3

Anhang 18

Erzeugernutzwärmeabgabe gesamt	Gebäudetyp I ($A_N = 2.717,4 \text{ m}^2$)	Gebäudetyp II ($A_N = 5.408,2 \text{ m}^2$)	Gebäudetyp III ($A_N = 3.174,3 \text{ m}^2$)	Wohngebiet gesamt ($A_N = 11.299,9 \text{ m}^2$)
Q_{outg} [kWh/a]	557.420	1.139.454	747.897	2.444.771

Endenergiebedarf gesamt	Gebäudetyp I ($A_N = 2.717,4 \text{ m}^2$)	Gebäudetyp II ($A_N = 5.408,2 \text{ m}^2$)	Gebäudetyp III ($A_N = 3.174,3 \text{ m}^2$)	Wohngebiet gesamt ($A_N = 11.299,9 \text{ m}^2$)
Q_E [kWh/a]	556.872	1.138.144	762.689	2.457.706

Wärmeverluste der Wärmeerzeuger	Berechnung
Q_g [kWh/a]	$Q_g = Q_E - Q_{\text{outg}} = 2.457.706 \text{ kWh/a} - 2.444.771 \text{ kWh/a} = 12.935 \text{ kWh/a}$

© Anna-Katharina Ruhe
 © Janine Kesting
 © Theresa Müller
 www.ak-ruhe.de

Nahwärmenetz**Heizlast- und Massenstromermittlung Gebäude C (Typ I) - NES****Gebäudezeitkonstante**

$$\tau = C_{\text{wirk}} / H$$

mit

C_{wirk} wirksame Speicherfähigkeit in Wh/K

H Wärmeverlustkoeffizient ($H_T + H_V$) in W/K

$$C_{\text{wirk}} = 152.769 \text{ Wh/k}$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang F)

$$H = (542,2 \text{ W/K} + 473,7 \text{ W/K})$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang F)

$$\tau = 152.769 \text{ Wh/K} / (542,2 \text{ W/K} + 473,7 \text{ W/K}) = 150,4 \text{ h}$$

Norm-Außentemperatur

$$\theta_e = \theta'_e + \Delta\theta_e$$

mit

θ'_e Außentemperatur in °C

$\Delta\theta_e$ Korrektur der Außentemperatur in °C

$$\theta'_e = -14 \text{ °C}$$

(s. Tab. 1 DIN EN 12831 Bbl. 1)

$$\Delta\theta_e = 2 \text{ °C}$$

(s. Tab. 2 DIN EN 12831 Bbl. 1)

$$\theta_e = -14 \text{ °C} + 2 \text{ °C} = -12 \text{ °C}$$

Norm-Transmissionswärmeverlust und Norm-Lüftungswärmeverlust

$$\Phi_T = H_T \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e)$$

$$\Phi_V = H_V \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e)$$

mit

H_T Transmissionswärmeverlust in W/K

H_V Lüftungswärmeverlust in W/K

θ_{int} Norm-Innentemperatur in °C

θ_e Norm-Außentemperatur in °C

$$H_T = 542,2 \text{ W/K}$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang F)

$$H_V = 473,7 \text{ W/K}$$

Anhang 19

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang F)

$$\theta_{\text{int}} = 20 \text{ °C}$$

(s. Tab. B.2 DIN EN 12831)

$$\Phi_T = 542,2 \text{ W/K} * [20\text{°C} - (-12\text{°C})] = 17.350,4 \text{ W}$$

$$\Phi_V = 473,7 \text{ W/K} * [20\text{°C} - (-12\text{°C})] = 15.158,4 \text{ W}$$

Heizlast

$$\Phi_{\text{HL}} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{\text{RH}}$$

mit

Φ_T Norm-Transmissionswärmeverlust in W

Φ_V Norm-Lüftungswärmeverlust in W

Φ_{RH} Aufheizleistung in W

$$\Phi_{\text{HL}} = 0,9 * (17.350,4 \text{ W} + 15.158,4 \text{ W} + 0 \text{ W}) = 29.257,9 \text{ W}$$

Massenstrom

$$\dot{m} = \Phi_{\text{HL}} / [c * (\theta_{\text{V,dh}} - \theta_{\text{R,dh}})]$$

mit

Φ_{HL} Heizlast in kW

c spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgers in kWh/(kgK)

$\theta_{\text{V,dh}}$ Vorlauftemperatur des Fern-/Nahwärmenetzes in °C

$\theta_{\text{R,dh}}$ Rücklauftemperatur des Fern-/Nahwärmenetzes in °C

$$\dot{m} = 29,3 \text{ kW} / [0,00116 \text{ kWh}/(\text{kgK}) * (75\text{°C} - 50\text{°C})] = 1.010,3 \text{ kg/h}$$

→ **Nennweite Leitung DN 25 (Rohrreibungsdruckgefälle R = 200 Pa/m)**

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

Heizlast- und Massenstromermittlung Gebäude E (Typ II) - NES

Gebäudezeitkonstante

$$\tau = C_{\text{wirk}} / H$$

mit

C_{wirk} wirksame Speicherfähigkeit in Wh/K

H Wärmeverlustkoeffizient ($H_T + H_V$) in W/K

$$C_{\text{wirk}} = 138.885 \text{ Wh/k}$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang F)

$$H = (517,1 \text{ W/K} + 430,7 \text{ W/K})$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang F)

$$\tau = 138.885 \text{ Wh/K} / (517,1 \text{ W/K} + 430,7 \text{ W/K}) = 146,5 \text{ h}$$

Norm-Außentemperatur

$$\theta_e = \theta'_e + \Delta\theta_e$$

mit

θ'_e Außentemperatur in °C

$\Delta\theta_e$ Korrektur der Außentemperatur in °C

$$\theta'_e = -14 \text{ °C}$$

(s. Tab. 1 DIN EN 12831 Bbl. 1)

$$\Delta\theta_e = 2 \text{ °C}$$

(s. Tab. 2 DIN EN 12831 Bbl. 1)

$$\theta_e = -14 \text{ °C} + 2 \text{ °C} = -12 \text{ °C}$$

Norm-Transmissionswärmeverlust und Norm-Lüftungswärmeverlust

$$\Phi_T = H_T * (\theta_{\text{int}} - \theta_e)$$

$$\Phi_V = H_V * (\theta_{\text{int}} - \theta_e)$$

mit

H_T Transmissionswärmeverlust in W/K

H_V Lüftungswärmeverlust in W/K

θ_{int} Norm-Innentemperatur in °C

θ_e Norm-Außentemperatur in °C

$$H_T = 517,1 \text{ W/K}$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang F)

$$H_V = 430,7 \text{ W/K}$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang F)

$$\theta_{\text{int}} = 20 \text{ °C}$$

(s. Tab. B.2 DIN EN 12831)

Anhang 19

$$\Phi_T = 517,1 \text{ W/K} * [20^\circ\text{C} - (-12^\circ\text{C})] = 16.547,2 \text{ W}$$

$$\Phi_V = 430,7 \text{ W/K} * [20^\circ\text{C} - (-12^\circ\text{C})] = 13.782,4 \text{ W}$$

$$\dot{m} = 27,3 \text{ kW} / [0,00116 \text{ kWh}/(\text{kgK}) * (75^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C})] = 941,4 \text{ kg/h}$$

→ Nennweite Leitung DN 25 (Rohrreibungsdruckgefälle R = 200 Pa/m)

Heizlast

$$\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$$

mit

Φ_T Norm-Transmissionswärmeverlust [W]

Φ_V Norm-Lüftungswärmeverlust [W]

Φ_{RH} Aufheizleistung [W]

$$\Phi_{HL} = 0,9 * (16.547,2 \text{ W} + 13.782,4 \text{ W} + 0 \text{ W}) = 27.296,6 \text{ W}$$

Massenstrom

$$\dot{m} = \Phi_{HL} / [c * (\theta_{V,dh} - \theta_{R,dh})]$$

mit

Φ_{HL} Heizlast in kW

c spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgers in kWh/(kgK)

$\theta_{V,dh}$ Vorlauftemperatur des Fern-/Nahwärmenetzes in °C

$\theta_{R,dh}$ Rücklauftemperatur des Fern-/Nahwärmenetzes in °C

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

Heizlast- und Massenstromermittlung Gebäude J (Typ III) - NES

Gebäudezeitkonstante

$$\tau = C_{\text{wirk}} / H$$

mit

C_{wirk} wirksame Speicherfähigkeit in Wh/K

H Wärmeverlustkoeffizient ($H_T + H_V$) in W/K

$$C_{\text{wirk}} = 61.945 \text{ Wh/k}$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang F)

$$H = (271,5 \text{ W/K} + 192,1 \text{ W/K})$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang F)

$$\tau = 61.945 \text{ Wh/K} / (271,5 \text{ W/K} + 192,1 \text{ W/K}) = 133,6 \text{ h}$$

Norm-Außentemperatur

$$\theta_e = \theta'_e + \Delta\theta_e$$

mit

θ'_e Außentemperatur in °C

$\Delta\theta_e$ Korrektur der Außentemperatur in °C

$$\theta'_e = -14 \text{ °C}$$

(s. Tab. 1 DIN EN 12831 Bbl. 1)

$$\Delta\theta_e = 1 \text{ °C}$$

(s. Tab. 2 DIN EN 12831 Bbl. 1)

$$\theta_e = -14 \text{ °C} + 1 \text{ °C} = -13$$

Norm-Transmissionswärmeverlust und Norm-Lüftungswärmeverlust

$$\Phi_T = H_T * (\theta_{\text{int}} - \theta_e)$$

$$\Phi_V = H_V * (\theta_{\text{int}} - \theta_e)$$

mit

H_T Transmissionswärmeverlust in W/K

H_V Lüftungswärmeverlust in W/K

θ_{int} Norm-Innentemperatur in °C

θ_e Norm-Außentemperatur in °C

$$H_T = 271,5 \text{ W/K}$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang F)

$$H_V = 192,1 \text{ W/K}$$

(s. Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf Anhang F)

$$\theta_{\text{int}} = 20 \text{ °C}$$

(s. Tab. B.2 DIN EN 12831)

Anhang 19

$$\Phi_T = 271,5 \text{ W/K} * [20^\circ\text{C} - (-13^\circ\text{C})] = 8.959,5 \text{ W}$$

$$\Phi_V = 192,1 \text{ W/K} * [20^\circ\text{C} - (-13^\circ\text{C})] = 6.339,3 \text{ W}$$

$$\dot{m} = 13,8 \text{ kW} / [0,00116 \text{ kWh}/(\text{kgK}) * (75^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C})] = 475,9 \text{ kg/h}$$

→ **Nennweite Leitung DN 20 (Rohrreibungsdruckgefälle R = 200 Pa/m)**

Heizlast

$$\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$$

mit

Φ_T Norm-Transmissionswärmeverlust in W

Φ_V Norm-Lüftungswärmeverlust in W

Φ_{RH} Aufheizleistung in W

$$\Phi_{HL} = 0,9 * (8.959,5 \text{ W} + 6.339,3 \text{ W} + 0 \text{ W}) = 13.768,9 \text{ W}$$

Massenstrom

$$\dot{m} = \Phi_{HL} / [c * (\theta_{V,dh} - \theta_{R,dh})]$$

mit

Φ_{HL} Heizlast in kW

c spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgers in kWh/(kgK)

$\theta_{V,dh}$ Vorlauftemperatur des Fern-/Nahwärmenetzes in °C

$\theta_{R,dh}$ Rücklauftemperatur des Fern-/Nahwärmenetzes in °C

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

Berechnung der Verteilnetzverluste

Informationen zu den einzelnen Rohrtypen:

Durchmesser	Spez. Wärmeverlustleistung	Länge (inkl. 10 % Aufschlag)
DN 20	0,149 W/(mK)	36 m
DN 25	0,182 W/(mK)	49 m
DN 32	0,187 W/(mK)	334 m
DN 40	0,215 W/(mK)	128 m
DN 50	0,240 W/(mK)	73 m
DN 60	0,269 W/(mK)	27 m
DN 65	0,286 W/(mK)	88 m
Trassenlänge gesamt		735 m

Wärmeverlustleistung Vorlauf bzw. Rücklauf

$$\Phi_{dh} = \dot{q}_{dh} \cdot l_{dh} \cdot [(\theta_{V,dh} + \theta_{R,dh}) / 2 - \theta_g]$$

mit

- \dot{q}_{dh} spezifische Wärmeverlustleistung der Fern-/Nahwärmeleitung in W/(mK)
- l_{dh} Leitungslänge in m
- $\theta_{V,dh}$ Vorlauftemperatur des Fern-/Nahwärmenetzes in °C
- $\theta_{R,dh}$ Rücklauftemperatur des Fern-/Nahwärmenetzes in °C
- θ_g mittlere Erdoberflächtemperatur in °C

Wärmeverlustleistungen in Abhängigkeit von den Nennweiten:

$$\Phi_{dh,1} = 0,149 \text{ W/(mK)} \cdot 36 \text{ m} \cdot [(75^\circ\text{C} + 50^\circ\text{C}) / 2 - 10^\circ\text{C}] = 325,3 \text{ W}$$

$$\Phi_{dh,2} = 0,182 \text{ W/(mK)} \cdot 49 \text{ m} \cdot [(75^\circ\text{C} + 50^\circ\text{C}) / 2 - 10^\circ\text{C}] = 547,4 \text{ W}$$

$$\Phi_{dh,3} = 0,187 \text{ W/(mK)} \cdot 334 \text{ m} \cdot [(75^\circ\text{C} + 50^\circ\text{C}) / 2 - 10^\circ\text{C}] = 3.893,6 \text{ W}$$

$$\Phi_{dh,4} = 0,215 \text{ W/(mK)} \cdot 128 \text{ m} \cdot [(75^\circ\text{C} + 50^\circ\text{C}) / 2 - 10^\circ\text{C}] = 1.710 \text{ W}$$

$$\Phi_{dh,5} = 0,240 \text{ W/(mK)} \cdot 73 \text{ m} \cdot [(75^\circ\text{C} + 50^\circ\text{C}) / 2 - 10^\circ\text{C}] = 1.085,0 \text{ W}$$

$$\Phi_{dh,6} = 0,269 \text{ W/(mK)} \cdot 27 \text{ m} \cdot [(75^\circ\text{C} + 50^\circ\text{C}) / 2 - 10^\circ\text{C}] = 443,9 \text{ W}$$

$$\Phi_{dh,7} = 0,286 \text{ W/(mK)} \cdot 88 \text{ m} \cdot [(75^\circ\text{C} + 50^\circ\text{C}) / 2 - 10^\circ\text{C}] = 1.563,0 \text{ W}$$

$$\Phi_{dh} = \sum |\Phi_{dh,1,2,\dots}| = 9.568 \text{ W}$$

➔ **Vorlauf + Rücklauf: 2 x 9.568 W = 19.136 W**

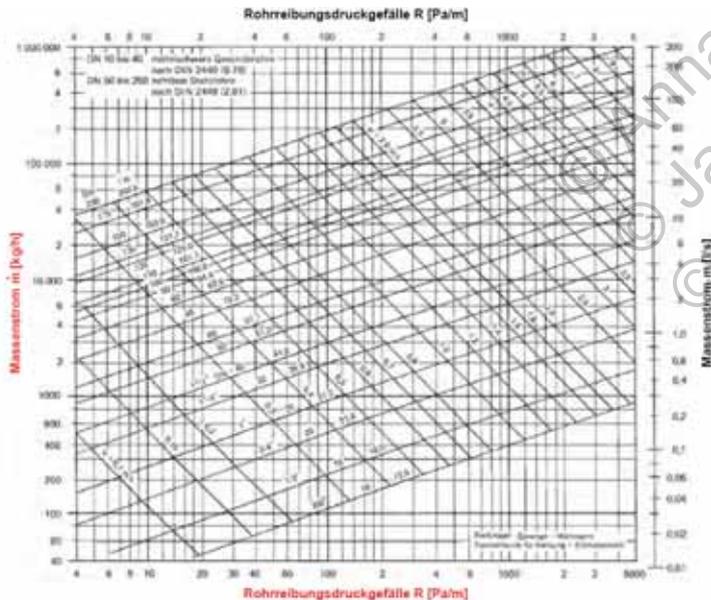


Abb.: Rohrreibungsdiagramm zur Ermittlung des Rohrdurchmessers

Verteilnetzverluste Q_{dh}

$$Q_{dh} = \Phi_{dh} * t_{a,dh}$$

mit

$t_{a,dh}$ jährliche Betriebszeit des Fern-/Nahwärmenetzes
in h/a

Φ_{dh} Wärmeverlustleistung in W

$$Q_{dh} = 19.136 \text{ W} * 8.760 \text{ h} = 167.631.360 \text{ Wh/a} = 167.631 \text{ kWh/a}$$

Heizlast Nahwärmenetz

Kürzel	Bezeichnung	Gebäude C	Gebäude E	Gebäude J	Gebäudetyp I	Gebäudetyp II	Gebäudetyp III	Wohngebiet gesamt
Φ_{HL} [kW]	Heizlast	29,3	27,3	13,8	87,9	163,8	96,6	348,3
Φ_{dh} [kW]	Verlustleistung Nahwärmenetz							19,1
Φ_{ce} [kW]	Verlustleistung Hausübergabe	0,3	0,3	0,2	1,0	2,0	1,3	4,3
$\Phi_{HL,NW}$ [kW]	Heizlast Nahwärmenetz							371,7

Berechnung Erzeugernutzwärmeabgabe und Endenergiebedarf Variante 2 - Nahwärmenetz

Kürzel	Bezeichnung	Quelle	Gebäude C	Gebäude E	Gebäude J
Trinkwasser					
Q_{tw} [kWh/(m ² a)]	Jahres-Trinkwasserwärmebedarf	EnEV	12,5	12,5	12,5
$Q_{\text{TW,ce}}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Übergabe (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-1 DIN 4701-10	-	-	-
$Q_{\text{TW,d}}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Verteilung (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-2a DIN 4701-10	6,9	7,0	8,2
$Q_{\text{TW,s}}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Speicherung (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-3a DIN 4701-10	1,1	1,2	2,4
$Q_{\text{h,TW,d}}$ [kWh/(m ² a)]	Heizwärmegutschrift Verteilung (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-2a DIN 4701-10	2,1	2,1	1,8
$Q_{\text{h,TW,s}}$ [kWh/(m ² a)]	Heizwärmegutschrift Speicherung (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-3a DIN 4701-10	-	-	-
$Q_{\text{h,TW}}$ [kWh/(m ² a)]	Heizwärmegutschrift gesamt (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-3a DIN 4701-10	2,1	2,1	1,8
Lüftung					
$Q_{\text{L,g,WE,WRG}}$ [kWh/(m ² a)]	Jahres-Heizarbeit der Wärmerückgewinnung	Tab. C.2-3a DIN 4701-10	27,3	27,3	27,3
$Q_{\text{L,ce}}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Übergabe (Lüftung)	Tab. C.2-1 DIN 4701-10	-	-	-
$Q_{\text{L,d}}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Verteilung (Lüftung)	Tab. C.2-2 DIN 4701-10	0,8	0,9	1,0
$Q_{\text{h,n}}$ [kWh/(m ² a)]	Luftwechsel-Korrekturwert	Tab. C.2-4 DIN 4701-10	11,2	11,2	11,2
$Q_{\text{h,L}}$ [kWh/(m ² a)]	Heizwärmegutschrift (Lüftung)		15,3	15,2	15,1
Heizung					
Q_{h} [kWh/(m ² a)]	Jahres-Heizwärmebedarf	Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf	43,7	46,1	53,1
$Q_{\text{h,ce}}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Übergabe (Heizung)	Tab. C.3-1 DIN 4701-10	0,7	0,7	0,7
$Q_{\text{h,d}}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Verteilung (Heizung)	Tab. C.3-2a DIN 4701-10	2,9	3,0	4,0
$Q_{\text{h,s}}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Speicherung (Heizung)	Tab. C.3-3 DIN 4701-10	-	-	-
Aufwandszahl Nahwärmeübergabestation (Trinkwasser)					1,14
Aufwandszahl Nahwärmeübergabestation (Heizung)					1,01
$Q'_{\text{h,outg,GEB}}$ [kWh/(m ² a)]	spez. Erzeugernutzwärmeabgabe gebäudebezogen (Heizung)		30,2	32,8	41,2
$Q'_{\text{TW,outg,GEB}}$ [kWh/(m ² a)]	spez. Erzeugernutzwärmeabgabe gebäudebezogen (Trinkwarmwasser)		23,4	23,6	26,3
$Q'_{\text{outg,GEB}}$ [kWh/(m ² a)]	spez. Erzeugernutzwärmeabgabe gebäudebezogen gesamt		53,7	56,4	67,5

Anhang 21

		Gebäudetyp I ($A_N = 2.717,4 \text{ m}^2$)	Gebäudetyp II ($A_N = 5.408,21 \text{ m}^2$)	Gebäudetyp III ($A_N = 3.174,33 \text{ m}^2$)	Wohngebiet gesamt ($A_N = 11.299,94 \text{ m}^2$)
$Q_{\text{outg,GEB}}$ [kWh/a]	Erzeugernutzwärmeabgabe gebäudebezogen gesamt	145.806	305.271	214.248	665.324
Q_{oh} [kWh/a]	Verteilnetzverluste Nahwärmesystem				167.631
Q_{outg} [kWh/a]	Erzeugernutzwärmeabgabe				832.955
$Q_{\text{outg,Spitz}}$ [kWh/a]	Erzeugernutzwärmeabgabeanteil Spitzenlastkessel				249.886
$Q_{\text{outg,Grund}}$ [kWh/a]	Erzeugernutzwärmeabgabeanteil Grundlastkessel				583.068
$e_{g,Spitz}$	Aufwandszahl Spitzenlastkessel				1,00
$e_{g,Grund}$	Aufwandszahl Grundlastkessel				0,98
Q_E [kWh/a]	Endenergie gesamt				821.294

Wärmeverluste der Wärmeerzeuger	Berechnung
Q_g [kWh/a]	$Q_g = Q_E - Q_{\text{outg}} = 821.294 \text{ kWh/a} - 832.955 \text{ kWh/a} = - 11.661 \text{ kWh/a}$

© Anna-Katharina Ruhe
 © Janine Kesting
 © Theresa Müller
 www.ak-ruhe.de

PYROT

Innovativer Holzkessel mit Rotationsfeuerung, 90 bis 480 kW.
Für Holzbrennstoffe mit einem maximalen Wassergehalt von 35 %.

Holzkessel auf dem neuesten Stand der Technik

Mit seiner patentierten Rotationsfeuerung ist der Pyrot Heizkessel eine Holzfeuerung nach dem neuesten Stand der Technik. Eine Einschubschnecke führt den Holzbrennstoff kontinuierlich auf einen bewegten Rost, auf dem die Vergasung des Brennstoffs (unter genau gesteuerter Primärluftzufuhr) stattfindet. Die Brenngase (Syngas) steigen dann in den Rotationsfeuererraum auf, wo sie mittels Rotationsgebläse mit einem Drehimpuls versetzter Sekundärluft vermischt werden. Dadurch wird eine vollständige Verbrennung gewährleistet.

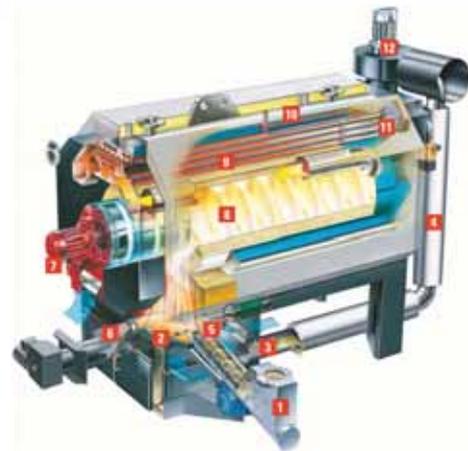
Saubere und effiziente Verbrennung

Die hochentwickelte Verbrennungstechnik des Pyrot erzielt ähnliche Emissionswerte wie eine moderne Gasfeuerungsanlage und hält die Abgabe von CO, NO_x und Staubpartikeln auf einem Minimum.

Darüber hinaus ist Holz im Gegensatz zu Öl und Gas eine CO₂-neutrale, erneuerbare Energiequelle. Bei Betrieb mit unserer digitalen, modulierenden Leistungsregelung erreicht der Pyrot Kessel einen Wirkungsgrad von 85 %.

Mobile Wärmezentrale im Container (Hochsilo als Pelletlager)

Der Pyrot Holzkessel ist als Fertiglösung im Container für Einsätze erhältlich, bei denen keine Kessleinhausungen verfügbar sind oder bei denen die Baukosten vor Ort auf ein Minimum reduziert werden müssen. Zu dieser Fertiglösung gehören der vorinstallierte Kessel in einem Spezialcontainer (siehe Seite 5) und sämtliche Zusatzgeräte. Individuelle Containerlösungen können speziell auf Ihren Bedarf angepasst werden.



- 1 Einschubschnecke (mit Lidtraktor)
- 2 Bewegter Rost
- 3 Primärluft-Regelklappe
- 4 Abgasführung
- 5 Zündgebläse
- 6 Ascheabtragung
- 7 Sekundärluft-Regelklappe mit Rotationsgebläse
- 8 Rotationsfeuererraum
- 9 Zweifach-Wärmetauscher
- 10 Sicherheitswärmetauscher
- 11 Pneumatische Rotationsreglung
- 12 Saugpumpentator



Pyrot mit Ascheabtragungsschnecke und externem Aschecontainer



Mobile Wärmezentrale im Container (Hochsilo als Pelletlager)

Technische Daten

- Vollautomatischer Holzkessel mit Rotationsfeuerung
- 6 Modelle von 90 bis 480 kW
- Für trockene Holzbrennstoffe mit einem maximalen Wassergehalt von 35 %
- Wirkungsgrad bis 90 %
- Maximaler Betriebsdruck: 3 bar

Technische Daten siehe Seite 14.

Alle Vorteile auf einen Blick

- Hoher Wirkungsgrad dank hochentwickelter Verbrennungstechnik, Zweifach-Wärmetauscher und modulierender Leistungsregelung (Regelbereich 4:1)
- Maximale Wärmeübertragung dank Zweifach-Wärmetauscher
- Hoher Wirkungsgrad und extrem niedrige Emissionen dank genau gesteuerter Primär- und Sekundärluft
- Automatische Zündvorrichtung verhindert Leerlauf und spart Brennstoff
- Einfache Wartung dank vollautomatischer Entaschung, optionalem pneumatischem Reinigungssystem und Abgasenstauber
- Hochentwickelte Sicherheitseinrichtungen ermöglichen sicheren und zuverlässigen Betrieb
- Individuelle Planung Ihrer Anlage durch unser Expertenteam
- Erhältlich als komplette Fertiglösung im Container

© Anna-Katharina Ruhe
© Janine Kesting
© Theresa Müller
www.ak-ruhe.de

Vollautomatisch und wartungsarm

Eine umfassende Reihe von Anlagenkomponenten aus einer Hand stellt den zuverlässigen und reibungslosen Betrieb der gesamten Anlage sicher.



Abgasentstauber zur Erhaltung strenger Staubemissionsanforderungen

Automatische Entaschung (Option)

Die saubere Verbrennung lässt lediglich die im Holz eingelagerten Mineralstoffe als Asche zurück. Ein Rost mit beweglichen Rostelementen extrahiert die Asche aus dem Feuerraum und leitet sie in den Aschebehälter. Sobald sie abgekühlt ist, leitet die Ascheustragungsschnecke die Asche in einen großvolumigen externen Aschecontainer.



Ascheustragungsschnecke und externer Aschecontainer

Pneumatisches Reinigungssystem (Option)

Ein sauberer Wärmetauscher ist ausschlaggebend für Lebensdauer und Effizienz eines Kessels. Die pneumatische Rohrreinigung entfernt mit kurzen Druckluftstößen regelmäßig die Asche aus dem Wärmetauscher und verlängert somit beträchtlich den wartungsfreien Kesselbetrieb.



Pneumatisches Reinigungssystem

Abgasrückführung

(Standard für Pyrot, Option für Pyrotec)
Abgas mit geringem Sauerstoffgehalt (6 bis 9 %). Bei der Mischung mit Primärluft wird die vollständige Brennstoffvergasung des Brennstoffs unter Luftmangel sichergestellt. Dies ermöglicht eine niedrige Rosttemperatur, was zu einem höheren Wirkungsgrad des Kessels führt. Zudem werden Partikelemissionen verringert und die Lebensdauer des Rostes erhöht.

Abgasentstauber (Option)

Der Abgasentstauber minimiert die Staubemissionen durch Filterung der Abgase aus einer Multizyklenanordnung. Er wird vollständig isoliert mit seitlich oder oben angebrachtem Abgasgebläse und einem 240 Liter Aschecontainer geliefert. Ein 800 Liter Container ist als Option erhältlich. (Für erforderlich für Brennstoffe mit hohem Feinspartikelgehalt wie z. B. Abfallholz aus Holzverarbeitenden Anlagen oder Holzflackerschrot mit einem Feinspartikelgehalt von > 4 %.)



Abgasrückführung

Technische Daten



PYROT

Heizkessel mit Rotationsfeuerung
Für Holzbrennstoffe mit einem Wassergehalt < 35 %

Modell		Pyrot 100	Pyrot 150	Pyrot 220	Pyrot 300	Pyrot 400	Pyrot 540
Leistung	kW	90	135	200	270	360	480
Wirkungsgrad		90 %					
Max. Betriebsdruck		3 bar					
Abmessungen (mm)	Länge	2 192	2 442	2 466	2 822	2 806	3 034
	Breite	1 050	1 050	1 330	1 330	1 570	1 570
	Höhe	1 765	1 765	2 024	2 024	2 262	2 332
Gewicht	kg	1 958	2 198	3 024	3 433	4 438	5 108



PYROTEC

Heizkessel mit Rostfeuerung
Für Holzbrennstoffe mit einem Wassergehalt < 50 %

Modell		Pyrotec 390	Pyrotec 530	Pyrotec 720	Pyrotec 950	Pyrotec 1250
Leistung	kW	390	530	720	950	1 250
Wirkungsgrad		90 %				
Max. Betriebsdruck		6 bar				
Abmessungen (mm)	Länge	3 269	3 237	3 877	3 835	4 380
	Breite	1 236	1 380	1 380	1 612	1 612
	Höhe	2 382	2 702	2 834	3 035	3 230
Gewicht	kg	4 650	6 945	8 244	10 653	12 083

Berechnung Erzeugernutzwärmeabgabe und Endenergiebedarf Variante 3 - Nahwärmenetz/ Holzpellet-Kessel

Kürzel	Bezeichnung	Quelle	Gebäude C	Gebäude E	Gebäude J
Trinkwasser					
Q_{tw} [kWh/(m ² a)]	Jahres-Trinkwasserwärmebedarf	EnEV	12,5	12,5	12,5
$Q_{TW,ce}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Übergabe (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-1 DIN 4701-10	-	-	-
$Q_{TW,d}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Verteilung (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-2a DIN 4701-10	6,9	7,0	8,2
$Q_{TW,s}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Speicherung (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-3a DIN 4701-10	1,1	1,2	2,4
$Q_{h,TW,d}$ [kWh/(m ² a)]	Heizwärmegutschrift Verteilung (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-2a DIN 4701-10	2,1	2,1	1,8
$Q_{h,TW,s}$ [kWh/(m ² a)]	Heizwärmegutschrift Speicherung (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-3a DIN 4701-10	-	-	-
$Q_{h,TW}$ [kWh/(m ² a)]	Heizwärmegutschrift gesamt (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-3a DIN 4701-10	2,1	2,1	1,8
Lüftung					
$Q_{L,g,WE,WRG}$ [kWh/(m ² a)]	Jahres-Heizarbeit der Wärmerückgewinnung	Tab. C.2-3a DIN 4701-10	27,3	27,3	27,3
$Q_{L,ce}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Übergabe (Lüftung)	Tab. C.2-1 DIN 4701-10	-	-	-
$Q_{L,d}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Verteilung (Lüftung)	Tab. C.2-2 DIN 4701-10	0,8	0,9	1,0
$Q_{h,n}$ [kWh/(m ² a)]	Luftwechsel-Korrekturwert	Tab. C.2-4 DIN 4701-10	11,2	11,2	11,2
$Q_{h,L}$ [kWh/(m ² a)]	Heizwärmegutschrift (Lüftung)		15,3	15,2	15,1
Heizung					
Q_h [kWh/(m ² a)]	Jahres-Heizwärmebedarf	Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf	43,7	46,1	53,1
$Q_{h,ce}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Übergabe (Heizung)	Tab. C.3-1 DIN 4701-10	0,7	0,7	0,7
$Q_{h,d}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Verteilung (Heizung)	Tab. C.3-2a DIN 4701-10	2,9	3,0	4,0
$Q_{h,s}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Speicherung (Heizung)	Tab. C.3-3 DIN 4701-10	-	-	-
Aufwandszahl Nahwärmeübergabestation (Trinkwasser)					1,14
Aufwandszahl Nahwärmeübergabestation (Heizung)					1,01
$Q'_{h,outg,GEB}$ [kWh/(m ² a)]	spez. Erzeugernutzwärmeabgabe gebäudebezogen (Heizung)		30,2	32,8	41,2
$Q'_{TW,outg,GEB}$ [kWh/(m ² a)]	spez. Erzeugernutzwärmeabgabe gebäudebezogen (Trinkwarmwasser)		23,4	23,6	26,3
$Q'_{outg,GEB}$ [kWh/(m ² a)]	spez. Erzeugernutzwärmeabgabe gebäudebezogen gesamt		53,7	56,4	67,5

Anhang 23

		Gebäudetyp I ($A_N = 2.717,4 \text{ m}^2$)	Gebäudetyp II ($A_N = 5.408,21 \text{ m}^2$)	Gebäudetyp III ($A_N = 3.174,33 \text{ m}^2$)	Wohngebiet gesamt ($A_N = 11.299,94 \text{ m}^2$)
$Q_{\text{outg,GEB}}$ [kWh/a]	Erzeugernutzwärmeabgabe gebäudebezogen gesamt	145.806	305.271	214.248	665.324
Q_{dh} [kWh/a]	Verteilnetzverluste Nahwärmesystem				167.631
$Q_{\text{H,s}}$ [kWh/a]	Bereitschafts-Wärmeverlust des Pufferspeichers				4.914
Q_{outg} [kWh/a]	Erzeugernutzwärmeabgabe				837.869
$Q_{\text{outg,Spitz}}$ [kWh/a]	Erzeugernutzwärmeabgabeanteil Spitzenlastkessel				251.361
$Q_{\text{outg,Grund}}$ [kWh/a]	Erzeugernutzwärmeabgabeanteil Grundlastkessel				586.509
$e_{\text{g,Spitz}}$	Aufwandszahl Spitzenlastkessel				1,14
$e_{\text{g,Grund}}$	Aufwandszahl Grundlastkessel				1,11
Q_E [kWh/a]	Endenergie gesamt				937.576

	Berechnung
Q_g [kWh/a]	$Q_g = Q_E - Q_{\text{outg}} = 937.576 \text{ kWh/a} - 837.869 \text{ kWh/a} = 99.707 \text{ kWh/a}$

Großkollektor SchücoSol G.2 –
Spitzentechnologie für die Kranmontage



Der Einsatz von SchücoSol G.2 Großkollektoren bietet sich immer dann an, wenn ein Kran für die Montage zur Verfügung steht. Insbesondere bei Großobjekten lassen sich so in kurzer Zeit große Kollektorflächen montieren. Schüco bietet eine professionelle Logistik zur Baustelle und auf Wunsch sogar die Anlieferung per Kran bis auf das Dach.

Der SchücoSol G.2 verfügt über die gleichen Qualitätsmerkmale wie alle Schüco Thermiskollektoren. Aluminiumrahmen und -rückwand bedeuten einen wichtigen Vorteil gegenüber immer noch im Markt vertretenen Großkollektoren mit

Holzrahmen und ermöglichen mehr Montagearten. Schüco Großkollektoren können als Aufdach-, Flachdach- oder Indachlösung montiert werden. Das Schüco eigene Unterkonstruktionsystem ist selbstverständlich statisch geprüft und entspricht allen gültigen technischen Normen. Die Großkollektoren bilden eine hydraulische Einheit ohne Anschlüsse innerhalb des Kollektors. Es sind zwei Größen mit einer Kollektorfläche von 8,3 bzw. 11,1 m² erhältlich.



Stabile Trage- und Mäanderverzöpfung für hohe Erträge und Betriebsicherheit



Großkollektor SchücoSol G.2



Sichtansicht auf Dachkollektor



Nahsicht von Dachkollektoranlage

Elegante und effiziente Lösung für Privathäuser

SchücoSol G.2 Großkollektoren können effizient auf Ein- und Zweifamilienhäusern installiert werden, wenn bauteilseitig ein Kran vorhanden ist. Der SchücoSol G.2 ist als Indachlösung mit dem seriennormierten Montagesystem problemlos und schnell montiert. Die Ansicht der Großkollektoren wird von vielen Bauherren als besonders gleichmäßig empfunden.

Schnelle Montage bei Großobjekten

Auf Mehrfamilienhäusern oder anderen Großobjekten müssen oft erhebliche Kollektorflächen in kurzer Zeit montiert werden. Die Größe des Einzelkollektors und die Anzahl der notwendigen hydraulischen Anschlüsse spielen dabei eine entscheidende Rolle. Ein Kollektorfeld mit vier SchücoSol G.2 XL, in Reihe geschaltet, hat über 44 m² Kollektorfläche und bis zu 32 kW Nennwärmeleistung und wird mit nur acht Anschlüssen hydraulisch verbunden.

Die Vorteile auf einen Blick

- Klarglas mit optimalem Winkelkorrekturfaktor für hohe Solarerträge
- Aluminiumrahmen und -rückwand ohne Halblelemente
- Mäanderverzöpfung verhindert Luftschlüsse
- Hochtemperaturfeste, metallisch dichtende Verbindungen an den Kollektoranschlüssen
- Entwässerungsrut und Belüftungstaschen für beschlagfreien Betrieb
- Nahtlose, unverklebte EPDM-Dichtung vom Kollektorglas für spannungsfreie und sichere Abdichtung
- Kollektorglas werkseitig montiert, keine Dichtungs- oder Glasmontagearbeiten auf der Baustelle
- Zwei Größen und drei Montagevarianten
- Bei Bedarf Unterstützung der Erstmontage durch Schüco
- Professionelle Logistik zur Baustelle, auf Wunsch mit Anlieferung per Kran bis auf das Dach

Technische Daten

Baureihe	Technische Daten		Anschlüsse				Material	
	Fläche (m ²)	Leistung (kW)	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"		
SchücoSol G.2 L	8,3	11,1	10	12	14	16	Eigler	Aluminium
SchücoSol G.2 XL	16,6	22,2	11	14	16	18	Eigler	Aluminium

Berechnung Erzeugernutzwärmeabgabe und Endenergiebedarf Variante 4 - Nahwärmenetz/ Holzpellet-Kessel + Solaranlage

Kürzel	Bezeichnung	Quelle	Gebäude C	Gebäude E	Gebäude J
Trinkwasser					
Q_{tw} [kWh/(m ² a)]	Jahres-Trinkwasserwärmebedarf	EnEV	12,5	12,5	12,5
$Q_{TW,ce}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Übergabe (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-1 DIN 4701-10	-	-	-
$Q_{TW,d}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Verteilung (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-2a DIN 4701-10	6,9	7,0	8,2
$Q_{TW,s}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Speicherung (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-3a DIN 4701-10	1,1	1,2	2,4
$Q_{h,TW,d}$ [kWh/(m ² a)]	Heizwärmegutschrift Verteilung (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-2a DIN 4701-10	2,1	2,1	1,8
$Q_{h,TW,s}$ [kWh/(m ² a)]	Heizwärmegutschrift Speicherung (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-3a DIN 4701-10	-	-	-
$Q_{h,TW}$ [kWh/(m ² a)]	Heizwärmegutschrift gesamt (Trinkwarmwasser)	Tab. C.1-3a DIN 4701-10	2,1	2,1	1,8
Lüftung					
$Q_{L,g,WE,WRG}$ [kWh/(m ² a)]	Jahres-Heizarbeit der Wärmerückgewinnung	Tab. C.2-3a DIN 4701-10	27,3	27,3	27,3
$Q_{L,ce}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Übergabe (Lüftung)	Tab. C.2-1 DIN 4701-10	-	-	-
$Q_{L,d}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Verteilung (Lüftung)	Tab. C.2-2 DIN 4701-10	0,8	0,9	1,0
$Q_{h,n}$ [kWh/(m ² a)]	Luftwechsel-Korrekturwert	Tab. C.2-4 DIN 4701-10	11,2	11,2	11,2
$Q_{h,L}$ [kWh/(m ² a)]	Heizwärmegutschrift (Lüftung)		15,3	15,2	15,1
Heizung					
Q_h [kWh/(m ² a)]	Jahres-Heizwärmebedarf	Berechnung Jahres-Heizwärmebedarf	43,7	46,1	53,1
$Q_{h,ce}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Übergabe (Heizung)	Tab. C.3-1 DIN 4701-10	0,7	0,7	0,7
$Q_{h,d}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Verteilung (Heizung)	Tab. C.3-2a DIN 4701-10	2,9	3,0	4,0
$Q_{h,s}$ [kWh/(m ² a)]	Wärmeverluste der Speicherung (Heizung)	Tab. C.3-3 DIN 4701-10	-	-	-
Aufwandszahl Nahwärmeübergabestation (Trinkwasser)					1,14
Aufwandszahl Nahwärmeübergabestation (Heizung)					1,01
$Q'_{h,outg,GEB}$ [kWh/(m ² a)]	spez. Erzeugernutzwärmeabgabe gebäudebezogen (Heizung)		30,2	32,8	41,2
$Q'_{TW,outg,GEB}$ [kWh/(m ² a)]	spez. Erzeugernutzwärmeabgabe gebäudebezogen (Trinkwarmwasser)		23,4	23,6	26,3
$Q'_{outg,GEB}$ [kWh/(m ² a)]	spez. Erzeugernutzwärmeabgabe gebäudebezogen gesamt		53,7	56,4	67,5

		Gebäudetyp I (A _N = 2.717,4 m ²)	Gebäudetyp II (A _N = 5.408,21 m ²)	Gebäudetyp III (A _N = 3.174,33 m ²)	Wohngebiet gesamt (A _N = 11.299,94 m ²)
Q_{outg,GEB} [kWh/a]	Erzeugernutzwärmeabgabe gebäudebezogen gesamt	145.806	305.271	214.248	665.324
Q_{dh} [kWh/a]	Verteilnetzverluste Nahwärmesystem				167.631
Q_{outg} [kWh/a]	Erzeugernutzwärmeabgabe				832.955
Q_{sol} [kWh/a]	Solarertrag				203.777
Q_{outg} - Q_{sol} [kWh/a]					629.178
Q_{outg,Spitz} [kWh/a]	Erzeugernutzwärmeabgabeanteil Spitzenlastkessel				188.753
Q_{outg,Grund} [kWh/a]	Erzeugernutzwärmeabgabeanteil Grundlastkessel				440.425
e_{g,Spitz}	Aufwandszahl Spitzenlastkessel				1,14
e_{g,Grund}	Aufwandszahl Grundlastkessel				1,11
Q_E [kWh/a]	Endenergie gesamt				704.050

Wärmeverluste der Wärmeerzeuger	Berechnung
Q_g [kWh/a]	Q_g = Q_E - (Q_{outg}-Q_{sol}) = 704.050 kWh/a - 629.178 kWh/a = 74.872 kWh/a

AUSSYS-Hack-0806

HACKSCHNITZEL SILOAUSTRAGUNG - Waagrechtsschnecke

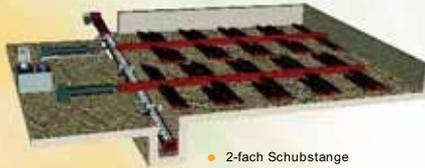
Waagrechtsschnecke mit Führungsarm und hydraulischem Vorschub, Einbau im Zentrum des Silos. Die Schnecke bewegt sich mit Zwangsvorschub über dem Siloboden in horizontaler Ebene um die eigene Achse. Die aus-getragenen Späne werden im unteren Teil der Maschine, der als Zwischen-behälter ausgebildet ist, gespeichert. Mittels 2 Füllstandsmelder (Drehflügel-schalter oder Lichtschranken) werden die Austragschnecken ein- und ausgeschaltet. Durch ein Austrags-rad, angetrieben durch einen Schneckengetriebemotor, werden die Späne den jeweiligen Transport- und Dosierschnecken zugeführt. Die Aus-tragsschnecke ist mit progressiver Schneckenblattsteigung und Reißspitzen ausgeführt. Hauptschnecke mit Führungs-arm, dieser ist am Winkelgetriebe angeflanscht, Lagerung am Schneckenende mittels Pendelrollenlager und Spezialdichtungen sowie Kardangeln zwischen Getriebeflansch und Schneckenrohr. Antrieb mittels E-Motor, Kardanwelle zum ersten Winkelgetriebe, Antriebswelle zum zweiten Winkelgetriebe, sehr stark dimensioniertes Keegelgetriebe inkl. Flansch zum Anflanschen der Schnecken. Vorschub hydraulisch inkl. Zylinder, Schläuche, Steuerventil und Hydraulikaggregat links. E-Motor. Kraftübertragung durch Klinkenrad und Klinke im Vorschubhebel eingebaut. Bodenplatte mit Anschlussflansch für 2 - 4 Transportschnecken, Austragsrad mit Getriebemotor.



- Austragungsleistung: bis 200 m3/h
- Silodurchmesser: bis 12 m
- Anschluß: bis zu 4 Förderschnecken
- Beschickung mehrerer Kessel und Pressen möglich
- 8 mm durchgehend geschweisstes Schneckenblatt
- Hackgut bis G 50



SCHUBSTANGEN AUSTRAGUNGSSYSTEME



• 2-fach Schubstange

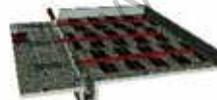
- Breite: 1,5 m, 2,0 m, 2,5 m, 3,0 m
besteht aus:
- Trogförderschnecke
 - Sammelschacht, Füllstandsmelder u. Getriebemotor für Schnecke
 - Schubstangen - Aufbau - Konstruktion:
 - gesamte Schubstange inkl. Träger
 - Schubstangenkeile
 - Gegenkeile
 - Hydraulikzylinder
 - Hydraulikaggregat



• Doppelschubstange



• Druckschubstange



• 3-fach Schubstange

unser Partner

IMPRESSUM
Medieninhaber & Verleger:
GILLES Energie- und Umwelttechnik GmbH,
Koaserbauer Straße 16, A-4810 Gmunden
Tel: +43 7612 73760 Fax: +43 7612 73760 17
email: office@gilles.at www.gilles.at

www.gilles.at



HACKSCHNITZEL
AUSTRAGUNGEN



AUSTRAGUNGSSYSTEME



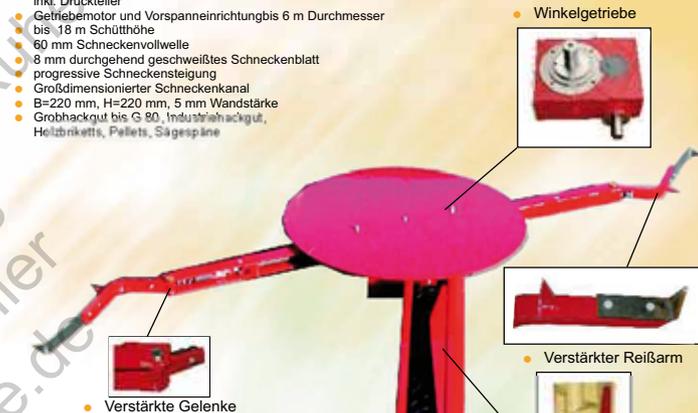
RAUMAustrAGUNG - Blattfeder

- 2 Blattfederpakete ermöglichen einen kleinen Räumungsradius
- bis 4 m Durchmesser
- bis 3 m Schütthöhe
- 40 mm Schneckenvollwelle
- 6 mm durchgehend geschweißtes Schneckenblatt
- progressive Schneckensteigung
- großdimensionierter Schneckenkanal
- Feinhackgut bis G 30, Pellets, Sägespäne



RAUMAustrAGUNG - Knickarm Industrie-Ausführung

- 2 automatisch abknickbare Gelenkarme - Expanderfräsen - und innenliegenden Zugfedern, ermöglichen einen kleinen Räumungsradius; inkl. Druckteller
- Getriebemotor und Vorspanneinrichtung bis 6 m Durchmesser
- bis 18 m Schütthöhe
- 60 mm Schneckenvollwelle
- 8 mm durchgehend geschweißtes Schneckenblatt
- progressive Schneckensteigung
- großdimensionierter Schneckenkanal
- B=220 mm, H=220 mm, 5 mm Wandstärke
- Grobhackgut bis G 80, Industriehackgut, Holzbriketts, Pellets, Sägespäne



RAUMAustrAGUNG - Standard Knickarm

- 2 massive Knickarme ermöglichen einen kleinen Räumungsradius; inkl. Druckteller, Getriebemotor und Vorspanneinrichtung.
- bis 6 m Durchmesser
- max. Schütthöhe bei Hackgut: 6 m
- max. Schütthöhe bei Pellets u. Holzbriketts: 2,5 m
- 50 mm Schneckenvollwelle
- 8 mm durchgehend geschweißtes Schneckenblatt
- progressive Schneckensteigung
- großdimensionierter Schneckenkanal
- B=140 mm, H=160 mm, 4 mm Wandstärke
- Grobhackgut bis G 50, Industriehackgut, Holzbriketts, Pellets, Sägespäne

Die wesentlichen Bauteile sind die von der Firma GILLES speziell eingesetzte Austragungs-Stirn-Zahnradgetriebe. Sie verfügen über ein Drehmoment von 5000 Nm und über Spezialabdichtungen, die das Eindringen von Staub und Spänen wirksam und dauerhaft verhindern. Bisher unerreicht ist auch die robuste Bauart der doppelarmigen Teleskopfräse. Erst diese, von GILLES eingesetzte Technologie, macht eine sichere, vollautomatische und komfortable Holzfräsbearbeitung möglich.



GILLES
BIOMASSEHEIZUNGEN

- **Austragungsantrieb**
Drehmoment gelagert
Druckentlasteter Antrieb
groß dimensionierter
Schneckenkanal und Fallrohr



Ø220 mm

- **Schneckenabdeckung**
60 mm Vollwelle
progressive
Schneckensteigung



Auswertung GEMIS

	Bezeichnung nach GEMIS	kumulierter Energieaufwand (nicht erneuerbar) GEMIS [MWh/a]	CO ₂ -Äquivalent- Emissionen GEMIS [t/a]	Energiemengen [MWh/a]	kumulierter Energieaufwand (nicht erneuerbar) Wohngebiet Q _{KEA} [MWh/a]	CO ₂ -Äquivalent-Emissionen Wohngebiet m _{CO2} [t/a]
Varianten 1					2.725	596
Gas-Brennwertkessel (inkl. Hilfsenergie)	Gas-Heizung-Brennwert-DE-2010	1,1948519	261,30*10 ⁻³	2.281 ¹⁾	2.725	596
Variante 2					1.185	265
Nahwärmenetz + Gas-Brennwertkessel	NetzNahwärme-DE-Mix (Kessel)	1,3178714	290,44*10 ⁻³	833 ²⁾	1.098	242
Strom	Netz-el-DE-lokal-HH/KV-2010	2,2924374	601,27*10 ⁻³	38 ³⁾	87	23
Variante 3					230	61
Nahwärmenetz + Holz-Pellet-Heizwerk	NetzNahwärme-DE-Mix-Holz-Pellet-HW 0,5 MW-2010	131,90*10 ⁻³	36,023*10 ⁻³	838 ²⁾	111	30
Strom	Netz-el-DE-lokal-HH/KV-2010	2,2924374	601,27*10 ⁻³	52 ⁴⁾	119	31
Variante 4					231	62
Nahwärmenetz + Holz-Pellet-Heizwerk	NetzNahwärme-DE-Mix-Holz-Pellet-HW 0,5 MW-2010	131,90*10 ⁻³	36,023*10 ⁻³	629 ²⁾	83	23
Solaranlage (inkl. Pumpe und Speicher)	Solkollektor-Flach-2010	172,78*10 ⁻³	48,838*10 ⁻³	204 ⁵⁾	35	10
Strom	Netz-el-DE-lokal-HH/KV-2010	2,2924374	601,27*10 ⁻³	49 ⁴⁾	112	29

¹⁾ Heizwärmebedarf + Warmwasserwärmebedarf

²⁾ Erzeugernutzwärmeabgabe

³⁾ Hilfsenergie (Hilfstrom in den Gebäuden)

⁴⁾ Hilfsenergie (Hilfstrom in den Gebäuden + Pelletförderung)

⁵⁾ Solarertrag

Betriebsstrom - Variante 1

Bezeichnung	Kürzel [Einheit]	Gebäude C	Gebäude E	Gebäude J	Quelle
Trinkwasser					
Hilfsenergie Trinkwasserübergabe	$Q_{TW,ce,HE}$ [kWh/(m ² a)]	-	-	-	Tab. C.1.1 DIN 4701-10
Hilfsenergie Trinkwasserverteilung	$Q_{TW,d,HE}$ [kWh/(m ² a)]	0,22	0,24	0,42	Tab. C.1.2b DIN 4701-10
Hilfsenergie Trinkwasserspeicherung	$Q_{TW,s,HE}$ [kWh/(m ² a)]	0,03	0,04	0,05	Tab. C.1.3b DIN 4701-10
Heizung					
Hilfsenergie Heizungsverteilung	$Q_{H,d,HE}$ [kWh/(m ² a)]	0,44	0,42	0,68	Tab. C.3.2c DIN 4701-10
Hilfsenergie Erzeugung	$Q_{g,HE}$ [kWh/(m ² a)]	0,27	0,29	0,43	Tab. C.3-4b DIN 4701-10
$\Sigma (Q_{TW,HE}; Q_{H,d,HE}; Q_{g,HE})$	[kWh/(m ² a)]	0,96	0,99	1,58	

Bezeichnung	Kürzel [Einheit]	Gebäudetyp I ($A_N = 2.717,4 \text{ m}^2$)	Gebäudetyp II ($A_N = 5.408,21 \text{ m}^2$)	Gebäudetyp III ($A_N = 3.174,33 \text{ m}^2$)	Wohngebiet gesamt ($A_N = 11.299,94 \text{ m}^2$)
Endenergie Hilfsenergie	$Q_{E,HE}$ [kWh/a]	2.609	5.354	5.015	12.978

Betriebsstrom - Variante 2

Bezeichnung	Kürzel [Einheit]	Gebäude C	Gebäude E	Gebäude J	Quelle
Trinkwasser					
Hilfsenergie Trinkwasserübergabe	$Q_{TW,ce,HE}$ [kWh/(m ² a)]	-	-	-	Tab. C.1.1 DIN 4701-10
Hilfsenergie Trinkwasserverteilung	$Q_{TW,d,HE}$ [kWh/(m ² a)]	0,22	0,24	0,42	Tab. C.1.2b DIN 4701-10
Hilfsenergie Trinkwasserspeicherung	$Q_{TW,s,HE}$ [kWh/(m ² a)]	0,03	0,04	0,05	Tab. C.1.3b DIN 4701-10
Lüftung					
Hilfsenergie Lüftungsanlage	$Q_{L,g,HE,i}$ [kWh/(m ² a)]	2,56	2,56	2,56	Abschn. 5.2.3.1.3 DIN 4701-10
Hilfsenergie Übergabe	$Q_{L,ce,HE}$ [kWh/(m ² a)]	-	-	-	Abschn. C.2.1 DIN 4701-10
Hilfsenergie Verteilung	$Q_{L,d,HE}$ [kWh/(m ² a)]	-	-	-	Abschn. C.2.2 DIN 4701-10
Heizung					
Hilfsenergie Heizungsverteilung	$Q_{H,d,HE}$ [kWh/(m ² a)]	0,44	0,42	0,68	Tab. C.3.2c DIN 4701-10
$\Sigma (Q_{TW,HE}; Q_{L,HE}; Q_{H,d,HE})$	[kWh/(m ² a)]	3,25	3,26	3,71	

Bezeichnung	Kürzel [Einheit]	Gebäudetyp I ($A_N = 2.717,4 \text{ m}^2$)	Gebäudetyp II ($A_N = 5.408,21 \text{ m}^2$)	Gebäudetyp III ($A_N = 3.174,33 \text{ m}^2$)	Wohngebiet gesamt ($A_N = 11.299,94 \text{ m}^2$)	Quelle
$\Sigma (Q_{TW,HE}; Q_{L,HE}; Q_{H,d,HE})$	[kWh/a]	8.832	17.631	11.777	38.239	
Strombedarf Gas-Brennwertkessel	[kWh/a]				1.017	Tab. C.3-4b DIN 4701-10
Strombedarf Nahwärmenetz	[kWh/a]				8.330	1% der transportierten Wärmemenge
Endenergie Hilfsenergie	$Q_{E,HE}$ [kWh/a]				47.586	

Betriebsstrom - Variante 3

Bezeichnung	Kürzel [Einheit]	Gebäude C	Gebäude E	Gebäude J	Quelle
Trinkwasser					
Hilfsenergie Trinkwasserübergabe	$Q_{TW,ce,HE}$ [kWh/(m ² a)]	-	-	-	Tab. C.1.1 DIN 4701-10
Hilfsenergie Trinkwasserverteilung	$Q_{TW,d,HE}$ [kWh/(m ² a)]	0,22	0,24	0,42	Tab. C.1.2b DIN 4701-10
Hilfsenergie Trinkwasserspeicherung	$Q_{TW,s,HE}$ [kWh/(m ² a)]	0,03	0,04	0,05	Tab. C.1.3b DIN 4701-10
Lüftung					
Hilfsenergie Lüftungsanlage	$Q_{L,g,HE,i}$ [kWh/(m ² a)]	2,56	2,56	2,56	Abschn. 5.2.3.1.3 DIN 4701-10
Hilfsenergie Übergabe	$Q_{L,ce,HE}$ [kWh/(m ² a)]	-	-	-	Abschn. C.2.1 DIN 4701-10
Hilfsenergie Verteilung	$Q_{L,d,HE}$ [kWh/(m ² a)]	-	-	-	Abschn. C.2.2 DIN 4701-10
Heizung					
Hilfsenergie Heizungsverteilung	$Q_{H,d,HE}$ [kWh/(m ² a)]	0,44	0,42	0,68	Tab. C.3.2c DIN 4701-10
$\Sigma (Q_{TW,HE}; Q_{L,HE}; Q_{H,d,HE})$	[kWh/(m ² a)]	3,25	3,26	3,71	

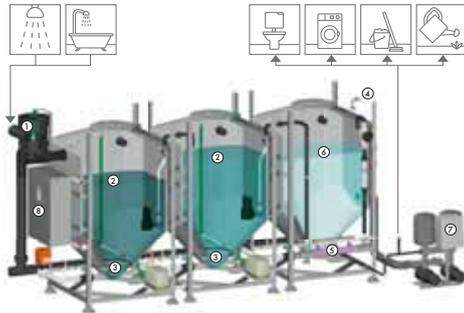
Bezeichnung	Kürzel [Einheit]	Gebäudetyp I (A _N = 2.717,4 m ²)	Gebäudetyp II (A _N = 5.408,21 m ²)	Gebäudetyp III (A _N = 3.174,33 m ²)	Wohngebiet gesamt (A _N = 11.299,94 m ²)	Quelle
$\Sigma (Q_{TW,HE}; Q_{L,HE}; Q_{H,d,HE})$	[kWh/a]	8.832	17.631	11.777	38.239	
Hilfsenergie Heizungsspeicher	[kWh/a]				565	Tab. C.3.3 DIN 4701-10
Strombedarf Pelletkessel	[kWh/a]				12.568	1,5% der Erzeugernutzwärmeabgabe Pelletkessel
Strombedarf Pelletförderung	[kWh/a]				14.064	1,5% des Brennstoffbedarfs
Strombedarf Nahwärmenetz	[kWh/a]				8.330	1% der transportierten Wärmemenge
Endenergie Hilfsenergie	Q_{E,HE} [kWh/a]				73.765	

Betriebsstrom - Variante 4

Bezeichnung	Kürzel [Einheit]	Gebäude C	Gebäude E	Gebäude J	Quelle
Trinkwasser					
Hilfsenergie Trinkwasserübergabe	$Q_{TW,ce,HE}$ [kWh/(m ² a)]	-	-	-	Tab. C.1.1 DIN 4701-10
Hilfsenergie Trinkwasserverteilung	$Q_{TW,d,HE}$ [kWh/(m ² a)]	0,22	0,24	0,42	Tab. C.1.2b DIN 4701-10
Hilfsenergie Trinkwasserspeicherung	$Q_{TW,s,HE}$ [kWh/(m ² a)]	0,03	0,04	0,05	Tab. C.1.3b DIN 4701-10
Lüftung					
Hilfsenergie Lüftungsanlage	$Q_{L,g,HE,i}$ [kWh/(m ² a)]	2,56	2,56	2,56	Abschn. 5.2.3.1.3 DIN 4701-10
Hilfsenergie Übergabe	$Q_{L,ce,HE}$ [kWh/(m ² a)]	-	-	-	Abschn. C.2.1 DIN 4701-10
Hilfsenergie Verteilung	$Q_{L,d,HE}$ [kWh/(m ² a)]	-	-	-	Abschn. C.2.2 DIN 4701-10
Heizung					
Hilfsenergie Heizungsverteilung	$Q_{H,d,HE}$ [kWh/(m ² a)]	0,44	0,42	0,68	Tab. C.3.2c DIN 4701-10
$\Sigma (Q_{TW,HE}; Q_{L,HE}; Q_{H,d,HE})$	[kWh/(m ² a)]	3,25	3,26	3,71	

Bezeichnung	Kürzel [Einheit]	Gebäudetyp I ($A_N = 2.717,4 \text{ m}^2$)	Gebäudetyp II ($A_N = 5.408,21 \text{ m}^2$)	Gebäudetyp III ($A_N = 3.174,33 \text{ m}^2$)	Wohngebiet gesamt ($A_N = 11.299,94 \text{ m}^2$)	Quelle
$\Sigma (Q_{TW,HE}; Q_{L,HE}; Q_{H,d,HE})$	[kWh/a]	8.832	17.631	11.777	38.239	
Hilfsenergie Heizungsspeicher	[kWh/a]				565	Tab. C.3.3 DIN 4701-10
Strombedarf Pelletkessel	[kWh/a]				9.438	1,5% der Erzeugernutzwärmeabgabe Pelletkessel
Strombedarf Solaranlage	[kWh/a]				4.076	2% des Solarertrags
Strombedarf Pelletförderung	[kWh/a]				10.561	1,5% des Brennstoffbedarfs
Strombedarf Nahwärmenetz	[kWh/a]				8.330	1% der transportierten Wärmemenge
Endenergie Hilfsenergie	$Q_{E,HE}$ [kWh/a]				71.208	

Das Verfahren: schnell, sauber, sicher.



- ① Die Filereinheit mit elektronisch gesteuerter Rückspülung des Filters.
- ② Die Vorrecyclekammer zur Vorreinigung und die Hauptrecyclekammer für die 2. Stufe der biologisch-mechanischen Reinigung.
- ③ Der vollautomatische Sedimentabzug saugt organische Abfälle aus der biologisch-mechanischen Reinigung ab und führt sie in die Kanalisation.
- ④ Die automatische Trinkwassernachspeisung erfolgt bei Bedarf.
- ⑤ Die UV-Lampe entkeimt das Wasser. Danach ist es geruchsfrei und langfristig speicherbar.
- ⑥ Die Klarwasserkommer speichert das Wasser bis zur Wiederverwendung.
- ⑦ Die Druckpumpe leitet das aufbereitete Klarwasser weiter und unterstützt die automatische Filterrückspülung.
- ⑧ Die bedienerfreundliche Steuerung mit Energie- und Selbsttestfunktion.

Die Vorfiltration

Das Grauwasser gelangt zunächst in einen Filter, der größere Partikel wie Textilfasern, Haare usw. zurückhält. Der Filter wird in regelmäßigen Abständen automatisch gereinigt, Rückstände werden in die Kanalisation geleitet.

Biologische Aufbereitung

Nach der Vorfiltration erfolgt die biologische Aufbereitung des Grauwassers in 2 Stufen. Das Wasser wird in Stufe 1 unter Einleitung von Luftsauerstoff aufbereitet. Mikroorganismen, die sich auf der Oberfläche des in den Behältern der Stufen 1 und 2 eingebrachten Trägermaterials ansiedeln, sorgen durch Stoffwechselvorgänge für die Aufbereitung bzw. für die Reduktion der abbaubaren Wasserinhaltsstoffe. Nach 3 Stunden wird das Wasser aus Stufe 1 in Stufe 2 umgepumpt und hier ein zweites Mal wie oben beschrieben aufbereitet.

Sedimentation

Beim biologischen Aufbereitungsprozess (Stufe 1 und 2) entsteht überschüssiger

biologisch aktiver Schlamm. Dieser wird in definierten Zeitabständen automatisch abgeführt und der öffentlichen Kanalisation zugeführt.

UV-Desinfektion

Nach der Sedimentation durchströmt das Wasser in Stufe 3 eine UV-Lampe und wird auf diese Weise entkeimt. Das recycelte Wasser ist nun geruchsfrei und langfristig speicherbar. Es kann als hochwertiges Betriebswasser wiederverwendet werden, entsprechend den hygienischen Anforderungen der EU-Richtlinie für Badegewässer (76/160/EWG) und den Anforderungen des fbr-Hinweisblatts H 201.

Besonderheiten

Eine automatische Trinkwassernachspeisung sorgt dafür, dass auch bei zu geringem Wasseranfall die Verbrauchsstellen mit Wasser versorgt werden. Bei zu hohem Wasseranfall wird das Wasser mittels eines Überlaufs der Kanalisation zugeführt und so ein Überlaufen der Anlage verhindert.

Der Pontos AquaCycle.

Welcher Bedarf lässt sich mit dem Pontos AquaCycle decken?

Wenn es um die Schonung der Ressource Wasser geht, sind flexible Konzepte gefragt. Deshalb bietet Pontos mit dem AquaCycle für jeden Einsatzzweck eine individuell

ausgestaltbare Lösung. So lässt sich der Pontos AquaCycle an nahezu jeden Bedarf anpassen: von 600 Litern bis über 30.000 Liter pro Tag.

Auch die Qualität des Pontos AquaCycle erfüllt hohe Ansprüche:

- Behälter aus hochwertigem Polyethylen (PE)
- Leistungsstarker Wirbelfilter
- Belüfter aus hochflexiblem Material
- Langlebige Tauchpumpen
- Zuverlässige UV-Lampe
- Genormte Trinkwasser-Nachspeisung nach DIN EN 1717
- Individuell auf Kundenwunsch ausgelegte Druckerhöhungstation
- Schaltschrank gemäß Schutzklasse IPX4 bei den Anlagen bis Pontos AquaCycle 2400 und IP 67 ab Pontos AquaCycle 3000-3
- Intelligente Füllstandsüberwachung

Pontos AquaCycle 900

- Bestehend aus 3 Behältern à 300l
- Max. Aufbereitungspotenzial: 600l/Tag
- Platzbedarf [HxBxT]: 2250 x 2150 x 2300 mm
- Anlagenmaße [HxBxT]: 1850 x 1350 x 600 mm



Pontos AquaCycle 1500

- Bestehend aus 5 Behältern à 300l
- Max. Aufbereitungspotenzial: 1.000l/Tag
- Platzbedarf [HxBxT]: 2250 x 3700 x 2450 mm
- Anlagenmaße [HxBxT]: 2000 x 2250 x 800 mm



Pontos AquaCycle 2400

- Bestehend aus 8 Behältern à 300l
- Max. Aufbereitungspotenzial: 2.000l/Tag
- Platzbedarf [HxBxT]: 2250 x 4800 x 2500 mm
- Anlagenmaße [HxBxT]: 2000 x 3350 x 800 mm



Pontos AquaCycle 3000-3

- Bestehend aus 3 Behältern à 1.000l
- Max. Aufbereitungspotenzial: 3.000l/Tag
- Platzbedarf [HxBxT]: 2500 x 4900 x 3600 mm
- Anlagenmaße [HxBxT]: 2000 x 4100 x 1650 mm



Quellenverzeichnis Anhang

- A1 Projektintern zur Verfügung gestelltes Material.
- A2 Projektintern zur Verfügung gestelltes Material.
- A3 Projektintern zur Verfügung gestelltes Material.
- A4 Selbst erstellt.
- A5 Selbst erstellt.
- A6 Mit Hilfe des EnEV-Berechnungstools (ZUB Kassel) für den Jahres-Heizwärmebedarf selbst erstellt.
- A7 Pilkington NSG Group Flat Glass Business (2008): Pilkington Optitherm S1. Produktbroschüre. URL: http://www.pilkington.com/resources/3305_optitherm_s1_data_final.pdf [Stand: 09.02.2010].
- A8 Selbst erstellt.
- A9 Deutsche Luft GmbH (2009): Wickelfalzrohre. Produktkatalog. URL: http://www.dl-lufttechnik.de/pdf_files/runde_kanaele_ohne_dichtung/14.pdf [Stand: 15.12.09].
- A10 Selbst erstellt.
- A11 LTM GmbH (2005): Airon Vario 550. Gerätebeschreibung. URL: <http://www.ltm.biz/PDF/airon/detail/Geraetebesreibung%20Vario%20550.pdf> ; S. 1 – 3, 6 [Stand: 09.02.2010].
- A12 PAUL Wärmerückgewinnung GmbH (2009): Materialliste. URL: http://www.paul-lueftung.net/downloads/materialliste_internet_090630.pdf ; S. 43, 49, 51, 54 [Stand: 14.12.09].
- A13 Selbst erstellt.
- A14 Selbst erstellt.
- A15 Vaillant (2008): System ecoVIT. Prospekt. URL: http://www.vaillant.de/stepone2/data/downloads/3d/49/00/Prospekt_ecoVIT.pdf ; S. 22 [Stand: 09.02.2010].
Vaillant (2009): ecoCRAFT exclusive. Prospekt. URL: <http://www.vaillant.de/stepone2/data/downloads/4f/44/00/Prospekt-ecoCRAFT.pdf> ; S. 20 [Stand: 09.02.2010].
- A16 Selbst erstellt.
- A17 Projektintern zur Verfügung gestelltes Material.
- A18 Selbst erstellt.
- A19 Selbst erstellt.
- A20 Selbst erstellt.
- A21 Selbst erstellt.

- A22 Viessmann (2009): KÖB Holzheizsysteme bis 1.250 kW. Produktinformationsblatt. URL:
http://www.viessmann.de/etc/medialib/internet-global/pdf_documents/koeb_mawera.Par.39660.File.File.tmp/pr-koeb-holzheizsysteme.pdf ; S. 6, 7, 10, 14
[Stand: 09.02.2010].
- A23 Selbst erstellt.
- A24 Schüco (2008): Großkollektor SchücoSol G.2. Produktprospekt. URL:
<http://www.schueco.com/web/de/architekten/prospekte/download-center/solar-systeme/solarthermie?page=4> [Stand: 09.02.2010].
- A25 Selbst erstellt.
- A26 Gilles Hackschnitzel Austragungssysteme. URL:
<http://www.hoop-energie.de/Gilles.Hack-Austragungssysteme-0208-v2.pdf> [Stand: 09.02.2010].
- A27 Selbst erstellt.
- A28 Selbst erstellt.
- A29 Hansgrohe Deutschland, Pontos GmbH (2009): Pontos Katalog 2009. Einfach kostbar. Zweifach nutzbar. Wasser einfach zweifach nutzen. Dank Grauwasser-Recycling. URL: http://www.hansgrohe.de/cps/rde/xbcr//de_de/publications/DE/Pontos_Projektbroschuere_DE_010210.pdf ; S. 7, 12
[Stand: 23.02.2010].