

**Die neue EU-Richtlinie
„Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“**
Baudirektor Dipl.-Ing. Hans-Dieter Hegner
Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen

1. Ausgangslage

In Kioto haben sich die Industrieländer verpflichtet, ihre Emissionen der sechs im Protokoll genannten Treibhausgase wie z.B. CO₂ und CH₄ bis zur Zielperiode 2008 – 2012 gegenüber 1990 im Durchschnitt um 5,2 % zu senken. Die Europäische Union und insbesondere Deutschland haben sich auf Grund der Verantwortung als bedeutende Industrieregion der Erde ehrgeizige Klimaschutzziele gesetzt. Sie wollen eine gewisse Vorbildfunktion entwickeln. Deutschland will die „Kioto- Treibhausgase“ bis 2008/2012 um 21 % senken, die EU um 8 %.

Da in Europa der Energieverbrauch im Gebäudebereich eine Hauptursache der Emissionen ist, gilt es, die Senkung des Energieverbrauchs in allen EU-Staaten durchzusetzen. Die bisherigen Richtlinien der EU in diesem Sektor, wie z.B. die Richtlinie 93/76/EWG des Rates vom 13. September 1993 zur Begrenzung der Kohlendioxidemissionen durch eine effizientere Energienutzung – SAVE oder die Richtlinie 92/42/EWG der Rates vom 21. Mai 1992 über die Wirkungsgrade von mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen beschickten neuen Warmwasserheizkesseln konnten keine ganzheitliche Wirkung erzielen. Deshalb schlug die EU-Kommisison den Weg ein, mit einer neuen umfassenden Gebäuderichtlinie die Anforderungen in der EU stärker zu harmonisieren und umfassender zu gestalten. Ein entsprechender Richtlinienentwurf wurde im Mai 2001 vorgelegt.

2. Verfahrensweise

Die Richtlinie soll gemäß des EG-Vertrages durch das Europäische Parlament erlassen werden. Der Kommissionsvorschlag wurde im Herbst 2001 in der Ratsgruppe Energie behandelt. Auf der Ratssitzung im Dezember 2001 konnten sich die Mitgliedsstaaten (MS) der EU politisch auf einen Richtlinienentwurf verständigen. Da jedoch noch keine Stellungnahme des Europäischen Parlamentes (EP) vorlag, war eine formelle Verabschiedung eines Gemeinsamen Standpunktes des Rates nicht möglich. Das EP befasste sich im Februar 2002 mit der Richtlinie und erarbeitete eine Reihe von Änderungswünschen, die in der Regel verschärfend waren. Die Ratssitzung im März 2002 behandelte die EP-Vorschläge bereits im März 2002. In Abstimmung mit Österreich wurden auf der Redaktionssitzung im Mai 2002 noch einige sprachliche Modifizierungen der deutschen Fassung veranlasst (Ratsdok. 8094/02 vom 28. Mai 2002). Der ursprüngliche Begriff "Energieprofil" wurde z.B. durch den Begriff "Gesamtenergieeffizienz" ersetzt - so auch im Titel der Richtlinie. Statt vom "Zertifikat" ist jetzt vom "Energieausweis" die Rede. Die Verabschiedung des Gemeinsamen Standpunktes des Rates erfolgte auf der Ratssitzung am 6./7. Juni 2002.

Das EP muss nunmehr über das beschlossene Dokument befinden. Die Wahrscheinlichkeit, dass das EP den Gemeinsamen Standpunkt in Frage stellt, ist gering, weil sich daraus erhebliche zeitliche Verzögerungen bis zum Inkrafttreten der Richtlinie ergeben könnten (Vermittlungsverfahren). Kleinere Änderungen könnten ggf. nach Billigung des Rates auch ohne Vermittlungsverfahren durchgehen. Die Kommission signalisiert in ihren schriftlichen Kommentaren deutlich, dass sie kürzere Umsetzungsfristen wünscht. Sollte sich das EP diesen Wünschen anschließen, würde dies zu erheblichen Problemen führen, da technische Regeln, die den Verwaltungsvollzug erst ermöglichen, zu vielen Fragestellungen noch nicht erarbeitet sind. Aus der Kenntnis europäischer Normungsarbeit heraus kann geschlossen werden, dass sich hier durchaus Hindernisse ergeben.

Es ist noch nicht bekannt, wann das EP sich mit dem gemeinsamen Standpunkt befassen wird. Nach bisherigen Erkenntnissen ist vor der Sommerpause kein Termin mehr geplant. Es

ist möglich, dass die Befassung direkt nach der Sommerpause erfolgt. Die Richtlinie könnte dann noch im Herbst im Amtsblatt der EU veröffentlicht werden.

3. Wichtige inhaltliche Punkte

Neuer methodischer Ansatz/Übergangsfristen

Die Richtlinie legt Kriterien zur gesamtheitlichen Beurteilung der Energieeffizienz von Gebäuden (Einbeziehung von Wärmedämmung, Heizungsanlage, Warmwasserversorgung, Klimaanlage, Belüftungssystem, Beleuchtung und Belichtung) fest. Die Forderungen gehen über das bisherige Anforderungsprofil der Energieeinsparverordnung et
~~bestimmte Bereiche~~ Das
 Berücksichtigung von Klimaanlagen und Beleuchtung bei Nichtwohngebäuden. Der Ansatz soll auch die südlichen Mitgliedstaaten (Anforderungen an Klimaanlagen) stärker in die Energieeinsparbemühungen der EU einbinden. Darüber hinaus ist es ein Anliegen der Kommission, einen integrierten Ansatz (wie er von Deutschland mit der Energieeinsparverordnung in Verbindung mit der EN 832 schon weitestgehend umgesetzt wird) durchzusetzen.

Deutschland hat darauf hingewirkt, dass in die Erwägungsgründe ein Passus aufgenommen wurde, mit dem die Kommission zur Erteilung eines entsprechenden Auftrages an die europäische Normungsinstitution CEN aufgefordert wird. In diesem Sinne hatte sich Deutschland dafür eingesetzt, eine Übergangsfrist für den Einbezug von Beleuchtung und Klimatisierung in den von der Richtlinie geforderten integrierten Berechnungsansatz für den Energiebedarf neuer Gebäude zu schaffen. Aufgrund des Votums der überwältigenden Mehrheit der Mitgliedstaaten wurde im Rat eine generelle Übergangsfrist von drei Jahren angesetzt. Sollte das Europäische Parlament jedoch in Zweiter Lesung die dreijährige Umsetzungsfrist für die Richtlinie in Frage stellen, sollte Deutschland wieder auf einer entsprechenden Ergänzung des Textes (spezielle Übergangsfrist zur Erweiterung der Norm um Beleuchtung und Klimatisierung) bestehen.

Maßnahmen im Gebäudebestand

Der Richtlinienentwurf sieht - analog zur EnEV - bedingte Anforderungen bei größeren Renovierungen bestehender Gebäude vor. Das bedeutet, dass bei größeren Renovierungen die Anforderungen an die energetische Qualität der verwendeten Bauteile einzuhalten sind. Die entsprechende Mindestschwelle für größere Renovierungen, von der an diese bedingten Anforderungen einzuhalten sind, ist auf Betreiben von Deutschland nicht nur (wie von der Kommission vorgesehen) als Kostenanteil der Renovierungsarbeiten am Versicherungswert des Gebäudes definiert, sondern alternativ auch als Anteil der zu renovierenden Bauteile an der gesamten Gebäude-Außenfläche in physischen Einheiten (m²). Diese Regelung bietet einen erheblich einfacheren Rechenansatz.

Energieausweise

Mit der nach Art. 7 der Richtlinie obligatorischen Pflicht zur Erstellung von Energieausweisen für den Gebäudebestand (bisher nach EnEV i.d.R. nur für ~~neue~~ Gebäude) kommt auf Deutschland eine erhebliche Herausforderung zu. Wegen des vergleichsweise hohen Anteils von Mietwohnungen bzw. Mehrfamilienhäusern dürfte schon im Frühstadium der Umsetzung der Richtlinie für eine sehr große Zahl von Wohnungen die Erstellung des Energieausweises fällig sein. Grund: Schon der erste Mieter- oder Eigentümerwechsel im Gebäude macht die Berechnung des Energiebedarfs bzw. -verbrauchs für das Gesamtgebäude erforderlich.

Da die Rechenmethodik zur Erstellung des Bedarfsausweises für neue Gebäude nicht ohne weiteres auf bestehende Gebäude übertragbar ist, muss das Modell für den Energieausweis erst erarbeitet werden. Darüber hinaus dürften die am Markt verfügbaren Experten-Kapazitäten zur Erstellung der Energieausweise zu Beginn der Richtlinien-Umsetzung in Deutschland noch nicht ausreichen. Der Richtlinienentwurf sieht deshalb in Art. 15 eine zusätzliche Anpassungsfrist von 4 Jahren für den Fall vor, dass die Kapazitäten noch nicht ausreichen sollten.

Anlagenkontrollen

Die Richtlinie fordert u.a. Inspektionen und Effizienzkontrollen bei Heizkesseln und Klimaanlage ab einer bestimmten Leistung. Deutschland wird bei Klimaanlage nationale Festlegungen treffen müssen. Bei Heizungsanlagen ist die Richtlinie bereits weitestgehend durch die 1.BimschV erfüllt.

Erneuerbare Energien

Die Richtlinie fordert, dass bei neuen Gebäuden mit einer Gesamtnutzfläche von mehr als 1.000 m² die technische, ökologische und wirtschaftliche Einsetzbarkeit alternativer Energie-Systeme zu berücksichtigen ist. Dies kann in Einzelgutachten für jedes Bauvorhaben geschehen, oder durch ein zentrales Gutachten des MS umgesetzt werden. Es ist eine Methode zu entwickeln, die die verwaltungsmäßige Durchführbarkeit dieser Forderungen durch nationale technische und rechtliche Umsetzungsmechanismen gewährleistet.

4. Handlungsbedarf

Mit der EnEV hat Deutschland einen grossteil der Richtlinie bereits umgesetzt. Für die vollständige nationale Umsetzung der Richtlinie ist in der nächsten Legislaturperiode das nationale Energieeinsparrecht (insb. EnEG) zu prüfen und ggf. anzupassen (insb. für die Ausstellung von Energieausweisen, die Erweiterung der Methodik etc.).

Trotz Übergangsfristen erscheint der Zeitraum für nationale Regelungen und insbesondere für die damit verbundene Normungstätigkeit äußerst knapp bemessen.

Zusätzlich zu den Aktivitäten bei der europäischen Normungsorganisation CEN sollten von Beginn an durch die deutsche Seite flankiert werden. In diesem Sinne sollten in den Jahren 2002/2003 entsprechende wissenschaftliche Untersuchungen (Einbeziehung Klimaanlage, Tageslichtnutzung) zügig begonnen werden. Es gilt, ingenieurmäßige Modelle zu entwickeln, die die bisherige Norm EN 832 erweitern.

In Deutschland muss im Zusammenhang mit dem konkreten Inhalt von Energieausweisen nach der Richtlinie auch geprüft werden, wie im Bestand ggf. auch Ausweise aufgrund einfacher Verfahren (z.B. durch Inbezugnahme von „Gebäudekategorien“) erteilt werden können und mit welchen Randbedingungen Bestandsgebäude genau berechnet werden. Des weiteren muss geprüft werden, wie die Vorgabe, Energieausweise für öffentliche Gebäude gut sichtbar auszuhängen, umzusetzen ist. Das System zukünftiger Energieausweise ist technisch vorzubereiten.

Es sind Kontrollmechanismen für Klimaanlage vorzuschlagen und deren Vollzug mit den Ländern zu prüfen. Ebenso ist das Verfahren zur Einbeziehung erneuerbarer Energien zu überprüfen. In Deutschland sind Kontrollmechanismen für Klimaanlage vorzuschlagen und deren Vollzug mit den Ländern zu prüfen.

Dipl.-Ing. (FH) K. Jagnow
Prof. Dr. Ing. D. Wolff
Wolfenbüttel

Unterlagen zum Thema "Energiebilanz und Energieanalyse im Gebäude- und Anlagenbestand"

Sitzung DIN V 4701 Teil 10/12
 UA 3 Bestand
 AG 1 Istanalyse

gemeinsam mit

DIN V 4108 Teil 6

Frankfurt, 10.12.2001

Dipl.-Ing. (FH) K. Jagnow
Prof. Dr.-Ing. D. Wolff

Wolfenbüttel November/Dezember 2001

1. Praktische Energieanalyse im Bestand und Neubau

1.	Praktische Energieanalyse im Bestand und Neubau	1
1.1.	Allgemeine Beschreibung des Gesamtbilanzverfahrens	2
1.2.	Allgemeine Daten bei der Analyse von Gebäuden	3
1.2.1.	Nutzungstypen und Baualtersklassen	3
1.2.2.	Bezugsfläche und Kompaktheit von Gebäuden	3
1.2.3.	Heizzeit und Klimaeinflüsse	4
1.2.4.	Innentemperatur und Regelungseinflüsse	4
1.3.	Analyse der Wärmeverluste und –gewinne der Hülle	5
1.3.1.	Wärmeverluste durch Transmission	5
1.3.2.	Lüftungswärmeverluste	5
1.3.3.	Solarer Fremdwärmeanfall	6
1.3.4.	Innerer Fremdwärmeanfall	6
1.3.5.	Nutzung der Fremdwärmegegewinne	6
1.3.6.	Überprüfung der Heizgrenztemperatur	7
1.4.	Verluste des Heizungs- und Lüftungssystems	7
1.4.1.	Regelungseinflüsse	7
1.4.2.	Wärmeverluste des Verteilsystems	7
1.4.3.	Wärmeverluste der Heizwasserspeicherung	8
1.4.4.	Wärmeerzeugung	8
1.5.	Analyse des Warmwassersystems	10
1.5.1.	Warmwassernutzen	10
1.5.2.	Regelungseinflüsse	10
1.5.3.	Wärmeverluste des Verteilsystems	10
1.5.4.	Wärmeverluste der Warmwasserspeicherung	11
1.5.5.	Wärmeerzeugung	11
1.6.	Analyse von Hilfsenergien	12
1.7.	Gesamtbilanz der Endenergien	13
1.8.	Primärenergiebilanz	13
1.9.	Verbrauchswerte	14
1.10.	Bedarfsberechnung Beispiel MFH	15
1.11.	Praxisbeispiel	18

1.1. Allgemeine Beschreibung des Gesamtbilanzverfahrens

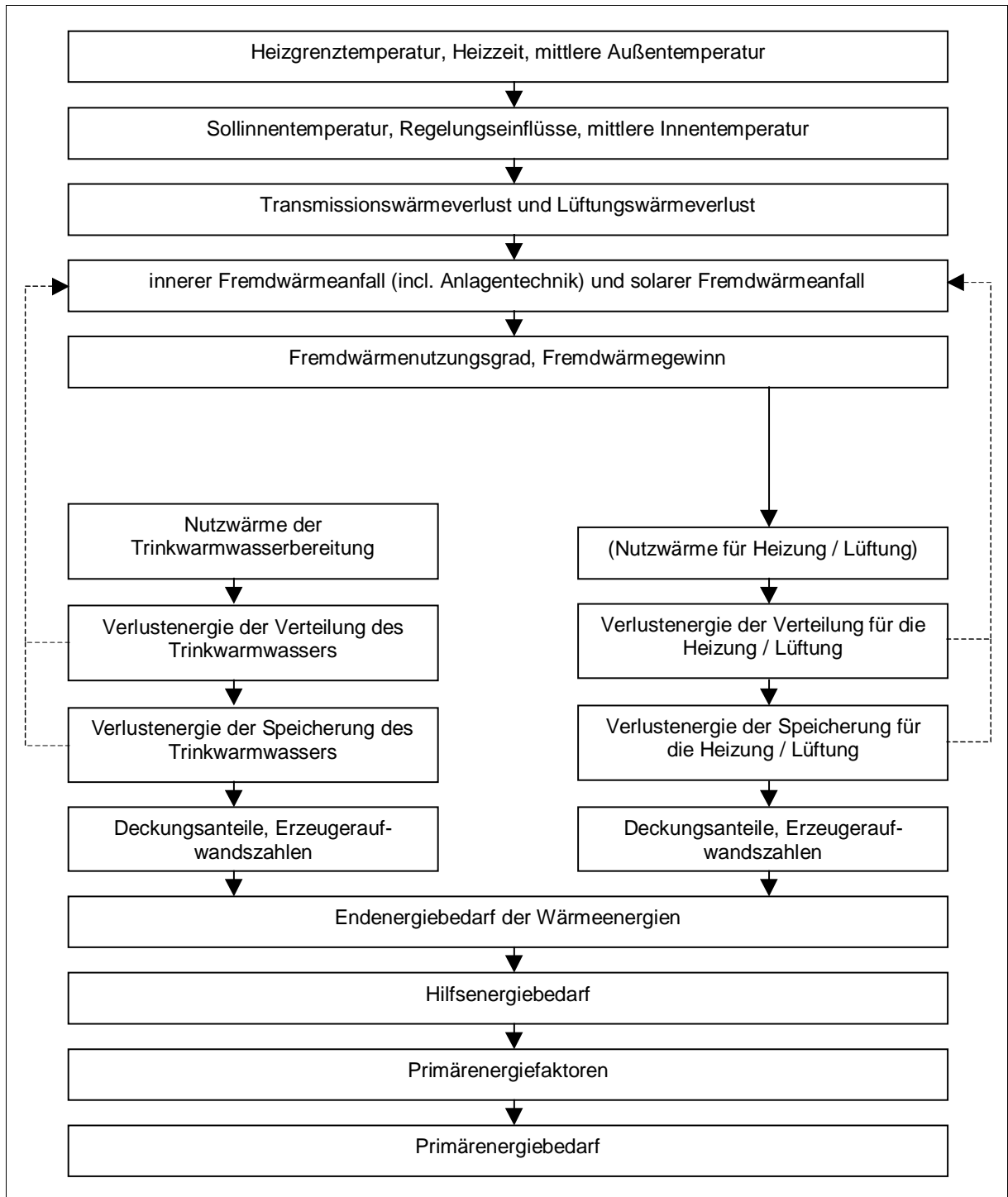


BILD 1 FLUSSDIAGRAMM FÜR DEN ABLAUF DES GESAMTBILANZVERFAHRENS.

Hinweise: Auch die Wärmeabgabe von Erzeugern kann als innere Wärmequelle angesehen und bewertet werden. Entsprechende Pfeile sind im Bild gedanklich zu ergänzen.

Die Erzeugeraufwandszahlen und Deckungsanteile können ggf. durch absolute Energieverluste ("So-wieso-Verluste" und "Nutzenabhängige Verluste") ersetzt werden. Vergleiche "Total energy balance" ab Seite 20.

1.2. Allgemeine Daten bei der Analyse von Gebäuden

1.2.1. Nutzungstypen und Baualtersklassen

Gebäudenutzungstypen	Beispiele	Anteil Nutzungstage pro Jahr, in [d/a]	Anteil Nutzungsstunden pro Nutzungstag, in [h/d]
Krankenhäuser	Krankenhäuser, Altersheime	365	24
EFH	Einfamilienhäuser, Reihenhäuser	365	15
MFH	Mehrfamilienwohnhäuser, Hotels, Heime, Kasernen, Strafanstalten	365	15
Bäder	Hallenbäder, Saunen	303	12
Verkauf	Verkaufsgebäude, Messen	277	12
Bühnen/ Säle	Theater, Kinos, Kirchen, Konzertsäle	260	14
Industrie	Gewerbebauten, Werkstätten, Fabrikgebäude	252	10
Lager	Lager	252	10
Verwaltung	Bürogebäude, Bibliotheken, Arztpraxen	252	10
Restaurants	Restaurants, Diskotheken	252	8
Sport	Turnhallen, Fitnesszentren	190	12
Schulen	Schulen, Kindergärten, Kongresszentren	190	10

TABELLE 1 ZUORDNUNG VON GEBÄUDEN ZU NUTZUNGSTYPEN

Baualterklasse	Abkürzung	Heizlast am kältesten Tag, in [W/m ²]
Gebäude mit Baujahren vor 1977	"vor 77"	130 ... > 200
Gebäude nach WSchV von 1977	"77-82"	70 ... 130
Gebäude nach WSchV von 1982	"82-95"	60 ... 100
Gebäude nach WSchV von 1995	"WSchV"	40 ... 60
Gebäude nach EnEV 2002	"EnEV"	30 ... 50
Niedrig-Energie-Häuser	"NEH"	25 ... 40
Ultra-Niedrig-Energie-Häuser und 3-Liter-Häuser	"UNEH"	15...30
Passiv-Häuser	"PH"	≈10

TABELLE 2 BAUALTERSKLASSEN

1.2.2. Bezugsfläche und Kompaktheit von Gebäuden

Gebäudenutzungstyp	Energiebezugsfläche A_{EB} je Nutzer, in [m ² /P]
Schulen	10
Sport, Bäder, Restaurants	20
Verwaltung, Krankenhäuser	30
MFH	35
EFH	45
Industrie, Verkauf	50
Bühnen/Säle	70
Lager	100

TABELLE 3 ENERGIEBEZUGSFLÄCHEN JE NACH GEBÄUDENUTZUNGSTYP

Gebäudenutzungstyp	Kompaktheitsgrad A_H/A_{EB} , in [-]	A_H/V_e -Verhältnis, in [m ⁻¹]	Fensterflächenanteil A_{Fe}/A_H , in [-]
EFH	2,1...2,8	0,6...1,0	0,05...0,30
Restaurant	1,6...2,0	0,4...0,8	k.A.
Verwaltung	1,6...2,0	0,4...0,8	0,10...>0,50
MFH	1,4...1,9	0,3...0,7	0,05...0,20
Bühnen/Säle	1,3...1,8	0,3...0,6	k.A.
Schulen	1,3...1,8	0,3...0,6	k.A.
Bäder	1,0...1,5	0,3...0,5	k.A.
Industrie	1,0...1,5	0,3...0,5	k.A.
Verkauf	1,0...1,5	0,3...0,5	k.A.
Krankenhäuser	0,8...1,2	0,2...0,5	0,05...0,20
Lager	0,8...1,2	0,2...0,5	k.A.
Sport	0,8...1,2	0,2...0,5	k.A.

TABELLE 4 KOMPAKTHEITSGRAD UND FENSTERFLÄCHENANTEILE

1.2.3. Heizzeit und Klimaeinflüsse

Heizgrenztemperatur ϑ_{HG} , in [°C]	Heiztage t_{HP} , in [d/a]	mittlere Außentemperatur ϑ_{am} , in [°C]
5	120	0,5
7	145	1,7
10	190	3,3
12	225	4,5
15	270	5,5
17	295	6,3
20	330	7,3

TABELLE 5 KLIMADATEN FÜR EINEN MITTLEREN STANDORT IN DEUTSCHLAND

Heizgrenztemperatur ϑ_{HG} , in [°C]	Verhältnis der Wärmegewinne zu den Wärmeverlusten γ , in [-]	Heizleistung am kältesten Tag, in [W/m²]	Bauklassen bzw. energetische Klasse			
			(82-95) WSchV	EnEV	NEH	(UNEH)
unter 10	über 0,90	≈ 10				(UNEH) PH
10	über 0,75	10...30			(EnEV)	NEH (UNEH) PH
12	0,30...0,75	30...60				(82-95) WSchV EnEV NEH (UNEH)
15	unter 0,40	60...130	vor 77	77-82	82-95 (WSchV)	(EnEV)
17 bis 20	unter 0,35	über 130	vor 77			

TABELLE 6 BESTIMMUNG DER HEIZGRENZTEMPERATUR

1.2.4. Innentemperatur und Regelungseinflüsse

Soll-Innentemperatur ϑ_i , in [°C]				
Gebäudenutzungstyp	innerhalb der wärmegeprägten Hülle		außerhalb der wärmegeprägten Hülle	
	innerhalb der Nutzungszeit	außerhalb der Nutzungszeit	Keller	Dachraum
Krankenhäuser, Bäder	21...23	14...16	10...14	3...7
MFH, EFH, Verwaltung, Schulen, Verkauf, Restaurants, Theater	19...21	14...16	10...14	3...7
Industrie, Sport	17...19	10	10...14	3...7
Lager	15...17	10	10...14	3...7

TABELLE 7 MITTLERE SOLLINNENTEMPERATUREN NACH GEBÄUDENUTZUNGSTYPEN

$$\vartheta_{im} = f_{ABS} \cdot f_{REG} \cdot \vartheta_i$$

Faktor zur Bewertung des Absenkbetriebes f_{ABS} , in [-]				
Bauklassen	Heizlast, in [W/m²]	leichte Bauweise	mittelschwere Bauweise	schwere Bauweise
		keine Absenkung		
alle	alle	1,00	1,00	1,00
		Absenkung 8h/d		
"vor 77"	150	0,96	0,97	0,97
"77-82" und "82-95"	100	0,96	0,97	0,97
"WSchV"	60	0,97	0,98	0,98
"NEH"	40	0,97	0,98	0,98
"PH" und "UNEH"	10	0,98	0,98	0,99
		Absenkung 12h/d und Wochenende		
"vor 77"	150	0,92	0,93	0,93
"77-82" und "82-95"	100	0,92	0,93	0,94
"WSchV"	60	0,93	0,94	0,94
"NEH"	40	0,93	0,94	0,95
"PH" und "UNEH"	10	0,94	0,96	0,97

TABELLE 8 FAKTOREN ZUR BEWERTUNG DES ABSENKBETRIEBES f_{ABS}

Faktor zur Bewertung der Temperaturregelung f_{REG} , in [-]			
Radiatorenheizung	ohne zentrale Vorregelung, manuelle Nachregelung		1,08
	mit zentraler Vorregelung, aber Raumregelung manuell		1,06
	mit zentraler Vorregelung und Thermostatventilen		1,03
	mit adaptiver Zentralregelung und Einzelraumregelung		1,01...1,02

Fußbodenheizung	mit Vorregelung, ohne Einzelraumregelung	1,04...1,06
	mit Vorregelung, mit Einzelraumregelung	1,02
Elektrische Heizung	Direktheizung	1,01...1,03
	Speicherheizung mit Einzelraumregelung	1,08
	Speicherheizung mit Einzelraumregelung und witterungsgeführter Vorregelung	1,02...1,04
Warmluftheizung	ohne Regelung	1,08
	mit zentraler Regelung	1,04
	mit Einzelraumregelung	1,02

TABELLE 9 FAKTOREN ZUR BEWERTUNG DER TEMPERATURREGELUNG F_{REG}

1.3. Analyse der Wärmeverluste und –gewinne der Hülle

1.3.1. Wärmeverluste durch Transmission

$$q_T = \frac{\sum A_{\text{Bauteil}} \cdot U_{\text{Bauteil}} \cdot f_{\text{MIN}} \cdot (\vartheta_{\text{im}} - \vartheta_{\text{am}})}{A_{\text{EB}}} \cdot t_{\text{HP}}$$

Abminderungsfaktoren für Transmissionswärmeverlust von Bauteilen f_{MIN} , in [-]			
	Bauteile gegen Erdreich, unbeheizte Keller oder andere unbeheizte Zonen	Bauteile gegen Außenluft	Bauteile gegen beheizte Zonen
f_{MIN} , in [-]	0,5	1	0

TABELLE 10 ABMINDERUNGSFAKTOREN F_{MIN}

Wärmedurchgangswerte für die Gebäudehülle U , in [W/(m²K)]							
Baualterklasse	"vor 77"	"77-82"	"82-95"	"WSchV"	"NEH"	"UNEH"	"PH"
Gebäudehülle (Mittelwert)	1,75...1,10	1,50...1,00	1,20...0,80	0,80...0,50	0,50...0,25	0,25...0,10	0,20...0,10
Wand	1,60...1,00	1,25...0,90	1,00...0,40	0,50...0,30	0,40...0,25	0,30...0,15	0,15...0,10
Boden	1,00...0,70	0,90...0,50	0,80...0,40	0,60...0,40	0,40...0,20	0,20...0,10	0,15...0,10
Decken/Dächer	0,90...0,40	0,60...0,30	0,40...0,20	0,30...0,15	0,25...0,15	0,20...0,10	0,15...0,10

TABELLE 11 WÄRMEDURCHGANGSWERTE FÜR DIE GEBÄUDEHÜLLE

Wärmedurchgangswert und Energiedurchlassgrad für Fenster		U , in [W/(m²K)]	g , in [-]
Einfachverglasung	Holz-/Kunststoffrahmen	4,20 (3,50...4,65)	0,86
	Metall-/Betonprofilrahmen	4,85 (5,63...4,28)	
Doppelverglasung	Holz-/Kunststoffrahmen	2,55 (2,36...2,68)	0,76
	Metall-/Betonprofilrahmen	3,10 (3,80...2,90)	
doppeltes Wärmeschutzglas	Holz-/Kunststoffrahmen	1,50 (1,33...1,72)	0,69
	Metall-/Betonprofilrahmen	2,00 (1,69...2,91)	
dreifaches Wärmeschutzglas	Holz-/Kunststoffrahmen	1,15 (0,74...1,49)	0,49
	Metall-/Betonprofilrahmen	1,60 (1,24...2,57)	

TABELLE 12 WÄRMEDURCHGANGSWERT UND ENERGIEDURCHLASSGRAD FÜR FENSTER

1.3.2. Lüftungswärmeverluste

$$q_V = n \cdot \frac{V_L}{A_{\text{EB}}} \cdot 0,34 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^3\text{K}} \cdot (\vartheta_{\text{im}} - \vartheta_{\text{am}}) \cdot t_{\text{HP}} = n \cdot h_R \cdot 0,34 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^3\text{K}} \cdot (\vartheta_{\text{im}} - \vartheta_{\text{am}}) \cdot t_{\text{HP}}$$

$$n = n_{\text{nat}} + \Delta n$$

$$n = (n_{\text{Anl}} + n_{\text{Rest}}) + \Delta n$$

Gebäudenutzungstyp	Luftwechsel, in [h ⁻¹]							
	Lüftung ohne Lüftungsanlage			Lüftung mit Lüftungsanlage				
	natürlicher Luftwechsel n_{nat}			mechanischer Luftwechsel n_{Anl}		Restluftwechsel n_{Rest}		
	in der Nutzungszeit	außerhalb der Nutzungszeit	Mittelwert	in der Nutzungszeit	außerhalb der Nutzungszeit	Mittelwert	bei bestandener Dichtungsprüfung ($n_{50} \leq 1,0$)	bei nicht bestandener Dichtungsprüfung
EFH	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,1	0,2
Krankenhaus	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,1	0,2
MFH	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,1	0,2
Verkauf	1,0	0,2	0,5	0,8	0,0	0,3	0,1	0,2

Industrie	1,0	0,2	0,4	0,8	0,8	0,8	0,1	0,2
Verwaltung	1,0	0,2	0,4	0,8	0,0	0,2	0,1	0,2
Restaurants	1,0	0,2	0,4	0,8	0,0	0,2	0,1	0,2
Schulen	1,0	0,2	0,4	0,8	0,0	0,2	0,1	0,2
Bühnen/Säle	0,6	0,2	0,4	0,4	0,0	0,2	0,1	0,2
Bäder	0,5	0,1	0,3	0,4	0,0	0,2	0,1	0,2
Lager	0,4	0,2	0,3	0,2	0,0	0,1	0,1	0,2
Sport	0,5	0,1	0,2	0,4	0,0	0,1	0,1	0,2

TABELLE 13 NATÜRLICHER LUFTWECHSEL, ANLAGENLUFTWECHSEL UND RESTLUFTWECHSEL

Baualterklasse	Differenzen für Luftwechsel Δn , in [h ⁻¹]
"vor 77"	+0,2 ... +0,3
"77-82" und "82-95"	+0,1 ... +0,2
"WSchV"	±0,0 ... +0,1
"NEH" und ggf. "UNEH"	±0,0
"PH" und "UNEH"	-0,1 ... +0,0

TABELLE 14 DIFFERENZLUFTWECHSEL JE NACH BAUALTERSKLASSE

1.3.3. Solarer Fremdwärmeanfall

$$q_s = \frac{\sum g \cdot r \cdot G \cdot A_{Fe}}{A_{EB}}$$

Globalstrahlung G, in [kWh/(m ² a)]				
Heizgrenztemperatur ϑ_{HG} , in [°C]	10	12	15	17
Länge der Heizzeit t_{HP} , in [d/a]	190	225	170	295
Mittelwert G_m für N,S,O,W	170	240	330	380
Ost	155	220	325	375
Süd	270	370	490	560
West	155	230	325	375
Nord	100	140	185	210
Dach (Neigung >30°)	225	370	545	645

TABELLE 15 GLOBALSTRAHLUNG JE NACH HEIZGRENZTEMPERATUR

1.3.4. Innerer Fremdwärmeanfall

$$q_i = q_{IG} \cdot t_{HP} + q_{HG} + q_{WG} = q_{IG} + q_{HG} + q_{WG}$$

$$q_{HG} = (q_{HG,d} + q_{HG,s}) \text{ und}$$

$$q_{WG} = (q_{d,WG} + q_{s,WG})$$

Gebäudenutzungstyp	innere Fremdwärmeleistung q_{IG} , in [W/m ²]	Gebäudenutzungstyp	innerer Fremdwärmeleistung q_{IG} , in [W/m ²]
Lager	1,3	Sport	3,9
Schulen	1,5...4,7	Krankenhäuser	4,1...5,8
EFH	2,5	Industrie	5,6
Bühnen/Säle	3,1	Verkauf	5,9
MFH	3,2	Bäder	6
Verwaltung	3,5...6,4	Restaurant	17

TABELLE 16 INNERE FREMDWÄRMELEISTUNG (OHNE WÄRMEVERTEILUNG UND -SPEICHERUNG)

1.3.5. Nutzung der Fremdwärmegewinne

$$\eta = f_{\eta} \cdot (1 - 0,3 \cdot \gamma)$$

$$\gamma = \frac{q_i + q_s}{q_T + q_V}$$

Regelungsart	Bewertungsfaktoren für Fremdwärmenutzung f_{η} , in [-]	Beispiele
ohne zentrale Vorregelung, manuelle Nachregelung	0,2	Wärmeerzeuger mit Festtemperatur + Handventile
ohne zentrale Vorregelung, aber mit Nachregelung	0,7	Wärmeerzeuger mit Festtemperatur + Thermostatventile

mit zentraler Vorregelung, und Nachregelung	0,8	Wärmeerzeuger mit witterungsgeführter Regelung + Thermostatventile
mit zentraler Vorregelung, und Nachregelung	0,9	Wärmeerzeuger mit witterungsgeführter Regelung + Einzelraumregelung

TABELLE 17 BEWERTUNGSFAKTOREN FÜR DIE FREMDWÄRMENUTZUNG

1.3.6. Überprüfung der Heizgrenztemperatur

$$\vartheta_{HG} = \vartheta_{im} - \eta \cdot \gamma \cdot (\vartheta_{im} - \vartheta_{am}) .$$

1.4. Verluste des Heizungs- und Lüftungssystems

1.4.1. Regelungseinflüsse

Betriebsweise	Gebäudeart	Komponenten	f _{BH} in [-]
durchgehender Betrieb	alle	Speicher	1,00
		ständig durchflossene Leitungsteile	1,00
		nicht ständig durchflossene Leitungsteile	0,50
mit Absenkung für bis zu 8 h/d	MFH und EFH	Speicher	ca. 1,00
		ständig durchflossene Leitungsteile	ca. 1,00
		nicht ständig durchflossene Leitungsteile	ca. 0,50
	sonstige Gebäude	genauer bestimmen mit Nutzungstagen pro Jahr und Nutzungsstunden pro Tag	
	mit Abschaltung für 6 h/d	MFH und EFH	Speicher	ca. 1,00
ständig durchflossene Leitungsteile			0,75
nicht ständig durchflossene Leitungsteile			0,38
sonstige Gebäude		genauer bestimmen mit Nutzungstagen pro Jahr und Nutzungsstunden pro Tag	
mit Abschaltung für 8 h/d	MFH und EFH	Speicher	ca. 1,00
		ständig durchflossene Leitungsteile	0,67
		nicht ständig durchflossene Leitungsteile	0,34
	sonstige Gebäude	genauer bestimmen mit Nutzungstagen pro Jahr und Nutzungsstunden pro Tag	

TABELLE 18 EINFLUSSFAKTOREN FÜR DEN ANLAGENBETRIEB F_{BH}

1.4.2. Wärmeverluste des Verteilsystems

$$q_{d,H} = \sum \left(f_{BH} \cdot q_L \cdot \frac{L}{A_{EB}} \right) \cdot t_{HP} .$$

verlegte Rohrleitungen L/A _{EB} , in [m/m ²]		A _{EB} bis 300m ²	A _{EB} ab 300m ²	
zentrale Versorgung	Gesamtleitungen davon:		0,27...1,27	0,03...0,92
	nicht ständig durchflossene Leitungen (Anbindeleitungen)	außerhalb der gedämmten Hülle	0,00...0,31	0,00...0,18
		innerhalb der gedämmten Hülle	0,10...1,06	0,02...0,69
	ständig durchflossene Leitungen (Steig- und Verteilleitungen)	außerhalb der gedämmten Hülle	0,00...0,42	0,00...0,25
		innerhalb der gedämmten Hülle	0,05...0,51	0,01...0,25
wohnungs-zentral Versorgung	Gesamtleitungen davon:		0,34...1,06	0,34...0,79
	nicht ständig durchflossene Leitungen (Anbindeleitungen)	innerhalb der gedämmten Hülle	0,20...0,69	0,26...0,69
		ständig durchflossene Leitungen (Verteilleitungen)	innerhalb der gedämmten Hülle	0,07...0,38	0,03...0,10
	dezentrale Versorgung Gesamtleitungen:		0,00	0,00

TABELLE 19 VERLEGTE ROHRLEITUNGSLÄNGEN DES HEIZWASSERNETZES

verlegte Lüftungsleitungen L/A _{EB} , in [m/m ²]		A _{EB} bis 300m ²	A _{EB} ab 300m ²	
zentrale Versorgung	Gesamtleitungen davon:		0,20...0,29	0,16...0,20
	nicht ständig durchströmte Zuluftleitungen (Anbindeleitungen)	außerhalb der gedämmten Hülle	0,00	0,00
		innerhalb der gedämmten Hülle	0,14	0,14
	ständig durchströmte Zuluftleitungen (Verteilleitungen)	außerhalb der gedämmten Hülle	0,00...0,15	0,00...0,05
		innerhalb der gedämmten Hülle	0,00...0,15	0,00...0,05

dezentrale Versorgung	Gesamtleitungen:	0,00	0,00
-----------------------	------------------	------	------

TABELLE 20 VERLEGTE ROHRLEITUNGSLÄNGEN IN LÜFTUNGSNETZEN

Wärmeabgabe von Rohrleitungen und Luftleitungen q_L , in [W/m]		außerhalb der gedämmten Hülle verlegt				innerhalb der gedämmten Hülle verlegt			
		DN 10-15	DN 20-32	DN 40-65	DN 80-100	DN 10-15	DN 20-32	DN 40-65	DN 80-100
90/70°C (konstant)	ungedämmt	39,3	65,0	106,8	163,2	34,7	57,3	94,2	144,0
	halbe Dämmdicke wie EnEV	20,1	27,7	38,8	52,4	17,8	24,4	34,2	46,2
	gedämmt nach EnEV	10,1	12,6	12,1	12,1	8,9	11,1	10,7	10,7
	doppelte Dämmdicke wie EnEV	7,6	8,1	8,1	8,1	6,7	7,1	7,1	7,1
90/70°C (geregelt)	ungedämmt	24,3	40,1	66,0	100,8	19,6	32,5	53,4	81,6
	halbe Dämmdicke wie EnEV	12,4	17,1	24,0	32,4	10,1	13,9	19,4	26,2
	gedämmt nach EnEV	6,2	7,8	7,5	7,5	5,0	6,3	6,0	6,0
	doppelte Dämmdicke wie EnEV	4,7	5,0	5,0	5,0	3,8	4,0	4,0	4,0
70/55°C (geregelt)	ungedämmt	18,5	30,6	50,3	76,8	13,9	22,9	37,7	57,6
	halbe Dämmdicke wie EnEV	9,5	13,0	18,3	24,7	7,1	9,8	13,7	18,5
	gedämmt nach EnEV	4,7	5,9	5,7	5,7	3,6	4,4	4,3	4,3
	doppelte Dämmdicke wie EnEV	3,6	3,8	3,8	3,8	2,7	2,8	2,8	2,8
55/45°C (geregelt)	ungedämmt	14,4	23,9	39,3	60,0	9,8	16,2	26,7	40,8
	halbe Dämmdicke wie EnEV	7,4	10,2	14,3	19,3	5,0	6,9	9,7	13,1
	gedämmt nach EnEV	3,7	4,6	4,4	4,4	2,5	3,1	3,0	3,0
	doppelte Dämmdicke wie EnEV	2,8	3,0	3,0	3,0	1,9	2,0	2,0	2,0
35/28°C (geregelt)	ungedämmt	8,1	13,4	22,0	33,6	3,5	5,7	9,4	14,4
	halbe Dämmdicke wie EnEV	4,1	5,7	8,0	10,8	1,8	2,4	3,4	4,6
	gedämmt nach EnEV	2,1	2,6	2,5	2,5	0,9	1,1	1,1	1,1
	doppelte Dämmdicke wie EnEV	1,6	1,7	1,7	1,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Luftleitung (geregelt)	gedämmt nach EnEV	9,5				11,1			

TABELLE 21 WÄRMEABGABE VON HEIZUNGS- UND LÜFTUNGSLEITUNGEN

1.4.3. Wärmeverluste der Heizwasserspeicherung

$$q_{s,H} = \sum \left(f_{BW} \cdot q_{SP} \cdot \frac{V_S}{A_{EB}} \right) \cdot t_{HP}$$

A_{EB} , in [m ²]	80...160	160...400	400...2000	2000...8000
installiertes Speichervolumen V_S/A_{EB} , in [l/m ²]	1,0...1,3	0,8...1,0	0,5...0,8	0,3...0,5

TABELLE 22 VOLUMEN FÜR HEIZWASSERSPEICHER

durchschnittliche Wärmeverlustleistung von Speichern q_{SP} , in [W/l]		Auslegung auf 70/55°C und höher			Auslegung auf 55/45°C und niedriger		
Aufstellung	Volumen, in [l]	Dämmung gut (ca. 10cm)	Dämmung mäßig (bis 5cm)	Dämmung schlecht (bis 2cm)	Dämmung gut (ca. 10cm)	Dämmung mäßig (bis 5cm)	Dämmung schlecht (bis 2cm)
		außerhalb der wärme-gedämmten Hülle	100	0,7...0,9	1,1...1,4	2,0...2,7	0,3...0,5	0,5...0,8	0,9...1,6
200	0,5...0,7		0,8...1,1	1,6...2,1	0,2...0,4	0,4...0,7	0,7...1,3
500	0,4...0,5		0,6...0,8	1,2...1,6	0,2...0,3	0,3...0,5	0,5...1,0
1000	0,3...0,4		0,5...0,6	1,0...1,3	0,1...0,2	0,2...0,4	0,4...0,8
2000	0,2...0,3		0,4...0,5	0,8...1,0	0,1...0,2	0,2...0,3	0,3...0,6
innerhalb der wärme-gedämmten Hülle	100	0,5...0,7	0,8...1,1	1,5...2,2	0,1...0,4	0,2...0,6	0,4...1,1
	200	0,4...0,6	0,6...0,9	1,2...1,7	0,1...0,3	0,2...0,4	0,3...0,9
	500	0,3...0,4	0,5...0,7	0,9...1,3	0,1...0,2	0,1...0,3	0,2...0,6
	1000	0,2...0,3	0,4...0,5	0,7...1,0	0,1...0,2	0,1...0,3	0,2...0,5
	2000	0,2	0,3...0,4	0,6...0,8	0,0...0,1	0,1...0,2	0,1...0,4

TABELLE 23 WÄRMEABGABE FÜR HEIZWASSERSPEICHER

1.4.4. Wärmeerzeugung

Wärmeerzeuger	Aufwandszahl e_g , in [-]	Hinweise
Nah- und Fernwärme	für Heizung 1,01...1,02	kompakte Ausführung mit Gehäuse

		1,05...1,11	Ausführung ohne Gehäuse
Elektrische Systeme	Speichergeräte	1,02...1,04	
	Durchlaufgeräte	1,00...1,01	
	Luftheizregister	1,00	
Elektrowärmepumpen	Wasser-Wasser	0,31...0,33	monovalent
		0,22...0,32	alternativ/parallel
	Sole-Wasser	0,36...0,38	monovalent
		0,26...0,34	alternativ/parallel
	Luft-Wasser	0,36...0,45	monovalent
0,32...0,37		alternativ/parallel	
Luft-Luft	0,28...0,34		
Kessel	Vorratswasserheizer	1,54...2,78	Auslastung bis 20%
		1,15...1,30	Auslastung über 20%
	Umlaufwasserheizer	1,25...2,00	Auslastung bis 20%
		1,15...1,27	Auslastung über 20%
	Konstant bis Baujahr 1978	1,61...3,70	Auslastung bis 20%
		1,10...1,49	Auslastung über 20%
	Konstant ab Baujahr 1979	1,20...2,78	Auslastung bis 20%
		1,10...1,39	Auslastung über 20%
	Niedertemperatur	1,09...1,15	bis 50 kW
		1,03...1,10	50...120 kW
		1,00...1,06	120...1200 kW
	Brennwert bis 50 kW	1,00...1,06	Betrieb bei 55/45°C und niedriger
		1,03...1,10	Betrieb bei 70/55°C und höher
Brennwert 50...120 kW	0,99...1,05	Betrieb bei 55/45°C und niedriger	
	1,02...1,09	Betrieb bei 70/55°C und höher	
Brennwert 120...1200 kW	0,98...1,04	Betrieb bei 55/45°C und niedriger	
	1,01...1,08	Betrieb bei 70/55°C und höher	
BHKW	Erdgas, Propan, Butan	0,59...0,65	bis 100 kW
		0,52...0,58	ab 100 kW
	Diesel	0,52...0,64	bis 100 kW
		0,45...0,48	ab 100 kW
Brennstoffbetriebene Wärmepumpen	Wasser-Wasser	0,56...0,59	monovalent
		0,58...0,63	alternativ/parallel
	Sole-Wasser	0,59...0,65	monovalent
		0,56...0,67	alternativ/parallel
	Luft-Wasser	0,63...0,67	monovalent
0,63...0,73		alternativ/parallel	
Einzelfeuerstätten	Kachelofen	1,43...1,67	
	Öleinzelofer	1,18	
	Gaseinzelofer	1,33	
regenerative Systeme	Solaranlagen, Wärmerückgewinnungen	0,00	

TABELLE 24 ERZEUGERAUFWANDSZAHLEN FÜR DIE HEIZUNG UND LÜFTUNG

Deckungsanteile a für Gebäude mit Wasserheizung, in [-]				
	Solaranlage	Grundlast	Spitzenlast	Hinweise
Anlagen mit einem Erzeuger	---	1,00	---	
Anlagen mit Solarunterstützung	0,10...0,05	0,90...0,95	---	
Wärmepumpe und Kessel	---	0,32...0,92	0,08...0,68	alternativer Betrieb paralleler Betrieb
	---	0,82...0,98	0,04...0,18	
Wärmepumpe und elektrische Nachheizung	---	0,90...0,95	0,05...0,10	
zwei Kessel	---	0,50...0,85	0,15...0,50	
BHKW und Kessel	---	0,60...0,85	0,15...0,40	

TABELLE 25 DECKUNGSANTEILE FÜR GEBÄUDE MIT WASSERHEIZUNG

Deckungsanteile a für Gebäude mit Luftheizung, in [-]			
Wärmerückgewinnung	Abluft/Zuluft-Wärmepumpe	Heizregister	Gebäudeklasse
0,25...0,33	0,33...0,67	0,08...0,33	NEH
0,25...0,33	---	0,66...0,75	
---	0,58...0,83	0,17...0,42	
0,50...0,67	0,33...0,50	---	UNEH
0,50...0,67	---	0,33...0,50	

---	0,95...1,00	0,00...0,05	PH
0,95...1,00	0,00...0,05	---	
0,95...1,00	---	0,00...0,05	
---	0,95...1,00	0,00...0,05	

TABELLE 26 DECKUNGSANTEILE FÜR GEBÄUDE MIT LUFTHEIZUNG

Deckungsanteile a für Gebäude mit Wasser- und Luftheizung, in [-]		
Wärmerückgewinnung	statische Heizung	Gebäudeklasse
0,25...0,33	0,66...0,75	NEH
0,50...0,67	0,33...0,50	UNEH
0,95...1,00	0,00...0,05	PH

TABELLE 27 DECKUNGSANTEIL FÜR EINE KOMBINATION AUS WASSER- UND LUFTHEIZUNG

1.5. Analyse des Warmwassersystems

1.5.1. Warmwassernutzen

Gebäudenutzungstyp	EFH	MFH	Lager	Verwaltung, Schulen, Verkauf, Industrie	Säle/ Bühnen	Sportstätten, Bäder	Restaurants	Krankenhäuser
Warmwassernutzwärme q_w , in [kWh/(m ² a)]	15...17	15...25	1...2	7...9	15...17	90...100	60...70	30...35

TABELLE 28 WARMWASSERNUTZEN NACH GEBÄUDENUTZUNGSTYP

1.5.2. Regelungseinflüsse

Betriebsweise	Gebäudeart	Komponenten	f_{BW} , in [-]
ohne Abschaltung	alle	alle	1,00
mit Abschaltung	MFH und EFH	Stichleitungen	1,00
		Speicher	ca. 1,00
		Zirkulationsleitungen bei 6h/d Abschaltung	0,88...0,92
		Zirkulationsleitungen bei 8h/d Abschaltung	0,73...0,75
	sonstige Gebäude	genauer bestimmen mit Nutzungstagen pro Jahr und Nutzungsstunden pro Tag	

TABELLE 29 EINFLUSSFAKTOREN FÜR DEN ANLAGENBETRIEB f_{BW}

1.5.3. Wärmeverluste des Verteilsystems

$$q_{d,w} = \sum \left(f_{BW} \cdot q_L \cdot \frac{L}{A_{EB}} \right) \cdot t_y$$

verlegte Rohrleitungslängen L/A_{EB} , in [m/m ²]			A_{EB} bis 300m ²	A_{EB} ab 300m ²
zentrale Trinkwarmwasserversorgung	Gesamtleitungen davon:			0,32...0,54
	nicht ständig durchflossene Leitungen (Stichleitungen)	außerhalb der gedämmten Hülle	0,01...0,35	0,01...0,09
		innerhalb der gedämmten Hülle	0,05...0,54	0,08...0,28
	ständig durchflossene Leitungen (Zirkulationsleitungen)	außerhalb der gedämmten Hülle	0,00...0,35	0,00...0,25
innerhalb der gedämmten Hülle		0,09...0,49	0,05...0,28	
dezentrale Trinkwarmwasserversorgung	Gesamtleitungen davon:		0,02...0,06	0,02...0,06
	nicht ständig durchflossene Leitungen (Stichleitungen)	innerhalb der gedämmten Hülle	0,02...0,06	0,02...0,06

TABELLE 30 VERLEGTE ROHRLEITUNGSLÄNGEN DES TRINKWARMWASSERNETZES

Wärmeabgabe von Trinkwarmwasserleitungen q_L , in [W/m]									
		außerhalb der gedämmten Hülle verlegt				innerhalb der gedämmten Hülle verlegt			
		DN 10-15	DN 20-32	DN 40-65	DN 80-100	DN 10-15	DN 20-32	DN 40-65	DN 80-100
→	ungedämmt	24,9	33,2	47,7	68,4	14,9	19,9	28,6	41,0
	halbe Dämmdicke wie EnEV	5,7	8,8	13,5	20,7	3,4	5,3	8,1	12,4

ständig durchflossene Zirkulationsleitungen (gen)	gedämmt nach EnEV	4,1	4,6	4,6	4,6	2,5	2,7	2,7	2,7
	doppelte Dämmdicke wie EnEV	3,0	3,4	3,2	3,2	1,8	2,0	1,9	1,9
	ungedämmt	53,5	71,3	102,5	147,1	37,3	49,8	71,5	102,6
	halbe Dämmdicke wie EnEV	12,3	18,9	29,0	44,6	8,6	13,2	20,2	31,1
	gedämmt nach EnEV	8,8	9,8	9,8	9,8	6,1	6,8	6,8	6,8
	doppelte Dämmdicke wie EnEV	6,5	7,2	6,9	6,9	4,5	5,1	4,8	4,8

TABELLE 31 WÄRMEABGABE VON TRINKWARMWASSERLEITUNGEN

1.5.4. Wärmeverluste der Warmwasserspeicherung

$$q_{s,W} = \sum \left(f_{BW} \cdot q_{SP} \cdot \frac{V_S}{A_{EB}} \right) \cdot t_y \cdot$$

installiertes Speichervolumen V_S/A_{EB} , in [l/m ²]					
AEB, in [m ²]	indirekt beheizter Speicher	gasbeheizter Speicher und Elektrospeicher (Aufheizung Tag und Nacht)	Elektrospeicher (Aufheizung nur nachts)	Elektro-Kleinspeicher	bivalenter Solarspeicher
80...160	1,5...1,9	1,0...1,3	2,2...2,7	0,1	3,0...3,5
160...400	1,2...1,5	0,8...1,0	1,6...2,2	0,1	2,5...3,0
400...2000	0,7...1,2	0,5...0,8	1,0...1,6	0,1	0,7...0,9
2000...8000	0,5...0,7	0,3...0,5	0,7...1,0	0,1	0,5...0,7

TABELLE 32 VOLUMEN FÜR TRINKWARMWASSERSPEICHER

durchschnittliche Wärmeverlustleistung von Speichern, q_{SP} in [W/l]						
Aufstellung	Volumen, in [l]	indirekt beheizte Speicher, bivalente Solarspeicher, elektrische Tag- und Nachtspeicher			elektrische Kleinspeicher	gasbeheizte Speicher
		Dämmung gut (ca. 10cm)	Dämmung mäßig (bis 5cm)	Dämmung schlecht (bis 2cm)		
außerhalb der wärmege-dämmten Hülle	25	0,68	1,13	2,04	2,80	3,13
	50	0,54	0,86	1,58	2,80	3,07
	100	0,43	0,65	1,23	2,80	3,02
	200	0,34	0,49	0,95	2,80	2,96
	500	0,25	0,34	0,68	2,80	2,89
	1000	0,20	0,26	0,53	2,80	2,84
	1500	0,18	0,22	0,46	2,80	2,81
innerhalb der wärmege-dämmten Hülle	25	0,55	0,92	1,66	2,28	2,55
	50	0,44	0,70	1,29	2,28	2,50
	100	0,35	0,53	1,00	2,28	2,46
	200	0,28	0,40	0,78	2,28	2,41
	500	0,21	0,28	0,56	2,28	2,35
	1000	0,17	0,21	0,43	2,28	2,31
	1500	0,14	0,18	0,37	2,28	2,28
2000	0,13	0,16	0,33	2,28	2,27	

TABELLE 33 WÄRMEABGABE FÜR TRINKWARMWASSERSPEICHER

1.5.5. Wärmeerzeugung

Wärmeerzeuger		Aufwandszahl e_q , in [-]	Hinweise
Nah- und Fernwärme	nur Warmwasserbereitung	1,11...1,14	kompakte Ausführung mit Gehäuse
		1,18...1,25	Ausführung ohne Gehäuse
	Warmwasserbereitung und Heizung	1,03...1,06	kompakte Ausführung mit Gehäuse
		1,04...1,13	Ausführung ohne Gehäuse
Elektrische Systeme	Speichergeräte	1,00...1,04	ohne Wärmeverlust des Speichers
	Durchlaufgeräte	1,00...1,01	
Elektrowärmepumpen	Wasser-Wasser	0,22...0,33	
	Sole-Wasser	0,26...0,38	
	Luft-Wasser	0,32...0,45	
dezentrale Gasgeräte	Durchlaufgeräte mit el. Zündung	1,00...1,19	

	Durchlaufgeräte mit Zündflamme	1,35...6,24	
Kessel	Konstanttemperatur (detaillierter im Kapitel 1.4.4)	1,39...2,50	Kessel nur für WW-Bereitung
		1,30...1,55	Kessel für Heizung und Warmwasserbereitung
	Niedertemperatur	1,11...1,21	bis 50 kW
		1,09...1,14	ab 50 kW
	Brennwert	1,10...1,17	bis 50 kW
1,08...1,13		ab 50 kW	
BHKW	Erdgas, Propan, Butan	0,59...0,65	bis 100 kW
		0,52...0,58	ab 100 kW
	Diesel	0,52...0,64	bis 100 kW
		0,45...0,48	ab 100 kW
Brennstoffbetriebene Wärmepumpen	Wasser-Wasser	0,55...0,60	
	Sole-Wasser	0,58...0,65	
	Luft-Wasser	0,63...0,73	
regenerative Systeme	Solaranlagen, Wärmerückgewinnungen	0,00	

TABELLE 34 ERZEUGERAUFWANDSZAHLN FÜR DIE TRINKWARMWASSERBEREITUNG

Deckungsanteile a, in [-]	Solaranlage	Grundlasterzeuger (Kessel, Wärmepumpe, Fernwärmeübergabestation, ...)	Spitzenlast (Elektroheizstab, ...)	Hinweise
Anlage ohne Solarunterstützung	0,00	1,00	0,00	nur ein Erzeuger
	0,00	0,80...0,95	0,05...0,20	Erzeuger plus Elektronachheizung
	0,00	0,30...0,90	0,10...0,70	Wärmepumpe plus Kessel (alternativer Betrieb)
	0,00	0,80...0,98	0,02...0,20	Wärmepumpe plus Kessel (paralleler Betrieb)
Anlage mit Solarunterstützung	0,50...0,65	0,35...0,50	0,00	A _{EB} < 300 m ²
	0,45...0,60	0,40...0,50	0,00	A _{EB} 300...1000 m ²
	0,30...0,50	0,50...0,70	0,00	A _{EB} > 1000 m ²

TABELLE 35 DECKUNGSANTEILE FÜR DIE TRINKWARMWASSERBEREITUNG

1.6. Analyse von Hilfsenergien

$$q_{EI} = \sum q_{EI} \cdot t_{EI}$$

Verbraucher		mittlere Leistung Q _{EI} in [W/m ²]	mittlere Laufzeit t _{EI} in [h/a]
Wärmeverteilung	Zirkulationspumpe	0,1...0,4 AEB bis 250m ²	8760 durchgehender Betrieb
			7300 Abschaltung 4h/d
		0,0...0,1 AEB ab 250m ²	5840 Abschaltung 8h/d
	Heizungsumwälzpumpe	0,5...1,2 AEB bis 250m ² mit Fußbodenheizung	1200 Abschaltung 16h/d plus Wochenende
		0,2...0,7 AEB bis 250m ² mit Radiatorenheizung	6000...7000 Heizgrenze 15°C
		0,1...0,4 AEB ab 250m ²	5000...6000 Heizgrenze 12°C
Wärmespeicherung	Ladepumpe Trinkwarmwasserspeicher	0,3...0,6 AEB bis 250m ²	4000...5000 Heizgrenze 10°C
	Ladepumpe Heizungs-pufferspeicher	0,1...0,2 AEB ab 250m ²	200...300 AEB bis 250m ²
		0,2...0,5 AEB bis 250m ²	300...700 AEB ab 250m ²
		0,0...0,1 AEB ab 250m ²	1500 -
	Hilfsantriebe und Regelung Trinkwarmwasser-Kessel	0,8...1,7 AEB bis 250m ²	200...350 AEB bis 1000m ²
	0,1...0,6 AEB ab 250m ²	300...450 AEB ab 1000m ²	
Hilfsantriebe und Regelung Heizungs-Kessel	0,3...0,6 AEB bis 250m ²	1400...3000 AEB bis 1000m ²	
	0,0...0,2 AEB ab 250m ²	2500...4500 AEB ab 1000m ²	

	Hilfsantriebe Trinkwasser-Wärmepumpe	1,0...1,6	Wasser/Wasser-Wärmepumpe	400
		0,6...1,0	Sole/Wasser-Wärmepumpe	
	Hilfsantriebe Heizungs-Wärmepumpe	1,0...1,6	Wasser/Wasser-Wärmepumpe	1600
		0,6...1,0	Sole/Wasser-Wärmepumpe	
	Regelung Fernwärme	0,0...0,1	Heizung und Trinkwarmwasser	8760
	Pumpen und Regelung Solaranlage	0,2...0,4	AEB bis 500m ²	1000...1750
		0,1...0,3	AEB ab 500m ²	
Lüftung	Ventilatoren zentrale Zu-Abbluftanlagen	0,2...0,6	Luftwechsel bis 0,6 h-1	6000...8760
		0,6...1,6	Luftwechsel ab 0,6 h-1	
	Ventilatoren zentrale Abbluftanlagen	0,1...0,5	Luftwechsel bis 0,6 h-1	6000...8760
		0,5...1,1	Luftwechsel ab 0,6 h-1	
	Ventilatoren dezentrale Lüftungsanlagen	1,1...3,0		6000...8760

TABELLE 36 HILFSENERGIEN

1.7. Gesamtbilanz der Endenergien

$$q_h = [q_T + q_v - \eta \cdot (q_l + q_s)]$$

$$q_H = [q_h + q_{dH} + q_{s,H}] \cdot \Sigma(a \cdot e_{g,H})$$

$$q_W = [q_w + q_{d,W} + q_{s,W}] \cdot \Sigma(a \cdot e_{g,W})$$

$$q = q_H + q_W$$

1.8. Primärenergiebilanz

$$q_{H,P} = [q_h + q_{dH} + q_{s,H}] \cdot \Sigma(a \cdot e_{g,H} \cdot f_P)$$

$$q_{W,P} = [q_w + q_{d,W} + q_{s,W}] \cdot \Sigma(a \cdot e_{g,W} \cdot f_P)$$

$$q_{EI,P} = q_{EI} \cdot f_{P,EI}$$

$$q_P = q_{H,P} + q_{W,P} + q_{EI,P}$$

1.9. Verbrauchswerte

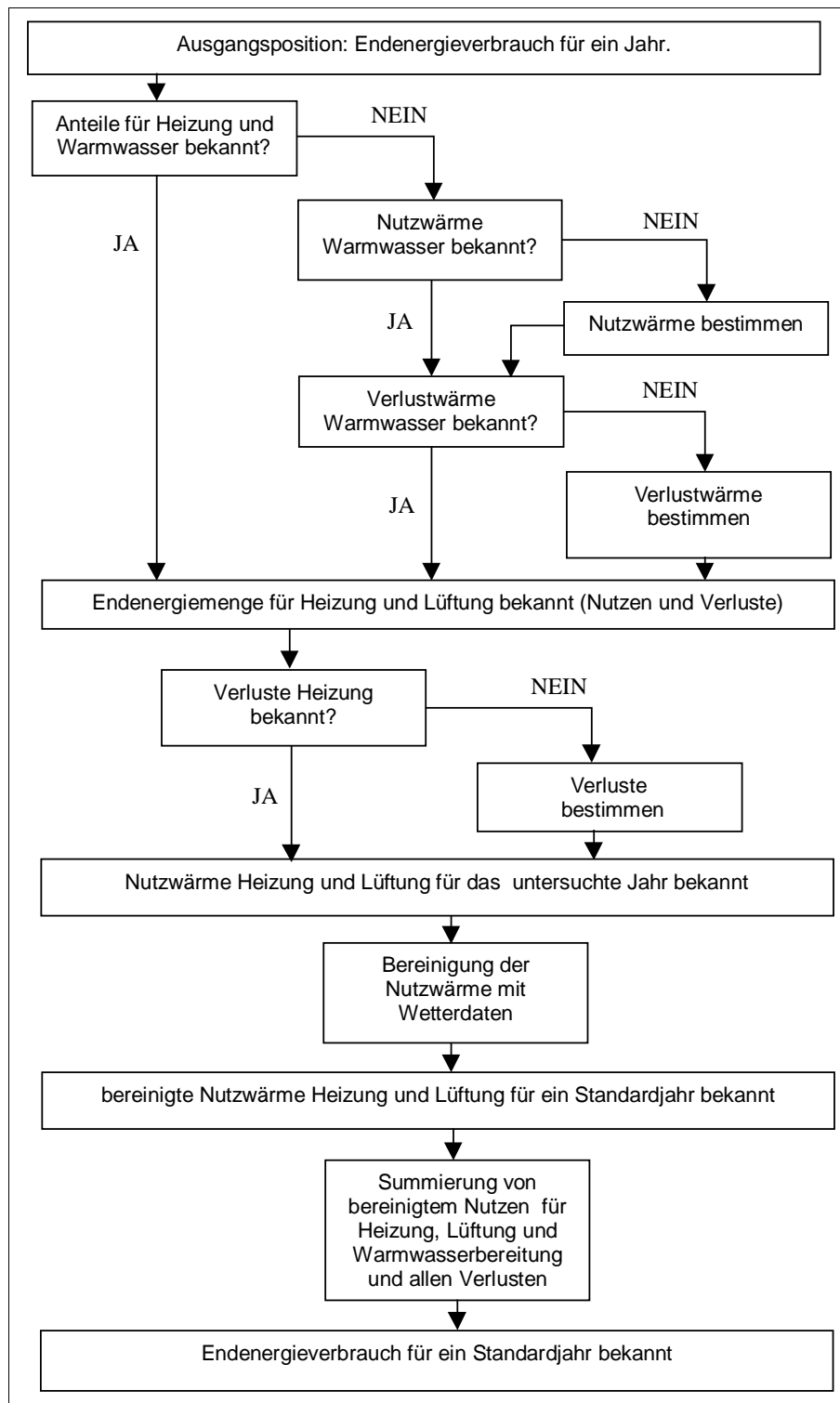


BILD 2 ABLAUSCHHEMA FÜR DIE ENERGIEANALYSE EINES BESTEHENDEN GEBÄUDES

1.10. Bedarfsberechnung Beispiel MFH

Allgemeine Daten													
Nutzungstyp:	MFH				Baualterklasse:	vor 77							
Bauweise:	mittelschwer				Sonstiges:	Baujahr 1974							
Flächen und Kompaktheit													
A_{EB}	=	1098 m ²			A_H	=	1940 m ²						
h	=	2,5 m			A_{FE}	=	199,9 m ²						
Kompaktheit:					Fensterflächenanteil:								
A_H	÷	A_{EB}	=	A_H/A_{EB}	A_{FE}	÷	A_H	=	A_{FE}/A_H				
1940 m ²	÷	1098 m ²	=	1,767	199,9 m ²	÷	1940 m ²	=	0,103				
Heizzeit, Temperaturen													
ϑ_{HG}	=	17 °C			ϑ_{am}	=	6,3 °C						
t_y	=	365 d/a			t_{HP}	=	295 d/a						
ϑ_i	=	20 °C			ϑ_{im}	=	20 °C						
f_{ABS}	=	0,97			f_{REG}	=	1,03						
t_{HP}	=	295 d/a			t_{HP}	=	7080 h/a						
Spezifischer Verteilverlust für die Trinkwarmwasserbereitung													
		DN		L/A_{EB}		q_L		f_{BW}					
in der gedämmten Hülle	ständig durchflossen	10-15	:	0,055 m/m ²	×	8,6 W/m	×	1,0	= 0,473 W/m ²				
		:	:	m/m ²	×	W/m	×	=	W/m ²				
		:	:	m/m ²	×	W/m	×	=	W/m ²				
		:	:	m/m ²	×	W/m	×	=	W/m ²				
	nicht ständig durchflossen	10-15	:	0,182 m/m ²	×	3,4 W/m	×	1,0	= 0,619 W/m ²				
		:	:	m/m ²	×	W/m	×	=	W/m ²				
		:	:	m/m ²	×	W/m	×	=	W/m ²				
		:	:	m/m ²	×	W/m	×	=	W/m ²				
↓ $\Sigma 1 =$									1,092 W/m ²				
außerhalb der gedämmten Hülle	ständig durchflossen	20-32	:	0,109 m/m ²	×	18,9 W/m	×	1,0	= 2,060 W/m ²				
		:	:	m/m ²	×	W/m	×	=	W/m ²				
		:	:	m/m ²	×	W/m	×	=	W/m ²				
		:	:	m/m ²	×	W/m	×	=	W/m ²				
	nicht ständig durchflossen	:	:	m/m ²	×	W/m	×	=	W/m ²				
		:	:	m/m ²	×	W/m	×	=	W/m ²				
		:	:	m/m ²	×	W/m	×	=	W/m ²				
		:	:	m/m ²	×	W/m	×	=	W/m ²				
↓ $\Sigma 2 =$									3,152 W/m ²				
Wärmeverlust der Verteilung:					Fremdwärmeanfall aus Verteilung:								
$\Sigma 2$	×	t_y	×	0,001	=	$q_{d,w}$	$\Sigma 1$	×	t_{HP}	×	0,001	=	$q_{WG,d}$
3,152 W/m ²	×	8760 h/a	×	0,001	=	28 kWh/(m ² a)	1,092 W/m ²	×	7080 h/a	×	0,001	=	8 kWh/(m ² a)
Spezifischer Speicherverlust für die Trinkwarmwasserbereitung													
		V_s/A_{EB}		q_{SP}		f_{BW}							
Innerhalb der gedämmten hülle		l/m ²	×	W/l	×	=	W/m ²	=	W/m ²				
		l/m ²	×	W/l	×	=	W/m ²	=	W/m ²				
↓ $\Sigma 3 =$									W/m ²				
außerhalb der gedämmten hülle		0,911 l/m ²	×	0,26 W/l	×	1,0	=	0,237 W/m ²					
		l/m ²	×	W/l	×	=	W/m ²						
↓ $\Sigma 4 =$									0,237 W/m ²				
Wärmeverlust der Speicherung:					Fremdwärmeanfall aus Speicherung:								
$\Sigma 4$	×	t_y	×	0,001	=	$q_{s,w}$	$\Sigma 3$	×	t_{HP}	×	0,001	=	$q_{WG,s}$
0,237 W/m ²	×	8760 h/a	×	0,001	=	2 kWh/(m ² a)	0 W/m ²	×	7080 h/a	×	0,001	=	0 kWh/(m ² a)
Deckungsanteile, Erzeugeraufwandszahlen und Primärenergiefaktoren Trinkwarmwasserbereitung													
		a		$e_{q,w}$		$a \cdot e_{q,w}$		f_p					
Erzeuger 1		1,0	×	1,12	=	1,12	×	1,07	= 1,20				
Erzeuger 2			×		=		×		=				
Erzeuger 3			×		=		×		=				
↓ $\Sigma 5 =$									1,12				
↓ $\Sigma 6 =$									1,20				
Spezifische Endenergie Wärme der Trinkwarmwasserbereitung													
		q_w		$q_{d,w}$		$q_{s,w}$		$\Sigma 5$					
(18 kWh/(m ² a)	+	28 kWh/(m ² a)	+	2 kWh/(m ² a))	×	1,12	=	54 kWh/(m ² a)		
		q_w		$q_{d,w}$		$q_{s,w}$		$\Sigma 6$					
(18 kWh/(m ² a)	+	28 kWh/(m ² a)	+	2 kWh/(m ² a))	×	1,20	=	58 kWh/(m ² a)		

Spezifischer Verteilverlust der Heizung und Lüftung							
		DN	L/A _{EB}	q _L	f _{BH}		
in der gedämmten Hülle	ständig durchflossen	10-15	: 0,228 m/m ²	× 13,9 W/m	× 1,0	= 3,169 W/m ²	= 3,169 W/m ²
		:	m/m ²	× W/m	×	= W/m ²	= W/m ²
		:	m/m ²	× W/m	×	= W/m ²	= W/m ²
	nicht ständig durchflossen	10-15	: 0,182 m/m ²	× 13,9 W/m	× 0,5	= 1,265 W/m ²	= 1,265 W/m ²
		:	m/m ²	× W/m	×	= W/m ²	= W/m ²
		:	m/m ²	× W/m	×	= W/m ²	= W/m ²
		:	m/m ²	× W/m	×	= W/m ²	= W/m ²
						↓ Σ7=	4,434 W/m ²
außerhalb der gedämmten Hülle	ständig durchflossen	20-32	: 0,228 m/m ²	× 5,9 W/m	× 1,0	= 1,345 W/m ²	
		:	m/m ²	× W/m	×	= W/m ²	
		:	m/m ²	× W/m	×	= W/m ²	
		:	m/m ²	× W/m	×	= W/m ²	
	nicht ständig durchflossen	:	m/m ²	× W/m	×	= W/m ²	
		:	m/m ²	× W/m	×	= W/m ²	
		:	m/m ²	× W/m	×	= W/m ²	
						Σ8=	5,779 W/m ²
Wärmeverlust der Verteilung:				Fremdwärmeanfall aus Verteilung:			
Σ8	t _{HP}	q _{d,H}	Σ7	t _{HP}	=	q _{HG,d}	
5,78 W/m ²	× 7080 h/a	× 0,001 = 41 kWh/(m ² a)	4,43 W/m ²	× 7080 h/a	× 0,001 =	31 kWh/(m ² a)	
Spezifischer Speicherverlust der Heizung							
		V _S /A _{EB}	q _{SP}	f _{BH}			
Innerhalb der gedämmten hülle		l/m ²	× W/l	×	=	W/m ²	= W/m ²
		l/m ²	× W/l	×	=	W/m ²	= W/m ²
						↓ Σ9=	W/m ²
außerhalb der gedämmten hülle		l/m ²	× W/l	×	=	W/m ²	
		l/m ²	× W/l	×	=	W/m ²	
						Σ10=	W/m ²
Wärmeverlust der Speicherung:				Fremdwärmeanfall aus Speicherung:			
Σ10	t _{HP}	q _{s,H}	Σ9	t _{HP}	=	q _{HG,s}	
W/m ²	× h/a	× 0,001 = 0 kWh/(m ² a)	W/m ²	× h/a	× 0,001 =	0 kWh/(m ² a)	
Deckungsanteile, Erzeugeraufwandzahlen und Primärenergiefaktoren Heizung und Lüftung							
	a	e _{gH}	a · e _{gH}	f _p	a · e _{gH} · f _p		
Erzeuger 1	1,0	× 1,08	= 1,08	× 1,07	= 1,16		
Erzeuger 2	×	=	×	=			
Erzeuger 3	×	=	×	=			
			Σ11 =	1,08	Σ12 =	1,16	
Spezifische Wärmeverluste der Transmission							
	U	A	f _{MIN}	mittlerer U-Wert:			
Wand	1,30 W/(m ² K)	× 732 m ²	× 1,0	= 951,6 W/K	Σ14	Σ13	U _m
Kellerdecke/ Bodenplatte	0,70 W/(m ² K)	× 504 m ²	× 0,5	= 176,4 W/K	2092 W/K	÷ 1940 m ²	= 1,08 W/(m ² K)
Fenster	2,55 W/(m ² K)	× 200 m ²	× 1,0	= 510,0 W/K	Kompaktheit:		
Dach/Decke	0,90 W/(m ² K)	× 504 m ²	× 1,0	= 453,6 W/K	Σ13	A _{EB}	A _H /A _{EB}
				Σ13 = 1940 m ²	÷ 1098 m ²	=	1,767
Wärmeverlust durch Transmission:							
U _m	(	ϑ _{im}	-	ϑ _{am}	) ×	A _H /A _{EB}	t _{HP}
1,08 W/(m ² K)	× (	20 °C	-	6,3 °C	) ×	1,767	× 7080 h/a
						× 0,001 =	185 kWh/(m ² a)
Spezifische Wärmeverluste der Lüftung							
n _{nat}	ODER (	n _{Anl}	+	n _{Rest}	) =	Δn	n
0,61/h	ODER (	1/h	+	1/h	) =	0,6 1/h	+ 0,3 1/h =
						0,9 1/h	
Wärmeverlust durch Lüftung:							
h	ρ · c _p	(	ϑ _{im}	-	ϑ _{am}	) ×	n
2,5 m	× 0,34	× (	20 °C	-	6,3 °C	) ×	0,9 1/h
						× 7080 h/a	× 0,001 =
							74 kWh/(m ² a)

Spezifischer solarer Fremdwärmeanfall						
	G	g	A	r		
Süd	560 kWh/(m ² a)	× 0,76	× 48 · 1,68 m ²	× 0,36	=	12355 kWh/a
Ost	375 kWh/(m ² a)	× 0,76	× 21 · 1,40 m ²	× 0,36	=	3016 kWh/a
Nord	210 kWh/(m ² a)	× 0,76	× 36 · 1,68 m ²	× 0,36	=	3475 kWh/a
West	375 kWh/(m ² a)	× 0,76	× 21 · 1,40 m ²	× 0,36	=	3016 kWh/a
Dach	0 kWh/(m ² a)	× 0	× 0 m ²	× 0	=	0 kWh/a
			Σ15 =	200 m ²		Σ16 = 21862 kWh/a
	Σ16 21862 kWh/a	÷	Σ15 200 m ²	=	G _m g _m r _m 109,3 kWh/m ² a	
ODER:					Fensterflächenanteil: Σ15 200 m ² ÷	A _H 1940 m ² = A _F /A _H 0,103
	G _m kWh/(m ² a)	×	g _m	×	r _m	= G _m g _m r _m kWh/m ² a
Solarer Fremdwärmeanfall:						
	G _m · g _m · r _m 109,3 kWh/(m ² a)	×	A _F /A _H 0,103	×	A _H /A _{EB} 1,767	= q _s 20 kWh/(m ² a)
Spezifischer innerer Fremdwärmeanfall						
Trinkwarmwasserbereitung		Heizung und Lüftung			Σ17	
q _{WG,d}	q _{WG,s}	q _{HG,d}	q _{HG,s}			
8 kWh/(m ² a)	0 kWh/(m ² a)	31 kWh/(m ² a)	0 kWh/(m ² a)	=	39 kWh/(m ² a)	
Innerer Fremdwärmeanfall:						
Σ17	q _i	t _{HP}				q _i
39 kWh/(m ² a)	3,2 W/m ²	7080 h/a	×	0,001	=	62 kWh/(m ² a)
Fremdwärmenutzungsgrad						
q _i		q _s		q _T		q _v
(62 kWh/(m ² a) + 20 kWh/(m ² a))		÷		(185 kWh/(m ² a) + 74 kWh/(m ² a))		= γ
Fremdwärmenutzungsgrad:						
f _η	0,8	×	(1,0 - 0,3	×	γ	0,317) = η
Spezifische Nutzenergie der Heizung und Lüftung						
q _T		q _v		η		q _i
(185 kWh/(m ² a) + 74 kWh/(m ² a))		- 0,724		×		(62 kWh/(m ² a) + 20 kWh/(m ² a)) + 200 kWh/(m ² a)
Spezifische Endenergie Wärme der Heizung und Lüftung						
q _h		q _{d,H}		q _{s,H}		Σ11
(200 kWh/(m ² a) + 41 kWh/(m ² a) + 0 kWh/(m ² a))		×		1,08		= q _H
(200 kWh/(m ² a) + 41 kWh/(m ² a) + 0 kWh/(m ² a))		×		Σ12		1,16 = q _{H,P}
Spezifische Endenergie aller Wärmeenergien						
q _H		q _w		q		
260 kWh/(m ² a)		+ 54 kWh/(m ² a)		= 314 kWh/(m ² a)		
Spezifische Endenergie aller Hilfsenergien						
	q _{EI}	t _{EI}	a		q _{EI}	
Trinkwarmwasserbereitung	Zirkulation	0,09 W/m ²	× 8000 h/a	× 0,001	=	0,720 kWh/(m ² a)
	Speicherladepumpe	0,09 W/m ²	× 500 h/a	× 0,001	=	0,045 kWh/(m ² a)
	Erzeuger 1	0,20 W/m ²	× 350 h/a	× 0,001	× 1,0	= 0,070 kWh/(m ² a)
	Erzeuger 2	W/m ²	× h/a	× 0,001	×	= kWh/(m ² a)
	Erzeuger 3	W/m ²	× h/a	× 0,001	×	= kWh/(m ² a)
	sonstige	W/m ²	× h/a	× 0,001	=	kWh/(m ² a)
Heizung und Lüftung	Umwälzpumpe	0,30 W/m ²	× 6000 h/a	× 0,001	=	1,800 kWh/(m ² a)
	Speicherladepumpe	W/m ²	× h/a	× 0,001	=	kWh/(m ² a)
	Erzeuger 1	0,05 W/m ²	× 3500 h/a	× 0,001	× 1,0	= 0,175 kWh/(m ² a)
	Erzeuger 2	W/m ²	× h/a	× 0,001	×	= kWh/(m ² a)
	Erzeuger 3	W/m ²	× h/a	× 0,001	×	= kWh/(m ² a)
	Ventilator	W/m ²	× h/a	× 0,001	×	= kWh/(m ² a)
	sonstige	W/m ²	× h/a	× 0,001	=	kWh/(m ² a)
Endenergie der Hilfsenergien:					q _{EI}	= 3 kWh/(m ² a)
Primärenergien der Hilfsenergien:					q _{EI}	× f _{P,EI} = q _{EI,P}
					3 kWh/(m ² a)	× 3,0 = 9 kWh/(m ² a)
Spezifische Primärenergie						
q _{H,P}		q _{w,P}		q _{EI,P}		q _P
278 kWh/(m ² a)		+ 58 kWh/(m ² a)		+ 9 kWh/(m ² a)		= 345 kWh/(m ² a)

1.11. Praxisbeispiel

Um die Aussagen des Kapitels **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zu untermauern, folgt an dieser Stelle ein Praxisbeispiel. Es handelt sich um die Untersuchung eines 1998 errichteten Mehrfamilienwohnkomplexes in Hannover.

Wichtige Gebäudedaten sind:

umbautes Volumen $V_e = 5491 \text{ m}^3$,

Kompaktheitsgrad $A/V_e = 0,4 \text{ m}^{-1}$

mittlerer U-Wert der Hülle (incl. Wärmebrücken) $U_m = 0,331 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Nutzfläche $A_N = 1757 \text{ m}^2$

Energiebezugsfläche $A_{EB} = 1385 \text{ m}^2$

zentrales Heizungssystem mit Radiatoren sowie Verteilleitungen und Wärmeübergabestation im unbeheizten Keller

zentrales Trinkwarmwassersystem mit Zirkulation sowie Verteilleitungen, Wasserspeicher und Wärmeübergabestation im unbeheizten Keller und

zentrale Abluftanlage.

Die Untersuchung führte zu den in Tabelle 1.37 dargestellten Ergebnissen.

Energiekennwerte, in [kWh/a]	Bedarf	Bedarf	bereinigte
	EnEV 2002	Gesamtbilanz	Verbrauchswerte
Heizwärmebedarf EnEV 2002	54692	93195	88005
Nutzwärme der Heizung und Lüftung	50827	69618	61695
Summe aller Verluste für die Heizung und Lüftung	9965	28034	33024
Endenergie Wärme für die Heizung und Lüftung	60792	97652	94719
Nutzwärmebedarf Warmwasser	21963	21963	18449
Summe aller Verluste für die Trinkwarmwasserbereitung	18624	17825	17685
Endenergiewärme für die Trinkwarmwasserbereitung	40587	39788	36134
	101379	137440	130853
Endenergie Wärme	100 %	136 %	129 %
	74 %	100 %	95 %
	77 %	105 %	100 %

TABELLE 1.37 ERGEBNISSE PRAXISBEISPIEL

Die Bereinigung erfolgte ebenfalls mit dem Gesamtbilanzverfahren. Auch hier bestätigt sich: die Bedarfsrechnung der EnEV 2002 führt zu Ergebnissen, die sich in der Praxis nicht einstellen.

TOTAL ENERGY BALANCE FOR BUILDINGS

based on contents of the following publications (standards and guidelines):

- ◆ DIN V 4108-6 (German standard)
- ◆ DIN V 4701-10 (German standard)
- ◆ SIA 380/1 (Swiss standard)
- ◆ Hessischer Energiepass (German guide-line)
- ◆ VDI 2067 (German guideline)
- ◆ VDI 3808 (German guideline)
- ◆ TC 228/WG4 (suggestion for European standard)

Dipl.-Ing. K. Jagnow
Prof. Dr. Ing. D. Wolff

Institut für Heizungs- und Klimatechnik
Fachhochschule Braunschweig / Wolfenbüttel

Institute for air-conditioning and heating technology
University of Applied Sciences Braunschweig/Wolfenbüttel, Germany

2. Foreword

For a physically correct balance of the thermal and primary energy demand all interactions between building physics, supply system and use (averaged value) should be considered and not be differentiated from each other.

The increasing influence of controlled ventilation in buildings leads to air change rates that depend on the construction of the building, the behaviour of the user as well as the mechanical ventilation system.

The amount and therefore the utilisation ratio of recoverable inner and solar heat depends on all three of the above mentioned factors, too. (building physics: solar heat gains; supply system: gains from distribution pipes, storage tanks, generators; use: uncontrolled heat release from persons, electric devices and lighting).

Contrary to former considerations the not measurable heat demand for a building Q_h is influenced by such a great variety of factors, that it is difficult to specify it correctly. A value that can be defined clearly is the specific transmission heat load H_T , because it is the only characteristic that depends on the building physics only.

With an arrangement for a calculation method as it is given in the present publication transmission heat load H_T as only attribute of the building as well as primary energy demand Q_p as characteristic for the quality of the building, its heat supply system and its (averaged) use can be determined.

3. Scope

The calculation method is based on a stationary energy balance. It can be employed for existing and planned buildings with full or intermittent service of the heating and ventilation system as well as the domestic hot water system.

It can be used to determine the necessary primary energy for space heating (including ventilation) and the preparation of domestic hot water including the auxiliary energy consumption due to pumps, fans, control etc. In case of need the current consumption (electric energy demand) with primary energetic

assessment should be considered, too.

In the course of the calculation among others the following values can be determined: the specific transmission heat load, the final thermal energy and auxiliary energy, in each case for space heating and domestic hot water preparation. Subsequently, all thermal and auxiliary energy losses and demands can be converted into primary energies.

4. General description of the method for calculating the primary energy demand

4.1. General survey

For the calculation of the heat losses due to transmission and ventilation the degree days and consequently the length of the heating period has to be known. Both depend on the ratio of recoverable heat gains (solar radiation, persons, electric devices, heated pipes, tanks and the fix losses of heat generators) and heat losses (transmission and ventilation). However, the gains, losses and the ratio cannot be determined without knowledge about the length of the heating period.

Therefore a correct balance would actually require an iterative calculation. Since this means an enormous additional work, the first (and for a non-computer supported calculation the only) step of the iteration should start with a precise assumption of the "heating limit temperature" ϑ_{HG} . This temperature characterises the outside temperature when the heat losses of the building and the recovered heat gains equal each other. For outside temperatures below the heating limit, the heating system is working. The heating limit temperatures fixes the length of the heating period t_{HP} according to building type, energy supply system and especially user characteristics.

The averaged outside temperature $\vartheta_{a,m}$ results from the length of the heating period. Taking into consideration intermitted space heating as well as inefficiencies of the heat emission the averaged room temperature $\vartheta_{i,m}$ can be calculated out of the nominal room temperature $\vartheta_{i,nom}$. The degree days $G_{t,x,y}$ (cumulated difference of averaged room and outside temperature for all days of the heating period) can be determined.

The whole following calculation method will be employed using the resulting degree days and the assumed length of the heating period. After determination of the inner and solar heat gains and the heat losses due to transmission and ventilation the assumed heating limit temperature can be checked.

The general calculation method will be described in the following passages. Detailed information can be examined in the next chapters.

The specific transmission and ventilation heat loads and out of these values the specific heat losses due to transmission and ventilation for the building are calculated. The heat demand for domestic hot water is determined.

The thermal losses of distribution, storage and generation for the domestic hot water and the heating/ventilation system will be examined. The part of the heat losses, which is released within the heated space, is specified separately.

The total of all uncontrolled released recoverable inner and solar heat within the heated space and within the heating period is determined (solar radiation, persons, electric devices, heated pipes, tanks and the fix losses of heat generators). Together with the losses due to transmission and generation the utilisation factor for recovered heat are calculated. Since the actually recovered gains are known then, the additional necessary heat demand (controlled heat release) of the heating and ventilation system can be determined.

All thermal energy demands as well as the energy losses (distribution, storage, fix losses of generation) have to be covered by the heat generator or the generators, respectively. The variable heat losses of the generator(s) can be determined.

The final thermal energy for the building as sum of all non-renewable energies is calculated. Thermal

and the requirements on auxiliary energy are converted into primary energy.

4.2. Homogeneity of buildings and parts of buildings

The previously described general method refers to a building with homogeneous building physics, supply system and use. A building with spatial different characteristics has to be splitted up into homogeneous parts. The primary energy demand has to be calculated for each part separately and finally summed up.

Since the complexity of the calculation increases enormous, both, the accuracy of the result and the expenditure should be considered prior to splitting up the building into a diversity of different parts.

Splitting seems to be useful for combined residential and office buildings for instance. In many other cases different building characteristics can be averaged by weighting or branching of single sub-systems.

4.3. Method for calculating the degree days

The degree days $G_{t,x,y}$ of a building depends on the determined averaged room and outside temperatures within the heating period and the length of the period itself. The basics for determination of both temperatures have been mentioned previously. They will not be repeated here.

The length of the heating period depends on the heating limit temperature. For a simplified method a reference location and climate can be employed. A heating limit temperature of 10°C, 12°C or 15°C can be chosen.

4.4. Calculation Method for the specific transmission heat load H_T

The specific transmission heat load H_T is a measure for the thermal conduction within and the transition on the surfaces of the building envelope. It considers the influence of thermal bridges, too.

For calculation of the specific transmission heat loads all enveloping surfaces, which cover the heated space and the respective heat, transfer coefficients U are taken into account.

4.5. Calculation Method for the specific ventilation heat load H_V

For the calculation of the specific ventilation heat load H_V , the air volume, which is exchanged between the building and the ambient environment, is considered. The air volume V_L is determined from the geometry of the building.

The total change rate of air can be two- or threefold as high in spring and autumn compared with the conditions in winter. However, the ventilation heat load is calculated with an averaged value. The averaged total air change rate consists of the change rates from a mechanical ventilation system, natural ventilation through the building envelope and the user. The ventilation heat load does not include heat gains from a heat recovery.

There are two ways to assess the recovered heat of a ventilation system. On the one hand it can be considered as recoverable heat like for instance solar heat. On the other hand the heat recovery can be treated as a heat generator without energy input. Both ways can be imagined. The authors could not make a decision, whether one alternative can be employed easier or closer to reality or the other, until the publication of this paper.

4.6. General calculation method for evaluation of the energy supply system

According to the commitments of this publication the energy supply system comprises the heating and ventilation system as well as the system for domestic hot water preparation.

The domestic hot water consists of different sub-systems. In general those are at least one kind of

emitter, one kind of distribution system, if needed a storage tank and one or more heat generators. The mentioned sub-systems are valid for a water based heating system as well. Other heating systems – air based systems or direct electric systems – may include less sub-systems.

With the providing of usable heat for space heating and domestic hot water the energy supply system loses heat and consumes auxiliary energy in each sub-system.

Losses of distribution, storage and generation have to be considered as recoverable inner heat in case of appearing within the heated space. Since they cannot be recovered fully, they are assessed with the utilisation factor η for recoverable heat.

4.7. Calculation method for recoverable inner and solar heat

The heat, which is released within the heated space from different heat sources, can be divided into two groups: on the one hand the uncontrolled on the other hand controlled released heat. Controlled released heat is the thermal energy given off from heat emitters (e.g. radiators) within the heated space of the building. All other inner heat sources of the building release its energy uncontrolled. The solar radiation through windows is released uncontrolled, too.

Inner heat is released for instance from electrical devices, artificial lighting, from people, from pipes leading and tanks storing warm fluids, from heat generators (standby and radiation losses). (Under certain circumstances the recovered heat from a ventilation system can be considered as inner heat.)

Parts of the inner and solar heat released within the heated space are recoverable. The recovered parts for the heating system are the actual heat gains. The amount of the gains depends on the utilisation factor of the recoverable heat.

5. Calculation algorithms

This chapter is meant to explain the necessary steps for calculation of the primary energy demand of a building. General as well as simplified (special cases) algorithms for the calculation are given.

5.1. Primary energy demand

The yearly primary energy demand for a building (supplied with two types of primary energy carriers or less – one is electric energy) can be calculated with the following algorithm. The current consumption (electric energy demand) is taken into account, too.

$$Q_P = f_{P,Q} \cdot (Q_{H,Q} + Q_{W,Q}) + f_{P,A} \cdot (Q_A + Q_{EI})$$

Generally the primary energy demand for a building contains the total of all thermal and electric energies, each evaluated with its primary energy factor.

$$Q_P = \sum_i (f_{P,i} \cdot Q_{H,Q,i}) + \sum_i (f_{P,i} \cdot Q_{W,Q,i}) + \sum_i (f_{P,i} \cdot Q_{A,i}) + \sum_i (f_{P,i} \cdot Q_{EI,i})$$

with:

$f_{P,Q}$	primary energy factor for the thermal energy, in [-]
$f_{P,A}$	primary energy factor for the auxiliary energy, in [-]
$f_{P,i}$	primary energy factor for a primary energy carrier i, in [-]
Q_{EI}	current consumption (electric energy demand), in [kWh/a]
$Q_{EI,i}$	current consumption covered by the primary energy carrier i, in [kWh/a]
Q_{HE}	auxiliary energy, in [kWh/a]
$Q_{HE,i}$	auxiliary energy covered by the primary energy carrier i, in [kWh/a]
$Q_{H,Q}$	thermal energy demand for space heating, in [kWh/a]
$Q_{H,Q,i}$	thermal energy demand for space heating covered by the primary energy carrier i, in [kWh/a]
Q_P	primary energy demand, in [kWh/a]
$Q_{W,Q}$	thermal energy demand for domestic hot water, in [kWh/a]
$Q_{W,Q,i}$	thermal energy demand for domestic hot water covered by the primary energy carrier i, in [kWh/a]

5.2. Auxiliary energy demand

The auxiliary energy demand sums up the individual electric energy demands of all auxiliary consumers. Each auxiliary energy demand can be calculated out of the average power requirement and the yearly working time.

$$Q_A = Q_{H,A} + Q_{W,A}$$

In case the building consists of one homogeneous zone only and it is supplied by not more than two heat generators (one for space heating and one for domestic hot water) only, the calculation algorithm is the following.

$$Q_{H,A} = Q_{ce,H,A} + Q_{d,H,A} + Q_{s,H,A} + Q_{g,H,A}$$

$$Q_{W,A} = Q_{ce,W,A} + Q_{d,W,A} + Q_{s,W,A} + Q_{g,W,A}$$

In general the following arrangement for space heating and domestic hot water system can be made. The basic idea is, that a building consists of j homogeneous zones and each of those zones is supplied by i heat generators.

$$Q_{H,A} = \sum_j \left(Q_{d,H,A} + Q_{s,H,A} + \sum_i \alpha_i \cdot Q_{g,H,A,i} \right)$$

$$Q_{W,A} = \sum_j \left(Q_{d,W,A} + Q_{s,W,A} + \sum_i \alpha_i \cdot Q_{g,W,A,i} \right)$$

with:

- α_i contribution of a heat generator i , in [-]
- $Q_{d,H,A}$ auxiliary energy for heat distribution of the space heating system, in [kWh/a]
- $Q_{d,W,A}$ auxiliary energy for heat distribution of the domestic hot water system, in [kWh/a]
- $Q_{g,H,A}$ auxiliary energy for the heat generator of the space heating system, in [kWh/a]
- $Q_{g,H,A,i}$ auxiliary energy for a heat generator i of the space heating system, in [kWh/a]
- $Q_{g,W,A}$ auxiliary energy for the heat generator of the domestic hot water system, in [kWh/a]
- $Q_{g,W,A,i}$ auxiliary energy for a heat generator i of the domestic hot water system, in [kWh/a]
- Q_A auxiliary energy, in [kWh/a]
- $Q_{s,H,A}$ auxiliary energy for heat storage of the space heating system, in [kWh/a]
- $Q_{s,W,A}$ auxiliary energy for heat storage of the domestic hot water system, in [kWh/a]
- $Q_{H,A}$ auxiliary energy of the space heating system, in [kWh/a]
- $Q_{W,A}$ auxiliary energy of the domestic hot water system, in [kWh/a]

5.3. Final thermal energy demand

The final thermal energy demand for a building consists of the thermal energies for space heating and domestic hot water preparation.

$$Q_Q = Q_{H,Q} + Q_{W,Q}$$

with:

- Q_Q final thermal energy demand, in [kWh/a]
- $Q_{H,Q}$ final thermal energy demand for the space heating system, in [kWh/a]
- $Q_{W,Q}$ final thermal energy demand for the domestic hot water system, in [kWh/a]

5.4. Final thermal energy demand for domestic hot water

If the building consists of only one heat generator for domestic hot water preparation and one homogeneous zone, the final thermal energy demand for domestic hot water can be calculated as follows.

$$Q_{W,Q} = x_{g,W} \cdot (Q_w + Q_{d,W,Q} + Q_{s,W,Q} + Q_{g,W,Q})$$

Generally the final energy demand for domestic hot water is determined from the sum of all single values of the homogeneous zones j . Each zone is equipped with i heat generators.

$$Q_{W,Q} = \sum_j \left[\sum_i \left(\alpha_i \cdot x_{g,W,i} \cdot (Q_{w,j} + Q_{d,W,Q,j} + Q_{s,W,Q,j} + Q_{g,W,Q,ji}) \right) \right]$$

The fix losses of a generator result for instance from cooling off due to radiation and convection. These losses occur during operation and standby of the generator. The variable losses of a generator are expressed in the efficiency factor $x_{g,w}$. This proportional factor expresses the losses due to conversion of the primary energy input into an usable energy output.

with

- α_i contribution of a heat generator i , in [-]
- $Q_{d,W,Q}$ heat loss of distribution for the domestic hot water system, in [kWh/a]
- $Q_{d,W,Q,j}$ heat loss of distribution for the domestic hot water system of a homogeneous zone j , in [kWh/a]
- $Q_{g,W,Q}$ fix heat loss of generation for the domestic hot water system, in [kWh/a]
- $Q_{g,W,Q,ji}$ fix heat loss of a generator i for the domestic hot water system of a homogeneous zone j , in [kWh/a]
- $Q_{s,W,Q}$ heat loss of storage for the domestic hot water system, in [kWh/a]
- $Q_{s,W,Q,i}$ heat loss of storage for the domestic hot water system of a homogeneous zone j , in [kWh/a]
- Q_w heat demand for domestic hot water, in [kWh/a]
- $Q_{w,j}$ heat demand for domestic hot water of a homogeneous zone j , in [kWh/a]
- $Q_{W,Q}$ final thermal energy demand for domestic hot water, in [kWh/a]
- $x_{g,w}$ efficiency factor of the heat generator, in [-]
- $x_{g,w,i}$ efficiency factor of a heat generator i , in [-]

5.5. Final energy demand for space heating

If the building consists of only one heat generator for space heating and one homogeneous zone, the final thermal energy demand for space heating can be calculated as follows.

$$Q_{H,Q} = x_{g,H} \cdot (Q_h + Q_{d,H,Q} + Q_{s,H,Q} + Q_{g,H,Q})$$

Generally the final thermal energy demand for space heating is determined from the sum of all single values of the homogeneous zones j . Each zone is equipped with i heat generators.

$$Q_{H,Q} = \sum_j \left[\sum_i \left(\alpha_i \cdot x_{g,H,i} \cdot (Q_{h,j} + Q_{d,H,Q,j} + Q_{s,H,Q,j} + Q_{g,H,Q,ji}) \right) \right]$$

For definition of fix and variable losses of a generator see chapter 4.5

with:

- α_i contribution of a heat generator i , in [-]
- $Q_{d,H,Q}$ heat loss of distribution for space heating, in [kWh/a]
- $Q_{d,H,Q,j}$ heat loss of distribution for space heating of a homogeneous zone j , in [kWh/a]
- $Q_{g,H,Q}$ fix heat loss of generation for space heating, in [kWh/a]
- $Q_{g,H,Q,ij}$ fix heat loss of a generator i for space heating of a homogeneous zone j , in [kWh/a]
- Q_h heat demand for space heating, in [kWh/a]
- $Q_{h,j}$ heat demand for space heating of a homogeneous zone j , in [kWh/a]
- $Q_{H,Q}$ final thermal energy demand for space heating, in [kWh/a]
- $Q_{s,H,Q}$ heat loss of storage for space heating, in [kWh/a]
- $Q_{s,H,Q,i}$ heat loss of storage for space heating of a homogeneous zone j , in [kWh/a]
- $x_{g,H}$ efficiency factor of the heat generator, in [-]
- $x_{g,H,i}$ efficiency factor of a heat generator i , in [-]

5.6. Heat demand for space heating (controlled heat release)

The heat demand (controlled heat release) for space heating of a homogeneous zone can be determined as follows.

$$Q_h = Q_T + Q_V - \eta \cdot (Q_I + Q_S)$$

with:

η	utilisation ratio for recoverable heat release, in [-]
Q_i	recoverable inner heat release, in [kWh/a]
Q_h	heat demand for space heating, in [kWh/a]
Q_S	recoverable solar heat release, in [kWh/a]
Q_T	heat losses due to transmission, in [kWh/a]
Q_V	heat losses due to ventilation, in [kWh/a]

5.7. Heat losses due to transmission

The heat losses due to transmission can be calculated with the following algorithm.

$$Q_T = H_T \cdot Gt_{x,y}$$

The specific transmission heat load is given by.

$$H_T = \sum_i F_{x,i} \cdot U_i \cdot A_i + H_{thb}$$

with:

A_i	area of the enveloping surface i, in [m ²]
$Gt_{x,y}$	degree days, in [kKh/a]
H_T	specific transmission heat load, in [W/K]
Q_T	heat losses caused by transmission, in [kWh/a]
U_i	heat transfer coefficient of the component i, in [W/(m ² K)]
H_{thb}	transmission heat load caused by thermal heat bridges, in [W/K]

5.8. Heat losses due to ventilation

The heat losses due to ventilation can be calculated with the following algorithm.

$$Q_V = H_V \cdot Gt_{x,y}$$

The specific ventilation heat load is given by.

$$H_V = n \cdot V_L \cdot (\rho \cdot c_p)_L = n \cdot V_L \cdot 0,34 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^3\text{K}}$$

with:

ρ_L	density of air, in [kg/m ³]
c_{pL}	specific heat capacity of air, in [Wh/(kgK)]
$Gt_{x,y}$	degree days, in [kKh/a]
H_V	specific ventilation heat load, in [W/K]
n	total change of air, in [h ⁻¹]
Q_V	heat losses due to ventilation, in [kWh/a]
V_L	air volume, in [m ³]

5.9. Utilisation ratio for recoverable heat

Recoverable (uncontrolled) heat release can be divided into two main groups: on the one hand the recoverable inner heat release Q_i from sources within the heated space, on the other hand recoverable solar heat release Q_S through windows.

Only a part of the recoverable heat release can be used for space heating – the recovered heat gains. The amount depends on the gain-loss-ratio γ .

$$\gamma = \frac{Q_i + Q_S}{Q_T + Q_V}$$

The utilisation ratio is as well affected by the quality of the controlling system (type, strategy, inefficiencies, ...). It can be calculated with the following simplified (at the time of preparing this paper still without special consideration of controlling) algorithm.

$$\eta = 1 - 0,3 \cdot \gamma$$

with:

γ	gain-loss-ratio of the energies for a homogeneous zone, in [-]
η	utilisation ratio for recoverable heat, in [-]
Q_I	recoverable inner heat release, in [kWh/a]
Q_S	recoverable solar heat release, in [kWh/a]
Q_T	heat loss due to transmission, in [kWh/a]
Q_V	heat loss due to ventilation, in [kWh/a]

5.10. Recoverable inner heat release

The recoverable inner heat release is determined from:

$$Q_I = Q_{I,P} + Q_{I,G} + Q_{I,B} + Q_{I,W} + Q_{I,H} + Q_{I,X}$$

with:

Q_I	recoverable inner heat release, in [kWh/a]
$Q_{I,B}$	recoverable inner heat release from lighting, in [kWh/a]
$Q_{I,G}$	recoverable inner heat release from electric devices, in [kWh/a]
$Q_{I,H}$	recoverable inner heat release from components of the space heating system, in [kWh/a]
$Q_{I,P}$	recoverable inner heat release from persons, in [kWh/a]
$Q_{I,W}$	recoverable inner heat release from components of the domestic hot water system, in [kWh/a]
$Q_{I,X}$	recoverable inner heat releases from other sources, in [kWh/a]

5.11. Checking the heating limit temperature

The assumption of the heating limit temperature of the building (heating period and average outside temperature) can be examined with the following arrangement.

$$\vartheta_{HG}^* = \vartheta_{i,m} - \frac{\eta \cdot (Q_S + Q_I)}{(H_T + H_V) \cdot t_{HP}^* \cdot 0,024}$$

with:

η	utilisation ratio for recoverable heat release, in [-]
ϑ_{HG}^*	recalculated heating limit temperature, in [°C]
$\vartheta_{i,m}$	average room temperature of the heated space, in [°C]
H_T	specific transmission heat load, in [W/K]
H_V	specific ventilation heat load, in [W/K]
Q_I	recoverable inner heat release, in [kWh/a]
Q_S	recoverable solar heat release, in [kWh/a]
t_{HP}^*	time period with heating limit temperature ϑ_{HG}^* , in [d/a]

When the outside temperature equals the heating limit temperature the operation period of the space heating system starts (in autumn) and stops (in spring). At this temperature the recovered heat gains cover the heat losses.

The inner heat releases from the supply system (distribution, storage, generation of heat) depend on the outside temperature – they are not constant as simplistically supposed. Actually they are not available as gains before switching on the heating system in autumn, so when the heating period starts there should be an oversupply due to gains for the first time. In spring it is probably just the other way round. Taking into consideration those unsettled facts, the heating period cannot be calculated exactly using a yearly balance. Further investigations on that topic has to be done in future.

6. Flow chart for the calculation

The following flow chart shall be a manual for the calculation of the primary energy demand of a building (single-zone-model).

- (1) Appraising of the length of the heating period t_{HP} – with this fixing the average outside temperature within the heating period $\vartheta_{a,m}$ – depending on location, use, building physics, supply system of the building;

- (2) Presuming the nominal (design) room temperature $\vartheta_{i, \text{nom}}$; in case of different nominal room temperatures (spatial diversity) a mean value can be employed;
- (3) Determination of the correction factors for intermittent space heating and the influence of control and emission; Calculation of the average room temperature $\vartheta_{i, m}$ and the degree days $G_{t, x, y}$
- (4) Determination of the heat demand for domestic hot water Q_w ;
- (5) Determination of the specific transmission heat load H_T ; Determination of the heat loss due to transmission Q_T ;
- (6) Determination of the specific ventilation heat load H_V ; Determination of the heat loss due to ventilation Q_V ;
- (7) Determination of the recoverable solar heat release Q_S ;
- (8) Determination of the heat loss of distribution for the domestic hot water system $Q_{d, W, Q}$ and the recoverable part that is released within the heated space $Q_{l, d, W}$; Determination of the recoverable heat loss of storage for the domestic hot water system $Q_{s, W, Q}$ and the part that is released within the heated space $Q_{l, s, W}$; Determination of the fix heat loss of generation for domestic hot water system $Q_{g, W, Q}$ and the recoverable part that is released within the heated space $Q_{l, g, W}$;
- (9) Determination of the heat loss of distribution for the heating system $Q_{d, H, Q}$ and the recoverable part that is released within the heated space $Q_{l, d, H}$; Determination of the heat loss of storage for the heating system $Q_{s, H, Q}$ and the recoverable part that is released within the heated space $Q_{l, s, H}$; Determination of the fix heat loss of generation for the heating system $Q_{g, H, Q}$ and the recoverable part that is released within the heated space $Q_{l, g, H}$;
- (10) Determination of the recoverable inner heat release Q_I due to Persons, heat release of components of the heat supply system (space heating and domestic hot water), electric devices and lighting within the heated space; Determination of the recoverable heat release $Q_I + Q_S$ and the utilisation ratio for recoverable heat release η ; Calculation of the recovered heat gains $\eta \cdot (Q_I + Q_S)$;
- (11) Calculation of the total of heat demand and technical losses (distribution, storage, fix/generation) for the domestic hot water system ($Q_w + Q_{d, W, Q} + Q_{s, W, Q} + Q_{g, W, Q}$);
- (12) Determination of the contribution α and the efficiency factor for generation $x_{g, W}$ of each heat generator for domestic hot water;
- (13) Determination of the final thermal energy demand for domestic hot water $Q_{W, Q}$ as well as the auxiliary energy demand for domestic hot water $Q_{W, A}$ and the primary energy demand for domestic hot water $Q_{W, P}$ considering the primary energy factors f_P ;
- (14) Determination of the heat demand for space heating Q_h ;
- (15) Calculation of the total of heat demand and technical losses (distribution, storage, fix/generation) for the space heating system ($Q_h + Q_{d, H, Q} + Q_{s, H, Q} + Q_{g, H, Q}$);
- (16) Determination of the contribution α and the efficiency factor for generation $x_{g, H}$ of each heat generator for space heating;
- (17) Determination of the final thermal energy demand for space heating $Q_{H, Q}$ as well as the auxiliary energy demand for space heating $Q_{H, A}$ and the primary energy demand for space heating $Q_{H, P}$ considering the primary energy factors f_P ;
- (18) Determination of the current consumption Q_{EI} and the primary current consumption $Q_{P, EI}$ considering the primary energy factors f_P ;
- (19) Determination of the primary energy Q_P for the building as total of the primary energies for space heating and domestic hot water as well as primary auxiliary energy and primary current consumption.